

KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SERAT SELULOSA ECENG GONDOK (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) DENGAN PENAMBAHAN GLISEROL DAN CARBOXY METHYL CELLULOSE (CMC)

CHARACTERISTICS OF *BIODEGRADABLE FILM* BASED ON CELLULOSE FIBER HYACINTH (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) WITH ADDITION OF GLYCEROL AND CARBOXY METHYL CELLULOSE (CMC)

Renita Affanti, Zulferiyenni*, Fibra Nurainy, Sri Hidayati

Program studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

* email korespondensi: zulferiyenni.1962@fp.unila.ac.id

Tanggal masuk: 16 Desember 2023

Tanggal diterima: 15 Februari 2024

Tanggal Terbit: 15 Maret 2024

Abstract

Hyacinth contains 60% cellulose which can be used as raw material for making biodegradable film. This study aims to determine the addition of glycerol and CMC concentrations to the biodegradable film characteristics of hyacinth cellulose fibers and to obtain the best treatment according to the Japanese Industrial Standard (JIS). This study was conducted with three repetitions and selected samples with the best visual appearance. The treatment consists of a combination of glycerol and CMC concentrations, namely P1 (0.5%:2%), P2 (0.5%:2.5%), P3 (0.5%:3%), P4 (1%:2%), P5 (1%:2.5%), P6 (1%:3%), P7 (1.5%:2%), P8 (1.5%:2.5%), P9 (1.5%:3%). Data collection is carried out triplo for parameters of tensile strength, percent elongation, thickness, and sympto for parameters of water vapor transmission rate (WVTR). Biodegradable film resistance test data at room temperature and biodegradability tests are presented in the form of drawings. The data of all parameters are analyzed and discussed descriptively. The addition of glycerol concentration increases tensile strength, percent elongation, and water vapor transmission rate (WVTR), and causes no tendency toward thickness. The addition of CMC concentration increases thickness, decreases tensile strength and water vapor transmission rate (WVTR), and causes no tendency towards percent elongation. The best results were obtained at P7 (1.5%:2%) for tensile strength parameters with values of 191.917 MPa, and at P3 (0.5%:3%) for thickness parameters and water vapor transmission rate (WVTR) with values of 0.172 and 3.438 g/m²/24 hours (WVTR). Biodegradable film decomposes in 21 days by biodegradability test.

Keywords: biodegradable film, hyacinth, glycerol, CMC

Abstrak

Eceng gondok mengandung 60% selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan konsentrasi gliserol dan CMC terhadap karakteristik *biodegradable film* dari serat selulosa eceng gondok dan untuk mendapatkan perlakuan terbaik sesuai dengan *Japanese Industrial Standart* (JIS). Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan dan dipilih sampel dengan penampakan visual terbaik. Perlakuan terdiri dari kombinasi konsentrasi gliserol dan CMC yaitu P1 (0,5%:2%), P2 (0,5%:2,5%), P3 (0,5%:3%), P4 (1%:2%), P5 (1%:2,5%), P6 (1%:3%), P7 (1,5%:2%), P8 (1,5%:2,5%), P9 (1,5%:3%). Pengambilan data dilakukan secara triplo untuk parameter kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan dan simplo untuk parameter laju transmisi uap air (WVTR). Data pengujian ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang dan uji biodegradabilitas disajikan dalam bentuk gambar. Data semua parameter dianalisa dan dibahas secara deskriptif. Penambahan konsentrasi gliserol meningkatkan kuat tarik, persen pemanjangan dan laju transmisi uap air (WVTR), serta menyebabkan tidak ada kecenderungan terhadap ketebalan. Penambahan konsentrasi CMC meningkatkan ketebalan, menurunkan kuat tarik dan laju transmisi uap air (WVTR), serta menyebabkan tidak ada kecenderungan terhadap persen pemanjangan. Hasil terbaik diperoleh pada P7 (1,5%:2%) untuk parameter kuat tarik dengan nilai 191,917 MPa, dan pada P3 (0,5%:3%) untuk parameter ketebalan dan laju transmisi uap air (WVTR) dengan nilai 0,172 dan 3,438 g/m²/24 jam (WVTR). *Biodegradable film* terurai dalam 21 hari dengan uji biodegradabilitas.

Kata kunci : *biodegradable film*, eceng gondok, gliserol, CMC

PENDAHULUAN

Jumlah timbunan sampah di Indonesia setiap tahun meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan semakin tingginya perubahan pola konsumsi masyarakat ke arah budaya konsumsi yang instan dan serba cepat (Afriadi, 2019). Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), pada tahun 2021 total sampah Indonesia mencapai 68,5 juta ton. Timbunan sampah plastik dengan jumlah tersebut sangat berbahaya karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk melakukan pencegahan terhadap pencemaran lingkungan lebih lanjut yaitu dengan mengembangkan kemasan *biodegradable film* berbahan baku limbah nabati sehingga mudah terdegradasi menjadi senyawa yang ramah lingkungan (Mukhlisien et al., 2021).

Biodegradable film merupakan material polimer dengan kegunaan yang serupa dengan plastik konvensional, namun dapat dengan mudah terdegradasi oleh aktivitas mikroorganisme di alam. *Biodegradable film* disebut sebagai plastik yang *renewable* (terbarukan), karena berasal dari senyawa-senyawa yang tersedia di alam, salah satunya yaitu selulosa. Selulosa merupakan salah satu polimer alami yang ketersediaannya paling melimpah, dan mudah terdegradasi di alam serta memiliki sifat termoplastik, sehingga potensial sebagai bahan pengemas dan cocok dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film* (Pratiwi, 2016). Salah satu sumber daya alam yang berpotensi sebagai bahan baku selulosa dalam pembuatan *biodegradable film* adalah eceng gondok. Penggunaan eceng gondok sebagai bahan baku karena ketersediannya yang melimpah di alam

dan memiliki komponen serat yang dapat dimanfaatkan karena kandungan lignoselulosa yang terdiri dari 60% selulosa, 8% hemiselulosa dan 17% lignin (Ahmed and Moahmed, 2012).

Menurut Kalsum et al., (2020), pembuatan *biodegradable film* dari bahan baku yang mengandung komponen selulosa memiliki sifat yang kaku dan kuat, sedangkan hasil akhir dari *biodegradable film* diharapkan memiliki sifat plastis dan kuat. Oleh karena itu, diperlukan penambahan *plasticizer* untuk menjadikan *biodegradable film* bersifat plastis. *Plasticizer* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gliserol. Gliserol efektif dalam mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler polimer dan memberikan kelarutan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis *plasticizer* lain seperti sorbitol yang sukar tercampur dan mudah mengkristal pada suhu ruang (Bourtoom, 2007 dalam Coniwanti et al., 2014). Namun, menurut Anggraini (2019) semakin banyak jumlah gliserol yang digunakan menyebabkan kuat tarik yang dihasilkan lebih rendah, sehingga diperlukan bahan tambahan lain berupa *stabilizer* (dalam penelitian ini digunakan CMC) yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan kekuatan tarik antar penyusun *biodegradable film* sehingga menjadi lebih stabil (Nurfauzi et al., 2018). Oleh karena itu, untuk mengetahui pengaruh penambahan serta kombinasi konsentrasi terbaik dari gliserol dan CMC terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis serat selulosa eceng gondok perlu dilakukan penelitian ini.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan *biodegradable film* yaitu

batang semu eceng gondok (dengan tingkat ketuaan sama) yang diperoleh dari perairan desa Tanjung Iman, Kec. Blambangan Pagar, Lampung Utara. Sedangkan bahan lain yang meliputi aquades, NaOH 98% teknis (ROFA Laboratorium Centre, Bandung), H₂O₂ 50% teknis (Glatt Chemical, Banten), gliserol 99% teknis (ROFA Laboratorium Centre, Bandung), CMC teknis (koepoe koepoe), NaCl 98% teknis (ROFA Laboratorium Centre, Bandung), silika gel dan tanah (humus) sebagai media pengurai.

Alat-alat yang digunakan meliputi timbangan digital, pisau *stainless steel*, *blender* (Miyako MT-1206), baskom, talenan, penangas air, panci, batang pengaduk, erlenmeyer, *beaker glass* 250; 500; dan 1000 mL, mikropipet, *stopwatch*, spatula, termometer, pH meter, kain saring 40 mesh, *aluminium foil*, toples plastik, cawan porselin, plat kaca ukuran 20x20 cm, *Hydraulic Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh Orientec Co. Ltd dengan model UCT-5T untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan 3 kali pengulangan dan akan dipilih sampel dengan penampakan visual terbaik yang ditandai dengan permukaan yang rata dan tidak adanya flock pada film. Perlakuan berjumlah 9 yang terdiri dari kombinasi konsentrasi gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) yaitu P1 (0,5%:2%), P2 (0,5%:2,5%), P3 (0,5%:3%), P4 (1%:2%), P5 (1%:2,5%), P6 (1%:3%), P7 (1,5%:2%), P8 (1,5%:2,5%), P9 (1,5%:3%). Parameter yang diamati yaitu karakteristik *biodegradable film* yang terdiri dari kuat tarik (ASTM 1983), persen pemanjangan (ASTM 1983), ketebalan (ASTM 1983), laju transmisi uap air (WVTR) (ASTM E96-01

1997), ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang dan uji biodegradabilitas (*soil burial test method*). Pengambilan data secara triplo dilakukan untuk parameter nilai kuat tarik, persen pemanjangan, serta ketebalan dan untuk parameter laju transmisi uap air (WVTR) pengambilan data dilakukan secara simplo. Sementara itu, untuk pengujian ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang dan uji biodegradabilitas data disajikan dalam bentuk gambar. Data yang dihasilkan dari tiap-tiap parameter tersebut kemudian dianalisa dan dibahas secara deskriptif.

Pembuatan Pulp Eceng Gondok

Pembuatan pulp eceng gondok berdasarkan metode Zulferiyenni (2004) dengan modifikasi. Sebanyak 500 g batang eceng gondok dicuci menggunakan air bersih hingga tidak ada kotoran yang menempel, kemudian dipotong hingga ukuran $\pm 1-3$ cm. Setelah itu, ditambahkan 300 mL air dan diblender selama ± 3 menit hingga terbentuk pulp. Pulp batang eceng gondok selanjutnya dicuci dan disaring menggunakan kain saring 40 mesh untuk memisahkan air dari pulp.

Pemisahan Selulosa

Pemisahan selulosa berdasarkan pada metode Satriyo (2012) dengan modifikasi. Pulp batang eceng gondok direndam dalam larutan NaOH 2,5% (b/v) sebanyak 1 liter selama 2 jam pada suhu ruang. Pulp eceng gondok kemudian dicuci menggunakan air (aquades) hingga mencapai pH netral. Setelah proses pencucian, didapatkan selulosa eceng gondok.

Pemurnian Selulosa

Proses pemurnian selulosa berdasarkan pada metode Zulferiyenni dan

Hidayati (2016) dengan modifikasi. Selulosa batang eceng gondok dihidrolisis dengan menggunakan 700 mL larutan H_2O_2 2% (v/v) pada suhu $\pm 85^\circ\text{C}$ selama 3 jam. Selulosa batang eceng gondok selanjutnya dicuci menggunakan air (aquades) hingga mencapai pH netral dan kemudian disaring dengan menggunakan kain saring ukuran 40 mesh untuk mendapatkan selulosa yang lebih murni.

Pembuatan *Biodegradable Film*

Proses pembuatan *biodegradable film* berdasarkan pada metode Hidayati et al., (2019) dengan modifikasi. Selulosa murni sebanyak 5 gram ditambahkan 50 mL aquades, gliserol, dan CMC sesuai perlakuan lalu dihomogenkan. Selanjutnya, campuran tersebut dipanaskan pada suhu $\pm 70^\circ\text{C}$ selama 30 menit sembari terus diaduk guna menghomogenisasikan campuran tersebut dan mencegah timbulnya gelembung-gelembung. Setelah proses pemanasan selesai, dilakukan pencetakan campuran tersebut pada plat kaca ukuran 20 x 20 cm untuk kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama ± 48 jam (2 hari).

Pengujian Kuat Tarik

Kuat tarik diukur dengan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT-5T. Perhitungan kuat tarik dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut (ASTM, 1983) :

$$\tau = \frac{F_{\text{maks}}}{A}$$

Keterangan :

T = kekuatan tarik (Mpa)

F_{maks} = gaya tarik (N)

A = luas permukaan contoh (mm^2)

Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan diukur dengan menggunakan alat *Testing Machine* MPY (Type : PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan). Persen pemanjangan dihitung ketika *film* pecah atau robek. Perhitungan persen pemanjangan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut (ASTM, 1983) :

$$\text{Persen Pemanjangan} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\%$$

Keterangan :

l_0 = panjang awal

l_1 = panjang setelah putus

Ketebalan

Ketebalan diukur dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT- 5T. Pengukuran ketebalan dilakukan pada 3 posisi yaitu bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah sampel *film*. Setelah itu, nilai ketebalan dirata-ratakan dan didapatkan ketebalan pada sampel tersebut.

Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Laju transmisi uap air (WVTR) diukur dengan metode cawan secara gravimetri (ASTM E96-01, 1997 dalam Dewi et al., 2021) dengan modifikasi. *Biodegradable film* dipotong berbentuk lingkaran sesuai dengan diameter permukaan cawan. Berat awal cawan ditimbang dan dimasukkan 10 g silika gel. *Biodegradable film* direkatkan pada permukaan cawan dan bagian tepinya direkatkan dengan menggunakan isolasi. Berat awal set sampel ditimbang. Sampel *film* pada cawan dikondisikan selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah itu, dilakukan penimbangan berat akhir set sampel. Penentuan nilai laju transmisi uap

air sampel dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$WVTR = \frac{W - W_0}{(t.A)}$$

Keterangan :

W_0 = Berat awal

W = Berat akhir setelah 24 jam

T = Waktu (24 jam)

A = Luas area film (m^2)

Ketahanan Terhadap Suhu Ruang

Pengamatan ketahanan terhadap suhu ruang dilakukan dengan menguji *biodegradable film* yang telah dihasilkan dengan menyimpannya pada suhu ruang ($\pm 25^\circ C$). Pengamatan dilakukan tiap satu minggu sekali dengan mengamati penampakan visual dari *biodegradable film* seperti keutuhan, kondisi permukaan dan warna *film* (Fransisca et al., 2013).

Uji Biodegradabilitas

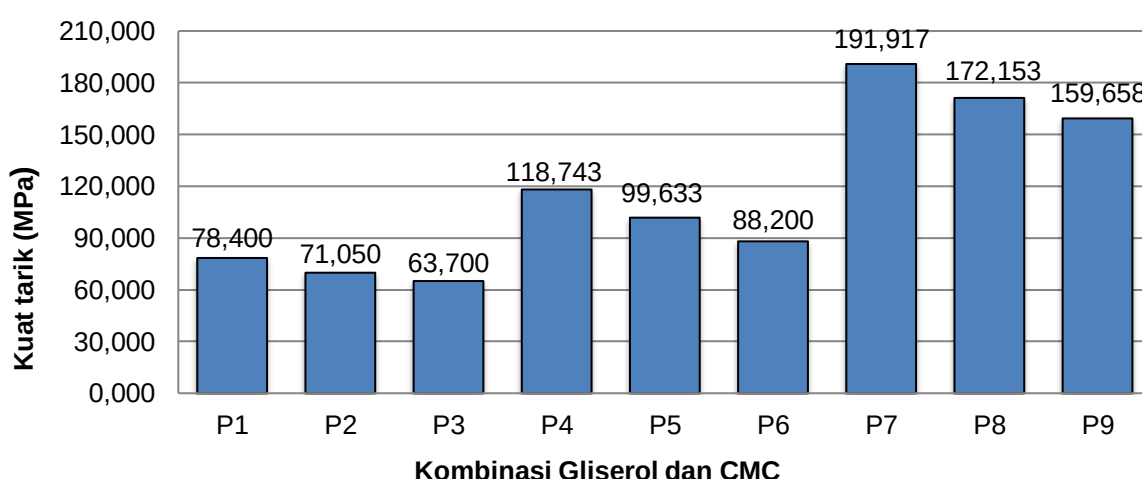
Pengujian biodegradabilitas dilakukan menggunakan metode *soil burial*

test methode (Mukhlisien et al., 2021) dengan modifikasi. Tanah sebagai media tanam dimasukkan kedalam gelas plastik, kemudian sampel *film* ditanam didalam tanah yang telah dimasukkan ke dalam gelas plastik tersebut, selanjutnya dilakukan pengamatan seminggu sekali untuk mengetahui perubahan fisik dari sampel *film* dan dilakukan pencatatan lamanya masa *film* tersebut untuk terurai secara sempurna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik

Hasil penelitian dari uji kuat tarik menunjukkan bahwa nilai kuat tarik *biodegradable film* yang dihasilkan berkisar 63,700 sampai 191,917 MPa (Gambar 1). *Biodegradable film* dengan nilai kuat tarik tertinggi dihasilkan dari kombinasi gliserol 1,5% dan CMC 2% (P7) dengan nilai 191,917 MPa, sedangkan *biodegradable film* dengan kuat tarik terendah dihasilkan dari kombinasi gliserol 0,5% dan CMC 3% (P3) dengan nilai 63,700 MPa.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi gliserol dan CMC terhadap kuat tarik *biodegradable film*

Penelitian yang dilakukan Mukhlisien et al., (2021) menunjukkan bertambahnya konsentrasi gliserol yang digunakan menyebabkan penurunan nilai kuat tarik

yang dihasilkan. Tingginya konsentrasi gliserol yang digunakan akan menurunkan tegangan antar molekul penyusun matriks *film* karena gliserol memiliki kemampuan

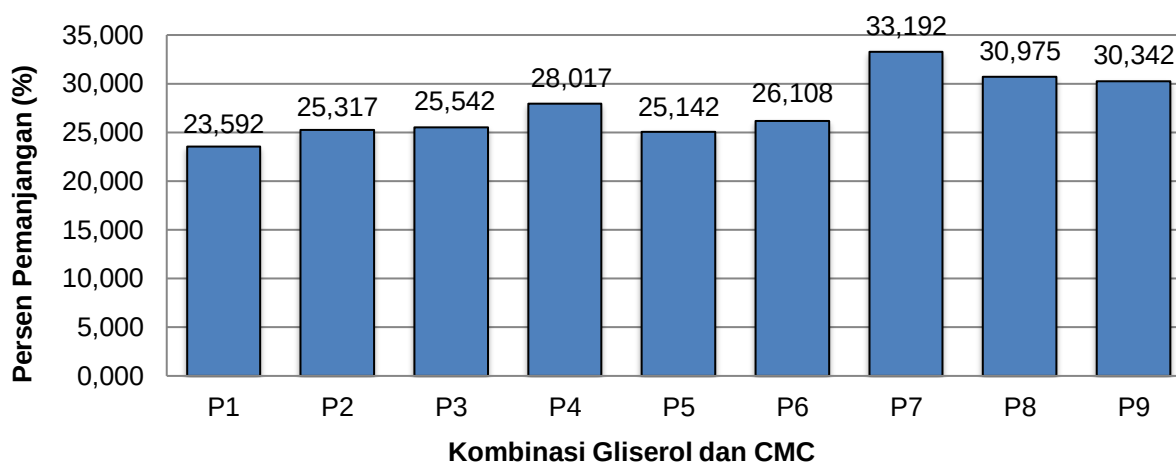
mengikat air (hidrofilik) sehingga *film* yang dihasilkan cenderung melemah seiring dengan tingginya perlakuan mekanis (Huri dan Nisa, 2014). Namun pada penelitian ini, konsentrasi gliserol yang tinggi meningkatkan nilai kuat tarik *biodegradable film* berbasis serat selulosa eceng gondok. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Jacob et al., (2014) yang menunjukkan peningkatan nilai kuat tarik seiring dengan penambahan konsentrasi gliserol. Lebih lanjut penelitian yang dilakukan Apriyani dan Sedyadi (2015) juga melaporkan bahwa nilai kuat tarik mengalami peningkatan ketika dilakukan penambahan konsentrasi gliserol, namun mengalami penurunan ketika mencapai titik kritisnya. Menurut Hidayat et al. (2013) hal tersebut dapat terjadi karena terdapat distribusi komponen penyusun berupa gliserol yang tidak merata.

Penggunaan CMC pada proses pembuatan *biodegradable film* juga mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan yaitu dapat memperbaiki sifat mekanik sehingga *film* yang dihasilkan tidak mudah putus ketika dilakukan penarikan dan dengan menambahkan CMC menyebabkan intensitas gugus -OH bertambah sehingga menghasilkan nilai kuat tarik yang tinggi seiring dengan penambahan konsentrasi CMC (Hardjono et al., 2016). Namun pada penelitian ini,

peningkatan konsentrasi CMC yang diberikan menurunkan nilai kuat tarik *biodegradable film* berbasis serat selulosa eceng gondok. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian Nurindra (2015) yang menunjukkan penurunan nilai kuat tarik yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi CMC yang diberikan. Penurunan nilai kuat tarik tersebut dapat terjadi karena rantai polimer tidak memiliki kemampuan untuk mengikat senyawa organik yang menyebabkan gaya intermolekuler menurun dan *biodegradable film* yang dihasilkan menjadi rapuh (Zuwanna et al., 2017). Hasil kuat tarik pada penelitian ini berkisar dari 63,700 – 191,917 MPa dan telah memenuhi standar JIS (*Japanese Industrial Standard*) 1975 yaitu minimal 0,39 MPa (Nurindra et al., 2015).

Persen Pemanjangan

Hasil penelitian dari pengujian persen pemanjangan menunjukkan bahwa nilai persen pemanjangan *biodegradable film* yang dihasilkan berkisar 23,592 sampai 33,192 % (Gambar 2). *Biodegradable film* dengan nilai persen pemanjangan tertinggi dihasilkan dari kombinasi gliserol 1,5% dan CMC 2% (P7) dengan nilai 33,192%, sedangkan *biodegradable film* dengan persen pemanjangan terendah dihasilkan dari kombinasi gliserol 0,5% dan CMC 2% (P1) dengan nilai 23,592%.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi gliserol dan CMC terhadap persen pemanjangan *biodegradable film*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi gliserol cenderung meningkatkan nilai persen pemanjangan. Hal ini sesuai dengan penelitian Jacob et al., (2014) yang juga menunjukkan peningkatan nilai persen pemanjangan seiring dengan penambahan konsentrasi gliserol. Sebagai *plasticizer*, gliserol dapat menyebabkan terjadinya penurunan ikatan kohesi mekanik antara polimer serta mampu merubah sifat kaku dari basis bahan yang digunakan (Jacob et al., 2014). Lebih lanjut Hidayati et al., (2015) menyatakan bahwa gliserol merupakan *plasticizer* yang memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengurangi ikatan hidrogen internal, yang kemudian mengakibatkan jarak intermolekul meningkat dan matriks yang terdapat dalam *film* menjadi kurang padat, sehingga ketika *film* tersebut diberi tekanan memungkinkan terjadinya pergerakan pada rantai polimer. Terjadinya perubahan struktur tersebut mendorong gliserol untuk masuk ke dalam matriks selulosa. Gliserol yang telah masuk ke dalam matriks selulosa tersebut selanjutnya menyebabkan penurunan ikatan kohesi dengan membentuk ikatan hidrogen antara gugus hidroksil yang terdapat dalam molekul selulosa dengan molekul gliserol

sehingga terjadi peningkatan fleksibilitas dan dapat meningkatkan nilai persen pemanjangan pada *biodegradable film* yang dihasilkan.

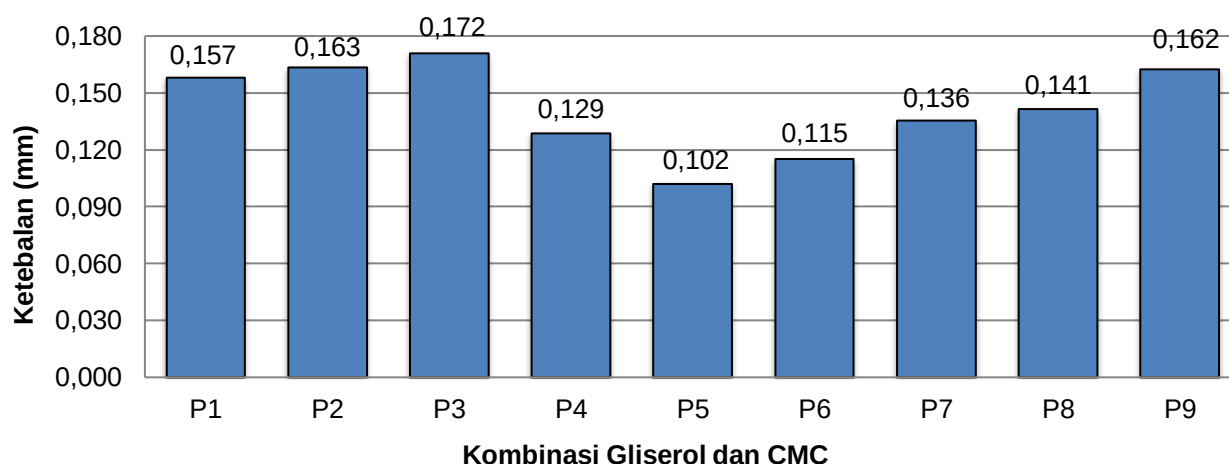
Penggunaan CMC pada penelitian ini menunjukkan tidak adanya kecenderungan konsentrasi CMC terhadap nilai persen pemanjangan yang dihasilkan. Perlakuan dengan kombinasi gliserol 0,5% menunjukkan peningkatan nilai persen pemanjangan seiring dengan tingginya konsentrasi CMC yang diberikan. Perlakuan dengan kombinasi gliserol 1% menunjukkan penurunan nilai kuat tarik pada penambahan CMC 2,5% dan mengalami peningkatan nilai kuat tarik pada penambahan CMC 3%. Sedangkan, perlakuan dengan kombinasi gliserol 1,5% menunjukkan penurunan nilai persen pemanjangan seiring dengan tingginya konsentrasi CMC yang diberikan. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurfauzi et al., (2018) yang menunjukkan ketidakaturan data yang dihasilkan seiring dengan penambahan CMC. Peningkatan nilai persen pemanjangan dapat terjadi karena gugus OH yang terdapat pada CMC akan mudah berikatan dengan gugus OH yang terdapat pada selulosa yang memungkinkan matriks *film* semakin rapat seiring dengan meningkatnya konsentrasi

CMC yang diberikan yang kemudian dapat meningkatkan nilai kuat tariknya, namun akan menyebabkan penurunan nilai persen pemanjangan karena sedikitnya ruang kosong yang tersedia pada susunan kimia *film* (Nurfauzi et al., 2018). Selain itu, proses pencampuran yang tidak merata dan kurang homogen yang disebabkan karena suhu yang tidak stabil pada saat proses pemanasan dan pencetakan berlangsung juga dapat menjadi faktor lain yang mempengaruhi nilai persen pemanjangan yang dihasilkan karena dapat menyebabkan penurunan tingkat homogenitas, keseragaman dan distribusi partikel (Nurfauzi et al., 2018). Hasil persen pemanjangan pada penelitian ini berkisar dari 23,592 – 33,192% dan belum

memenuhi standar JIS (*Japanese Industrial Standard*) 1975 yaitu minimal 70% (Nurindra et al., 2015).

Ketebalan

Hasil penelitian dari uji ketebalan menunjukkan bahwa nilai ketebalan *biodegradable film* yang dihasilkan berkisar 0,102 sampai 0,172 mm (Gambar 3). *Biodegradable film* dengan nilai ketebalan tertinggi dihasilkan dari kombinasi gliserol 0,5% dan CMC 3% (P3) dengan nilai 0,172 mm, sedangkan *biodegradable film* dengan ketebalan terendah dihasilkan dari kombinasi gliserol 1% dan CMC 2,5% (P5) dengan nilai 0,102 mm.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi gliserol dan CMC terhadap ketebalan *biodegradable film*

Sudaryati et al. (2010) dalam penelitiannya menyatakan bahwa penambahan konsentrasi gliserol akan meningkatkan ketebalan dari *biodegradable film* yang dihasilkan karena molekul gliserol dapat berinteraksi dengan polimer *film* yang kemudian menempati rongga dalam matriks sehingga meningkatkan jarak antar polimer. Hasil pada penelitian ini menunjukkan tidak adanya kecenderungan konsentrasi gliserol terhadap nilai ketebalan yang

dihasilkan. Perlakuan dengan penambahan gliserol 1% menyebabkan penurunan nilai ketebalan *biodegradable film*, namun pada penambahan gliserol 1,5% terjadi peningkatan nilai ketebalan *biodegradable film*. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Jacob et al., (2014) yang juga menunjukkan ketidakaturan pada hasil data yang ditunjukkan dengan penurunan nilai ketebalan seiring tingginya konsentrasi gliserol yang diberikan. Penurunan nilai ketebalan pada hasil

penelitian dapat terjadi karena gliserol 1,5% memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan molekul dengan bahan lainnya sehingga ketika proses pengeringan berlangsung tidak menyebabkan terlalu banyak air yang hilang dibandingkan dengan penambahan gliserol 1% yang lebih banyak kehilangan air sehingga ketebalan *film* yang dihasilkan menjadi lebih kecil (Jacoeb et al., 2014). Selain itu, ketidakteraturan nilai ketebalan tersebut dapat disebabkan karena proses pemerataan *biodegradable film* sebelum pengeringan yang dilakukan dengan tidak merata serta distribusi padatan yang terlarut. Jacoeb et al., (2014) menyatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi ketebalan *film* antara lain luas cetakan (ukuran plat kaca), volume dari larutan, dan jumlah total padatan dalam larutan.

Selain itu, tingginya konsentrasi CMC yang digunakan pada penelitian ini cenderung meningkatkan nilai ketebalan *biodegradable film*. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurindra et al., (2015) yang menunjukkan peningkatan nilai ketebalan dari bioplastik berbasis pati propagul mangrove lindur seiring dengan penambahan konsentrasi CMC. Hal ini dapat terjadi karena CMC memiliki kemampuan membentuk larutan kompleks guna meningkatkan viskositas (Putri et al., 2019). Hasil nilai ketebalannya berkisar dari 0,102 – 0,172 mm dan telah memenuhi standar JIS (*Japanese Industrial Stadart*) 1975 yaitu maksimal 0,25 mm (Nurindra et al., 2015).

Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai laju transmisi uap air (WVTR) *biodegradable film* yang dihasilkan berkisar 3,438 sampai 6,752 g/m²/24 jam (Tabel 1).

Biodegradable film dengan laju transmisi uap air (WVTR) tertinggi dihasilkan dari kombinasi gliserol 1,5% dan CMC 2% dengan nilai 6,752% g/m²/24jam. Sedangkan, *biodegradable film* dengan laju transmisi uap air (WVTR) terendah dihasilkan dari kombinasi gliserol 0,5% dan CMC 3% dengan nilai 3,438 g/m²/hari.

Tabel 1. Hasil nilai laju transmisi uap air (WVTR) *biodegradable film*

Perlakuan	Nilai Laju Transmisi Uap Air (WVTR) (g/m ² /24 jam)
G1C1 (Gliserol 0,5% dan CMC 2%)	3,721
G1C2 (Gliserol 0,5% dan CMC 2,5%)	3,552
G1C3 (Gliserol 0,5% dan CMC 3%)	3,438
G2C1 (Gliserol 1% dan CMC 2%)	4,087
G2C2 (Gliserol 1% dan CMC 2,5%)	4,393
G2C3 (Gliserol 1% dan CMC 3%)	5,747
G3C1 (Gliserol 1,5% dan CMC 2%)	6,752
G3C2 (Gliserol 1,5% dan CMC 2,5%)	6,400
G3C3 (Gliserol 1,5% dan CMC 3%)	6,122

Nilai laju transmisi uap air (WVTR) *biodegradable film* yang dihasilkan meningkat seiring dengan tingginya konsentrasi gliserol yang diberikan (Tabel 1). Hal ini sejalan dengan penelitian Huri dan Nisa (2014) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi gliserol yang diberikan akan meningkatkan nilai WVTR dari *film* yang dihasilkan. Hal tersebut dapat terjadi karena sifat hidrofilik yang dimiliki gliserol sebagai *plasticizer* mampu menurunkan tegangan yang terdapat antar molekul pada matriks *biodegradable film* sehingga ruang antar molekul semakin besar dan menyebabkan uap air dapat

menembus lapisan *biodegradable film* (Nemet et al., 2010). Selain itu, peningkatan konsentrasi CMC yang digunakan menyebabkan penurunan nilai WVTR. Hal tersebut dapat terjadi karena CMC mempunyai gugus -OH yang mampu mengabsorpsi serta mengikat air sehingga menyebabkan timbulnya sifat resisten terhadap molekul-molekul air (Ningsih, 2019).

Menurut Gozali et al., (2020) nilai WVTR juga dapat dipengaruhi oleh nilai ketebalan *biodegradable film*. Ketebalan pada *biodegradable film* dapat menggambarkan jarak yang dapat ditempuh oleh uap air untuk berdifusi melewati lapisan *film*, sehingga tingginya nilai ketebalan *biodegradable film* menyebabkan semakin jauhnya jarak yang ditempuh uap air untuk berdifusi melewati lapisan *film*. Oleh karena itu, pada P3 (Gliserol 0,5% dan CMC 3%) menghasilkan nilai laju transmisi uap air yang paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal tersebut terjadi karena semakin besar nilai ketebalan *biodegradable film* maka semakin kompleks molekul penyusunnya, sehingga menyebabkan pori-pori *biodegradable film* menjadi semakin kecil (Mustafa et al., 2017). *Biodegradable film* yang dihasilkan dari berbagai perlakuan pada penelitian ini memiliki laju transmisi uap air antara 3,438 - 6,752 g/m²/24 jam dan telah memenuhi standar JIS (*Japanesse Industrial Standart*) 1975 yakni maksimal 7 g/m²/24jam (Nurindra et al., 2015).

Ketahanan Pada Suhu Ruang

Pengamatan penampakan visual dan tekstur *biodegradable film* pada suhu ruang dilakukan selama 7 minggu. Sampel *biodegradable film* selama penyimpanan tidak mengalami perubahan yang

signifikan dilihat dari penampakan fisiknya. Pengamatan minggu ke-1 sampai ke-6 menunjukkan tidak terdapat perubahan penampakan fisik *biodegradable film*. Pengamatan pada minggu ke-7 terlihat penampakan jamur yang mulai tumbuh ditandai dengan adanya bintik-bintik hitam pada permukaan *biodegradable film*. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa *biodegradable film* berbasis serat selulosa eceng gondok hanya memiliki masa simpan selama 6 minggu pada suhu ruang.

Perubahan tekstur *biodegradable film* mulai terjadi pada minggu ke-4, 5, 6, 7. Pada minggu ke-1 sampai ke-3 menunjukkan tekstur *biodegradable film* yang masih plastis, sedangkan pada minggu ke-4 sampai ke-7 tekstur *biodegradable film* menjadi semakin kaku. Menurut Akbar et al., (2013) terjadinya penurunan fleksibilitas pada *biodegradable film* disebabkan oleh adsorpsi uap air dari lingkungan kedalam *biodegradable film* selama proses penyimpanan. Air yang terserap tersebut yang kemudian memicu pertumbuhan mikroorganisme berupa jamur dan bakteri pada permukaan *biodegradable film* (Anggraini, 2019).

Uji Biodegradabilitas

Pengamatan biodegradabilitas dilakukan tiap satu minggu sekali dan menunjukkan bahwa sampel *biodegradable film* dapat terurai secara sempurna setelah dilakukan penguburan di dalam tanah selama 3 minggu. Pengamatan pada minggu ke-1 menunjukkan bahwa sampel *biodegradable film* belum mengalami kerusakan dan masih mempertahankan bentuk asli dari potongan sampel. Pengamatan pada minggu ke-2 menunjukkan sampel *biodegradable film* telah terurai, namun belum secara

sempurna karena masih sedikit tersisa bagian-bagian *film* dalam tanah. Pengamatan minggu ke-3 menunjukkan sampel *biodegradable film* telah terurai secara sempurna dalam tanah yang ditandai dengan tidak adanya bagian-bagian dari sampel *film* yang tersisa.

Kemampuan *biodegradable film* untuk dapat terdegradasi secara sempurna melalui *soil burial test* (tes penguburan tanah) dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu jenis tanah, jenis mikroba, dan kelembaban (Hamzah et al., 2021). Khoramnejadian (2011) juga memperkuat anggapan tersebut dengan menyatakan bahwa *film* cenderung memiliki lubang selama uji biodegradabilitas yang mempengaruhi matriks polimer dan menyebabkan *film* menjadi rapuh. Selain itu, komponen yang terkandung dalam *biodegradable film* juga akan mempengaruhi lama waktu *biodegradable film* tersebut untuk terurai. Pada penelitian ini, komponen-komponen yang terkandung dalam *biodegradable film* terdiri dari selulosa, gliserol dan CMC.

Berdasarkan penelitian Hidayati et al., (2015) *biodegradable film* dengan bahan baku berupa selulosa menghasilkan karakteristik *biodegradable film* dengan sifat yang mudah terurai dalam tanah, karena bahan baku tersebut dengan mudah dapat berinteraksi dengan air dan mikroorganisme dalam tanah. Selain itu, penambahan *plasticizer* berupa gliserol dan *stabilizer* berupa CMC dapat membantu proses degradasi *film* berjalan lebih cepat. Menurut Inayati et al., (2019), penggunaan konsentrasi gliserol yang tinggi, menyebabkan semakin mudahnya *biodegradable film* terdegradasi. Sifat hidrofilik yang dimiliki gliserol menyebabkan *biodegradable film* memiliki kemampuan yang lebih banyak untuk

menyerap air. Kandungan air tersebut akan meningkatkan kelembaban dari *biodegradable film* yang dihasilkan, sehingga mendukung aktivitas mikroba dalam melakukan proses degradasi. Penambahan CMC dengan konsentrasi tinggi juga menyebabkan semakin cepat *biodegradable film* mengalami degradasi karena CMC dapat berinteraksi dengan air untuk membentuk koloid dan jika kadar CMC pada *biodegradable film* tinggi maka jumlah air yang diserap juga akan semakin tinggi. Kandungan air yang tinggi tersebut tentunya membantu proses biodegradasi *biodegradable film* menjadi lebih cepat (Ma'arif et al., 2020).

KESIMPULAN

Penambahan konsentrasi gliserol meningkatkan nilai kuat tarik, persen pemanjangan dan laju transmisi uap air (WVTR), serta menyebabkan tidak adanya kecenderungan terhadap nilai ketebalan yang dihasilkan. Penambahan konsentrasi CMC meningkatkan nilai ketebalan, menurunkan nilai kuat tarik dan laju transmisi uap air (WVTR), serta menyebabkan tidak adanya kecenderungan terhadap nilai persen pemanjangan yang dihasilkan. Perlakuan terbaik diperoleh pada P7 (Gliserol 1,5% dan CMC 2%) untuk parameter kuat tarik dengan nilai tertinggi yaitu 191,917 MPa, dan pada P3 (Gliserol 0,5% dan CMC 3%) untuk parameter ketebalan dan laju transmisi uap air (WVTR) dengan nilai tertinggi yaitu 0,172 mm (ketebalan) dan nilai terendah yaitu 3,438 g/m²/24 jam (WVTR). Untuk parameter persen pemanjangan tidak terdapat perlakuan terbaik karena nilai yang dihasilkan belum memenuhi standar JIS 1975.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriadi, Z., 2019. Gambaran pengelolaan sampah rumah tangga melalui bank sampah di kota pekanbaru. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes* 10(2), 160–162.
- Ahmed, A. F., dan Moahmed A. A. N., 2012. Pretreatment and enzymic saccharification of waterhyacinth cellulose. *Carbohydrate Polymers* 87, 2109-2113.
- Akbar, F., Anita, Z dan Harahap, H., 2013. Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara* 2(2), 11-15.
- Anggraini, F, 2019. Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Tebu (*Saccharum officinarum L.*) dengan Penambahan Gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC). [Skripsi]. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Apriyani, M., dan Sedyadi, E., 2015. Sintesis dan karakterisasi plastik biodegradable dari pati onggok singkong dan ekstrak lidah buaya (*aloe vera*) dengan plasticizer gliserol. *Jurnal Sains Dasar* 4(2), 145-152.
- ASTM., 1983. Annual Book of ASTM Standard. American Society for Testing and Material, Philadelphia.
- ASTM, 1997. Annual Book of ASTM Standard. American Society for Testing and Material, Philadelphia.
- Bourtoom, T., 2007. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend films from rice starch-chitosan. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 30(1), 149-155.
- Coniwanti, P., Linda, L., dan Mardiyah, R. A., 2014. Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemlastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia* 20(4), 22–30.
- Dewi, R., Rahmi dan Nasrun., 2021. Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air *edible film* bioplastik menggunakan minyak sawit dan plasticizer gliserol berbasis pati sagu. *Jurnal teknologi kimia UNIMAL* 10(1), 61-67.
- Fransisca, D., Zulferiyenni dan Susilawati., 2013. Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap sifat fisik *biodegradable film* dari komposit selulosa nanas. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian* 18(2), 196-205.
- Gozali, T., Willy, P. W., dan Iqbal, R., 2020. Pengaruh konsentrasi CMC dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *edible packaging* kopi instan dari pati kacang hijau (*vigna radiata*l.). *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)* 7(1), 1-9.
- Hamzah, F. H., Fitra, F. S., Dewi, F.A., dan Angga, P., 2021. Effect of the glycerol addition on the physical characteristics of biodegradable plastic made from oil palm empty fruit bunch. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* 10(3), 239-248.
- Hardjono., Suharti, P. H., Permatasari, D. A., dan Sari, V. A., 2016. Pengaruh penambahan asam sitrat terhadap karakteristik film plastik biodegradable dari pati kulit pisang

- kepok (*musa acuminata balbisiana colla*). JBAT 5(1), 22-28.
- Hidayat, M. K., Latifah., dan Sri, M. R., 2013. Penggunaan carboxy methyl cellulose dan gliserol pada pembuatan plastik biodegradable pati gembili. Indonesian Journal of Chemical Science 2(3), 253-258.
- Hidayati, S. Zuidar, A. S. dan Ardiani, A., 2015. Aplikasi sorbitol pada produksi *biodegradable film* dari nata de cassava. Jurnal Reaktor 15(3), 196-20.
- Hidayati, S., Zulferiyenni., dan Satyajaya, W., 2019. Optimasi pembuatan biodegradable film dari selulosa limbah padat rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dengan penambahan gliserol, kitosan, CMC dan tapioka. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 22(2), 340-354.
- Huri, D., dan Nisa, F. C., 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan ekstrak ampas kulit apel terhadap karakteristik fisik dan kimia edible film. Jurnal Pangan Dan Agroindustri 2(3), 29-40.
- Inayati., Pamungkas, D.J., dan Matovanni, M.P.N., 2019. Effect of glycerol concentration on mechanical characteristics of biodegradable plastic from rice straw cellulose. AIP Conference Proceedings. p. 030110.
- Jacoeb, A. M., Roni, N., dan Siluh, P. S., 2014. Pembuatan Edible film dari pati buah lindur dengan penambahan gliserol dan karaginan. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 17(1), 14-21.
- Kalsum, U., Robiah., dan Yokasari., 2020. Pembuatan bioplastik dari ampas tahu dan ampas tebu dengan pengaruh penambahan gliserol dan tepung meizena. Distilasi 5(2), 34-37.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)., 2021. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Indonesia.
- Khoramnejadian, S., 2011. Converting nonbiodegradable plastic to biodegradable plastic by using natural polymer to help environment conservation. Journal of Food, Agriculture and Environment 9(2), 477-479.
- Ma'arif, L., Fitrass, U., dan Sedyadi, E., 2020. Bioplastic biodegradation based on ganyong umbi states with addition of sorbitol and CMC (*Carboxy Methil Cellulose*) in soil media. Proceeding International Conference on Science and Engineering, pp. 429-435.
- Mukhlisien., Suhendrayatna., Mohd, M., dan Hasnil, A., 2021. Kajian Pembuatan film plastik biodegradable dari ekstrak bonggol jagung. Jurnal inovasi ramah lingkungan (JIRL) 2(1), 15-19.
- Mustafa, R., Fajar, R., dan Raswen, E., 2017. Pemanfaatan kitosan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* dari pati ubi jalar kuning, Artikel Faperta 4(2), 5-6.
- Namet, N. T., Soso, V.M. dan Lazic, V.L., 2010. Effect of glycerol content and pH value of film-forming solution on the functional properties of protein-based edible films. APTEFF 41, 57-67.
- Ningsih, E. P., Dahlena, A., dan Sumardi., 2019. Pengaruh penambahan

- carboxy methyl cellulose* (CMC) terhadap karakteristik bioplastik dari pati ubi nagara (*Ipomoea batatas*. L). Indonesian Journal of Chemical Research 7(1), 77-85.
- Nurfauzi, S., Sutan, S. M., Argo, B. D., dan Djoyowasito, G., 2018. Pengaruh konsentrasi CMC dan suhu pengeringan terhadap sifat mekanik dan sifat degradasi pada plastik biodegradable berbasis tepung jagung. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 6(1), 90-99.
- Nurindra, A. P., Alamsjah, M. A., dan Sudarno., 2015. Karakteristik edible film dari pati propagul mangrove lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebagai pemlastis. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan 7(2), 125-132.
- Pratiwi, D., 2016. Pemanfaatan selulosa dari limbah jerami padi (*Oryza sativa*) sebagai bahan bioplastik. Jurnal IJPST 3(3), 83-91.
- Putri, D. A., Desi, S., dan Tias, A., 2019. Analisis penambahan *carboxymethyl cellulose* terhadap *edible film* pati umbi garut sebagai pengemas buah strawberry. Jurnal Riset Sains dan Teknologi 3(2), 77-83.
- Satriyo., 2012. Kajian Penambahan Chitosan, Gliserol, dan *Carboxy Methyl Cellulose* terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* dari Bahan Komposit Selulosa Nanas. [Skripsi]. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sudaryati, H. P., Mulyani, S. T., dan Hansyah, E.. R., 2010. Physical and mechanical properties of edible film from porang (*Amorphophallus oncophyllus*) flour and carboxymethyl-cellulose. Jurnal Teknologi Pertanian 11(30), 196-201.
- Zulferiyenni, Hanum, T., dan Suharyono, A.S., 2004. Pemurnian selulosa nanas untuk bahan dasar pembuatan film selulosa. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan 4(1), 55-62.
- Zulferiyenni dan Hidayati S., 2016. Sifat kimia limbah padat rumput laut hasil pemurnian menggunakan H₂O₂ dan NaOH. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung, pp.141-148).