

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

**(Skripsi)**

**Oleh**

**RENITA AFFANTI**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRACT**

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

**By**

**RENITA AFFANTI**

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 symplo 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/m<sup>2</sup>/24 hours (WVTR). Biodegradable film decomposes in 21 days by biodegradability test.

Keyword: biodegradable film, hyacinth, glycerol, CMC

## ABSTRAK

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

Oleh

**RENITA AFFANTI**

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 Standard* (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/m<sup>2</sup>/24 jam (WVTR). *Biodegradable film* terurai dalam 21 hari dengan uji biodegradabilitas.

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

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

Oleh

**RENITA AFFANTI**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE*  
FILM BERBASIS SERAT SELULOSA  
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*  
(mart.) Solms) DENGAN PENAMBAHAN  
GLISEROL DAN *CARBOXY METHYL*  
*CELLULOSE* (CMC)**

Nama Mahasiswa : **Renita Affanti**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914051008

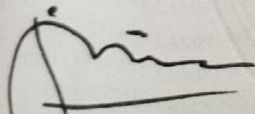
Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

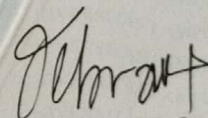
Fakultas : Pertanian



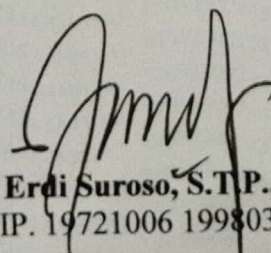
**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
**Ir. Zulferiyenni, M.T.A.**  
NIP. 19620207 199010 2 001

  
**Ir. Fibra Nurainy, M.T.A.**  
NIP. 19680225 199603 2 001

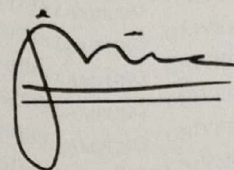
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

  
**Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.**  
NIP. 19721006 199803 1 005

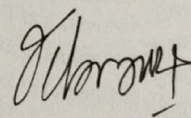
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

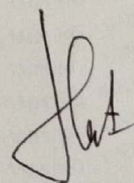
Ketua : Ir. Zulferiyenni, M.T.A.



Sekretaris : Ir. Fibra Nurainy, M.T.A.



Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Sri Hidayati, M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**

NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **07 Agustus 2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Renita Affanti

NPM : 1914051008

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023  
Yang membuat pernyataan



Renita Affanti  
NPM. 1914051008

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 04 Juni 2001. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Rohmad dan Ibu Purwati. Penulis memiliki seorang kakak perempuan bernama Restika Mayang Sari dan seorang adik perempuan bernama Renaffa Novi Aryanti. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK YP PG Bungamayang pada tahun 2007, Sekolah Dasar di SD YP PG Bungamayang pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di SMP YP PG Bungamayang pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Kotabumi (Jalawiyata) pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Pada bulan Januari-Februari 2022, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Ratu Abung, Kecamatan Abung Selatan, Kabupaten Lampung Utara, Provinsi Lampung. Pada bulan Juli-Agustus 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Indomuskaat Mega Mandiri yang terletak di Desa Wiyono, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan judul “Mempelajari Sistem Pengendalian Mutu (*Quality Control*) Produk Minyak Pala di PT. Indomuskaat Mega Mandiri”.



## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Karakteristik *Biodegradable Film* Berbasis Serat Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) dengan Penambahan Gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P, M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A. selaku Dosen Pembimbing Pertama sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan nasihat, motivasi, bimbingan, saran, dan arahan selama menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Ir. Fibra Nurainy, M.T.A. selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan bimbingan, saran, dan arahan kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ir. Sri Hidayati, M.P. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran serta masukan pada skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah mengajari, membimbing, dan membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik.

7. Bapak Rohmad dan Ibu Purwati selaku Orang Tua tercinta yang tiada henti memberikan doa dan dukungan baik secara mental dan finansial, motivasi, semangat dan kasih sayang yang tiada tara sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Saudara kandungku tersayang Restika dan Renaffa yang senantiasa memberikan doa dan dukungan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.
9. Sahabat-sahabatku terkasih Dewi, Leona, Andini, dan Vika yang telah memberikan bantuan, semangat, doa, dan selalu ada menemani dalam suka maupun duka, serta selalu siap sedia menjadi tempat berkeluh kesah.
10. Teman-teman seperbimbingan Yusuf, Citra, Melvina, Sella, dan Marza yang siap sedia untuk membantu selama proses penelitian dan berjuang bersama-sama salam menyelesaikan skripsi.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua.

Bandar Lampung, 07 Agustus 2023  
Penulis

**Renita Affanti**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 <i>Biodegradable Film</i> .....	6
2.2 Karakteristik <i>Biodegradable Film</i> .....	7
2.3 Eceng Gondok .....	10
2.4 Selulosa .....	11
2.5 Gliserol .....	13
2.6 CMC ( <i>Carboxyl Methyl Cellulose</i> ) .....	14
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>16</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	16
3.2 Bahan dan Alat .....	16
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	18
3.4.1 Prosedur pembuatan pulp eceng gondok .....	18
3.4.2 Prosedur pemisahan selulosa .....	18
3.4.3 Prosedur pemurnian selulosa eceng gondok .....	19
3.4.4 Prosedur pembuatan <i>biodegradable film</i> .....	20
3.5 Pengamatan .....	21

3.5.1 Kuat tarik .....	22
3.5.2 Persen Pemanjangan .....	22
3.5.3 Ketebalan .....	23
3.5.4 Laju Transmisi Uap Air .....	23
3.5.5 Ketahanan terhadap suhu ruang .....	24
3.5.6 Uji Biodegradabilitas .....	24
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1 Kuat tarik .....	25
4.2 Persen pemanjangan .....	27
4.3 Ketebalan.....	29
4.4 Laju transmisi uap air (WVTR).....	31
4.5 Ketahanan <i>biodegradable film</i> pada suhu ruang .....	33
4.6 Biodegradabilitas.....	34
4.7 Penentuan perlakuan terbaik.....	36
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>39</b>
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>40</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persyaratan <i>biodegradable film</i> menurut <i>Japanese Industrial Standard (JIS)</i> .....	8
2. Kombinasi Gliserol dan <i>Carboxy Methyl Cellulose (CMC)</i> .....	17
3. Hasil nilai laju transmisi uap air (WVTR) <i>biodegradable film</i> .....	32
4. Rekapitulasi penentuan perlakuan terbaik dari <i>biodegradable film</i> .....	37
5. Data hasil pengujian nilai kuat tarik <i>biodegradable film</i> .....	48
6. Data hasil pengujian nilai persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> .....	48
7. Data hasil pengujian nilai ketebalan <i>biodegradable film</i> .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Eceng gondok.....	11
2. Struktur selulosa.....	12
3. Struktur gliserol.....	14
4. Struktur CMC.....	15
5. Diagram alir pembuatan pulp batang eceng gondok.....	18
6. Diagram alir pemisahan selulosa eceng gondok .....	19
7. Diagram alir pemurnian selulosa eceng gondok .....	20
8. Diagram alir pembuatan <i>biodegradable film</i> eceng gondok .....	21
9. Pengaruh konsentrasi gliserol dan CMC terhadap kuat tarik <i>biodegradable film</i> .....	25
10. Pengaruh konsentrasi gliserol dan CMC terhadap persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> .....	27
11. Pengaruh konsentrasi gliserol dan CMC terhadap ketebalan <i>biodegradable film</i> .....	30
12. Pengamatan <i>biodegradable film</i> pada suhu ruang (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3, (d) minggu ke-4, (e) minggu ke-5, (f) minggu ke-6, (g) minggu ke-7.....	34
13. Hasil pengujian biodegradabilitas <i>biodegradable film</i> (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3 .....	35
14. Batang eceng gondok .....	50
15. Pengecilan ukuran batang eceng gondok .....	50
16. Proses penghalusan .....	50
17. Penyaringan dan pencucian bubur eceng gondok .....	50
18. Perendaman dengan NaOH.....	51

19. Pencucian hingga pH netral .....	51
20. Proses hidrolisis dengan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	51
21. Pencucian hingga pH netral .....	51
22. Pembuatan <i>biodegradable film</i> .....	52
23. Pencetakan pada plat kaca .....	52
24. Pengeringan sampel .....	52
25. Sampel setelah kering .....	52
26. Uji biodegradabilitas .....	53
27. Uji ketahanan pada suhu ruang .....	53
28. Uji laju transmisi uap air (WVTR).....	53

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Jumlah timbulan 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. Total sampah tersebut mengalami peningkatan sebesar 0,7 juta ton jika dibandingkan dengan total sampah nasional yang dihasilkan Indonesia pada tahun sebelumnya (2020) yang jumlahnya mencapai 67,8 juta ton. Dari jumlah tersebut, 17% (sekitar 11,6 juta ton) disebabkan oleh sampah plastik (Sasoko, 2022). Timbulan sampah plastik dengan jumlah tersebut sangat berbahaya karena dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Hal tersebut dapat terjadi karena plastik berbahan baku dari minyak dan gas bumi yang tidak dapat diperbaharui dan juga sebagian besar dari plastik mengandung bahan kimia yang secara alami sulit terurai oleh mikroba penghancur yang terdapat di dalam tanah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk melakukan pencegahan terhadap pencemaran lingkungan lebih lanjut yaitu dengan mengembangkan kemasan *biodegradable film* berbahan baku biomassa 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. Menurut Latief (2001), *biodegradable film* sebagai pengemas produk pangan memiliki kelebihan yaitu dapat melindungi produk dari kontaminan dan pengaruh lingkungan, serta bersifat transparan sehingga kondisi



dari produk yang dikemas dapat terlihat. *Biodegradable film* disebut sebagai plastik yang *renewable* (terbarukan), karena berasal dari senyawa-senyawa yang tersedia di alam, salah satunya yaitu selulosa. Menurut Pratiwi (2016), selulosa memiliki sifat termoplastik, sehingga potensial sebagai bahan pengemas dan cocok dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*. Selain karena sifatnya yang termoplastik, selulosa sangat berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film* karena merupakan salah satu polimer alami yang ketersediaannya paling melimpah, serta mudah terdegradasi di alam (Salas *et al.*, 2014). Salah satu sumber daya alam yang berpotensi sebagai bahan baku selulosa dalam pembuatan *biodegradable film* adalah eceng gondok.

Eceng gondok merupakan tanaman yang dianggap sebagai gulma yang menyebabkan kerusakan di lingkungan perairan. Pemberantasan gulma tersebut telah dilakukan dengan berbagai upaya, namun belum ada yang berhasil. Hal tersebut disebabkan oleh tingkat pertumbuhan eceng gondok yang lebih cepat dari pembuangannya. Tingginya pertumbuhan eceng gondok tersebut menyebabkan eceng gondok sangat potensial untuk dimanfaatkan. Pemanfaatan eceng gondok yang telah banyak dilakukan yaitu sebagai kerajinan tangan baik pada industri rumah tangga maupun mebel (Yudo dan Kiryanto, 2010). Eceng gondok juga memiliki komponen serat yang dapat dimanfaatkan karena kandungan lignoselulosa yang terkandung di dalamnya. Menurut Ahmed and Moahmed (2012), kandungan lignoselulosa di dalam eceng gondok terdiri dari 60% selulosa, 8% hemiselulosa dan 17% lignin. Kandungan selulosa yang cukup tinggi tersebut membuat tanaman eceng gondok potensial sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*.

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). Selain itu, penggunaan gliserol dalam pembuatan *biodegradable film* dapat mempengaruhi karakteristik dari *biodegradable film* yang dihasilkan. Menurut Isroi *et al.*, (2017) semakin tinggi konsentrasi gliserol yang digunakan mengakibatkan semakin banyak bagian dari *biodegradable film* yang terdegradasi. Namun, Anggraini (2019) menyatakan bahwa semakin banyak jumlah gliserol yang digunakan menyebabkan kuat tarik yang dihasilkan lebih rendah, sehingga diperlukan bahan tambahan lain yaitu CMC sebagai *stabilizer* 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.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui penambahan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *biodegradable film* dari serat selulosa eceng gondok.
2. Mengetahui penambahan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik *biodegradable film* dari serat selulosa eceng gondok.
3. Mengetahui kombinasi konsentrasi gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) yang menghasilkan *biodegradable film* dengan karakteristik terbaik sesuai dengan *Japanese Industrial Standart* (JIS).

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan baku utama berupa selulosa eceng gondok. Menurut Ahmed dan Moahmed (2012), eceng gondok memiliki kandungan selulosa yang relatif tinggi yaitu sebesar 60%, sehingga berpotensi

sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*. Beberapa penelitian terdahulu telah banyak menggunakan bahan baku selulosa dalam pembuatan *biodegradable film*. Salah satunya yaitu penelitian serupa yang telah dilakukan oleh Pratama *et al.*, (2020) dengan menggunakan bahan baku selulosa eceng gondok. Namun pada penelitian tersebut, eceng gondok digunakan sebagai *reinforcing agents* dan pada penambahan gliserol (1 mL) dan kitosan (15 mL) menghasilkan nilai kuat tarik 1,67 MPa.

*Biodegradable film* yang dibuat dengan menggunakan bahan baku selulosa akan memiliki sifat yang kaku dan kuat (Anggraini, 2019), sehingga perlu dilakukan penambahan bahan lain agar dihasilkan karakteristik kemasan yang baik. Bahan tambahan yang dapat digunakan yaitu gliserol sebagai *plasticizer* dan CMC sebagai *stabilizer*. Gliserol sebagai *plasticizer* memiliki kemampuan dalam menurunkan gaya intermolekul sepanjang rantai polimernya, sehingga *film* yang dihasilkan menjadi plastis atau lentur (Mukuze *et al.*, 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Tokan (2022) dengan bahan baku *nata de cassava* memperoleh hasil terbaik dengan menggunakan konsentrasi gliserol 1% dengan kuat tarik 0,64 MPa, elongasi 12,06%, kelarutan 72,01%, dan biodegradabilitas 3 minggu. Aripin *et al.*, (2017) dalam penelitiannya menggunakan konsentrasi gliserol 0,5% memperoleh nilai kuat tarik tertinggi yaitu 19,23 MPa, sedangkan nilai elongasi terbaik diperoleh dengan menggunakan konsentrasi gliserol 1,5 % yaitu 39,16%.

Selain gliserol, faktor lain yang dibutuhkan dalam pembuatan *biodegradable film* yaitu CMC sebagai *stabilizer*. Penambahan CMC sebagai *stabilizer* berperan sebagai pengemulsi, surfaktan, dan penguat *biodegradable film* ((Nurfitriyani, 2022). Menurut Satriyo (2012), CMC akan berinteraksi dengan gliserol, selulosa, dan air, yang kemudian akan memberikan kekentalan pada larutan. Penelitian yang dilakukan oleh Nurfitriyani (2022) menggunakan bahan baku berupa kulit kopi memperoleh hasil terbaik pada penambahan CMC dengan konsentrasi 2% dengan nilai kuat tarik 143,931 MPa, persen pemanjangan 31,717%, permeabilitas uap air 3,2 g/m<sup>2</sup>/hari, dan biodegradabilitas 14 hari. Penelitian *biodegradable film* berbahan baku ampas rumput laut yang dilakukan oleh Hidayati *et al.*, (2019) memperoleh nilai yang optimum pada konsentrasi CMC 2,5% yaitu nilai kuat

tarik 95,013 MPa, persen pemanjangan 8,92% dengan kelarutan 80,62%. Selain itu, Annisa (2015) dalam penelitiannya menggunakan bahan baku limbah buah melon memperoleh hasil terbaik pada penambahan CMC 3% dengan nilai kuat tarik 143,249 MPa, nilai ketebalan 0,116 mm, dan biodegradabilitas 21 hari. Namun, informasi mengenai pengaruh penambahan gliserol dan CMC yang terbaik pada pembuatan *biodegradable film* berbasis serat selulosa eceng gondok saat ini belum tersedia, sehingga penelitian ini perlu dilakukan dengan menggunakan konsentrasi gliserol pada taraf 0,5%, 1%, dan 1,5% serta konsentrasi CMC pada taraf 2%, 2,5% dan 3%.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Biodegradable Film*

*Biodegradable film* merupakan gabungan dari dua kata yaitu “*biodegradable*” dan “*film*” yang diartikan sebagai lembaran atau *film* yang dapat dengan mudah terdegradasi di dalam tanah secara alami dengan bantuan mikroorganisme. Sementara itu, menurut Anita *et al.*, (2013) *biodegradable* sendiri terdiri dari kata *bio* yang berarti makhluk hidup, dan *degradable* yang berarti terurai. Selain itu, *biodegradable film* memiliki pengertian lain sebagai suatu material polimer hasil pertanian dengan berat molekul yang rendah sehingga pada tahapan degradasinya secara alami dapat berlangsung melalui metabolisme organisme. Material polimer pertanian diantaranya yaitu selulosa yang terdapat pada bagian dari dinding sel tanaman, kitin yang terdapat pada bagian kulit Crustaceae, dan pullulan yang merupakan hasil fermentasi pati oleh *Pullularia pullulans*. Polimer-polimer tersebut memiliki sifat termoplastik dengan kemampuan mudah untuk dibentuk atau dicetak menjadi sebuah *film* kemasan. Selain itu, berbagai polimer tersebut memiliki kelebihan yaitu jumlahnya yang tersedia sepanjang tahun dan secara alami mudah terdegradasi (Anggraini, 2019).

*Biodegradable film* tersusun atas komponen-komponen yang terbagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid (turunan selulosa, protein, pektin, alginat, dan pati), lipida (gliserol, asam lemak, waxes, dan asilgliserol), dan komposit (gabungan dari dua bahan yang berbeda antara lain gabungan hidrokoloid dengan hidrokoloid, lipida dengan lipida atau hidrokoloid dengan lipida) (Donhowe dan Fennema, 1994). Jenis hidrokoloid maupun lipida yang digunakan dalam

komposit berbeda satu sama lain. Tujuan pembentukan komposit yaitu guna memperbaiki sifat *film* yang hanya terbentuk dari satu bahan (Fiqinanti, 2022). *Biodegradable film* yang dibuat dengan lipida, campuran lipida dan protein, serta polisakarida dinilai sangat baik karena dapat menghambat perpindahan uap air, sehingga umur simpan produk dapat terjaga. Sementara itu, *biodegradable film* yang dibuat dengan campuran protein dan polisakarida dinilai memiliki kemampuan yang baik dan efektif dalam menghambat perpindahan gas untuk mencegah terjadinya oksidasi lemak. Selain itu, menurut Nurfitriyani (2022), *biodegradable* yang berasal dari lipida dan film dua lapis (*bilayer*) ataupun campuran yang terbuat dari lipida dan protein atau polisakarida pada umumnya baik digunakan sebagai penghambat perpindahan uap air apabila dibandingkan dengan *biodegradable* yang terbuat dari protein dan polisakarida dikarenakan sifatnya yang lebih hidrofobik.

*Biodegradable film* berdasarkan bahan baku yang digunakan terbagi menjadi dua kelompok. Kelompok yang pertama merupakan campuran petrokimia (*non-renewable resources*) dengan bahan aditif berupa senyawa bioaktif yang sifatnya *non biodegradable*. Kelompok yang kedua merupakan bahan baku yang secara keseluruhan berasal dari sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) seperti pati, selulosa dan protein yang berasal dari hewan maupun tumbuhan (Pratiwi, 2016). *Biodegradable film* dari polimer hasil pertanian tentunya mempunyai kemampuan untuk terdegradasi lebih cepat sehingga bersifat ramah terhadap lingkungan. Sifatnya yang ramah lingkungan tersebut, menjadikan *biodegradable film* cocok digunakan sebagai pengganti plastik konvensional. Selain itu, proses pembuatan *biodegradable film* akan menghasilkan emisi karbon yang jauh lebih sedikit dibanding proses pembuatan plastik konvensional.

## **2.2 Karakteristik *Biodegradable Film***

Karakteristik *biodegradable film* yang dapat diamati khususnya teruntuk *film* yang digunakan sebagai kemasan terdiri dari kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang dan biodegradabilitas. Menurut *Japanese Industrial Standard (JIS) 1975* dalam Sudarno *et al.*, (2015) terdapat

beberapa persyaratan mengenai karakteristik yang harus dipenuhi *biodegradable film*. Persyaratan *biodegradable film* menurut *Japanese Industrial Standard (JIS)* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan *biodegradable film* menurut *Japanese Industrial Standard (JIS)*

	Parameter			
	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Ketebalan (mm)	WVTR (g/m <sup>2</sup> /24 jam)
<b>Nilai</b>	Min. 0,39	Min. 70	Maks. 0,25	Maks. 7

Sumber : *Japanese Industrial Standard (JIS) 1975* dalam Nurindra *et al.*, 2015

#### 1. Kuat tarik (*tensile strenght*)

Kuat tarik (*tensile strenght*) merupakan gaya tarik maksimum yang mampu dicapai oleh suatu *film* sebelum putus. Pengukuran kuat tarik berfungsi untuk mengetahui seberapa besarnya gaya yang dapat dicapai untuk memperoleh tarikan maksimum pada tiap-tiap satuan luas area *film* untuk merenggang atau memanjang (Purwanti, 2010). Uji kuat tarik merupakan salah satu uji *stress-strain*, yang dalam pengujiannya akan dilakukan penarikan *film* menggunakan suatu alat hingga *film* tersebut putus. Hasil yang didapat dari pengukuran kuat tarik tersebut sangat berhubungan dengan banyaknya *plasticizer* yang digunakan saat pembuatan *film* berlangsung. Standar kuat tarik berdasarkan persyaratan JIS adalah minimal 0,39 MPa (Nurindra *et al.*, 2015).

#### 2. Persen pemanjangan (*Elongation*)

Persen pemanjangan atau elongasi merupakan perubahan panjang maksimum ketika terjadi perenggangan sampai *film* terputus atau dapat diartikan sebagai kemampuan perpanjangan *film* ketika diberi gaya tarik. Semakin banyaknya jumlah *plasticizer* yang ditambahkan akan menyebabkan nilai persen pemanjangan semakin meningkat. Persen pemanjangan berdasarkan *Japanese Industrial Standard (JIS)* yaitu minimal 70% (Nurindra *et al.*, 2015).

### 3. Ketebalan

Ketebalan merupakan parameter yang menunjukkan tebalnya *biodegradable film* yang dihasilkan setelah proses pengeringan. Menurut Setyaningrum (2017), ketebalan dapat dipengaruhi oleh sifat serta kandungan yang berasal dari polimer penyusunnya. Semakin tebal hasil dari *biodegradable film*, maka semakin baik kemampuan *film* tersebut untuk menghambat keluar masuknya laju uap air dan gas. Namun, *biodegradable film* yang terlalu tebal pun dapat berpengaruh terhadap penampakan. Nilai ketebalan berdasarkan *Japanese Industrial Standard* (JIS) yaitu maksima 0,25 mm (Nurindra *et al.*, 2015).

### 4. Laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate*)

Laju transmisi uap air merupakan banyaknya uap air yang mampu berpindah melalui pori-pori *film* dan dapat diketahui dengan melakukan analisis transmisi uap air. Laju transmisi uap air menunjukkan kemampuan yang dimiliki film untuk menahan terjadinya perpindahan uap air, sehingga dapat memperkirakan daya simpan dari produk yang dikemas (Safitri *et al.*, 2020). Selain itu, nilai laju transmisi uap yang dihasilkan sangat menentukan produk atau bahan pangan apa saja yang sesuai dengan kemasan tersebut (Harsunu, 2008). Berdasarkan persyaratan JIS, nilai laju transmisi uap air maksimal  $7 \text{ g/m}^2/24 \text{ jam}$ .

### 5. Ketahanan terhadap suhu ruang

Pengamatan ketahanan terhadap suhu ruang perlu dilakukan untuk dapat mengetahui berapa lama *biodegradable film* dapat bertahan pada suhu ruang dan dalam jangka waktu tertentu. Pengamatan tersebut dilakukan tiap satu minggu sekali dengan mengamati penampakan visual dari *biodegradable film* tersebut seperti warna dan keutuhannya.

### 6. Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas merupakan uji yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan suatu film untuk terdegradasi dengan baik di lingkungan. *Biodegradable film* dilakukan pengujian dengan metode *soil burial test* dengan



cara sampel ditanam didalam tanah (Mukhlisien *et al.*, 2021). Saat proses degradasi berlangsung, *film* akan mengalami proses penghancuran secara alami. Tingkat biodegradabilitas kemasan setelah mengalami kontak dengan mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu proses produksi, bahan aditif, sifat hidrofobik, morfologi, struktur polimer dan berat molekul bahan kemasan (Ummah, 2013).

### 2.3 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tanaman air terapung yang biasanya hidup di wilayah perairan tenang dan dianggap sebagai tanaman gulma. Sebagai gulma perairan, eceng gondok memiliki kemampuan untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan dan dapat berkembang biak dengan cepat, baik secara vegetatif ataupun generatif. Secara vegetatif, eceng gondok dapat berkembang biak melipat ganda dalam rentang waktu 7-10 hari. Dalam kisaran waktu 6 bulan, bobot basah eceng gondok pada areal 1 ha dapat mencapai 125 ton (Farida, 2012). Pertumbuhan eceng gondok yang berlangsung secara cepat tersebut tentunya dapat menimbulkan berbagai permasalahan yang dapat merugikan lingkungan.

Meskipun eceng gondok dianggap sebagai gulma di perairan, namun gulma ini tentunya akan menguntungkan apabila dimanfaatkan secara optimal. Komponen-komponen yang terkandung dalam eceng gondok menjadikan tanaman tersebut memiliki daya guna yang potensial. Eceng gondok mengandung protein >11,5% dan mengandung selulosa dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan nonselulosanya seperti lignin, abu, lemak dan zat-zat lain. Eceng gondok memiliki komponen serat yang terdiri dari 60% selulosa, 8% hemiselulosa dan 17% lignin (Ahmed and Moahmed, 2012), serta ketersediannya yang melimpah di Indonesia. Kandungan selulosa yang cukup tinggi pada eceng gondok tersebut tentunya berpotensi sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*. Menurut Zulferiyenni *et al.*, (2014), *biodegradable film* dapat dibuat dengan menggunakan polisakarida yang asalnya dari tumbuhan seperti selulosa.

Selain itu, keuntungan yang di dapat bagi lingkungan dengan memanfaatkan potensi yang terdapat pada eceng gondok adalah dapat mengendalikan ekosistem perairan dengan mengurangi jumlah populasi gulma yang tidak terkendali. Eceng gondok disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Eceng gondok  
(Sumber : Dokumen pribadi)

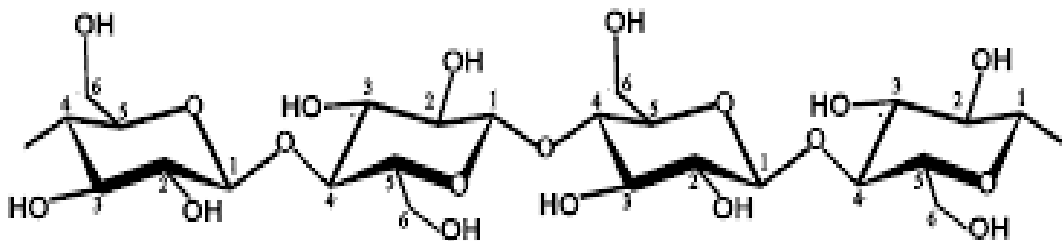
## 2.4 Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama yang menyusun dinding sel tumbuhan dan termasuk biopolimer yang ketersediaannya melimpah di alam. Selulosa termasuk senyawa organik dengan rumus molekul  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dan merupakan homopolimer yang tersusun atas unit  $\beta$ -D-glukopiranososa yang terhubung bersama-sama oleh ikatan (1,4)-glikosida, dan  $n$  adalah derajat polimerisasi (DP) selulosa. Menurut Chen (2014), terdapat beberapa unsur yang terkandung pada selulosa yaitu karbon (44,44%), hidrogen (6,17%), dan oksigen (49,39%). Selulosa adalah sediaan bahan baku yang *renewable* dan memiliki sifat degradasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan bahan-bahan anorganik lain seperti karbonat, tanah lempung (*clay*), serat karbon, dan serat gelas (*fiber glass*) (Fitriasari *et al.*, 2019). Selain itu, beberapa sifat fisik yang dimiliki oleh selulosa yaitu secara penampakan selulosa murni memiliki warna yang putih, tidak beracun, serta memiliki kuat tarik dan tekan yang tinggi (Fitriasari *et al.*, 2019).

Menurut Nechyporchuk *et al.*, (2016) berdasarkan jenisnya selulosa dikelompokkan menjadi empat yaitu selulosa kayu, nonkayu serta selulosa yang sumbernya berasal dari fauna laut dan aktivitas bakteri. Jika dibandingkan dengan

selulosa kayu (berasal dari tumbuhan berkayu), terdapat keunggulan yang dimiliki oleh selulosa nonkayu antara lain, kandungan lignin lebih rendah, lebih singkatnya waktu pemanenan, ramah lingkungan berkaitan dengan kebutuhan air irigasi, *renewable* dalam waktu yang relatif singkat, dan energi yang dibutuhkan untuk mengisolasi selulosa menjadi lebih rendah. Berdasarkan uraian tersebut dapat diketahui bahwa meskipun telah digunakan berbagai macam sumber bahan baku untuk memperoleh selulosa, struktur selulosa tidak mengalami perubahan dan akan tetap sama karena merupakan rantai polimer glukosa. Selain itu, bahan baku serta metode isolasi yang digunakan akan mempengaruhi sifat selulosa dan rendemen yang dihasilkan, serta aplikasi dari selulosa tersebut (Garcia *et al.*, 2016).

Selulosa merupakan komponen karbohidrat rantai lurus dengan glukosa sebagai monomer penyusunnya, dan antar monomernya terhubung oleh ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen yang menghubungkan antar monomer penyusun selulosa terdiri dari ikatan intramolekul (ikatan hidrogen antara gugus OH dari unit glukosa yang letaknya berdekatan pada molekul selulosa yang sama) dan ikatan intermolekul (ikatan hidrogen antara gugus OH dari unit glukosa yang letaknya berdekatan pada molekul selulosa yang berdampingan). Ikatan intermolekul tersebut yang kemudian menyebabkan pembentukan struktur supramolekul selulosa (Fitriasari *et al.*, 2019). Struktur selulosa disajikan pada Gambar 2.



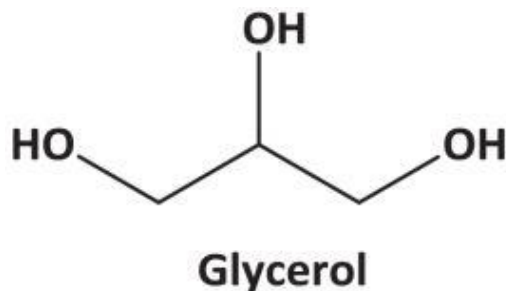
Gambar 2. Struktur selulosa  
(Sumber : Liu *et al.*, 2015)

## 2.5 Gliserol

Gliserol adalah senyawa alkohol polihidrat dengan rumus molekul yaitu  $C_3H_8O_3$  dan rumus kimia yaitu propane-1,2,3-triol berdasarkan IUPAC. Gliserol berbentuk cairan dengan berat molekul 92,09 g/mol, tidak berwarna, tidak berbau, memiliki titik lebur pada suhu  $17,98^\circ\text{C}$ , titik didih  $290^\circ\text{C}$ , terlarut sempurna dalam air dan alkohol, dan tidak terlarut dalam eter. Selain itu, gliserol memiliki sifat higroskopis yaitu dapat dengan mudah menyerap molekul air dari udara. Gliserol dapat ditemukan dalam minyak nabati dan lemak hewani, serta dapat juga diperoleh dari produksi asam lemak, pembuatan sabun, produksi ester lemak, fermentasi mikroba dan dapat disintesis dari propilen oksida (Asnawi, 2018). Menurut Huri dan Nisa (2014), gliserol merupakan jenis *plasticizer* yang memiliki sifat hidrofilik, polar, dan mudah terlarut dalam air.

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang telah banyak dimanfaatkan dalam pembuatan *biodegradable film*. Penambahan *plasticizer* sebagai campuran dalam pembuatan *biodegradable film* sangat penting untuk dilakukan guna mencegah retaknya lapisan film akibat gaya intermolekul yang tinggi (Maulida *et al*, 2018). Pemanfaatan gliserol sebagai *plasticizer* diyakini mampu untuk meningkatkan fleksibilitas dengan mengurangi ikatan antarmolekul dan meningkatkan mobilitas rantai polimer sehingga *film* yang dihasilkan memiliki sifat yang lentur dan plastis (Abdullah *et al.*, 2019). Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan massa molekul relatif rendah, mudah menembus ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan dengan gugus reaktif protein, sehingga cocok untuk dijadikan *plasticizer*.

Gliserol merupakan trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon, dan tiap-tiap karbonnya memiliki gugus  $-\text{OH}$ . Tiap satu molekul gliserol dapat mengikat satu, dua, tiga molekul asam lemak yang berbentuk ester, atau biasa disebut monogliserida, digliserida dan trigliserida (Palembangan dan Sofjan 2015). Ketiga karboksil pada gliserol tersebut memiliki sifat reaktif dan dapat diesterifikasi oleh asam lemak, sehingga apabila berikatan dengan berbagai macam jenis asam lemak, maka dapat dihasilkan jenis lemak yang bermacam jenisnya juga (Nirmala, 2020). Struktur gliserol disajikan pada Gambar 3 .

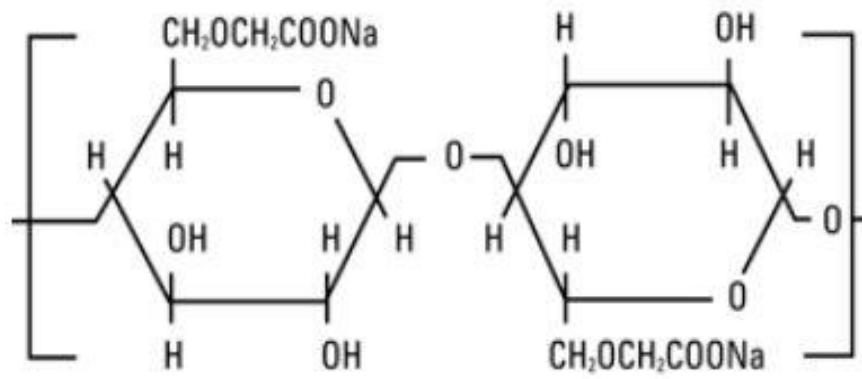


Gambar 3. Struktur gliserol  
(Sumber : Mota *et al.*, 2017)

## 2.6 CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) adalah suatu bahan yang memiliki kemampuan serbaguna dan telah digunakan secara luas dalam berbagai industri. CMC terdiri atas gugus karboksimetil dengan fungsinya sebagai hidrokoloid yang memiliki kemampuan untuk mengentalkan air, menanggukkan padatan yang terdapat dalam media cair, menstabilkan emulsi, menyerap kelembaban dari atmosfer, dan merupakan bahan baku dalam pembentuk *film* (Tobing dan Solikhah, 2020). CMC berbentuk butiran/bubuk, dengan sifatnya yaitu tidak berwarna, tidak beracun, tidak berbau, mudah larut dalam air dingin maupun panas, memiliki rentang pH sebesar 6,5 - 8 dan stabil pada rentang pH 2 - 10 (Netty, 2010). Pengaplikasian CMC telah banyak dilakukan diberbagai bidang industri diantaranya sebagai pengental, penstabil emulsi atau suspensi, dan bahan penaut silang (Tasaso, 2015).

CMC merupakan bahan yang berasal dari turunan selulosa yang berantai lurus, panjang, terlarut dalam air, dan anionik polisakarida (Tasaso, 2015). Struktur CMC yaitu rantai polimer yang tersusun oleh unit molekul selulosa. Setiap unit anhidroglukosa mempunyai tiga gugus fungsi hidroksil dan atom-atom hidrogen yang berasal dari gugus hidroksil tersebut disubstitusi atau diganti oleh *carboxymethyl*. Gugus hidroksil yang tergantikan tersebut dikenal dengan DS (*Degree of Substitution*) atau derajat penggantian. Nilai DS yang dihasilkan akan berpengaruh terhadap sifat kelarutan dan sifat kekentalan CMC dalam air (Netty, 2010). Struktur CMC disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur CMC  
(Sumber : Gaddam and Zhao, 2023)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan untuk pengujian kuat tarik, ketebalan dan persen pemanjangan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik FMIPA Institut Teknologi Bandung. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Maret 2023.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian *biodegradable film* ini adalah batang semu eceng gondok (dengan tingkat ketuaan sama) yang diperoleh dari perairan desa Tanjung Iman, Kec. Blambangan Pagar, Lampung Utara. Bahan lain yang digunakan diantaranya aquades, NaOH 98% teknis (ROFA Laboratorium Centre, Bandung), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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 yang digunakan adalah 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.

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 3 kali pengulangan dan untuk uji karakteristik akan dipilih sampel dengan penampakan visual terbaik yang ditandai dengan permukaan yang rata dan tidak adanya flok pada *film*. Perlakuan berjumlah 9 yang terdiri dari kombinasi konsentrasi gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC). Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kombinasi Gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)

Perlakuan	Konsentrasi Gliserol (%)	Konsentrasi CMC (%)
P1	G1 (0,5%)	C1 (2%)
P2	G1 (0,5%)	C2 (2,5%)
P3	G1 (0,5%)	C3 (3%)
P4	G2 (1%)	C1 (2%)
P5	G2 (1%)	C2 (2,5%)
P6	G2 (1%)	C3 (3%)
P7	G3 (1,5%)	C1 (2%)
P8	G3 (1,5%)	C2 (2,5%)
P9	G3 (1,5%)	C3 (3%)

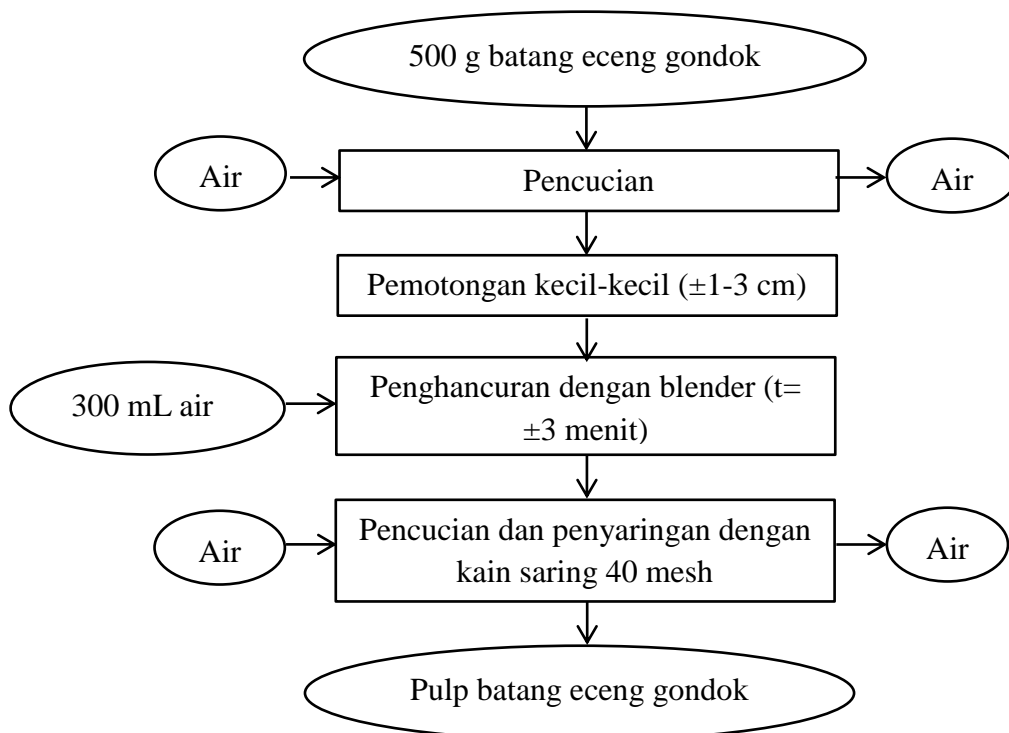
Parameter yang diamati yaitu karakteristik *biodegradable film* yang terdiri dari kuat tarik (ASTM 1983), persen pemanjangan (ASTM 1983), ketebalan (ASTM 1983), laju transmisi uap air (WVTR) (ASTM E96-01 1997), ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang dan uji biodegradabilitas (*soil burial test methode*). 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 akan dianalisa dan dibahas secara deskriptif.



### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Prosedur pembuatan pulp eceng gondok

Pembuatan pulp eceng gondok dilakukan menggunakan metode Zulferiyenni (2004) dengan modifikasi. Sebanyak 500 g batang eceng gondok dicuci dengan 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  $\pm 3$  menit hingga terbentuk pulp. Pulp batang eceng gondok selanjutnya dicuci dan disaring dengan menggunakan kain saring 40 mesh untuk memisahkan air dari pulp.

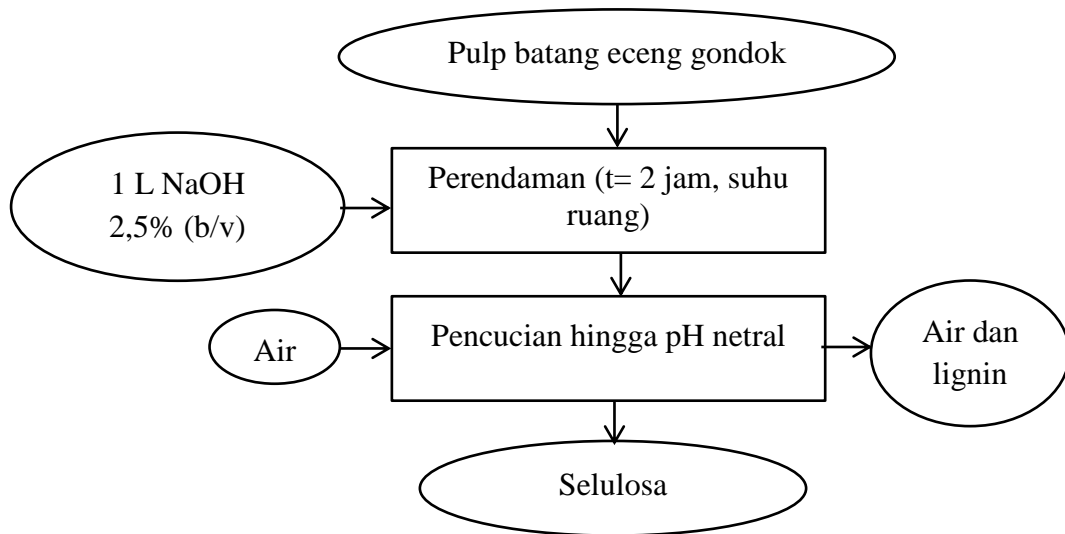


Gambar 5. Diagram alir pembuatan pulp batang eceng gondok  
Sumber : Zulferiyenni (2004, dengan modifikasi)

#### 3.4.2 Prosedur pemisahan selulosa

Pulp batang eceng gondok selanjutnya diproses lebih lanjut ke tahap pemisahan selulosa. 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

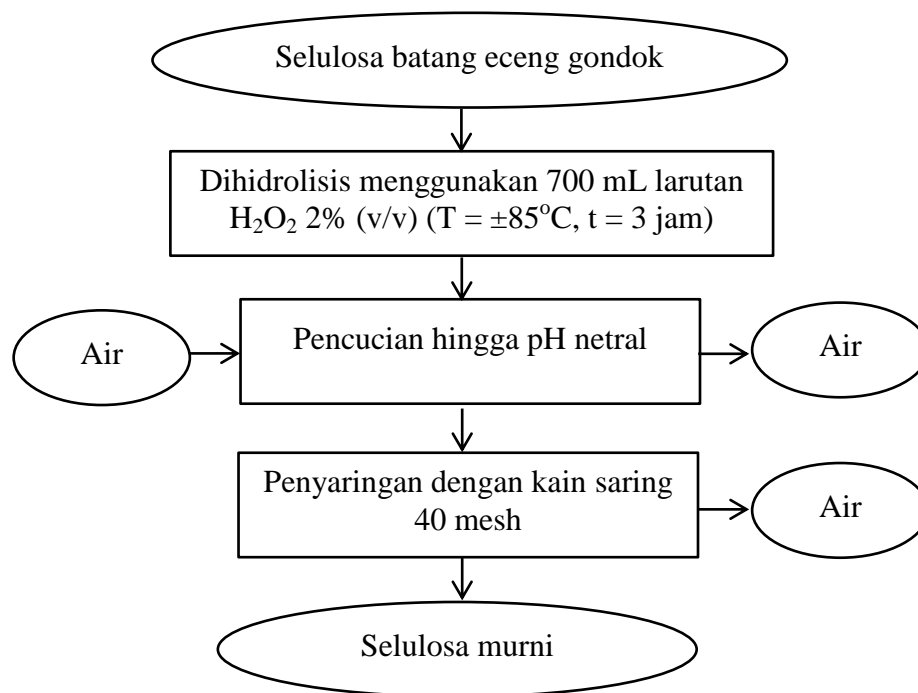
dicuci menggunakan air (aquades) hingga mencapai pH netral. Setelah proses pencucian, didapatkan selulosa eceng gondok.



Gambar 6. Diagram alir pemisahan selulosa eceng gondok  
Sumber : Satriyo (2012) dalam Fiqinanti *et al.*, (2022)

### 3.4.3 Prosedur pemurnian selulosa eceng gondok

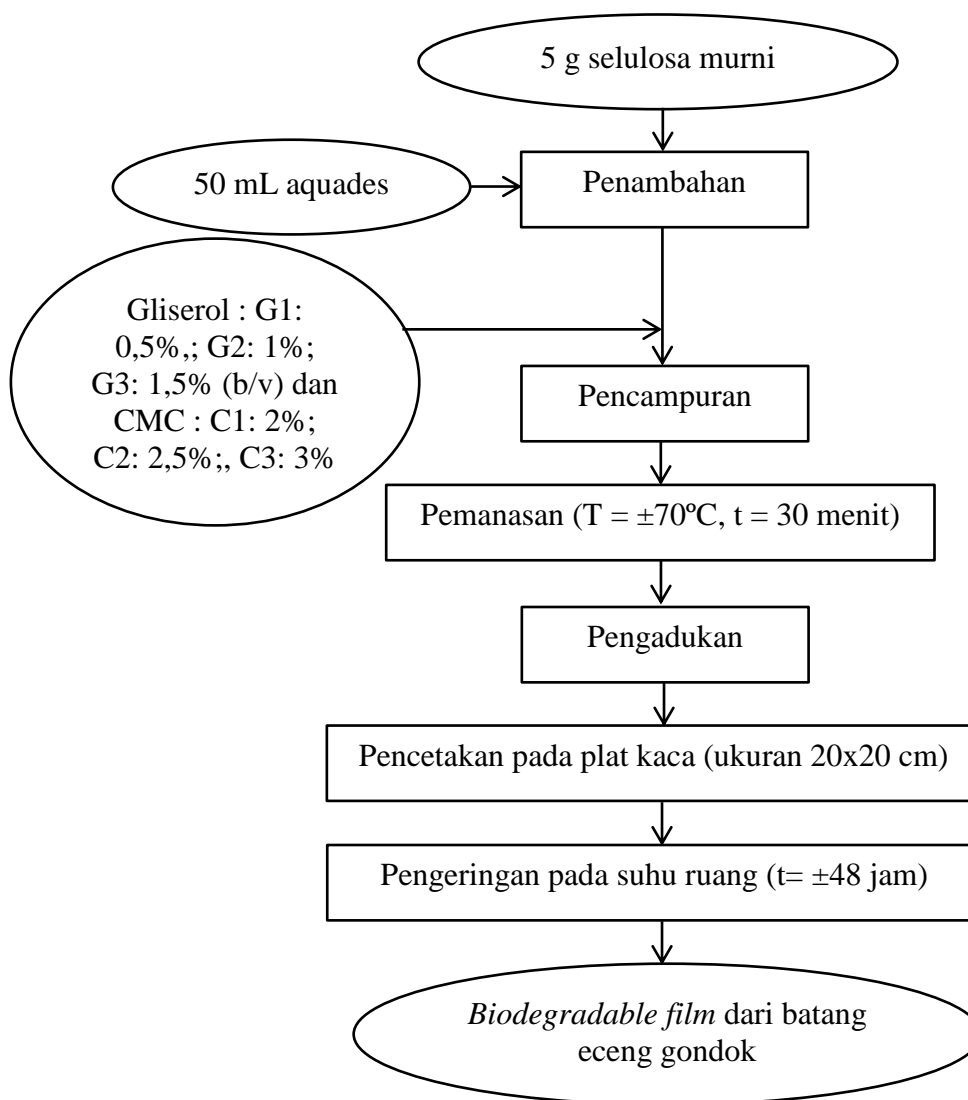
Proses pemurnian selulosa eceng gondok dilakukan dengan menghidrolisis selulosa batang eceng gondok dengan menggunakan 700 mL larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  2% (v/v) pada suhu  $\pm 85^\circ\text{C}$  selama 3 jam. Selulosa batang eceng gondok selanjutnya dicuci menggunakan air (aquades) hingga mencapai pH netral dan kemudian disaring dengan menggunakan kain saring ukuran 40 mesh untuk mendapatkan selulosa yang lebih murni.



Gambar 7. Diagram alir pemurnian selulosa eceng gondok  
 Sumber : Zulferiyenni dan Hidayati (2016, dengan modifikasi)

#### 3.4.4 Prosedur pembuatan *biodegradable film*

Proses pembuatan *biodegradable film* dilakukan dengan menggunakan metode Hidayati *et al.*, (2019). 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  $\pm 48$  jam (2 hari).



Gambar 8. Diagram alir pembuatan *biodegradable film* eceng gondok  
Sumber : Hidayati *et al.*, (2019, dengan modifikasi)

### 3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini antara lain: kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang, dan uji biodegradabilitas.

### 3.5.1 Kuat tarik

Pengamatan kuat tarik dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh Orientec Co. Ltd dengan model UCT-5T. Lembaran sampel *film* dipotong dengan menggunakan *dumbbell cutter* dengan metode ASTM D638 M-III. Pengujian dilakukan dengan kondisi suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Perhitungan kuat tarik dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut (ASTM, 1983) :

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

Keterangan :

$\tau$  = kekuatan tarik (Mpa)

$F_{maks}$  = gaya tarik (N)

$A$  = luas permukaan contoh (mm<sup>2</sup>)

### 3.5.2 Persen Pemanjangan

Pengukuran persen pemanjangan dilakukan dengan menggunakan alat *Testing Machine MPY* (Type : PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan). Sebelum pengukuran dilakukan, lembaran sampel *film* dipotong dengan ukuran 2,5 x 15 cm dan dikondisikan di laboratorium dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Selanjutnya instron diset pada *initial grip separation* 50 mm, *crosshead speed* 50 mm/menit dan *loadcell* 50 kg. Perhitungan persen pemanjangan dihitung ketika *film* pecah atau robek. Sebelum dilakukan penarikan, panjang *film* perlu diukur terlebih dahulu hingga mencapai batas pegangan yang disebut panjang awal (I<sub>0</sub>), sedangkan panjang *film* setelah penarikan disebut panjang setelah putus (I<sub>1</sub>) dan persen perpanjangan dihitung dengan menggunakan rumus (ASTM, 1983) :

$$\text{Persen Pemanjangan} = \frac{I_1 - I_0}{I_0}$$

Keterangan :

$I_0$  = panjang awal

$I_1$  = panjang setelah putus

### 3.5.3 Ketebalan

Pengujian ketebalan dilakukan dengan menggunakan alat berupa Universal Testing Machine (UTM) yang dibuat oleh Orientec Co. Ltd dengan model UCT-5T. Pengujian diawali dengan memotong lembaran sampel dengan menggunakan *dumbbell cutter* ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan pada temperatur ruang uji 27° C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N, kemudian bagian ujung sampel dijepit pada mesin penguji tensile. Pengukuran ketebalan sampel 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.

### 3.5.4 Laju Transmisi Uap Air

Pengujian laju transmisi uap air (WVTR) dilakukan 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 selanjutnya dimasukkan 10 g silika gel, kemudian *biodegradable film* direkatkan pada permukaan cawan dan bagian tepinya direkatkan dengan menggunakan isolasi. Berat awal set sampel ditimbang, kemudian 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 ( $m^2$ )

### 3.5.5 Ketahanan terhadap suhu ruang

Pengamatan ketahanan terhadap suhu ruang dilakukan dengan menguji *biodegradable film* yang telah dihasilkan dengan menyimpannya pada suhu ruang ( $\pm 25^{\circ}C$ ). Penyimpanan pada suhu ruang tersebut bertujuan untuk mengetahui berapa lama *biodegradable film* yang dihasilkan dapat bertahan pada kondisi suhu ruang di waktu tertentu. Pengamatan dilakukan tiap satu minggu sekali dengan mengamati penampakan visual dari *biodegradable film* seperti keutuhan, kondisi permukaan dan warna *film* (Fransisca *et al.*, 2013).

### 3.5.6 Uji Biodegradabilitas

Pengujian biodegradabilitas dilakukan dengan menggunakan metode *soil burial test methode* (Mukhlisien *et al.*, 2021) dengan modifikasi. Pada uji biodegradabilitas dengan menggunakan metode tersebut, tanah sebagai media tanam dimasukkan ke dalam 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.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. 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.
2. 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.
3. Hasil 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/m<sup>2</sup>/24 jam (WVTR) . Untuk parameter persen pemanjangan tidak terdapat perlakuan terbaik karena nilai yang dihasilkan belum memenuhi standar JIS 1975.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini antara lain :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan kombinasi konsentrasi gliserol dan CMC terbaik guna memperbaiki nilai persen pemanjangan *biodegradable film* berbasis serat selulosa eceng gondok.
2. Diperlukan adanya perbaikan pada proses pemanasan dan pengadukan *biodegradable film* dengan menggunakan alat berupa *hotplate magnetic stirrer* sehingga suhu pemanasan stabil dan campuran bahan menjadi homogen.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. H. D., Putri, O. D., dan Sugandi, W. W. 2019. Effects of starch-glycerol concentration ratio on mechanical and thermal properties of cassava starch-based bioplastics. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 20(4): 162-167.
- 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., and 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. 44 hlm.
- Anita, Z., Fauzi, A., dan Hamidah, H. 2013. Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik film plastik biodegradasi dari kulit singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(2): 37-41.
- Annisa, R. 2015. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan CMC terhadap Karakteristik Biodegradable Film dari Limbah Buah Melon (*Cucumis melo L.*). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 70 hlm.
- 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.
- Aripin, S., Bungaran, S., dan Elvi, K. 2017. Studi pembuatan bahan alternatif plastik biodegradable dari pati ubi jalar dengan plasticizer gliserol dengan metode *melt intercalation*. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. 6(2): 79-84.

- Asnawi, I. 2018. Pemanfaatan Gliserol dari Limbah Biodiesel Menjadi Akrolein Menggunakan Gelombang Suara. (Skripsi). Universitas Muslim Indonesia. Makassar. 93 hlm.
- ASTM. 1983. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 512 hlm.
- ASTM. 1997. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 974 hlm.
- 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.
- Chen, H. 2014. *Chemical Composition and Structure of Natural Lignocellulose. in Biotechnology of Lignocellulose*. Springer. Dordrecht. 71 hlm.
- Coniwanti, P., Linda, L., 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.
- Donhowe, I dan Fennema, O. 1994. The effect of plasticizer on crystallinity, permeability and mechanical properties of methylcellulose films. *Journal Food Process and Presentatif*. (17): 247-257.
- Farida. 2012. Pemanfaatan Serat Eceng Gondok dan Kitosan sebagai Bahan Baku untuk Pembuatan Poly Lactic Acid sebagai Kemasan Ramah Lingkungan. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan. 98 hlm.
- Fiqinanti, N., Zulferiyenni., Susilawati, dan Fibra N. 2022. Karakteristik *biodegradable film* dari kombinasi bekatul beras dan selulosa sekam padi. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*. 1(2): 283-291.
- Fitriasari, W., Nanang, M., dan Euis, H. 2019. *Selulosa: Karakteristik dan Pemanfaatannya*. LIPI Press. Jakarta. 166 hlm.
- 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.
- Gaddam, R.R., and Zhao, G. 2023. *Handbook of Sodium-Ion Batteries Materials and Characterization*. Jenny Stanford Publishing. New York. 764 hlm.
- Garcia, A., Gandini, A., Labidi, J., Belgacem, N., and Bras, J. 2016. Industrial and crops wastes: a new source for nanocellulose biorefinery. *Industrial Crops and Products*. 93: 26-38.

- 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 radiatal.*). *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.
- Harsunu, B. T. 2008. Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Khitosan dalam Zat Pelarut terhadap Sifat Fisik *Edible Film* dari Khitosan. (Skripsi). Universitas Indonesia. Jakarta. 49 hlm.
- Hidayat, M. K., Latifah., dan Sri, M. R. 2013. Penggunaan *carboxy methyl cellulose* dan gliserol pada pembuatan plastik biodegradable pati gambili. *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., and Matovanni, M.P.N. 2019. Effect of glycerol concentration on mechanical characteristics of biodegradable plastic from rice straw cellulose. *AIP Conference Proceedings*. 2097(1), p. 030110.
- Isroi, S., Guntari, E, Deden, D., dan Cahyaningtyas, A. A. 2018. Biodegradability of cassava edible bioplastics in landfill and plantation soil. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 40(2): 129-140.
- Jacob, 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.

- Katili, S., B. T. Harsunu, dan S. Irawan. 2013. Pengaruh konsentrasi plasticizer gliserol dan komposisi khitosan dalam zat pelarut terhadap sifat fisik *edible film* dari khitosan. *Jurnal Teknologi*. 6 (1): 29–38.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2020. Konsumsi sampah nasional negara Indonesia. <https://indonesia.go.id/kategori/indonesia-dalam-angka/2533/membenahitata-kelola-sampah-nasional>. Diakses pada 14 November, 2022.
- 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.
- Latief, R. 2001. *Teknologi Kemasan Plastik Biodegradable*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor. 23 hlm.
- Liu, H., Lynne, S. T., and Edgar, K. J. 2015. The role of polymers in oral bioavailability enhancement: A review. *Polymer*. 77: 399–415.
- Ma'arif, L., Fitriana, U., and Sedyadi, E. 2020. Bioplastic biodegradation based on ganyong umbi states with addition of sorbitol and CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) in soil media. *Proceeding International Conference on Science and Engineering*. 3: 429- 435.
- Mandasari, A., Safitri, M. S., Risa, E., Sunarwati, D., Safitri, W. D., dan Nasution, H. 2017. Karakterisasi uji kekuatan tarik (*tensile strenght*) film plastik biodegradable dari tandan kosong kelapa sawit dengan penguat zink oksida dan gliserol. *Jurnal Einstein*. 5(2):1-6.
- Maulida, T., Kartika, M. B., Harahap, and Ginting. 2018. Utilization of mango seed starch in manufacture of bioplastic reinforced with microparticle clay using glycerol as plasticizer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 309(1): 1-7.
- Mota, C. J. A., Pinto, B. P., and de Lima, A. L. 2017. *Glycerol: A Versatile Renewable Feedstock for the Chemical Industry*. Springer. Switzerland. 120 hlm.
- 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.
- Mukuze, S., Magut, H., and Mkandawire, F. 2019. Comparison of fructose and glycerol as plasticizers in cassava bioplastic production. *Advanced Journal of Graduate Research*. 6(1): 41–52.

- 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. and 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.
- Nechyporchuk, O., Belgacem, M. N., and Bras, J. 2016. Production of cellulose nanofibrils: A review of recent advances. *Industrial Crops and Products*. 93: 2–25.
- Netty, K. 2010. Pengaruh bahan aditif CMC (*carboxyl methyl cellulose*) terhadap beberapa parameter pada larutan sukrosa. *Jurnal Teknologi*. 1: 78-84.
- 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.
- Nirmala, Y. 2020. Studi Literatur: Peluang Penambahan Antioksidan dari Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dan Kunyit (*Curcuma longa*) untuk Mengatasi Ketengikan pada Minyak Nabati. (Skripsi). Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang. 61 hlm.
- Nugraha, B. E. 2018. Kajian efikasi asap cair dan karakterisasi film lilin lebah dan asap cair untuk mencegah serangan cendawan pada buah salak pondoh. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 6(3): 287-294.
- 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 Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 6(1): 90-99.
- Nurfitriyani, R. 2022. Pengaruh Penambahan Gliserol dan *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC) terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* Berbasis Selulosa Kulit Kopi. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 62 hlm.
- 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.
- Palembangan, T. A., dan Sofjan, F. 2015. Uji kualitas minyak goreng kelapa sawit menggunakan metode polarisasi alami dengan variasi lintasan optis. *Youngster Physics Journal*. 4(2): 149-158.
- Pratama, J. H., Amalia, A., dan Rizka, L. R. 2020. The extraction of cellulose powder of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as reinforcing agents in bioplastic. *AIP Conference Proceedings*. 2219(1), p. 100003.

- 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.
- Purwanti, A. 2010. Analisis kuat tarik dan elongasi plastik kitosan terplastisasi sorbitol. *Jurnal Teknologi*. 3(2): 99-106.
- Safitri, E. L. D., Warkoyo., dan Anggriani, R. 2020. Kajian karakteristik fisik dan mekanik *edible film* berbasis pati umbi suweg (*Amorphophallus paeoniifolius*) dengan variasi konsentrasi lilin lebah. *Food Technology and Halal Science Journal*. 3(1):57-70.
- Salas, E., Shuuffler, M. L., Thayer, A. L., and Bedwell, W. 2014. Understanding and improving teamwork in organizations: a scientifically based practical guide. *Human Resource Management*. 54(4): 1-24.
- Sasoko, D. M. 2022. Bank sampah, sebuah upaya mengurangi jumlah produksi sampah rumah tangga (studi kasus bank sampah barokah, rw.07 kompleks perumahan bdn-rangkaian jaya baru-pancoran mas-kota depok). *Jurnal Perspektif - Jayabaya Journal of Public Administration*. 21(2): 15–24.
- Satriyo. 2012. Kajian Penambahan Chitosan, Gliserol, dan *Carboxy Methyl Cellulose* terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* dari Bahan Komposit Selulosa Nanas. (Skripsi) . Universitas Lampung. Bandar Lampung. 50 hlm.
- Setyaningrum,A, Sumarui, K dan Hardi, J. 2017. Sifat fisiko-kimia *edible film* agar-agar rumput laut (*Gracilaria sp.*) tersubstitusi glyserol. *Journal of Science and Technology*. 6(2): 136-143.
- Sudaryati, H. P., Mulyani, S. T., dan Hansyah, E.. R. 2010. Physical and mechanical properties of edible film from porang (*Amorphopallus oncophyllus*) flour and carboxymethyl-cellulose. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11(30): 196-201.
- Tasaso, P. 2015. Optimizing of reaction conditions for synthesis of carboxymethyl cellulose from oil palm fronds. *International Journal of Chemical Engineering and Application*. 6(2) : 102.
- Tobing, F. E. L. dan Sholikhah, I. 2020. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap Karakteristik *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) sebagai Kandidat *Drug Delivery System* (DDS). (Tesis). Institut Teknologi Kalimantan. Balikpapan. 46 hlm.
- Tokan, R. 2022. Pengaruh Konsentrasi Gliserol terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik *Biodegradable Film* dari Nata De Cassava. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 51 hlm.

- Ummah, N. A. 2013. Uji ketahanan Bidegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang. Semarang. 97 hlm.
- Yudo, H., dan Kiryanto, K. 2010. Analisa teknis rekayasa serat eceng gondok sebagai bahan pembuatan komposit ditinjau dari kekuatan tarik. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*. 5(1): 37-41.
- 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, Marniza, dan Sari, E.N. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 19(3): 264-268.
- Zulferiyenni dan Hidayati S. 2016. Sifat kimia limbah padat rumput laut hasil pemurnian menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan NaOH. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung*. 141-148.
- Zuwanna., Fitriani, I. dan Hesti, M. 2017. Pengemasan makanan ramah lingkungan berbasis limbah cair tahu (*whey*) sebagai *edible film*. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh. 73 pp.