

## KARAKTERISASI KOMPOSIT *BIODEGRADABLE FOAM* DARI LIMBAH SERAT KERTAS DAN KULIT JERUK UNTUK APLIKASI KEMASAN PANGAN

Resti Marlina<sup>1</sup>, Yuli Sumantri<sup>2</sup>, Sukma Surya Kusumah<sup>1</sup>, Achmad Syarbini<sup>2</sup>, Agustina Arianita Cahyaningtyas<sup>3</sup>, Ismadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Biomaterial, Cibinong Science Center - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor 16911

<sup>2</sup>Teknologi Industri Petanian, Fakultas Ilmu Pangan Halal, Universitas Djuanda, Bogor 16720

<sup>3</sup>Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Kementerian Perindustrian, Jl. Gatot Subroto Kav. 52-53 Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Indonesia 12950

E-mail: ismadi.0481@gmail.com

Received : 20 Januari 2021; revised : 11 Februari 2021; accepted : 29 Maret 2021

### ABSTRAK

**KARAKTERISASI KOMPOSIT *BIODEGRADABLE FOAM* DARI LIMBAH SERAT KERTAS DAN KULIT JERUK UNTUK APLIKASI KEMASAN PANGAN** *Polystyrene foam (styrofoam)* merupakan salah satu bahan kemasan yang banyak digunakan dalam industri pangan. Namun, *styrofoam* memiliki dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan dikarenakan sifatnya yang sulit terurai dan molekul stirena yang mudah bereaksi dengan panas. *Biodegradable foam (biofoam)* merupakan salah satu alternatif kemasan pangan pengganti *styrofoam* konvensional yang aman untuk kesehatan dan ramah lingkungan. Pada penelitian ini akan dibahas proses pembuatan dan karakterisasi produk komposit *biodegradable foam* yang terbuat dari limbah serat kertas dan kulit jeruk. Proses pembuatan *biofoam* dilakukan menggunakan teknologi *thermopressing* yakni dengan cara mencampurkan bahan-bahan sesuai dengan formulasi yang dibuat dan dicetak menggunakan mesin kempa panas (*hot press*) pada suhu dan waktu tertentu. Karakterisasi *biodegradable foam (biofoam)* meliputi uji sifat fisik, mekanik, morfologi dan derajat degradasi. Variasi komposisi serat kertas dan kulit jeruk sebesar 5, 10, dan 15 % dilakukan secara bergantian untuk tiap sampel dengan penambahan asam sitrat, *polyvinyl alcohol* (PVA), pati singkong, *glutaraldehyde*, dan air sampai formulasi campuran mencapai 100% (% w/w). Dari hasil uji sifat fisik menunjukkan bahwa densitas *biofoam* terendah diperoleh dari variasi komposisi serat kertas (SK) 5% dan kulit jeruk (KJ) 5% dengan nilai 0,18 g/cm<sup>3</sup>. Daya serap air dan pengembangan tebal (*thickness swelling*) terendah diperoleh dari komposisi SK dan KJ masing-masing 10% dengan nilai 80,87% dan 5%. Untuk sifat mekanis, *biofoam* dengan kuat tarik terbesar diperoleh dari komposisi SK 5% dan KJ 5% sebesar 3,38 MPa dan modulus elastisitas terbesar didapatkan pada komposisi SK dan KJ masing-masing 10% dengan nilai 45,16 MPa. Derajat degradasi terbaik diperoleh untuk sampel dengan komposisi SK 5% dan KJ 15% sebesar 24,90%. Morfologi penampang *biofoam* menunjukkan struktur serat berongga yang berasal dari serat kertas dan penyerapan udara akibat dari penambahan *glutaraldehyde*. Secara umum sampel *biofoam* terbaik terwakilkan oleh sampel dengan komposisi SK dan KJ masing-masing 10%. Berdasarkan hasil uji degradasi *biofoam*, penambahan konsentrasi kulit jeruk cukup konsisten dalam meningkatkan nilai derajat degradasi pada penelitian ini.

Kata kunci: *biodegradable foam*, serat kertas, kulit jeruk, derajat degradasi

### ABSTRACT

**CHARACTERIZATION OF BIODEGRADABLE FOAM COMPOSITES FROM PULP FIBER AND ORANGE PEEL FOR FOOD PACKAGING APPLICATION** *Polystyrene foam (styrofoam)* is one of commercial food packaging in which abundantly used in food industry. However, *styrofoam* has been raised as un-environment packaging material and cause health issues due to its difficulty to decompose and easily reacts with food heated. Considering this situation, *biodegradable foam (biofoam)* is an alternative food packaging product to be used as a safe for health which is could degrade by microbeble. This research has been conducted in the manufacturing process and and its characterization of *biodegradable foam composite product* made from pulp fiber and orange peel. The manufacturing process of *biofoam* is carried out using *thermopressing* technology, namely by mixing the ingredients according to the formulations and moulded using hot press machine at a certain temperature and time. Characterization of *biodegradable foam* was observed by measuring the physical, mechanical, morphological, and

degree of degradation properties. The treatment variations of pulp fiber and orange peel were carried out in each sample for 5, 10, and 15% ratio w/w, alternately with the addition of citric acid, polyvinyl alcohol (PVA), cassava starch, glutaraldehyde, and water until mixed formulation reaches 100% (% w/w). From the physical properties test, the lowest biofoam density was obtained from the composition of 5% pulp fiber (PF) and 5% orange peel (OP) with a value of 0.18 g/cm<sup>3</sup>. The lowest water absorption and thickness swelling were obtained from the composition of PF and OP, respectively 10% with a value of 80.87% and 5%. For mechanical properties, the greatest tensile strength was obtained from the composition of PF 5% and OP 5% of 3.38 MPa and the largest modulus of elasticity was obtained in the composition of 10% PF and OP, respectively, with a value of 45.16 MPa. The best degree of degradation was obtained for samples with a composition of PF 5% and OP 15% of 24.90%. The cross-sectional morphology of biofoam generally shows the structure of the hollow fibers originating from the paper fiber and trapped air due to the effect of glutaraldehyde. In general, the best biofoam sample is represented by composition of 10% PF and OP, respectively. Based on the biodegradation test result, the addition of orange peel concentration was quite consistent in increasing the value of the degree of degradation in this study.

Keyword: biodegradable foam, pulp fiber, orange peel, degree of degradation

## PENDAHULUAN

Kemasan pangan merupakan salah satu hal penting yang perlu diperhatikan terutama dalam pendistribusian makanan untuk sampai ke pengguna agar makanan dapat diterima dalam keadaan baik dan layak dikonsumsi. Saat ini, kemasan pangan yang banyak digunakan adalah *styrofoam*. *Styrofoam* merupakan salah satu produk plastik sintetik yang terbuat dari 90-95% polistirena dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-petana serta CFC (freon) sebagai *blowing agent*. Selain itu, bahan tambahan seperti dioktil platal (DOP), *butyl toluene* atau *N-butyl stearate* juga digunakan sebagai zat Pemlastis pemlastis (BPOM 2008). Kemasan *styrofoam* banyak digunakan sebagai kemasan pangan di dalam kehidupan sehari-hari karena nilai produksi yang rendah, densitas rendah, stabilitas dimensi yang baik serta ketahanan kelembapan yang baik (Spada *et al.*, 2020; Soykeabkaew *et al.*, 2004). Namun, *styrofoam* memiliki dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan karena membutuhkan waktu sampai beberapa ratus tahun untuk dapat terurai di alam dan menyebabkan masalah lingkungan yang serius (Guan *et al.*, 2006).

Penelitian mengenai kemasan *biodegradable* seperti bioplastik dan *biofoam* menjadi isu yang menarik dan terus dilakukan akibat dampak lingkungan yang ditimbulkan dari banyaknya kemasan pangan tak ramah lingkungan seperti plastik dan *styrofoam*. Material alternatif yang banyak digunakan sebagai pengganti *styrofoam* dan polimer plastik turunan senyawa minyak bumi adalah pati (Kaisangsri *et al.*, 2014). Pati banyak digunakan sebagai komponen utama dari kemasan *biodegradable* karena murah, tidak beracun, terbarukan dan mudah terurai (Yew *et al.*, 2005). Meskipun begitu, *biodegradable* plastik ataupun *biodegradable foam* yang terbuat dari pati cenderung rapuh, hidrofilik dan membutuhkan modifikasi lebih lanjut untuk meningkatkan kekuatan polimer, fleksibilitas,

dan ketahanan terhadap air untuk dapat digunakan sebagai kemasan makanan yang baik (Shogen *et al.*, 2002).

Penambahan zat pemlastis, polimer, dan *filler* serat telah banyak dilakukan untuk memperbaiki properti fisik dan mekanik dari kemasan *biodegradable* berbasis pati (Rodrigues *et al.*, 2020; Mitrus *et al.*, 2016; Salgado *et al.*, 2008). Salah satu bahan pemlastis dan pengemulsi yang aman digunakan adalah *polyvinyl alcohol* (PVA). PVA banyak digunakan sebagai bahan pengemulsi karena sifatnya yang larut dalam air, biokompatibel dan tidak beracun (Debiagil F. 2011). Namun, peningkatan sifat fisis dan mekanik dari kemasan *biodegradable* tidak hanya dilakukan dengan penambahan zat pemlastis. Material serat alam seperti serat selulosa juga banyak digunakan sebagai *filler* untuk meningkatkan sifat mekanik dari suatu komposit material, beberapa diantaranya yakni serbuk kayu lunak, aspen, serat rami, dan sekam padi (Glenn *et al.*, 1997; Lawton *et al.*, 2004; Soykeabkaew *et al.*, 2004; Spada *et al.*, 2020).

Serat kertas (*pulp*) merupakan material serat lignoselulosa yang telah diproses secara mekanis dan kimia dengan memisahkan serat selulosa dari kayu, bambu dan hasil pertanian lainnya untuk diolah menjadi produk kertas yang siap pakai (Balittas 2018). Data dari Balai Besar Pulp dan Kertas (BPPK-Kementerian perindustrian) menyebutkan bahwa produksi kertas nasional saat ini mencapai 12,98 juta ton/tahun dan Indonesia menjadi produsen *pulp* terbesar kesembilan dunia (BPPK 2020). Hal ini menunjukkan bahwa masih tingginya penggunaan kertas secara nasional pada era elektronik saat ini. Meskipun kertas bukan merupakan material yang sulit terurai di alam, namun pemanfaatan limbah kertas pakai tentunya dapat meningkatkan nilai guna limbah tersebut menjadi alternatif produk komposit yang bernilai jual tinggi. Selain itu, komposisi serat kertas banyak mengandung selulosa dan hemiselulosa yang memiliki sifat mekanis yang

cukup baik untuk dijadikan *filler* pada produk komposit *biofoam* (Paskawati *et al.*, 2010). Limbah kertas HVS yang juga digunakan pada penelitian ini tersusun atas 70% *pulp* serat pendek (*Leaf Bleached Kraft Pulp*, LBKP), 10% *pulp* serat panjang (*Needle Bleached Kraft Pulp*, NBKP), dan 20% campuran kertas bekas.

Selain limbah kertas, salah satu sampah organik yang banyak ditemukan di Indonesia adalah sampah kulit jeruk. Jeruk merupakan salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan dan dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Data terakhir yang dikutip dari Organisasi Pangan dan pertanian PBB (FAO), Indonesia menempati peringkat ke-8 sebagai negara penghasil jeruk terbesar dengan produksi mencapai 2,5 juta ton/tahun (FAO 2017). Banyaknya manfaat dan kegunaan dari tanaman jeruk membuat tanaman ini banyak dibudidayakan dan dikonsumsi. Tingginya tingkat konsumsi buah jeruk berbanding lurus dengan jumlah sampah kulit jeruk yang ada di lingkungan. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa senyawa limonene (pada minyak atsiri) banyak didapatkan pada kulit jeruk (Wirahadi 2017). Limonene merupakan cairan hidrokarbon siklik yang diklasifikasikan sebagai terpena dan tak memiliki warna. Selain berfungsi sebagai antibakteri (Alfianur, 2017; Yuliani *et al.*, 2012), senyawa limonene yang terkandung dalam minyak atsiri juga menunjukkan aktifitas sebagai agen degradasi pada material *styrofoam* (Fitriani *et al.*, 2016).

Berdasarkan dari kajian tersebut, penelitian mengenai komposit material *biodegradable foam* yang ramah lingkungan dengan berbahan dasar pati, PVA serta campuran limbah serat menggunakan teknologi *thermopressing* menjadi fokus utama pada penelitian ini. Karakterisasi fisis dan mekanis sampel *biofoam* ditunjukkan melalui uji densitas, kadar air, daya serap, pengembangan tebal, kuat tarik dan modulus elastisitas. Selain itu, uji degradasi dari material ini dilakukan untuk melihat kualitas *biodegradable foam* yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

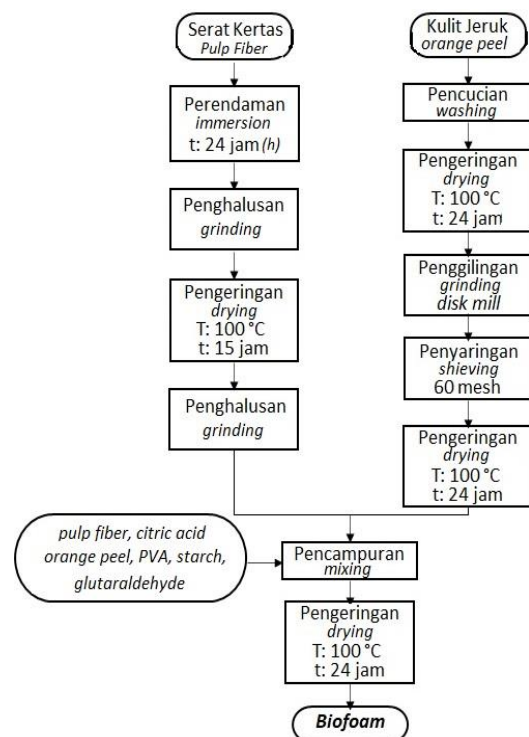
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah limbah serat kertas perkantoran (kertas HVS); limbah kulit jeruk variasi *Citrus sinensis* (*Sweet Orange Group*);

*polyvinyl alcohol* (PVA) teknis (*industrial grade*) produksi *Chang Chun Chemical (Jiangsu) Co., Ltd., China*; asam sitrat *anyhdrous* teknis (CAS No. 77-92-9) dari *Weifang Ensign Industrial Co., Ltd., China*; *glutaraldehyde* (Merck, CAS

8.20603.1000) sebagai agen *cross linker*, dan tepung tapioka komersil (tepung sagu cap Pak Tani). Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mini blender (*industrial grade*) untuk mencacah limbah kulit jeruk dan limbah serat kertas, *mixer* komersial untuk memcampurkan bahan, ayakan 40 & 60 *mesh*, timbangan digital, cetakan aluminium untuk mencetak *biofoam*, mesin kempa panas (*hot press*), mesin *disk mill*, dan oven. Mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Shimadzu AG-IS 50kN digunakan sebagai alat uji sifat mekanik seperti kuat tarik dan modulus elastisitas, sedangkan mikroskop digital Dynolite 4000 digunakan sebagai alat uji sifat fisis dan morfologi dari *biofoam*.

### Metode

Sampel *biofoam* dibuat dengan memvariasikan konsentrasi serat kertas dan serbuk kulit jeruk dengan komposisi terlampir pada Tabel 1. Adapun diagram alir pembuatan *biofoam* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan *biofoam*.

### Preparasi Limbah Serat Kertas Dan Kulit Jeruk

Pada penelitian ini komposit biofam dibuat dengan memanfaatkan limbah serat kertas dan limbah kulit jeruk yang mudah didapat di lingkungan sekitar. Preparasi awal dilakukan pada limbah serat kertas dengan cara merendam serat kertas selama 24 jam lalu dihaluskan dengan menggunakan blender dan dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 15 jam. Serat kertas yang telah kering lalu dihaluskan kembali dengan menggunakan blender dan disaring menggunakan ayakan 40 mesh.

Untuk limbah kulit jeruk, preparasi awal dilakukan dengan cara mencuci limbah kulit jeruk dengan air dan mengeringkannya di

dalam oven dengan suhu 100 °C selama 24 jam. Kulit jeruk yang telah kering selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan mesin *disk mill* dan disaring menggunakan ayakan 60 mesh. Setelah itu, serbuk kulit jeruk dikeringkan kembali pada suhu 100 °C selama 24 jam untuk mengurangi kadar air dari serbuk kulit jeruk.

### Pembuatan Prototipe Biofoam

Serat kertas dan serbuk kulit jeruk yang telah melalui proses preparasi awal selanjutnya dicampurkan dengan asam sitrat *anyhydrous* teknis, *polyvinyl alcohol* (PVA) teknis, pati singkong, dan *glutaraldehyde*. Berat total komposit untuk setiap sampel sebesar 22,5gram dengan variasi komposisi dalam persen (% w/w) tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi komposit *biofoam*

Bahan/	Formulasi komponen tiap sampel (%w/w)								
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Serat Kertas	5	5	5	10	10	10	15	15	15
Kulit Jeruk	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Pati	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Glutaraldehida	4	4	4	4	4	4	4	4	4
PVA	61	56	51	56	51	46	51	46	41
Asam Sitrat	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Pencampuran bahan dilakukan dengan menggunakan mixer sampai keseluruhan bahan tercampur secara homogen. Proses cetak produk *biofoam* dilakukan menggunakan cetakan khusus yang terbuat dari logam aluminium dengan dimensi 10 cm x 15 cm x 3 mm. Sebanyak 22,5 gr adonan *biofoam* dituangkan ke dalam cetakan dan dipanaskan di dalam oven pada suhu 100 °C selama 70 menit. Setiap sampel dibuat dalam tiga ulangan.

### Karakterisasi Sampel Biofoam

Sampel *biofoam* yang telah dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi untuk melihat sifat fisis dan mekanisnya. Karakterisasi fisis dilakukan dengan mengukur sampel *biofoam* meliputi densitas *biofoam*, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal. Karakterisasi mekanik dilakukan untuk melihat ketahanan dan kekuatan dari sampel *biofoam* yang meliputi kekuatan tarik, dan modulus elastisitas menggunakan alat UTM (Universal Testing Machine) Shimadzu Ag-X 50kN dengan mengacu pada standar uji tarik ASTM D638 (kecepatan uji 1mm/min) dan uji kekuatan lengkung (bending) ASTM D638 (kecepatan uji 5mm/min) untuk material polimer dan komposit. Karakterisasi morfologi sampel *biofoam* dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik Dynolite 4000. Uji degradasi dilakukan untuk melihat kecepatan degradasi sampel *biofoam* di dalam tanah dengan cara mengubur

sampel *biofoam* di dalam tanah selama 3 minggu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Fisis Biofoam

Karakterisasi sifat fisis dilakukan untuk melihat karakteristik *biofoam* yang dihasilkan. Karakterisasi ini meliputi kerapatan (densitas), kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal *biofoam* sebagaimana data yang tersaji pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengaruh campuran serat kertas dan kulit jeruk terhadap sifat fisis *biofoam*.

Sampel	Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	Kadar Air (%)	Daya Serap Air (%)	Pengembangan Tebal (%)
B1	0,18 ± 0,04	12,19 ± 0,41	158,93 ± 66,98	49,18 ± 17,00
B2	0,29 ± 0,04	18,75 ± 0,64	102,51 ± 11,19	53,86 ± 13,49
B3	0,48 ± 0,05	24,90 ± 3,27	130,48 ± 68,44	64,46 ± 37,57
B4	0,28 ± 0,05	6,05 ± 1,02	112,54 ± 21,26	24,35 ± 24,64
B5	0,26 ± 0,03	9,85 ± 1,52	80,87 ± 59,48	5,00 ± 1,90
B6	0,39 ± 0,04	6,54 ± 0,09	118,76 ± 4,33	5,51 ± 2,81
B7	0,39 ± 0,06	5,99 ± 0,35	112,35 ± 7,19	7,69 ± 4,95
B8	0,37 ± 0,01	6,08 ± 0,32	165,13 ± 60,36	8,76 ± 7,38
B9	0,37 ± 0,03	6,22 ± 0,25	99,68 ± 49,93	9,55 ± 5,90

### Densitas *Biofoam*

Densitas *biofoam* dalam penelitian ini berkisar antara 0,18-0,48 g/cm<sup>3</sup>. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya massa jenis *biofoam* berbahan dasar pati dengan campuran gandum, rami, serta serat kayu yang berkisar antara 0,1-0,3 g/cm<sup>3</sup> (Glenn *et al.*, 2001; Soykeabkaew *et al.*, 2004; Carr *et al.*, 2006), maka sampel *biofoam* pada penelitian ini masih berada dalam kisaran densitas *biofoam* secara umum. Data lain juga menunjukkan bahwa *biofoam* yang dibuat dari campuran pati dan kelobot jagung memiliki densitas sebesar 0,20-0,48 g/cm<sup>3</sup> dan *biofoam* yang terbuat dari campuran pati dan serat tandan kosong kelapa sawit memiliki densitas sebesar 0,16-0,56 g/cm<sup>3</sup> (Rahmatunisa 2015). Apabila dibandingkan dengan *styrofoam* komersial yang memiliki densitas 0,03 – 0,12 g/cm<sup>3</sup> maka *biofoam* yang telah diteliti dapat dikatakan memiliki densitas yang mendekati nilai densitas *styrofoam*.

Data pada Tabel 2 penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak serat kertas yang diberikan maka akan semakin tinggi nilai densitas *biofoam*. Hal yang serupa juga diperlihatkan oleh penambahan kulit jeruk dimana semakin besar konsentrasi kulit jeruk yang dicampurkan maka nilai densitas yang diberikan semakin meningkat. Nilai densitas terkecil didapatkan dari formulasi serat kertas 5% dan kulit jeruk 5% yakni senilai 0,18 g/cm<sup>3</sup> dan densitas terbesar didapatkan dari formulasi serat kertas 5% dan kulit jeruk 15% yakni sebesar 0,48 g/cm<sup>3</sup>. Hal ini terjadi karena densitas dari limbah kulit jeruk cukup besar dan mengandung kadar air yang besar dibanding komponen penyusun *biofoam* lainnya sehingga

densitas produk *biofoam* menjadi dominan sebanding dengan penambahan variasi kulit jeruk.

### Kadar Air

Kadar air menjadi salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas suatu produk *biofoam* karena menentukan tingkat keawetan produk tersebut. Kadar air yang tinggi akan mengakibatkan produk *biofoam* mudah rusak saat digunakan. Nilai kadar air *biofoam* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 dimana kadar air *biofoam* berkisar antara 5,99-24,9 %.

Kadar air paling kecil dimiliki oleh sampel *biofoam* dengan formulasi serat kertas 15% dan kulit jeruk 5%, sedangkan kadar air paling tinggi dimiliki oleh sampel *biofoam* dengan formulasi serat kertas 5% dan kulit jeruk 15%. Pembatasan waktu pemanasan selama 70 menit membuat bagian dalam dari sampel *biofoam* belum kering secara sempurna dan masih menyisakan kadar air yang tinggi.

Tingginya nilai kadar air pada sampel *biofoam* didasarkan juga pada sifat hidrofilik dari serat kertas dan kulit jeruk. Selain itu, *biofoam* berbasis pati merupakan bahan alami yang bersifat higroskopis sehingga dapat menyerap kelembaban lingkungan dan memberikan nilai kadar air yang tinggi (Glenn *et al.*, 1997) apabila dibandingkan dengan *styrofoam* konvensional yang hanya berkisar 1,11% (Kaisangsri *et al.*, 2012).

## Daya Serap Air

Pengukuran daya serap air dilakukan untuk mengetahui ketahanan *biofoam* terhadap kontak langsung dengan air. Pengukuran ini dilakukan dengan cara menghitung perubahan berat sebelum dan sesudah perendaman sampel *biofoam* kedalam air selama 24 jam. Daya serap air yang tinggi kurang diharapkan karena mempengaruhi kualitas kemasan sehingga menjadi mudah rusak.

Terlihat pada Tabel 2 bahwa daya serap air sampel *biofoam* berkisar antara 80,87-158,93 % dengan daya serap air terkecil diberikan oleh sampel *biofoam* B5 dengan konsentrasi serat kertas dan kulit jeruk masing-masing 10% sedangkan daya serap air tertinggi diberikan sampel *biofoam* B1 dengan konsentrasi serat kertas dan kulit jeruk masing-masing 5%. Hal ini terjadi karena pada sampel B5 komponen dari kulit jeruk dan serat kertas sudah mengandung molekul air dan bersifat hidrofilik sehingga *biofoam* pada sampel B5 menjadi cepat jenuh dan tidak banyak menyerap molekul air dari luar. Sedangkan pada sampel *biofoam* B8 memiliki nilai daya serap air yang besar akibat dari tingginya komponen serat kertas yang bersifat hidrofilik sehingga lebih banyak mengikat molekul air. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya untuk sampel *biofoam* dari serat jagung dan pati jagung dengan nilai daya serap berkisar antara 53,20-59,64% (Rahmatunisa 2015), *biofoam* pada penelitian ini memiliki daya serap yang cukup besar bahkan sampai melebihi 100%. Hal ini disebabkan akibat perbedaan komponen serat yang digunakan dimana serta kertas bersifat lebih hidrofilik dibanding dengan serat ampok jagung.

Pada kasus *biofoam* berbasis pati, sifat higroskopis molekul pati mengakibatkan molekul air akan menyerang ikatan hidrogen dari pati sehingga dapat melemahkan dan menurunkan sifat fungsional dari *biofoam* (Kaisangsri *et al.*, 2014). Peningkatan kualitas ketahanan terhadap air dapat dilakukan dengan penambahan polimer sintetik, seperti PVA (Shogren *et al.*, 1998) namun hal ini kurang memberikan hasil yang signifikan untuk sampel *biofoam* dengan kadar serat yang tinggi. Hal ini dikarenakan komponen serat banyak mengikat molekul air sehingga memberikan nilai daya serap yang tinggi (Iriani *et al.*, 2013).

## Pengembangan Tebal

Sifat ketahanan *biofoam* terhadap air ditentukan dengan uji pengembangan tebal (*thickness swelling*) yaitu persentase pengembangan *biofoam* oleh air yang terserap. Semakin rendah nilai penyerapan air maka sifat *biofoam* akan semakin baik

sedangkan semakin tinggi penyerapan air maka sifat *biofoam* akan semakin mudah rusak (Budiman 2018). Data uji pengembangan tebal dapat di lihat pada Tabel 2 dimana hasil pengukuran berkisar antara 5-64,46%. Terlihat bahwa bahwa semakin tinggi tingkat penambahan serat maka semakin kecil nilai pengembangan tebal dan berlaku pula sebaliknya.

Struktur pori yang terbentuk dari serat kertas pada dasarnya akan memberikan ruang untuk molekul air terjebak dalam *biofoam*. Sehingga semakin kecil nilai densitas *biofoam* maka nilai pengembangan tebal juga semakin besar. Meskipun begitu penambahan serat tidak serta merta meningkatkan struktur pori yang terbentuk dikarenakan untuk volume *biofoam* yang sama penambahan serat membuat densitas dari *biofoam* yang dihasilkan semakin besar dan struktur *biofoam* yang dihasilkan semakin kuat dan padat sebagaimana tampak pada gambar 2 penampang *biofoam*.

Kandungan kulit jeruk tidak mempengaruhi nilai pengembangan tebal *biofoam* secara signifikan karena kulit jeruk disini bertindak sebagai agen pengurai *biofoam*. Sebaliknya, molekul pati dalam *biofoam* akan mempengaruhi nilai penyerapan air terhadap pengembangan tebal karena pati bersifat hidrofilik sehingga meningkatkan penyerapan air pada *biofoam*.

## Sifat Mekanis Komposit *Biofoam*

Karakterisasi mekanik *biofoam* dilakukan untuk melihat ketahanan dan kekuatan dari sampel *biofoam* yang meliputi kekuatan tarik, dan modulus elastisitas. Hasil dari pengujian tarik komposit *biofoam* dapat dilihat pada Tabel 3.

### Kuat Tarik (*tensile strength*)

Kuat tarik komposit *biofoam* merupakan tingkat kekuatan atau tarikan maksimum *biofoam* yang dapat dicapai sebelum putus atau sobek. Pengukuran kuat tarik bertujuan untuk mengetahui besarnya gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas penampang tarik *biofoam*. Nilai kuat tarik *biofoam* dapat dilihat pada Tabel 3 dimana untuk sampel *biofoam* yang dibuat nilai kuat tarik berada pada rentang 0,95-3,38 MPa dengan nilai terkecil dimiliki oleh sampel B8 dan nilai terbesar dihasilkan oleh sampel B1. Sampai saat ini belum ada standar nasional (SNI) terkait nilai rujukan untuk produk *biofoam*. Namun, jika dibandingkan dengan produk kemasan pangan lain seperti bioplastik, Standar Nasional Indonesia (SNI) 7188.7:2016, kuat tarik yang memenuhi standar adalah 29,16

MPa dimana sampel *biofoam* yang dihasilkan pada penelitian ini masih jauh dibawah standar dan membutuhkan improvisasi pada komponen materialnya.

Dilihat dari nilai kekuatan tarik sampel komposit *biofoam*, terjadi penurunan saat dilakukan penambahan serat dan kulit jeruk dalam jumlah besar hal ini disebabkan berkurangnya kompatibilitas antara pati, serat, kulit jeruk dan PVA. Perbedaan kompatibilitas

ini menyebabkan semua bahan sulit tercampur secara homogen sehingga pada saat pencetakan serat maupun polimer tidak terdistribusi secara merata pada permukaan *biofoam*.

**Tabel 3.** Pengaruh campuran serat kertas dan kulit jeruk terhadap sifat mekanis komposit *biofoam*.

Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
(B1)	3,38 ± 0,61	32,01 ± 8,71
(B2)	1,84 ± 0,37	5,69 ± 1,41
(B3)	1,80 ± 0,41	9,68 ± 2,43
(B4)	2,24 ± 0,65	13,50 ± 1,36
(B5)	1,70 ± 0,71	45,16 ± 30,85
(B6)	1,41 ± 1,19	8,85 ± 0,21
(B7)	1,50 ± 0,41	11,12 ± 4,83
(B8)	0,95 ± 0,54	32,74 ± 14,26
(B9)	1,78 ± 0,46	34,96 ± 13,46

Penambahan serat sebagai bahan pengisi *biofoam* dapat berfungsi untuk meningkatkan kekuatan *biofoam* (Lawton *et al.*, 2004). Adanya penurunan nilai kekuatan tarik pada sampel komposit *biofoam* yang dihasilkan dapat disebabkan akibat serat tidak terdistribusi secara *seragam* akibat pencampuran yang tidak baik sehingga terjadi penggumpalan serat pada sampel komposit *biofoam*.

Referensi lain menyebutkan bahwa penambahan serat lebih dari 10% akan menyebabkan pendispersian serat menjadi sulit sehingga terbentuk gumpalan dan lubang-lubang pada permukaan *biofoam* (Hanna *et al.*, 2009). Penggumpalan ini mengakibatkan distribusi jumlah serat dan arah serat pada matriks *biofoam* menjadi tidak homogen. Kemampuan serat memperkuat matriks menjadi rendah bila arah serat tegak lurus dengan arah penuangan adonan ke dalam cetakan. Hal ini disebabkan karena arah yang berbeda akan menghambat penyebaran

tekanan yang diberikan terhadap matriks (Alvarez *et al.*, 2006). Sebaliknya, arah serat *seragam*/searah akan memperkuat matriks *biofoam* dan meningkatkan kekuatan tarik *biofoam* (Romhany *et al.*, 2003).

#### Modulus Elastisitas (*flexural modulus*)

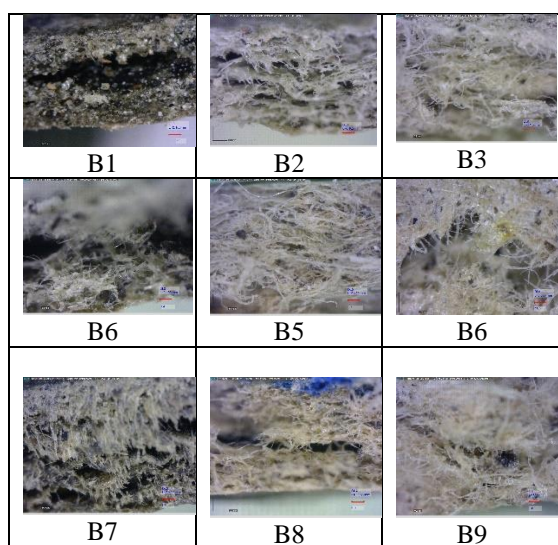
Modulus elastisitas bahan sebanding dengan nilai elongasi, dimana nilai elongasi bahan merupakan ukuran kemampuan bahan untuk meregang saat ditarik dan menentukan keelastisan suatu material. Semakin tinggi nilai elongasi maka *biofoam* tersebut semakin elastis sehingga bahan tersebut memiliki nilai mulur yang besar. Semakin besar nilai modulus elastisitas maka bahan akan semakin kaku dan tidak mudah berubah bentuk. Nilai modulus elastisitas pada sampel komposit *biofoam* dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai modulus elastisitas pada penelitian ini berkisar antara 5,69-45,16 Mpa. Terlihat dari hasil penelitian bahwa kandungan serat kertas 10% dan kulit jeruk 10% memiliki nilai modulus elastisitas yang paling tinggi.

Penambahan pati dapat mempengaruhi nilai elastisitas karena pati merupakan polisakarida yang digunakan sebagai bahan utama pembuatan komposit *biofoam* dan berfungsi sebagai pengikat gugus polimer. Semakin banyak pati yang ditambahkan maka *biofoam* yang dihasilkan semakin kaku yang menyebabkan nilai modulus elastisitasnya semakin besar. Untuk membuat komposit *biofoam* menjadi lebih lentur, penambahan *plasticizer* seperti PVA diperlukan pada komposisi *biofoam*. Semakin tinggi kadar *plasticizer* (PVA) yang digunakan maka akan memberikan nilai modulus elastisitas yang semakin kecil.

### Morfologi *Biofoam*

Gambar 2 menunjukkan karakteristik morfologi dari *biofoam* untuk tiap sampel dengan kode B1-B9. Dari gambar struktur morfologi penampang tersebut terlihat bahwa *biofoam* yang dibuat memiliki banyak rongga dengan ukuran rongga yang mengakibatkan nilai densitas sampel *biofoam* menjadi lebih rendah. Nilai densitas berbanding terbalik dengan porositas komposit *biofoam*. Semakin rendah nilai densitas, atau semakin tinggi porositas *biofoam*, maka semakin banyak air yang akan terserap untuk mengisi rongga-rongga pada *biofoam*, sehingga daya serap air *biofoam* cenderung meningkat (Soykeabkaew *et al.*, 2004). Selain itu, penambahan serat dan PVA dapat meningkatkan densitas *biofoam* sehingga mengakibatkan adonan *biofoam* akan menyerap lebih banyak air sehingga menghambat kemampuan ekspansi *biofoam* (Iriani *et al.*, 2013).



Gambar 2. Morfologi penampang patahan komposit *biofoam*

Pada gambar 2(a)-2(c) merupakan sampel *biofoam* B1-B3 dengan campuran serat kertas sebesar 5% dan kulit jeruk yang divariasikan dari nilai 5, 10 dan 15%. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penambahan kulit jeruk menyebabkan *biofoam* yang dihasilkan menjadi semakin seragam dengan rongga yang terbentuk semakin kecil.

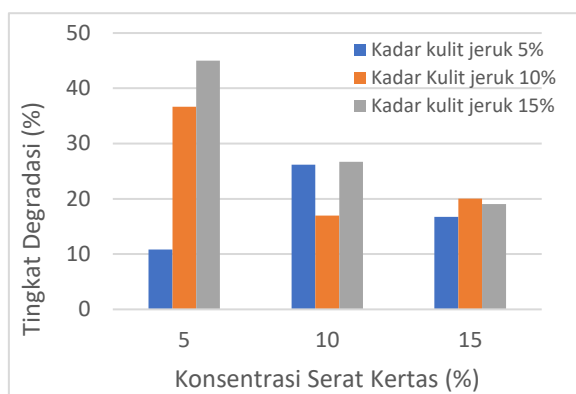
Gambar 2(d)-2(f) merupakan sampel *biofoam* B4-B6 dengan campuran serat kertas sebesar 10% dan kulit jeruk yang divariasikan. Peningkatan persentase serat kertas menyebabkan morfologi dari sampel *biofoam* memiliki struktur yang lebih halus dibanding dengan sampel *biofoam* B1-B3. Untuk penambahan kulit jeruk pada variasi ini terlihat bahwa penambahan kulit jeruk membuat jaringan *biofoam* yang terjalin dari serat kertas semakin padat dikarenakan molekul kulit jeruk mengisi rongga-rongga yang terbentuk dari jalinan serat kertas.

Gambar 2(g)-2(i) merupakan sampel *biofoam* B7-B9 dengan campuran serat kertas 15% dan kulit jeruk yang divariasikan. Peningkatan persentase serat kertas terlihat sangat jelas dengan semakin banyaknya jalinan serat yang terbentuk dan membuat sampel menjadi semakin kuat. Variasi kulit jeruk yang ditambahkan pada komposisi ini membuat jaringan yang sudah terlihat kuat menjadi semakin padat. Secara umum, penambahan konsentrasi serat kertas membuat struktur *biofoam* yang dihasilkan menjadi lebih kuat dan padat akibat dari jalinan serat kertas yang terbentuk, sedangkan penambahan serbuk kulit jeruk membuat struktur morfologi dari *biofoam* menjadi lebih solid karena partikel kulit jeruk mengisi rongga yang dibentuk oleh serat kertas. Selain itu, penambahan serat kertas pada adonan *biofoam* meningkatkan viskositas adonan sehingga memiliki sifat ekspansi yang rendah, dan menurunkan jumlah pori pada sampel *biofoam* (Willett *et al.*, 2002). Struktur morfologi *biofoam* berpengaruh terhadap densitas, kuat tekan dan daya serap air (Soykeabkaew *et al.*, 2004; Iriani *et al.*, 2013). Struktur dengan ukuran rongga yang besar dan porositas yang tinggi akan menghasilkan *biofoam* dengan densitas yang rendah dan kuat tekan yang rendah karena umumnya rongga yang terbentuk memiliki dinding pori yang tipis sehingga akan mudah hancur bila diberi tekanan.



### Derajat Degradasi *Biofoam*

Uji biodegradasi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar sampel *biofoam* terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Uji degradasi dilakukan dengan cara mengubur sampel *biofoam* di dalam tanah selama 3 minggu. Data tingkat degradasi komposit *biofoam* ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik hubungan tingkat degradasi komposit *biofoam* dengan kadar serat kertas dan kulit jeruk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodegradasi *biofoam* ini berkisar antara 10,82-44,99%. Nilai biodegradasi yang paling rendah dimiliki oleh sampel B1 pada formulasi serat kertas 5% dan kulit jeruk 5%, sedangkan nilai biodegradasi paling besar dimiliki oleh sampel B3 pada formulasi serat kertas 5% dan kulit jeruk 15%. Terlihat bahwa penambahan kulit jeruk yang lebih besar dapat meningkatkan derajat biodegradasi *biofoam*. Hal ini disebabkan oleh kandungan senyawa limonene pada kulit jeruk yang berfungsi sebagai agen pengurai komposit *biofoam* dalam tanah. Semakin besar konsentrasi kulit jeruk yang ditambahkan maka akan semakin cepat *biofoam* terdegradasi di dalam tanah.

Merujuk pada standar Internasional Amerika (ASTM 5336), *biofoam* waktu 60 hari untuk dapat terurai sempurna di dalam tanah. Jika dibandingkan pada penelitian ini, biodegradable *biofoam* yang dihasilkan membutuhkan waktu lebih singkat yakni 21 hari dengan persen degradasi sebesar 44,98% untuk sampel *biofoam* B3.

### KESIMPULAN

*Biodegradable foam (Biofoam)* telah berhasil dibuat menggunakan komposisi

*polyvinyl alcohol (PVA)*, asam sitrat, tepung tapioka, *glutaraldehyde*, serbuk kulit jeruk dan serat kertas. Dengan memvariasikan material kulit jeruk dan serat kertas, didapatkan karakteristik sifat fisis *biofoam* dengan nilai kadar air terendah atau mendekati *strofoam* pada sampel B4 dengan formulasi kandungan serat kertas 10% dan kulit jeruk 5% yaitu sebesar 6,05%. Daya serap dan pengembangan tebal (*thickness swelling*) terkecil dimiliki oleh sampel B5, formulasi kandungan serat kertas 10% dan kulit jeruk 10%, dengan nilai 80,9% dan 5%. Densitas terendah dimiliki oleh sampel B1, dengan formulasi kandungan serat kertas 5% dan kulit jeruk 5%, sebesar 0,18 g/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan karakteristik sifat mekanik *biofoam*, nilai kuat tarik (*tensile strength*) terbesar dimiliki oleh sampel B1, formulasi serat kertas 5% dan kulit jeruk 5%, dengan nilai 3,38 Mpa. sedangkan modulus elastisitas sampel ini memiliki nilai 32,01 MPa.

Secara umum *biofoam* yang baik memiliki karakteristik sifat fisis seperti densitas dan pengembangan tebal yang kecil serta memiliki karakteristik sifat mekanis berupa kekutan tarik yang besar. Dari hasil penelitian ini, sampel *biofoam* B5 dengan kandungan serat kertas 10% dan kulit jeruk 10% memiliki sifat yang paling baik diantara sampel lain sebagai aplikasi kemasan pangan. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut terkait optimasi formulasi komposisi campuran bahan sehingga dapat meningkatkan kualitas dari sampel *biofoam* pada penelitian ini.

Mengacu pada standar SNI 7188.7:2016 terkait produk Bioplastik, nilai biodegradasi terbesar dan mendekati standar SNI dimiliki oleh sampel B3, formulasi serat kertas 5% dan kulit jeruk 15%, dengan nilai 44,99%. Dari hal ini dapat dilihat bahwa penambahan kulit jeruk dapat meningkatkan derajat biodegradasi sampel *biofoam*. Secara umum, sifat mekanis *biodegradable foam* yang dibuat pada penelitian ini memiliki sifat kekakuan, kekuatan dan derajat degradasi yang cukup mendekati produk bioplastik.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh Dana DIPA IPH Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Tahun Anggaran 2020. Penulis berterimakasih atas dukungan dana penelitian yang diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfianur. 2017. *Identifikasi Komponen Penyusun Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (Citrus sinensis L.) Asal Selorejo dan Uji Aktivitas Antibakteri Menggunakan Metode Kertas Cakram*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Alvarez V, Vazquez A, Bernal C. 2006. "Effect of microstructure on the tensile and fracture properties of sisal fiber/starch based composites." *Composite Materials* 40(1): 21-35.
- Balittas. 2018. *Fiber Plants for Pulp and Quality Paper*.  
<http://balittas.litbang.pertanian.go.id/index.php/en/product/varieties/rami/82-news/1205-tanaman-serat-untuk-pulp-dan-kertas-berkualitas-en>.
- BPOM. 2008. "Kemasan Polistirena Foam (Styrofoam)." *InfoPOM* 1–12.
- BPPK. 2020. *Bagaimana Potensi Saham Sektor Kertas Saat ini?*  
[http://bbpk.go.id/berita\\_tampil.php?id=UgU9G7nPwrh5\\_Aibc9DWa-yYxnZJFHhIW\\_IBM-4fx0#:~:text=Saat%20ini%20jumlah%20industri%20pulp,98%20juta%20ton%20kertas%2Ftahun](http://bbpk.go.id/berita_tampil.php?id=UgU9G7nPwrh5_Aibc9DWa-yYxnZJFHhIW_IBM-4fx0#:~:text=Saat%20ini%20jumlah%20industri%20pulp,98%20juta%20ton%20kertas%2Ftahun).
- Budiman, Johan. 2018. *Karakteristik bioplastik dari pati buah lindur (bruguiera gymnorrizha)*. Fakultas pertanian, Universitas sriwijaya, Indralaya: Universitas Sriwijaya, 49-59.
- Debiagil F., Malil S., Grossmann M.V.E., and Yamashita F. 2011. "Biodegradable foams based on starch, polyvinyl alcohol, chitosan and sugarcane fibers obtained by extrusion." *Brazilian Archives of Biology and Technology* 5(4): xx.
- FAO. 2017. *Commodities Citrus Fruit*.  
<http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citrus-fruit/en/>.
- Fitrianti A. E., Dheafithraza Y., Handayani N., Afifah N.N., dan Mariyam S. 2016. "Penentuan Kadar Minyak Atsiri Kulit Jeruk Sunkist (Citrus sinensis L. Osbeck) sebagai Alternatif Peluruh Sterofoam Alami." *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology* 3(2): 47 – 52.
- Gleen GM, Orts WJ, Nobes GAR. 2001. "Starch, fiber and CaCO<sub>3</sub> effects on the physical properties of foams made by a baking process." *Industrial Crops and products* 14 (3): 201-212.
- Glenn G. M., and Hsu J. 1997. "Compression-formed starch-based plastic." *Industrial Crops and Products* 7: 37–44.
- Guan J., and Hanna M. A. 2006. "Selected morphological and functional properties of extruded acetylated starch–cellulose foams." *Bioresource Technology* 97 : 1716–1726.
- Hanna M.A., and Xu Y.X. 2009. "Starch-fiber composites." In *Biodegradable Polymer Blends and Composites from Renewable Resources*, by Yu L, 349-366. New Jersey: John Wiley.
- Iriani E.S., Widayanti S.M., Miskiyah, and Juniawati. 2013. "Kemasan aktif antimikroba untuk memperpanjang umur simpan produk daging." *uletin teknologi pascapanen pertanian* 9 : 95-107.
- Kaisangsri N., Kerdchoechuen O., and Laohakunji N. 2014. "Characterization of cassavastarch based foam blended with plant, proteins, kraft fiber, and palm oil." *Carbohydrate Polymers* 110: 70-77.
- 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: 542–546.
- Laura G. Carr, Duclerc F. Parra, Patricia Ponce, Ademar B. Lugão and Pedro M. Buchler. 2006. "Influence of Fibers on the Mechanical Properties of Cassava Starch Foams." *Journal of Polymers and the Environment volume* 14: 179–183.
- Lawton J.W., Shogren R.L., and Tiefenbacher K.F. 2004. "Aspen fiber addition improves the mechanical properties of baked cornstarch foams." *Industrial Crops and Products* 19: 14-48.
- Mitrus M., Combrzyński M., Kupryaniuk K., Wójtowicz A., Oniszczuk T., Kręcisz M., Matysiak A., Smurzyńska A., and Mościcki L. 2016. "A Study of The Solubility of Biodegradable Fams of Thermoplastic Starch." *Journal Ecological Engineering* 17(4): 184–189.
- Paskawati Y.A., Susyana, Antaresti, dan Retnoningtyas E.S. 2010. "Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Baku." *WIDYA TEKNIK* 9(1): 12-21.
- Rahmatunisa, R. 2015. *Pengaruh Penambahan Nanopartikel ZnO dan*

- Etilen Glikol Pada Sifat Fungsional Kemasan Biodegradable Foam Dari Tapioka Dan Ampok Jagung*. Bogor: Thesis: Institut Pertanian Bogor.
- Rodrigues N. H. P., Souza J. T., Rodrigues R. L., Canteri M. H. G., Tramontin S. M. K., and Francisco A. C. 2020. "Starch-Based Foam Packaging Developed from a By-Product of Potato Industrialization (*Solanum tuberosum* L.)." *Applied Sciences* 10(7): 2235.
- Romhany G., Karger-Kocsis J., and Czigany T. 2003. "Tensile fracture and failure behaviour of thermoplastics starch with unidirectional and cross ply flax fiber reinforcements." *Macromolecul Materials Engineering* 288: 699-707.
- Salgado P.R., Schmidt V.C., Ortiz S.E.M., Mauri A.N., and Laurindo J.B. 2008. "Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process." *Journal of Food engineering* 85(3): 435-443.
- Shogren R. L., Lawton J. W., and Tiefenbacher, K. F. 2002. "Baked starch foams: Starch modifications and additives improve process parameters, structure and properties." *Industrial Crops and Products* 16: 69–79.
- Shogren R. L., Lawton J. W., Doane W. M., and Tiefenbacher K. F. 1998. "Structure and morphology of baked starch foams." *Polymers* 39(25): 6649-6655.
- Soykeabkaew N., Supaphol P., and Rujiravanit R. 2004. "Preparation and characterization of jute and flax reinforced starch-based composite foams." *Carbohydrate Polymers* 58: 53-63.
- Spada J.C., Jasper A, and Tessaro I.C. 2020. "Biodegradable Cassava Starch Based Foams Using Rice Husk Waste as Macro Filler." *Waste and Biomass Valorization* 11: 4315–4325.
- Willett J.L., and Shogren R.L. 2002. "Processing and properties of extruded starch/polymer foams." *Polymer* 43: 5935–5947.
- Wirahadi, Michelli. 2017. "Elemen Interior Berbahan Baku Pengolahan Sampah Styrofoam dan Sampah Kulit Jeruk." *JURNAL INTRA* 5(2): 144-153.
- Yew G. H., Mohd Y. A. M., Mohd I. Z. A., and Ishiaku U.S. 2005. "Water absorption and enzymatic degradation of poly(lactic acid)/rice starch composites." *Polymer Degradation and Stability* 90: 488–500.
- Yuliani, Sri and Suyanti Satuhu. 2012. *Panduan Lengkap Minyak Atsiri*. Depok: Penebar Swadaya.