

KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBASIS PATI SINGKONG DENGAN PENAMBAHAN WHEY KEJU DAN PLASTISISER GLISEROL

Physical and Mechanical Characteristics of Biodegradable Plastic Based on Cassava Starch with Addition of Whey Cheese and Glycerol Plasticizer

Ardiyan Dwi Masahid*, Nur Aniza Aprillia, Yuli Witono, Lailatul Azkiyah
Departemen Teknologi Hasil Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Krajan Timur, Sumbersari, Jember, 68121
*Penulis korespondensi, email: ardiyan@unej.ac.id

Disubmit : 10 November 2022 Direvisi : 26 April 2023 Diterima : 29 April 2022

ABSTRAK

Plastik merupakan kemasan pangan yang umum digunakan namun memiliki sifat sukar dihancurkan sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan dan masalah kesehatan. Plastik *biodegradable* berbasis *renewable material* seperti singkong, whey keju, dan gliserol dapat menjadi alternatif kemasan yang ramah lingkungan. Whey keju mengandung protein sebesar 0,6% yang berpotensi menjadi bahan bioplastik dengan penambahan bahan lain seperti hidrokoloid (protein dan polisakarida) untuk memperbaiki karakteristiknya. Plastik *biodegradable* berbahan baku polisakarida tanaman seperti ubi kayu umumnya bersifat kaku dan rapuh sehingga harus ditambahkan bahan lain. Pembuatan plastik *biodegradable* memerlukan bahan pemlastis seperti gliserol untuk meningkatkan elastisitas polimer plastik dan mengurangi kerapuhan bioplastik. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh perbedaan variasi volume whey keju dan gliserol terhadap karakteristik fisik, mekanik, dan biodegradasi plastik *biodegradable*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan dan terdapat 2 faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu variasi volume whey keju dan faktor kedua yaitu variasi volume gliserol. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi volume whey keju dan gliserol berpengaruh nyata terhadap kuat tarik, elongasi, elastisitas, daya serap air, dan daya degradasi. Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa formulasi terbaik terdapat pada sampel A1B1, yaitu plastik *biodegradable* dengan formulasi whey keju 20 ml dan gliserol 5 ml dengan nilai perbedaan warna (ΔE) 15,526 dengan L^* (*lightness*) 85,68; a^* (*redness*) 0,2; b^* (*yellowness*) 8,71; daya serap air sebesar 695,244%; kuat tarik sebesar 0,00646 Mpa; *elongasi* sebesar 76,36%; elastisitas sebesar 0,01033 Mpa; dan laju degradasi sebesar 12,035%/hari.

Kata kunci: Gliserol; Pati singkong; Plastik *biodegradable*; Whey keju

ABSTRACT

Plastic is commonly used as food packaging but it is nearly impossible to decompose, causing environmental pollution and health problems. Biodegradable plastics based on renewable materials such as cassava, whey cheese, and glycerol can become an environmental friendly packaging. Whey cheese contains 0.6% protein which has the potential to become a raw material of bioplastic with the addition of other ingredients such as hydrocolloids (protein and polysaccharides) to improve the bioplastic characteristics. Biodegradable plastic from polysaccharides such as cassava is generally stiff and brittle, so it must be added with other materials. The addition of glycerol is needed to increase the elasticity of plastic polymer and reduce the friability of bioplastic. This study aimed to determine the effect of volume variations of whey cheese and glycerol on the physical, mechanical, and biodegradable characteristics. This study used a completely randomized design (CRD) with 3 replications and there were 2 treatment factors. The first factor is whey cheese (ml) variation and the second one is glycerol (ml) variation. Based on the result, it can be concluded that variations of the whey cheese and glycerol significantly affect

tensile strength, elongation, elasticity, water absorption, and degradation rate. The effectiveness test result showed that the best formulation is A1B1 with 20 ml of whey cheese and 5 ml of glycerol, the color value (ΔE) is 15.526 with L^ (lightness) 85.68; a^* (redness) 0.2; b^* (yellowness) 8.71; water absorption 695.244%; tensile strength 0.00646 Mpa; elongation 76.36%; elasticity 0.01033 MPa; and degradation rate 12.035%/day.*

Keywords: Biodegradable plastic, Cassava starch, Glycerol, Whey cheese

PENDAHULUAN

Plastik merupakan kemasan pangan yang umum digunakan sebagai upaya mencapai keamanan pangan (Sucipta *et al.*, 2017). Pengelolaan limbah plastik yang tidak sesuai dan proses penguraian yang lama menyebabkan permasalahan lingkungan. Plastik juga memiliki sifat sukar dihancurkan sehingga menyebabkan polusi lingkungan dan berbahaya untuk kesehatan (Sucipta *et al.*, 2017). Solusi dari permasalahan limbah plastik salah satunya adalah dengan memanfaatkan potensi sumberdaya alam Indonesia maupun hasil samping proses pengolahan bahan pangan menjadi plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang terbuat dari *renewable* material dan mudah terurai secara alami (Saputro dan Ovita, 2017). Bahan baku yang dapat digunakan yaitu whey keju, pati ubi kayu, dan gliserol. Whey keju merupakan cairan bening berwarna kuning kehijauan yang berasal dari proses penyaringan dan pengepresan *curd* keju (Larasati, 2016). Sejauh ini, pemanfaatan whey keju dalam bidang pangan masih belum optimal, biasanya hanya digunakan sebagai campuran bahan pembuatan biogas. Whey keju mengandung protein sebesar 0,6 % (Handayani, 2004) yang berpotensi menjadi bahan bioplastik dengan penambahan hidrokoloid (protein dan polisakarida) untuk memperbaiki karakteristik plastik *biodegradable* berbahan whey (Fatma *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Hudha *et al.* (2020), plastik *biodegradable* berbasis whey keju, agar-agar, dan plastisiser sorbitol memiliki nilai kuat tarik yang naik turun seiring dengan penambahan konsentrasi sorbitol. Hal tersebut karena tidak sebandingnya komposisi bahan-bahan yang digunakan. Bahan penguat seperti polisakarida perlu ditambahkan pada whey keju yang bersifat

lunak untuk memperbaiki sifat mekanis bioplastik (Hidayati *et al.*, 2015).

Jenis pati yang dapat digunakan sebagai bahan baku plastik *biodegradable* yaitu pati ubi kayu. Kandungan amilosa dan amilopektin mempengaruhi kekuatan mekanis bioplastik yang dihasilkan. Ubi kayu mengandung amilopektin 48,85-50,42% bk dan amilosa 30,88-33,13% bk (Syamsir *et al.*, 2011) lebih tinggi dibanding amilosa pati sagu 28,84% bk (Jading *et al.*, 2011). Pati dengan kandungan amilopektin tinggi dapat ditambahkan plastisiser untuk meningkatkan kristalinitas bioplastik dan sifat mekanisnya (Thuwall *et al.*, 2006). Namun, biopolimer berbasis pati mempunyai kelemahan, yaitu resistensinya terhadap air rendah dan sifat penghalang terhadap uap air juga rendah karena sifat hidrofilik pati dapat mempengaruhi stabilitas dan sifat mekanisnya (Winarti *et al.*, 2012).

Pembuatan bioplastik dengan bahan pati memerlukan bahan pemlastis seperti gliserol untuk memperbaiki sifat mekanis. Gliserol lebih cocok digunakan sebagai plastisiser karena berbentuk cair, mudah tercampur dalam larutan *film*, terlarut dalam air (Anker *et al.*, 2000), meningkatkan elastisitas polimer plastik *biodegradable* (Kumoro dan Purbasari, 2014), fleksibilitas struktur pati, mengurangi kerapuhan dari *biodegradable film* (Hidayati *et al.*, 2015), dan meningkatkan kemuluran (Fatma *et al.*, 2015).

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai formulasi bahan yang sesuai dalam pembuatan plastik *biodegradable* dari pati ubi kayu dengan variasi volume whey keju dan plastisiser gliserol. Penelitian ini perlu dilakukan untuk menghasilkan plastik *biodegradable* dengan karakteristik yang lebih baik berdasarkan parameter fisik, mekanik, dan biodegradasi. Plastik

biodegradable ini dapat menjadi solusi dalam mengurangi limbah plastik, meningkatkan nilai tambah whey keju, dan meningkatkan potensi sumberdaya lokal berupa ubi kayu.

METODE

Bahan pembuatan plastik *biodegradable* terdiri atas whey keju yang diperoleh dari PT. Margo Utomo Mulyo Banyuwangi Indonesia, pati singkong yang diperoleh dari Tani Kepyar (Sleman, Indonesia), gliserol *food grade* (Netafarm, 98 %), kitosan, CMC teknis, dan aquades.

Alat yang digunakan terdiri atas neraca digital, *hotplate* dan *magnetic stirrer* (IKA C-MAG HS-7), alat-alat gelas (Pyrex), oven (Imperial III Incubator Model 135-1), spatula kaca, cetakan loyang plastik ukuran 18 x 12 cm, dan *stopwatch*.

Teknik pembuatan plastik *biodegradable* yaitu menggunakan teknik *blending* yang terdiri atas teknik pencampuran, pemanasan, dan pencetakan pada suhu 90 ± 2 °C (Muhaimin *et al.*, 2019). Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor yang masing-masing kombinasi diulang tiga kali dan pengujian secara duplo. Faktor pertama (A) yaitu variasi volume whey keju meliputi 20 ml (A1), 25 ml (A2), dan 30 ml (A3). Faktor kedua (B) yaitu variasi volume gliserol meliputi 5 ml (B1), 10 ml (B2), dan 15 ml (B3). Langkah pertama pembuatan larutan pati singkong dengan mencampurkan 15 gram pati singkong dengan 75 ml aquades (perbandingan 1:5) pada suhu ruang (± 27 °C). Larutan pati singkong dihomogenisasi dengan 20 ml whey keju, CMC 0,2 g dilarutkan dalam 10 ml aquades sebagai penstabil larutan, dan plastisiser gliserol 5 ml. Setelah 10 menit, ditambahkan kitosan 3 g sebagai bahan pengisi, sedikit demi sedikit agar tercampur merata. Campuran tersebut dipanaskan menggunakan *hotplate* dan *magnetic stirrer* pada suhu 90 °C selama 30 menit. Langkah selanjutnya yaitu pencetakan pada loyang plastik ukuran 18 x 12 cm dan pengeringan menggunakan oven pada suhu 50 °C selama 20 jam. Plastik *biodegradable* didinginkan pada suhu ruang selama 24 jam untuk mengurangi aroma whey keju, lalu dilepas dari cetakan dengan hati-hati.

Prosedur kerja dilakukan pengulangan untuk volume whey 25 ml dan 30 ml dengan variasi konsentrasi gliserol 10 ml dan 15 ml.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui kandungan protein dan pH whey keju. Hasil pengujian protein menggunakan metode Lowry menunjukkan whey keju mengandung 0,832 g/L dan pH 3,4. Sampel plastik *biodegradable* dianalisis sifat fisik berupa warna (Afifah *et al.*, 2018), daya serap air (Marlina dan Achmad, 2021), uji mekanik berupa kuat tarik dan kemuluran (Afifah *et al.*, 2018), elastisitas (Simarmata *et al.*, 2020), uji biodegradasi menggunakan metode soil burial test (Permana *et al.*, 2021) serta uji efektivitas (Nafi' *et al.*, 2015).

Warna

Pengujian warna menggunakan *color reader* pada tiga titik yang berbeda dan perhitungan nilai total perbedaan warna (ΔE) sampel. Nilai ΔE menunjukkan perbedaan warna antara sampel dengan standar dari nilai kecerahan (L), koordinat merah-hijau (a), dan koordinat kuning-biru (b) (Afifah *et al.*, 2018). Nilai ΔE berada pada range 15,526-22,771 dengan L^* (79,98-85,68) , a^* (-0,28-0,61), dan b^* (8,38-11,1) (Table 1).

Tabel 1. Rata-Rata Warna Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan Whey Keju dan Plastisiser Gliserol

Formulasi	Volume whey keju (ml)	Volume gliserol (ml)	Nilai ΔE
A1B1	20	5	15,526 a
A1B2	20	10	16,04 a
A1B3	20	15	17,696 ab
A2B1	25	5	17,577 ab
A2B2	25	10	18,963 ab
A2B3	25	15	19,258 ab
A3B1	30	5	20,677 ab
A3B2	30	10	21,963 b
A3B3	30	15	22,771 b

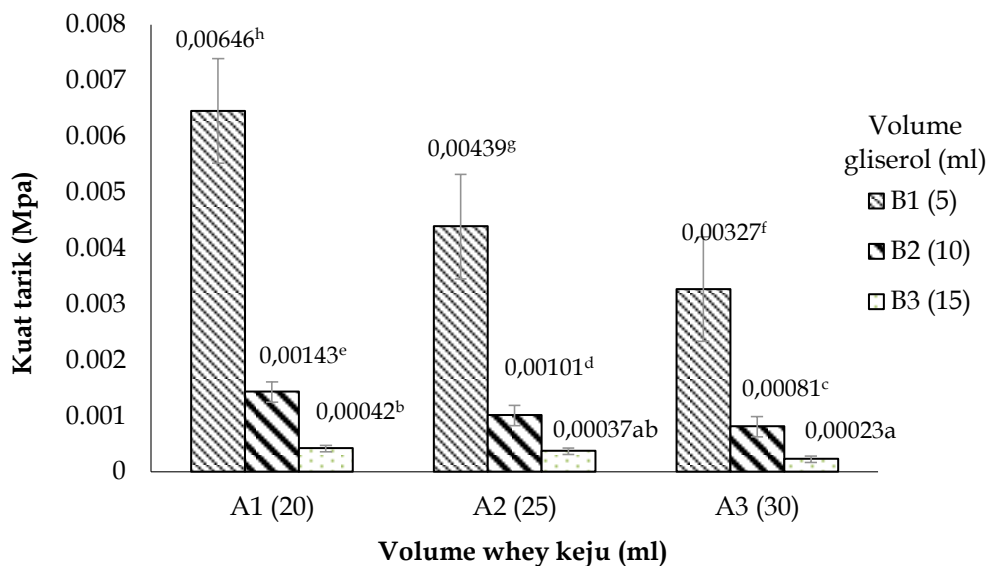
*Nilai yang diikuti huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$)

Berdasarkan hasil sidik ragam pada taraf uji 0,05 diketahui bahwa variasi volume whey keju berpengaruh nyata sedangkan variasi gliserol dan kombinasi perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai ΔE . Semakin banyak penambahan whey keju maka sampel semakin berwarna putih kekuningan sehingga nilai L^* menurun. Hasil ini dipengaruhi oleh warna whey keju. Whey keju merupakan cairan bening berwarna kuning kehijauan yang berasal dari proses penyaringan dan pengepresan curd keju (Larasati, 2016). Hasil penelitian ini memiliki warna yang lebih kekuningan dibanding dengan Ningsih *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa *edible film* campuran whey dengan agar berwarna putih kekuningan dengan nilai L^* 87,89-87,227 dan b^* 3,47-3,63.

Penambahan gliserol tidak berpengaruh nyata terhadap nilai ΔE warna. Gliserol termasuk zat yang tidak berwarna sehingga tidak berpengaruh terhadap warna plastik *biodegradable*. Hal ini sesuai dengan Pagliaro dan Rossi (2008), gliserol ($C_3H_8O_3$) merupakan cairan kental yang memiliki rasa manis, tidak berbau, dan tidak berwarna.

Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Uji kuat tarik (*tensile strength*) merupakan gaya tarik maksimum (N) yang dapat ditahan oleh sampel sebelum putus tiap luas sampel (mm^2) plastik *biodegradable* (Hudha *et al.*, 2020). Nilai kuat tarik berada pada *range* 0,00023-0,00646 Mpa (Gambar 1).



Gambar 1. Rata-Rata Kuat Tarik Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan Whey Keju dan Plastisiser Gliserol

Berdasarkan hasil sidik ragam pada taraf uji 0,05 diketahui bahwa variasi whey keju dan volume gliserol serta interaksi antara keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tarik.

Semakin meningkat volume whey keju dan gliserol maka kuat tarik plastik *biodegradable* semakin menurun. Menurut Hudha *et al.* (2020), semakin banyak volume whey keju maka semakin menurun kekuatan tarik dari plastik *biodegradable*.

Whey keju dapat menghasilkan sifat plastik yang lunak. *Film* berbahan dasar protein whey mempunyai sifat hidrofil yang tinggi sehingga harus ditambahkan bahan hidrofobik untuk mengurangi sifat lunak tersebut (Fatma *et al.*, 2015).

Semakin menurun penambahan gliserol menyebabkan kuat tarik semakin besar. Ikatan yang terbentuk antara gliserol dengan whey semakin sedikit sehingga ikatan antar polimer protein lebih banyak

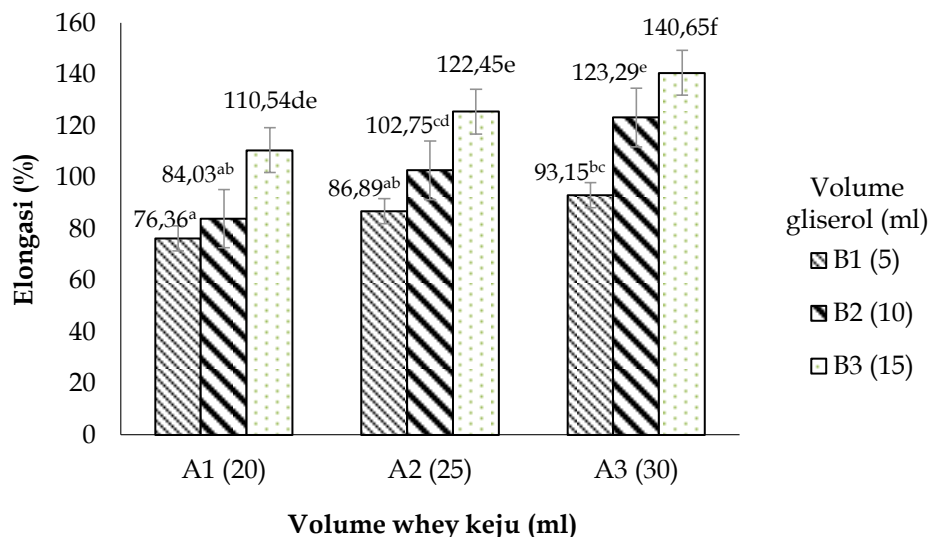
dan kuat tarik yang dihasilkan semakin besar. Semakin bertambah gliserol maka kuat tarik semakin menurun. Rachmawati *et al.* (2010) menyatakan bahwa reduksi interaksi intermolekuler oleh penambahan gliserol menyebabkan matriks *film* yang terbentuk semakin sedikit sehingga terjadi penurunan kekompakan *film* dan kuat tarik. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan Lindriati *et al.* (2019), penambahan gliserol dapat menyebabkan penurunan nilai kuat tarik plastik *biodegradable*.

Rata-rata kuat tarik tertinggi pada penelitian ini mencapai 0,00646 MPa dengan gaya maksimum 15,4 N, yang lebih kecil dibanding penelitian Hudha *et al.* (2020) pada pembuatan plastik *biodegradable*

whey keju dan plastisiser sorbitol sebesar 0,68951-2,95663 MPa. Hasil kuat tarik masih dibawah standar SNI:2016 yaitu minimal 24,7 MPa. Hal ini diduga karena terlalu banyak zat hidrofilik yang digunakan seperti pati, gliserol, dan CMC sehingga nilai kuat tarik kecil.

Kemuluran (Elongasi)

Elongasi merupakan tingkat kemuluran bahan yang dihitung dengan membandingkan penambahan panjang sebelum dan sesudah dilakukan uji tarik. Perubahan komposisi dapat mempengaruhi tingkat kemuluran sampel yang dihasilkan. Nilai elongasi berada pada range 76,36-140,64 % (Gambar 2).



Gambar 2. Rata-Rata Elongasi Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan Whey Keju dan Plastisiser Gliserol

Berdasarkan hasil sidik ragam pada taraf uji 0,05 diketahui bahwa variasi whey keju dan volume gliserol berpengaruh nyata terhadap nilai elongasi. Elongasi plastik *biodegradable* dapat dipengaruhi oleh volume whey keju dan bahan plastisiser. Seiring dengan penambahan gliserol maka semakin meningkat persentase elongasi. Menurut Maria *et al.* (2006), molekul plastisiser akan mengganggu kekompakan *edible film* dan menurunkan interaksi intermolekul sehingga meningkatkan nilai elongasi. Penambahan gliserol dapat meningkatkan mobilitas molekuler rantai

polimer karena adanya ikatan percabangan sehingga nilai kemuluran bioplastik semakin meningkat (Purnavita *et al.*, 2020).

Semakin meningkat penambahan whey keju maka semakin banyak kandungan protein sehingga semakin banyak pula ikatan yang terbentuk antara molekul gliserol dengan protein. Menurut Maria *et al.* (2006), plastisiser gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah yang mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein. Penambahan gliserol dapat

meningkatkan peregangan ruang intermolekul struktur matriks *film* yang dapat mengakibatkan meningkatnya fleksibilitas dan menurunkan ikatan hidrogen sehingga mengurangi kerapuhan (Sjamsiah *et al.*, 2017).

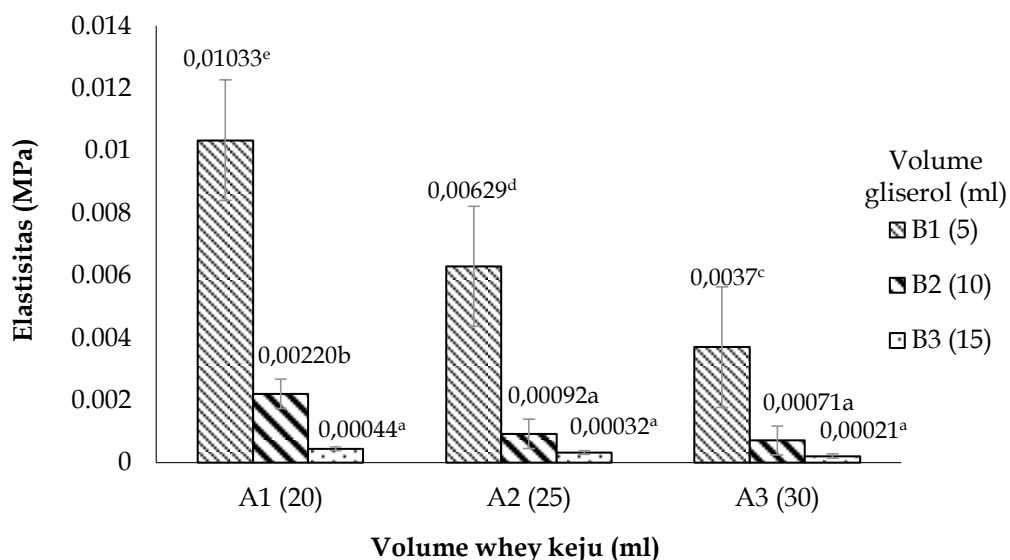
Rata-rata elongasi tertinggi pada penelitian ini yaitu 140,65%. Nilai tersebut lebih tinggi dibanding penelitian Hudha *et al.* (2020) dalam pembuatan plastik *biodegradable* berbasis whey keju dan sorbitol sebesar 39,8%. Menurut Unsa dan Paramasti (2018), nilai elongasi yang semakin tinggi menunjukkan bahwa bioplastik lebih fleksibel. Plastik *biodegradable* yang dihasilkan memiliki persentase nilai elongasi 76,36-140,65%. Nilai elongasi tersebut telah memenuhi standar minimal SNI 7188:2016 sebesar 21-220%.

Elastisitas

Elastisitas atau (*modulus young*) merupakan ukuran kekakuan bahan yang dihasilkan. Semakin kecil nilai elastisitas maka semakin baik bioplastik yang dihasilkan. Nilai elastisitas berada pada range 0,00021-0,01033 MPa (Gambar 3).

Berdasarkan hasil sidik ragam pada taraf uji 0,05 diketahui bahwa variasi whey

keju dan volume gliserol serta interaksi antara keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai elastisitas. Nilai elastisitas berbanding lurus dengan nilai kuat tarik namun berbanding terbalik dengan nilai kemuluran (Darni dan Utami, 2009). Semakin menurun penambahan gliserol menyebabkan kuat tarik semakin besar sehingga nilai elastisitas juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan Warkoyo *et al.* (2014), gliserol yang ditambahkan ke jaringan pati berkurang sehingga reduksi ikatan pati semakin kecil dan gaya regang menjadi kuat. Jumlah polimer dalam formasi matriks yang semakin banyak menyebabkan ikatan antar polimer semakin kuat dan kuat tarik yang dihasilkan semakin besar. Selain itu, semakin sedikit penambahan gliserol maka semakin sedikit pula molekul hidrofilik yang masuk ke dalam rantai protein whey sehingga ruang intermolekul struktur matriks *film* semakin rapat (Maria *et al.*, 2006). Hal ini sesuai dengan penelitian Galiotta *et al.* (1998), semakin tinggi penambahan gliserol akan meningkatkan keregangan dan fleksibilitas tetapi menurunkan elastisitas, kuat tarik, dan sifat pertahanan *film*.



Gambar 3. Rata-Rata Elastisitas Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan Whey Keju dan Plastisiser Gliserol

Semakin meningkat penambahan whey keju semakin menurun nilai elastisitas (*modulus young*). Menurut Maria *et al.* (2006), semakin banyak kandungan protein menyebabkan semakin banyak pula ikatan yang terbentuk antara molekul gliserol yang masuk ke dalam rantai protein. Penambahan gliserol dapat meningkatkan peregangan ruang intermolekul struktur matriks *film* yang mengakibatkan meningkatnya sifat fleksibilitas dan menurunkan ikatan hidrogen protein sehingga nilai elastisitas semakin menurun (Sjamsiah *et al.*, 2017).

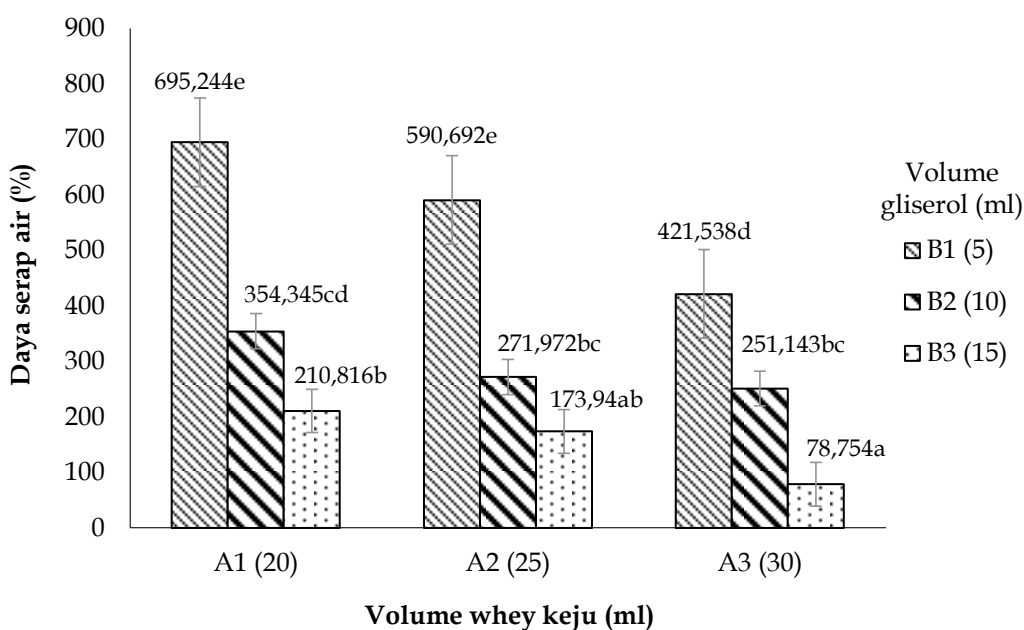
Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), elastisitas untuk bioplastik yaitu 117-137 MPa. Nilai elastisitas plastik *biodegradable* berbasis pati singkong, whey keju, dan gliserol (0,01033 MPa) masih belum mencapai standar SNI 7188.7:2016.

Daya Serap Air

Uji daya serap air bertujuan untuk mengetahui ketahanan sampel terhadap air. Bioplastik yang baik memiliki nilai daya

serap air yang rendah. Semakin rendah daya serap air maka bioplastik memiliki ketahanan air yang semakin baik. Nilai daya serap air berada pada range 78,754-695,244 % (Gambar 4).

Berdasarkan hasil sidik ragam pada taraf uji 0,05 diketahui bahwa variasi whey keju dan volume gliserol berpengaruh nyata terhadap nilai daya serap air. Secara keseluruhan, persentase daya serap air menurun seiring dengan bertambahnya gliserol dan whey keju. Hal ini diduga karena semakin meningkat penambahan gliserol maka semakin banyak pula ikatan yang terbentuk antara gliserol dengan protein sehingga kelarutan dalam air menurun. Menurut Cuq *et al.* (1997), penambahan gliserol pada rantai protein memungkinkan terjadinya pembentukan ikatan baru pada rantai protein dengan gliserol dan mempengaruhi jaringan protein dengan menurunnya kandungan rantai bebas.



Gambar 4. Rata-Rata Daya Serap Air Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan Whey Keju dan Plastisiser Gliserol

Semakin tinggi penambahan whey keju menyebabkan semakin rendah daya serap air atau memiliki ketahanan air yang semakin baik. Semakin banyak

penambahan whey keju maka semakin banyak ikatan disulfida intermolekuler yang terekspos keluar. Menurut Awwaly *et al.* (2010), protein mengandung ikatan

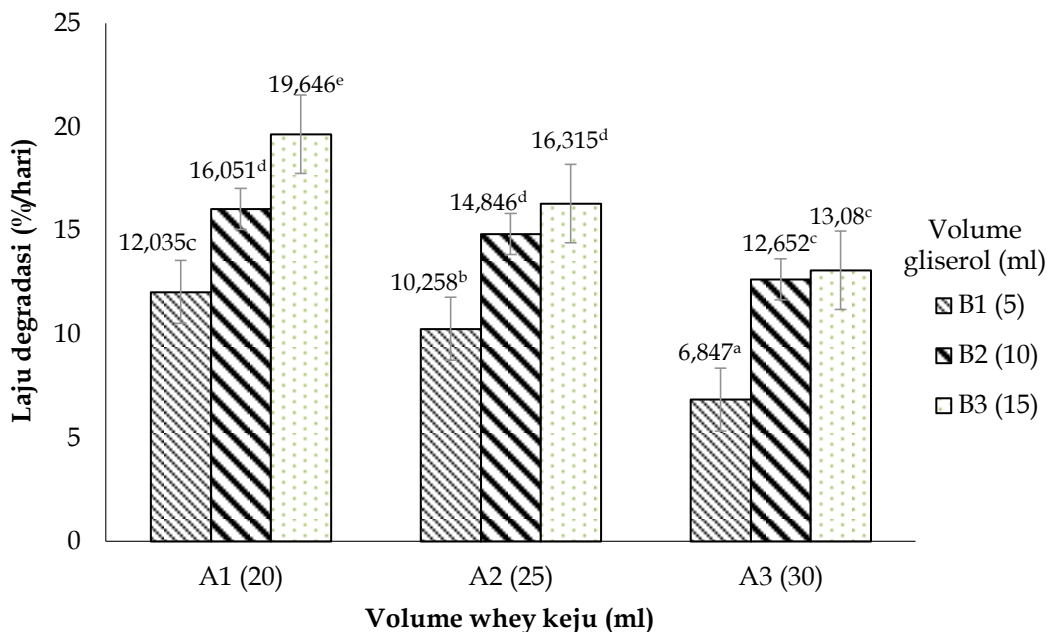
disulfida, ionik, dan hidrogen yang apabila dipanaskan menyebabkan ikatan disulfida terekspos keluar dan bersifat hidrofobik. *Film* berbasis protein whey sebagian tidak larut dalam air karena adanya ikatan disulfida antarmolekul sehingga jaringan polimer protein *film* tidak larut dalam air (Galietta *et al.*, 1998).

Nilai daya serap air plastik *biodegradable* sangat tinggi yaitu 78,754-695,244 % sejalan dengan penelitian Natalia dan Muryeti (2020), plastik *biodegradable* berbasis pati singkong (5 g) dan kitosan dengan daya serap air 223,69%-666,04%. Hal ini disebabkan sifat hidrofilik pati dengan gugus hidroksi (OH) yang menyerap banyak air (Setiani *et al.*, 2013). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia

(SNI), ketahanan air atau hidrofobitas untuk bioplastik sebesar 99 %. Nilai daya serap air plastik *biodegradable* berbasis pati singkong, whey keju, dan gliserol lebih dari 100% yang berarti memiliki ketahanan air dibawah 99% sehingga masih belum mencapai standar hidrofobitas SNI 7188.7:2016.

Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan menggunakan metode *Soil Burial Test*, yaitu mengubur sampel di dalam tanah (Permana *et al.*, 2021). Bioplastik yang baik memiliki nilai laju degradasi yang tinggi. Nilai laju degradasi berada pada range 6,847-19,646 %/hari (Gambar 5).



Gambar 5. Rata-Rata Laju Degradasi Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan Whey Keju dan Plastisiser Gliserol

Berdasarkan hasil sidik ragam pada taraf uji 0,05 diketahui bahwa variasi whey keju dan volume gliserol berpengaruh nyata terhadap daya degradasi. Menurut Utami *et al.* (2014), bioplastik berbasis bahan alam memiliki kelebihan berupa mudah terdegradasi karena komponen penyusun didalamnya. Semakin besar penambahan gliserol maka semakin cepat sampel terdegradasi, sedangkan semakin besar penambahan whey keju maka

semakin rendah laju degradasi. Nilai laju degradasi berbanding lurus dengan pengurangan berat sampel. Besarnya pengurangan berat dikarenakan komposisi bioplastik berupa bahan alam yang mudah dicerna oleh organisme dalam tanah (Surdia, 2000).

Menurut Hudha *et al.* (2020), penambahan bahan plastisiser dan bahan pengisi mempengaruhi sifat biodegradasi. Semakin besar penambahan plastisiser

maka semakin besar penurunan berat plastik *biodegradable*. Hal ini disebabkan bioplastik mengandung gugus hidroksil (OH) dan gugus karbonil (CO) yang mengakibatkan bioplastik dapat terdegradasi dengan baik (Utami *et al.*, 2014). Hasil penelitian ini sesuai dengan Lazuardi dan Cahyaningrum (2013) yang menyatakan bahwa semakin besar penambahan gliserol maka semakin besar daya degradasi. Penambahan gliserol akan mempengaruhi gaya antar rantai dari ikatan hidrogen antar gugus hidroksil sehingga lebih mudah berinteraksi dengan aktivitas mikroorganisme dalam tanah.

Semakin besar penambahan whey keju, semakin berkurang laju degradasi plastik *biodegradable*. Menurut Lazuardi dan Cahyaningrum (2013), uji degradasi berkaitan dengan kemampuan daya serap air. Sampel plastik *biodegradable* memiliki daya serap air yang rendah dengan semakin bertambah penambahan whey keju. Whey keju yang digunakan memiliki kandungan protein sehingga menyebabkan rantai disulfida intermolekuler yang terekspos saat pemanasan kurang optimal sehingga sifat hidrofobiknya juga tidak optimal (Awwaly *et al.*, 2010). Hasil ini tidak sesuai dengan penelitian Hudha *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa semakin tinggi penambahan whey keju maka semakin besar daya degradasi. Hal ini diduga terjadi karena adanya faktor eksternal seperti keadaan tanah penguburan, kelembaban, dan jumlah mikroorganisme dalam tanah uji penguburan. Penggunaan pati juga mempengaruhi daya degradasi plastik *biodegradable*. Menurut Surdia (2000), pati memiliki ikatan-ikatan asetal yang sangat mudah untuk diuraikan. Reaksi degradasi kimia dalam polimer akan menyebabkan turunnya berat molekul atau pemendekan panjang rantai. Gliserol dan pati memiliki gugus OH yang dapat menginisiasi reaksi hidrolisis setelah mengabsorpsi air dari tanah. Polimer pati akan terdekomposisi menjadi potongan-potongan kecil hingga menghilang dalam tanah (Anita *et al.*, 2013).

Plastik *biodegradable* memiliki laju degradasi 6,847-19,646%/hari dan dapat terurai 100% dalam 5 hingga 14 hari. Hasil tersebut memenuhi standar SNI 7188:2016

dan memiliki kecepatan penguraian lebih tinggi dibanding plastik *biodegradable* berbasis whey keju dan plastisiser sorbitol dengan perkiraan waktu degradasi 14 hingga 19 hari (Hudha *et al.*, 2020).

Uji Efektivitas

Nilai efektivitas tertinggi terdapat pada plastik *biodegradable* dengan formulasi whey keju 20 ml dan gliserol sebesar 5 ml mempunyai nilai 0,551. Perlakuan formulasi yang berbeda-beda memiliki nilai rata-rata untuk setiap parameter. Parameter fisik menghasilkan nilai perbedaan warna (ΔE) 15,527 dengan L^* 85,68; a^* 0,2; b^* 8,71; dan daya serap air sebesar 695,244%. Parameter pengujian mekanik meliputi kuat tarik sebesar 0,00646 MPa; elongasi sebesar 76,36 %; elastisitas sebesar 0,01033 MPa; dan laju degradasi sebesar 12,035%/hari.

SIMPULAN

Penambahan whey keju dan gliserol berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisik, mekanik, dan biodegradasi plastik *biodegradable*. Semakin meningkat volume whey keju semakin meningkat nilai ΔE , intensitas warna kuning, persen kemuluran, namun semakin menurunkan nilai kuat tarik, elastisitas, daya serap air serta laju degradasi. Semakin meningkat volume gliserol semakin menurun nilai kuat tarik, elastisitas, dan daya serap air namun meningkatkan persen kemuluran dan laju degradasi. Perlakuan terbaik yaitu plastik *biodegradable* dengan formulasi whey keju 20 ml dan gliserol sebesar 5 ml mempunyai nilai 0,551. Parameter fisik menghasilkan nilai perbedaan warna (ΔE) 15,527 dengan L^* 85,68; a^* 0,2; b^* 8,71; dan daya serap air sebesar 695,244%. Parameter pengujian mekanik meliputi kuat tarik sebesar 0,00646 MPa; elongasi sebesar 76,36%; elastisitas sebesar 0,01033 MPa; dan laju degradasi sebesar 12,035 %/hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada

Lembaga Penelitian dan Pengabdian (LP2M) Universitas Jember atas bantuan dana melalui program Hibah Reworking Skripsi tahun anggaran 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, -N., Sholichah, -E., Indrianti, -N., Darmajana, D, -A. 2018. Pengaruh kombinasi plasticizer terhadap karakteristik edible film dari karagenan dan lilin lebah. *Biopropal Industri*. 9(1), 49-60.
<http://ejournal.kemenperin.go.id/biopropal/article/view/3765/3006>
- Anita, -Z., Akbar, -F., Harahap, -H. 2013. Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(2), 37-41.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v2i2.1437>
- Anker, -M., Standing, -M., Hermanson. -A. 2000. Relationship between the microstructure and the mechanical and barrier properties of whey protein films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48, 3806-3816.
<https://doi.org/10.1021/jf000040m>
- Awwaly, K, U, -A., Manab, - A., Wahyuni, -E. 2010. Pembuatan edible film protein whey: Kajian rasio protein dan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 5(1), 45-56.
<https://jitek.ub.ac.id/index.php/jitek/article/view/156/149>
- Cuq, -B., Gontard, -N., Cuq, J, -L., Guilbert, -S. 1997. Selected functional of fish myofibrillar protein-based films as affected by hydrophilic plasticizer. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45(3), 622-626.
<https://doi.org/10.1021/jf960352i>
- Darni, -Y., Utami, -H. 2009. Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(4), 88-93.
<https://jurnal.usk.ac.id/RKL/article/view/79/73>
- Fatma, Malaka, -R., Taufik, -M. 2015. Karakteristik edible film berbahan whey dangke dan agar menggunakan gliserol dengan persentase berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan*. 4(2), 63-69.
<https://doi.org/10.20956/jitp.v4i2.812>
- Galiotta, -G., Di Gioia, -L., Guilbert, -S., Cuq, B. 1998. Mechanical and thermomechanical properties of films based on whey proteins as affected by plasticizer and crosslinking agents. *Journal of Dairy Science*. 81(12), 3123-3130.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75877-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75877-1)
- Handayani, RM. 2004. *Pemanfaatan Whey untuk Produk Nata de whey (Kajian Konsentrasi Starter dan Lama Inkubasi*. Thesis. Universitas Muhammadiyah, Semarang.
- Hidayati, -S., Zuidar, A, -S., Ardiani, -A. 2015. Aplikasi sorbitol pada produksi *biodegradable* film dari nata de cassava. *Reaktor*. 15(3), 196-204.
<https://doi.org/10.14710/reaktor.15.3.195-203>
- Hudha, -I., Dewi, -K., Fitri, -J., Ayu, -N. 2020. Potensi limbah keju (whey) sebagai bahan pembuatan plastik pengemas yang ramah lingkungan. *Jurnal Teknik : Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Tanah*. 19(1), 46-52.
<https://jurnalteknik.unjani.ac.id/index.php/jt/article/download/133/48>
- Jading, -A., Tethool, -E., Payung, -P., Gultom, -S. 2011. Karakteristik fisikokimia pati sagu hasil pengeringan secara fluidisasi menggunakan alat pengering cross flow fluidized bed bertenaga surya dan biomassa. *Reaktor*. 13(3), 155-164.
<https://doi.org/10.14710/reaktor.13.3.155-164>
- Kumoro, A, -C., Purbasari, -A. 2014. Sifat mekanik dan morfologi plastik *biodegradable* dari limbah tepung nasi aking dan tepung tapioka menggunakan gliserol sebagai plasticizer. *Teknik*. 35(1), 8-16.
<https://doi.org/10.14710/teknik.v35i1.6238>
- Larasati, -T., Kusnadi, -J., Widyastuti, -E. 2016. Pemanfaatan whey dalam pembuatan caspian sea yogurt dengan menggunakan isolat *Lactobacillus cremoris* dan *Acetobacter orientalis*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 4(1), 201-210.

- <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/320/331>
- Lazuardi, G, -P., Cahyaningrum, S, -E. 2013. Pembuatan dan karakterisasi bioplastik berbahan dasar kitosan dan pati singkong dengan plasticizer gliserol. *Unesa Journal of Chemistry*. 2(3), 161-166.
<https://doi.org/10.26740/ujc.v2n3.p%25p>
- Lindriati, -T., Muhaimin, -M., Rusdianto, A, -S. 2019. The addition of tobacco stem powder in the cassava peels biodegradable plastic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 472, 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/472/1/012001>
- Maria, -R., Javier, -O., Khalid, Z., Mate, J, -I. 2006. Combined effect of plastizers and surfactants on the physical properties of starch based edible film. *Food Research International*. 39(8), 840-846.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.04.002>
- Marlina, -L., Achmad, N, T, -F. 2021. Pengaruh variasi penambahan kitosan dan gliserol terhadap karakteristik plastik biodegradable dari pati ubi jalar. *Jurnal TEDC*. 15(2), 125-133.
<https://ejournal.poltektedc.ac.id/index.php/tedc/article/view/476/350>
- Muhaimin, -M., Lindriati, -T., Rusdianto, A, -S. 2019. Studi biodegradasi film bioplastik tembakau menggunakan bakteri EM4. *Prosiding Seminar Nasional Program Studi Agribisnis Universitas Jember, Jember*
- Nafi', -A., Windrati, W, S., Diniyah, N., Khotimah, N. 2015. Karakteristik fisik tepung koro pedang (*Canavalia ensiformis* L.) termodifikasi oleh pH dan lama perendaman. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1(1), 1-4.
- Natalia, E, -V., dan Muryeti. 2020. Pembuatan plastik biodegradable dari pati singkong dan kitosan. *Journal Printing and Packaging Technology*. 1(1), 57-68.
<https://jurnal.pnj.ac.id/index.php/ppt/article/view/1679>
- Ningsih, E, -P., Ariyani, -D., Sunardi. 2019. Pengaruh penambahan carboxymethyl cellulose terhadap karakteristik bioplastik dari pati ubi nagara (*Ipomoea batatas* L.). *Indonesian Journal of Chemical Research*. 7(1), 77-85.
<https://doi.org/10.30598/ijcr.2019.7-sun>
- Pagliari, M., Rossi, M. 2008. *The Future of Glycerol: New Uses of a Versatile Raw Material*. London: RSC Publishing
- Permana, -E., Gusti, D, -R., Tarigan, I, -L., Andika, -Y., Nirwana, A, -C. 2021. Sifat fisik bioplastik dari pati ubi umbi gadung dan pelepah sawit. *Science Tech: Jurnal Pengetahuan dan Teknologi*. 7(1), 45-54.
<https://doi.org/10.30738/jst.v7i1.9253>
- Purnavita, S., Subandriyo, D, -Y., Anggraeni, -A. 2020. Penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik dari komposit pati aren dan glukomanan. *Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*. 16(1), 19-25.
<https://doi.org/10.14710/metana.v16i1.29977>
- Rachmawati, A, -K., Anandito, R, B, -K., Manuhara, G, -J. 2010. Ekstraksi dan karakterisasi pektin pada cincau hijau (*Premna oblongifolia*) untuk pembuatan edible film. *Biofarmasi*. 8(1), 1-10.
<https://doi.org/10.13057/biofar/f080101>
- Saputro, A, N, -C., Ovita, A, -L. 2017. Sintesis dan karakterisasi bioplastik dari kitosan-pati ganyong (*Canna edulis*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 2(1), 13-21.
<https://doi.org/10.20961/jkpk.v2i1.8526>
- Setiani, -W., Sudiarti, -T., Rahmadinar, -L. 2013. Preparasi dan karakterisasi edible film dari poliblend pati sukun. *Jurnal Valensi*. 3(2), 100-109.
<https://doi.org/10.15408/jkv.v3i2.506>
- Sjamsiah, Saokani, -J., Lismawati. 2017. Karakteristik edible film dari pati kentang (*Solanum tuberosum* L.) dengan penambahan gliserol. *Al-Kimia*. 5(2), 181-192. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v5i2.3932>
- Simarmata, E, -O., Hartiati, -A., Harsojuwono, B, -A. 2020. Karakteristik komposit bioplastik dalam variasi rasio pati umbi talas (*Xanthosoma sagittifolium*) kitosan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*. 5(1), 75-80.

- <https://doi.org/10.24843/JITPA.2020.v05.i02.p05>
- Sucipta, IN, Suriasih, K, Kencana, PKD. 2017. *Pengemasan Pangan : Kajian Pengemasan yang Aman, Nyaman, Efektif dan Efisien*. Udayana University Press, Bali
- Surdia, N, -M. 2000. Degradasi polimer. *Majalah Polimer Indonesia*. 3(1), 20-21.
- Syamsir, -E., Hariyadi, - P., Fardias, -D., Andarwulan, -N., Kusnandar, F. 2011. Karakterisasi tapioka dari lima varietas ubi kayu (*Manihot utilisima* Crantz) asal Lampung. *Jurnal Agroteknologi*. 5(1), 93-105.
<https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JA GT/article/view/19757/8673>
- Thuwall, -M., Boldizar, -A., Rigdahl, -M. 2006. Extrusion processing of high amylose potato starch materials. *Carbohydrate Polymers*. 65(4), 441-446.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.01.033>
- Utami, M, -R., Latifah, Widiarti, -N. 2014. Sintesis plastik biodegradable dari kulit pisang dengan penambahan kitosan dan plasticizer gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science* 3(2), 163-167.
<https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/3505/3150>
- Unsa, L, -K., Paramastri, G, -A. 2018. Kajian jenis plasticizer campuran gliserol dan sorbitol terhadap sintesis dan karakteristik edible film pati bonggol pisang sebagai pengemas buah apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 10(1), 35-47.
<https://doi.org/10.15294/jkomtek.v10i1.17368>
- Warkoyo, Rahardjo, - B., Marseno, D, -W., Karyadi, J, N, -W. 2014. Sifat fisik, mekanik dan barrier edible film berbasis pati umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang diinkorporasi dengan kalium sorbat. *Agritech*. 34(1), 72-81.
<https://doi.org/10.22146/agritech.9525>
- Winarti, C., Miskiyah, Widaningrum. 2012. Teknologi produksi dan aplikasi pengemas *edible* antimikroba berbasis pati. *Jurnal Litbang Pertanian*. 31(3), 85-93.
<https://repository.pertanian.go.id/items/349d5227-04ca-428c-9986-5978a5838074>