

**KARAKTERISASI *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS KOMPOSIT
PATI PORANG DAN CMC DENGAN *PLASTICIZER* GLISEROL**

(Skripsi)

Oleh

**ANANDA KUSUMA MAHARDIKA
1714051011**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF BIODEGRADABLE FILM BASED ON PORANG STARCH AND CMC COMPOSITE WITH GLYCEROL PLASTICIZER

By

ANANDA KUSUMA MAHARDIKA

The porang-CMC starch formulation and glycerol concentration play an important role in the mechanical properties of the resulting biodegradable film. This research aims to determine the porang-CMC starch formulation with glycerol concentration on tensile strength, thickness, percent elongation, and water vapor transmission rate of biodegradable films, as well as determine the interaction of porang-CMC starch formulation with glycerol concentration in producing tensile strength, thickness, percent elongation, and the best water vapor transmission rate of biodegradable film. This research consists of the stages of the process of making porang starch and making biodegradable film. The research was structured in a Complete Randomized Block Design (CRBD) with two factors and three replications. The first factor is the porang starch and CMC formulation with 3 levels, namely 25%:75% (F1); 50%:50% (F2); 75%:25% (F3) and the second factor is the glycerol concentration, namely 1% (G1), 2% (G2), 3% (G3). The data obtained were analyzed for similarity of variance using the Bartlett test and additional data was tested using the Tuckey test, analysis of variance was analyzed to determine the effect between treatments followed by the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% level. The results show that the interaction between the formulation factors of 25% porang starch and 75% CMC with a glycerol concentration of 1% produces the best porang starch-based biodegradable film by producing tensile strength values of 32.44 MPa, thickness of 0.25 mm, percent elongation of 36.50%; water vapor transmission rate 14.486 g/m²/24 hours, and biodegradability for 14 days.

Keywords: biodegradable film, porang, starch, CMC, glycerol

**KARAKTERISASI *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS KOMPOSIT
PATI PORANG (*Amorphophallus oncophyllus*) DAN CMC DENGAN
PLASTICIZER GLISEROL**

Oleh

ANANDA KUSUMA MAHARDIKA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

**: KARAKTERISASI BIODEGRADABLE FILM
BERBASIS KOMPOSIT PATI PORANG DAN
CMC DENGAN PLASTICIZER GLISEROL**

Nama

: Ananda Kusuma Mahardika

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1714051011

Program Studi

: Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas

: Pertanian



Novita Herdiana, S.Pi., M.Si.
NIP 19761118 200112 2 001

Dyah Koesoemawardani, S.Pi., M.P.
NIP 19701027 199512 2 001

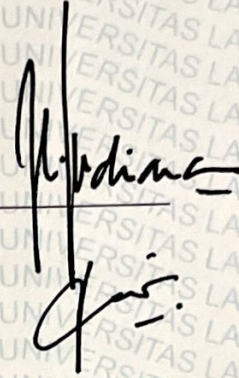
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

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

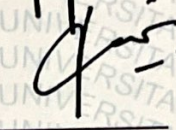
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Novita Herdiana, S.Pi., M.Si.



Sekretaris : Dyah Koesoemawardani, S.Pi., M.P.



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 Oktober 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA .

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ananda Kusuma Mahardika

NPM : 1714051011

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 telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil 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, 21 Oktober 2023
Yang membuat pernyataan



Ananda Kusuma Mahardika
NPM. 1714051011

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 31 Juli 1999 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Cekmat dan Ibu Nur Fasila. Penulis memiliki dua adik bernama Muhammad Nur Afra Nabila dan Gemilang Kusuma Adika. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Dwi Tunggal, Kemiling, Bandar Lampung pada tahun 2005, Sekolah Dasar di SD 1 Beringin Raya Kemiling Bandar Lampung pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2017. Pada tahun 2017, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur undangan atau Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN),

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil' alamiin. Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah, karena atas Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “Karakteristik *Biodegradable Film* Berbasis Komposit Pati Porang dan CMC dengan *Plasticizer* Gliserol”. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini telah mendapatkan banyak arahan, bimbingan, dan nasihat baik secara langsung maupun tidak, sehingga penulis pada kesempatan ini 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 yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi, bantuan, saran, dan nasihat;
3. Ibu Novita Herdiana, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Pertama, yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, bantuan, saran, serta dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
4. Ibu Dyah Koesoemawardani, S.Pi., M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, bantuan, saran, serta dukungan dalam menyelesaikan tesis ini;
5. Ibu Fibra Nurainy, M.T.A., selaku pembahas atas bantuan, saran, dan evaluasi terhadap tesis penulis;
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang

telah mengajari, membimbing, dan juga membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik;

7. Keluargaku tercinta, kedua orangtua penulis Bapak Cekmat dan Ibu Nur Fasila, adik penulis Nur Afra Nabila dan Gemilang Kusuma Adika, serta keluarga besar penulis yang telah mengasihi, memberikan dukungan material dan spiritual, serta do'a yang selalui menyertai penulis selama ini;
8. Sahabat-sahabatku Silaturahmi Widaputri, Virda Aulia Suyarto, Lola Almira Gelazia, Bening Setara Bulan, Aliffia Haybah, Irhamna Yulia Nikma Salsabila, Wahyu Nugraha, Arlan Fahrozi, M. Adam Fikardo, dan Aby Thalib yang selalu berbagi cerita seperti keluarga, selalu ada dalam kehidupan kampus baik suka maupun duka, selalu mendukung, memberikan saran, serta tempat penulis untuk berkeluh kesah;
9. Nida dan rekan-rekan angkatan 2019 yang telah membantu proses penelitian penulis hingga dapat menyelesaikan skripsi;
10. Keluarga penulis di Organisasi internal maupun eksternal Universitas Lampung yang telah mewarnai hidup, menemani, membantu, mendukung, menegur, mengingatkan serta menjadi tempat penulis untuk berkeluh kesah;
11. Keluarga besar THP angkatan 2017 terima kasih atas perjalanan, kebersamaan serta seluruh cerita suka maupun dukanya selama ini.

Penulis berharap semoga Allah membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Oktober 2023

Ananda Kusuma Mahardika

DAFTAR ISI

	Halaman
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis.....	8
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 <i>Biodegradable Film</i>	9
2.2 Porang	11
2.3 Tepung Porang	13
2.4 Pati Porang	14
2.5 Gliserol.....	16
2.6 <i>Carboxy Methyl Cellulose (CMC)</i>	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat.....	20
3.2 Bahan dan Alat.....	20
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	22
3.4.1 Preparasi Pati dari Umbi Porang.....	22
3.4.2 Pembuatan <i>Biodegradable Film</i> Berbasis Pati Porang.....	23
3.5 Pengamatan	24
3.5.1 Uji Kuat Tarik.....	24
3.5.2 Uji Ketebalan	25
3.5.3 Uji Persen Pemanjangan	25
3.5.4. Uji Transmisi Uap Air	26

3.5.5. Uji Biodegradabilitas	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Kuat Tarik <i>Biodegradable Film</i>	28
4.2 Ketebalan <i>Biodegradable Film</i>	30
4.3 Persen Pemanjangan <i>Biodegradable Film</i>	32
4.4 Laju Transmisi Uap Air <i>Biodegradable Film</i>	36
4.5 Biodegradabilitas	37
4.6 Penentuan Perlakuan Terbaik	39
V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persyaratan Bioplastik dan atau Campuran dengan Thermoplastik.....	11
2. Syarat Mutu Tepung Porang	14
3. Kombinasi Perlakuan	21
4. Hasil uji BNT 0,05 pada parameter kuat tarik <i>biodegradable film</i>	28
5. Hasil uji BNT 0,05 pada parameter ketebalan <i>biodegradable film</i>	31
6. Hasil uji BNT 0,05 pada parameter persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	33
7. Hasil uji BNT 0,05 pada parameter laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	36
8. Rekapitulasi penentuan perlakuan terbaik <i>biodegradable film</i>	40
9. Nilai rata-rata analisis kuat tarik <i>biodegradable film</i>	53
10. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter kuat tarik <i>biodegradable film</i>	53
11. Analisis sidik ragam parameter kuat tarik <i>biodegradable film</i>	54
12. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan formulasi pati porang dan CMC terhadap parameter kuat tarik <i>biodegradable film</i>	54
13. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan konsentrasi gliserol terhadap parameter kuat tarik <i>biodegradable film</i>	55
14. Uji lanjut BNT 0,05 interaksi antara faktor perlakuan formulasi pati porang dan CMC dengan konsentrasi gliserol terhadap parameter kuat tarik <i>biodegradable film</i>	55
15. Nilai rata-rata analisis ketebalan <i>biodegradable film</i>	56
16. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter ketebalan <i>biodegradable film</i>	56
17. Analisis sidik ragam parameter ketebalan <i>biodegradable film</i>	57
18. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan formulasi pati porang	

dan CMC terhadap parameter ketebalan <i>biodegradable film</i>	57
19. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan konsentrasi gliserol terhadap parameter ketebalan <i>biodegradable film</i>	58
20. Uji lanjut BNT 0,05 interaksi antara faktor perlakuan formulasi pati porang dan CMC dengan konsentrasi gliserol terhadap parameter ketebalan <i>biodegradable film</i>	58
21. Nilai rata-rata analisis persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	59
22. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	59
23. Analisis sidik ragam parameter persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	60
24. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan formulasi pati porang dan CMC terhadap parameter persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	60
25. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan konsentrasi gliserol terhadap parameter persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	61
26. Uji lanjut BNT 0,05 interaksi antara faktor perlakuan formulasi pati porang dan CMC dengan konsentrasi gliserol terhadap parameter ketebalan <i>biodegradable film</i>	61
27. Nilai rata-rata analisis laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	62
28. Uji kehomogenan ragam (<i>barlett's test</i>) parameter laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	62
29. Analisis sidik ragam parameter laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	63
30. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan formulasi pati porang dan CMC terhadap parameter laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	63
31. Uji lanjut BNT 0,05 faktor perlakuan konsentrasi gliserol terhadap parameter laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	64
32. Uji lanjut BNT 0,05 interaksi antara faktor perlakuan formulasi pati porang dan CMC dengan konsentrasi gliserol terhadap parameter laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Porang	12
2. Struktur amilosa dan amilopektin	15
3. Struktur glukomanan.....	16
4. Struktur gliserol.....	17
5. Struktur CMC.....	19
6. Proses pembuatan <i>biodegradable film</i> berbasis pati porang	24
7. Pengujian biodegradabilitas <i>biodegradable film</i>	38
8. Pembuatan pati porang.....	65
9. Pembuatan <i>biodegradable film</i>	66
10. Pengujian biodegradabilitas menggunakan tanah	67
11. Pengujian laju transmisi uap air	67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari dalam berbagai aktivitas, terutama kemasan makanan dan minuman. Bahkan hampir semua peralatan yang digunakan untuk aktivitas rumah tangga berbahan plastik (Rizka dan Juliastuti, 2013). Ketergantungan manusia terhadap plastik ini menyebabkan peningkatan yang cepat dalam produksi dan konsumsi plastik, namun tidak selaras dengan penanganannya. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) total sampah plastik Indonesia tahun 2020 sebesar 5.780.017 ton, namun 2.196.406 ton sampah plastik belum terkelola. Konsumsi plastik di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 17 kg/kapita/per tahun. Jika jumlah penduduk Indonesia pada semester pertama tahun 2020 sekitar 271 juta jiwa, maka penggunaan plastik secara nasional mencapai 4,6 juta ton (KLHK, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa, tingkat pemakaian plastik yang setiap tahunnya mengalami peningkatan.

Plastik umumnya terbuat dari polioefin (polietilen, polipropilen) dan polivinil-klorida. Migrasi residu monomer vinil klorida pada plastik yang bersifat karsinogenik, dapat meresap ke dalam tanah yang akan mencemari kualitas air dan tanah (Epriyanti dkk., 2016). Hal ini dapat menyebabkan permasalahan lingkungan yang kompleks dan gangguan kesehatan berkepanjangan bagi masyarakat, sehingga diperlukan alternatif bahan plastik yang dapat mereduksi penggunaan plastik. Salah satu pemecahan masalah ini yaitu dengan mengganti bahan dasar plastik konvensional tersebut menjadi bahan yang mudah diuraikan oleh pengurai, yang disebut plastik *biodegradable*. *Biodegradable* dirancang untuk mempermudah proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme, sehingga

disebut plastik ramah lingkungan. Plastik *biodegradable* yang terurai justru meningkatkan unsur hara dalam tanah dan jika dibakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya. Hal inilah yang mendorong meningkatnya penggunaan material *biodegradable* sebagai alternatif dari penggunaan plastik konvensional dalam berbagai sektor industri seperti pertanian, farmasi, kosmetik, biomedis, dan khususnya pada bidang kemasan makanan (Raju *et al.*, 2016). Bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* adalah pati, selulosa, dan Poly Lactic Acid (PLA). Pati diperoleh dari tanaman sumber karbohidrat seperti sagu, jagung, ubi kayu, ubi jalar, dan umbi-umbian lainnya. Selulosa dapat diperoleh dari limbah pertanian seperti jerami, tongkol jagung, dan pelepah nanas. Berbagai jenis bahan baku tersebut masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan (Kamsiati dkk., 2017).

Pati merupakan polimer organik yang termasuk dalam kelompok hidrokoloid, yang merupakan bahan yang mudah didapat, harganya murah serta jenisnya beragam di Indonesia (Setiani, 2013). Pati merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film*, karena merupakan bahan yang mudah didegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan (Yuli dan Utami, 2010). Salah satu sumber daya alam hasil pertanian yang mengandung pati dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* adalah tanaman porang. Porang atau iles-iles (*Amorphophallus* Sp.) termasuk famili Araceae. Porang termasuk tipe tumbuhan liar yang ketersediaannya melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal, yaitu hanya diekspor sebagai porang mentah (Damanhuri dan Soetopo, 2015). Padahal, kandungan pati tanaman porang mencapai 12% (Maghfirah *et al.*, 2023), yang berperan sebagai pembentuk gel yang dapat larut dalam air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *biodegradable film*.

Biodegradable film berbahan dasar pati bersifat hidrokoloid yang membutuhkan bahan penstabil untuk memperbaiki mutu pelapis. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) merupakan selulosa eter digunakan sebagai gelasi dengan cara pemanasan dan membentuk film yang sangat baik, hal ini dikarenakan struktur rantai polimer dan memiliki berat

molekul cukup tinggi (Putri dkk, 2018). Berdasarkan penelitian Mulyadi dkk. (2017), penambahan CMC terbukti dapat meningkatkan resistensi terhadap air serta *carboxy methyl cellulose* dapat memperbaiki sifat mekanik film yang dihasilkan dan variasi konsentrasi CMC pada proses pembuatan *biodegradable film* berpengaruh terhadap parameter kekuatan tarik *biodegradable film*. Selain itu, kombinasi antara pati dengan CMC dapat meningkatkan struktur mikro dan karakteristik fisik *biodegradable film* berbasis pati porang terutama hidrosifitas *film* lalu penambahan *plasticizer* yang dapat memperbaiki fleksibilitas dan kapasitas peregangan (*stretch ability*) serta meningkatkan permeabilitas (Abdorreza *et al.*, 2011).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan *biodegradable film* berbasis pati porang yaitu penelitian Drajat dkk. (2021), pembuatan *edible film* berbasis tepung porang (*Amorphophallus muelleri*) dengan menggunakan variasi konsentrasi 2%; 4%; 6%; dan 8% dan pelarut aquades menghasilkan nilai evaluasi mekanik terbaik pada perlakuan 8% yaitu nilai kuat tarik sebesar 15,33 N/mm²; perpanjangan putus sebesar 22,55%; dan elastisitas 0,68 N/mm².% yang apabila dibandingkan dengan standar *Japanese Industrial Standard* (JIS) masih tergolong sangat rendah. Oleh karena itu, diperlukan penambahan suatu bahan yang dapat memperbaiki kualitas mekanik dari *biodegradable film*, yaitu pemlastis dan penstabil. Karakteristik *biodegradable film* sangat dipengaruhi oleh bahan dasar pati dan komposisi campurannya. Film berbahan pati memiliki elastisitas tinggi, tetapi bersifat rapuh, sehingga mudah patah (Abdorreza *et al.*, 2011), sehingga ditambahkan bahan pemlastis yang berfungsi untuk meningkatkan elastisitas, mengurangi resiko patahnya *biodegradable film* yang terbentuk. Pemlastis dapat mengurangi gaya inter molekuler sepanjang rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas (Sudaryati, 2010).

Pemlastis yang umum digunakan adalah jenis poliol seperti gliserol karena memiliki kemampuan mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga dapat menghasilkan *film* dengan sifat mekanik, viskoelastis, dan permeabilitas uap air yang baik (Anggraini dkk., 2016). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Puspita *et al.* (2015), memberikan informasi bahwa gliserol mampu memperbaiki

fleksibilitas dan kapasitas peregangan (*stretch ability*) serta meningkatkan permeabilitas *biodegradable film* yang dihasilkan. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan akan semakin mudah terdegradasi karena gliserol memiliki sifat hidrofilik, sehingga mempengaruhi kekuatan rantai dan tingginya gaya antar rantai dari ikatan hidrogen antar gugus hidroksil pada rantai yang menyebabkan bioplastik mudah berinteraksi dengan air (Warzukni, 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hidayati *et al.* (2021), menyatakan bahwa terdapat interaksi antara kedua perlakuan gliserol dan konsentrasi CMC pada *film biodegradable* yang diproduksi pada hasil uji ketebalan, persentase perpanjangan, kelarutan, dan uji biodegradabilitas *film*, kecuali kekuatan tarik. Oleh karena itu, belum tersedianya informasi tentang formulasi dalam pembuatan *biodegradable film* berbasis komposit pati porang-CMC optimal dengan bahan tambahan gliserol sebagai *plasticizer* dalam menghasilkan karakteristik *biodegradable film* yang terbaik menjadi sebuah masalah yang akan dicari solusinya melalui penelitian ini.

1.2 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh formulasi pati porang dan CMC terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi gliserol terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang.
3. Mengetahui interaksi formulasi pati porang dan CMC dan konsentrasi gliserol dalam menghasilkan kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang terbaik.

1.3 Kerangka Pemikiran

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 dkk., (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. Plastik *biodegradable* paling banyak digunakan sebagai pengemas (Swamy and Singh, 2010). Menurut Iflah *et al.* (2012), *biodegradable film* dapat digunakan sebagai bahan pengemas paprika, tomat, dan meningkatkan kesegaran buah secara lebih baik, jika dibandingkan dengan kantong PE.

Karakteristik *biodegradable film* sangat dipengaruhi oleh bahan dasar pati dan komposisi campurannya. Film berbahan pati dan pektin memiliki elastisitas tinggi, tetapi bersifat rapuh, sehingga mudah patah dan bersifat hidrofilik (sangat sensitif terhadap air) yang menyebabkan masalah apabila akan digunakan sebagai pengemas. Hal ini disebabkan oleh adanya peran amilopektin dan amilosa dalam pembuatan *biodegradable film*. Amilopektin pada pati memiliki struktur yang *amorf* dan bercabang yang mempengaruhi kestabilan *biodegradable film* (Nisah, 2017), sedangkan amilosa mempengaruhi kuat tarik dan elastisitas *biodegradable film*, karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air, sehingga menghasilkan gel yang kuat (Sondari dkk., 2020). Beberapa solusi dapat dilakukan untuk memperbaiki karakteristik tersebut yaitu mengkombinasikan dengan biopolimer lainnya seperti CMC untuk meningkatkan struktur mikro dan karakteristik fisik *biodegradable film* berbasis pati porang terutama hidrosifitas *film* lalu penambahan *plasticizer* yang dapat memperbaiki fleksibilitas dan kapasitas peregangan (*stretch ability*) serta meningkatkan permeabilitas (Abdorreza *et al.*, 2011).

Mekanisme formulasi pati-CMC yaitu konsentrasi polisakarida yang ditambahkan menyebabkan jumlah padatan terlarut dalam film bertambah, sehingga konsentrasi polisakarida yang larut dalam tiap-tiap rantai polimer *edible film* maka semua ruang akan terisi sehingga mengurangi gerakan molekul polimer yang akan menaikkan suhu transisi *film* (Jacoeb dkk., 2014). Polimer yang terbentuk akan semakin kaku jika suhu transisi *film* meningkat, hal ini akan menyebabkan film tidak fleksibel, sehingga mudah patah saat mengalami peregangan, sedangkan adanya CMC menyebabkan gugus OH yang terdapat pada CMC akan mudah berikatan dengan gugus OH yang terdapat pada pati 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 plastik (Nurfauzi dkk., 2018).

Kombinasi CMC diperlukan untuk mengontrol kadar air, memperbaiki tekstur, dan stabilitas melalui peningkatan ikatan silang ionik dan kimia, sehingga sifat mekanik produk *biodegradable film* menjadi lebih baik, selain itu bersifat tidak beracun, *hypoallergenic*, relatif murah, oleh karena itu aman digunakan pada produk pangan, kosmetik dan farmasi (Li *et al.*, 2008; Yadav *et al.*, 2014). Selain itu, CMC memiliki viskositas yang tinggi, dan dapat mengikat air karena memiliki gugus hidroksil, yang memungkinkannya menjadi terdegradasi, sehingga produk ramah lingkungan (Criado *et al.*, 2016). Namun *biodegradable film* dengan kombinasi pati porang dan CMC masih memiliki kekurangan yaitu bersifat rapuh, sehingga mudah patah (Abdorreza *et al.*, 2011).

Solusi yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat rapuh film berbahan pati, yaitu penambahan *plasticizer*. *Plasticizer* merupakan komponen yang cukup besar perannya dalam *biodegradable film* untuk mengatasi sifat rapuh film yang disebabkan oleh kekuatan intermolekuler ekstensif. *Plasticizer* dapat mengurangi gaya inter molekuler sepanjang rantai polimer, sehingga mengakibatkan fleksibilitas film meningkat, menurunkan kemampuan menahan permeabilitas. Polioliol seperti gliserol efektif sebagai *plasticizer* karena kemampuannya mengurangi ikatan hidrogen internal sementara meningkatkan jarak inter

molekuler (McHught dan Krochta, 1994). Polioliol seperti gliserol efektif sebagai *plasticizer* karena kemampuannya meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer.

Penambahan gliserol dalam pembuatan *biodegradable film* akan meningkatkan fleksibilitas dan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air, dan gas terlarut. Menurut Warzukni dkk. (2020) penambahan pemlastis gliserol berpengaruh terhadap kehalusan permukaan *biodegradable film*. Hal ini karena selain sebagai pemlastis, gliserol juga membantu kelarutan pati sehingga terbentuk ikatan hidrogen antara gugus OH pati dan gugus OH dari gliserol, yang meningkatkan sifat mekanik. Seperti halnya air, molekul gliserol akan menempati rongga di dalam matriks dan berinteraksi dengan polimer baik berupa pati maupun CMC. Selain itu, penambahan *plasticizer* berupa gliserol dalam bahan dapat mempengaruhi ikatan hidrogen pada pati, yang kemudian menyebabkan struktur pati pada *film* menjadi longgar dan tersubstitusikan oleh ikatan hidrogen yang berasal dari CMC (Anggraini, 2019). Hal tersebut dikarenakan adanya interaksi molekuler antara pati dan CMC, yaitu ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus hidroksil (OH) dari pati dengan gugus hidroksil (OH) dan karboksilat (COOH) dari CMC, sehingga akan menyebabkan terjadinya peningkatan ikatan hidrogen antara molekul pati dan CMC yang mengakibatkan kekuatan material menjadi semakin meningkat (Elean dkk., 2018).

Hal ini didukung oleh penelitian Sudaryati (2010), dalam pembuatan *biodegradable film* menggunakan perbandingan tepung porang dan CMC sebesar 3:1 dan menggunakan konsentrasi gliserol 1%, 2%, dan 3 % yang menghasilkan perlakuan terbaik pada *biodegradable film* pada konsentrasi gliserol 3%. Penelitian lain yang mendukung yaitu Hidayati *et al.* (2021), menemukan bahwa penambahan konsentrasi gliserol 0,5 dan 0,75% dengan konsentrasi CMC dari 1 sampai 3% menghasilkan kekuatan tarik 23–39 MPa yang sebanding dengan kekuatan tarik *Poly Tetra* Plastik sintesis *Fluoro ethylene* (PTFE) dan *Poly Propylene* (PP) serta lama biodegradabilitas film terurai setelah 14 hari. Karakteristik *biodegradable film* yang perlu diketahui dalam pemanfaatannya sebagai alternatif pengganti plastik konvensional yaitu berupa kuat tarik (*tensile*

strength), persen pemanjangan (*elongation to break*), transmisi uap air, ketebalan, dan *biodegradability* (Harsunu, 2008). Penelitian yang mendukung adalah penelitian Faizin dkk. (2023), yaitu pembuatan *edible film* berbasis glukomanan dengan perlakuan CMC sebesar 0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram; dan 2 gram, serta gliserol sebanyak 2 mL; 3 mL; 4 mL; dan 5 mL, dan tepung glukomanan sebanyak 1 gram, menghasilkan perlakuan terbaik yaitu 1 gram CMC, 3 mL gliserol, dan 1 gram glukomanan dengan ketebalan 0,05 mm; kuat tarik 8,03 kgf/cm²; elongasi 12,57%; dan laju transmisi uap air 1,006 g/m²/hari.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut belum diketahui formulasi pati porang dan CMC serta konsentrasi gliserol yang optimal serta bagaimana interaksi antara keduanya dalam proses pembuatan *biodegradable film*. Namun, penelitian tersebut dapat dijadikan acuan dalam menentukan faktor perlakuan pada penelitian ini. Penelitian ini menggunakan dua faktor, faktor pertama adalah formulasi pati porang dan CMC dengan 3 taraf yaitu 25%:75% (F1); 50%:50% (F2); 75%:25% (F3) dan faktor kedua adalah konsentrasi gliserol yaitu 1% (G1), 2% (G2), 3% (G3). Diharapkan melalui penelitian ini dapat diketahui formulasi pati porang dan CMC serta konsentrasi gliserol yang tepat serta interaksi antara keduanya dalam menghasilkan *biodegradable film* yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan standard dan dapat dijadikan sebagai solusi alternatif pengganti plastik konvensional.

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah

1. Formulasi pati porang dan CMC berpengaruh terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang.
2. Konsentrasi gliserol berpengaruh terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang.

3. Terdapat interaksi formulasi pati porang dan CMC dan konsentrasi gliserol dalam menghasilkan kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang terbaik.

II . TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Biodegradable Film*

Biodegradable film dinilai oleh banyak orang sebagai sebuah solusi yang menjanjikan untuk menjawab permasalahan sampah plastik dunia, karena sifatnya yang ramah lingkungan. Benda ini dapat dibuat dari bahan-bahan terbarukan yang mampu mengurangi emisi gas rumah kaca. *Biodegradable film* adalah film kemasan yang merupakan salah satu dari tiga jenis *biodegradable packaging*. *Biodegradable film* dapat hancur secara alami oleh mikroorganisme, bakteri dan jamur. *Biodegradable packaging* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *biodegradable film*, *biodegradable coating*, dan enkapsulasi. *Biodegradable coating* merupakan jenis *biodegradable packaging* yang langsung melapisi produk, berbeda dengan *biodegradable film* yang pembentukannya sebagai pelapis dan pengemas dalam bentuk lembaran. Enkapsulasi merupakan *biodegradable packaging* yang memiliki fungsi sebagai pembawa zat flavor berbentuk serbuk (Christsanía, 2008).

Biodegradable film memberikan banyak keuntungan seperti meningkatkan kesuburan tanah, sifatnya yang mudah terurai, sehingga tidak menyebabkan penumpukan yang mana dapat mengurangi bahayanya terhadap tumbuhan maupun hewan, dan juga mengurangi biaya dalam pengolahan limbah (Tokiwa *et al.*, 2008). Plastik jenis ini mampu menggantikan plastik sintesis yang umumnya bersifat tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme di alam. Substitusi plastik sintesis yang nondegradable oleh plastik biodegradable telah menjadi salah satu jawaban atas masalah tersebut. Dalam kondisi dan waktu tertentu, plastik biodegradable akan mengalami perubahan struktur kimia akibat adanya pengaruh mikroorganisme seperti bakteri, alga, jamur yang biasanya disebabkan oleh

serangan kimia atas enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut, sehingga menyebabkan pemutusan rantai polimer (Griffin, 1994). Plastik biodegradable dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun setelah habis terpakai akan hancur akibat aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir berupa air dan gas karbondioksida yang dibuang ke lingkungan, sehingga plastik ini disebut sebagai plastik ramah lingkungan. Sebagai implementasinya, di Jepang telah disepakati adanya penggunaan plastik biodegradable yang diberi nama plastik hijau (Pranamuda, 2001).

Plastik *biodegradable* paling banyak digunakan sebagai pengemas. Menurut Iflah dkk. (2012), *biodegradable film* dapat digunakan sebagai bahan pengemas paprika, tomat, dan meningkatkan kesegaran buah secara lebih baik, jika dibandingkan dengan kantong PE. Karakteristik *biodegradable film* yang perlu diketahui antara lain yang pertama berupa kuat tarik (*tensile strength*), dimana kuat tarik dapat diartikan sebagai gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah *film* sebelum *film* tersebut putus atau robek. Hasil pengukuran kuat tarik berhubungan dengan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan pada proses pembuatan film. Kedua, persen pemanjangan (*elongation to break*), merupakan perubahan panjang maksimum yang dialami *film* pada saat terjadi peregangan hingga film tersebut terputus. Ketiga, transmisi uap air, dimana nilai transmisi uap suatu *film* digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang akan dikemas di dalamnya (Harsunu, 2008). Terakhir yaitu kelarutan, persentase kelarutan *biodegradable film* yang dilihat dari berat kering setelah dicelupkan dalam air selama waktu tertentu (Gontard and Guilbert, 1992). Badan Standardisasi Nasional menetapkan Standar Nasional Indonesia untuk kantong belanja berbahan polimer dari biomassa atau bioplastik dalam SNI bernomor 7188:7:2016 tentang kriteria ekolabel-bagian 7: kategori produk tas belanja plastik dan bioplastik mudah terurai, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan Bioplastik dan atau Campuran dengan Thermoplastik

No.	Aspek lingkungan	Persyaratan	Metode uji
1.	Penggunaan bahan baku dan aditif	Tidak mengandung zat warna azo	Hasil pengujian GC-MS atau laporan hasil laboratorium pengujian yang telah menerapkan SNI ISO/IEC17025
2.	Degradabilitas	Pertumbuhan mikroba pada permukaan produk lebih besar dari 60% selama 1 minggu	ASTM G21 atau hasil pengujian laboratorium yang telah menerapkan SNI ISO/IEC17025
3.	Kandungan logam berat	Cd < 0,5 ppm Pb < 50 ppm Hg < 0,5 ppm Cr ⁶⁺ < 50 ppm	Laporan hasil uji IEC-62321 Ed 1.0, atau hasil pengujian laboratorium yang telah menerapkan SNI ISO/IEC17025

Sumber: SNI 7188.7:2016.

2.2 Porang

Porang adalah salah satu tanaman yang tergolong marga *Amorphophallus* dan termasuk ke dalam suku talas-talasan (*Araceae*). *Amorphophalus onchophyllus* merupakan salah satu spesies famili Araceae yang dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat Indonesia diantaranya sebagai bahan makanan, obatobatan dan tanaman hias. Pemanfaatan tanaman araceae sebagai bahan makanan dan obat-obatan dapat berasal dari daun, batang atau umbinya. Umbi porang dapat dikonsumsi langsung seperti suweg *Amorphophallus campanulatus*, *A. variabilis* dan talas *Colocasia esculenta* (Setiawati, 2017). Secara taksonomi, tanaman porang mempunyai klasifikasi botani sebagai berikut:

Divisio : Anthophyta
 Phylum : Angiospermae
 Klas : Monocotyledoneae
 Famili : Araceae
 Genus : *Amorphophallus*
 Species : *Amorphophallus oncophyllus* Prain



(a)

(b)



(c)

Gambar 1. (a) Pohon porang ; (b) Umbi porang ; (c) Isi umbi porang

Tanaman porang merupakan tumbuhan herba menahun, termasuk dalam kelompok familia *Araceae*. Batang tegak, lunak, batang halus berwarna hijau atau hitam belang-belang (totol-totol) putih. Batang semu sebenarnya adalah tangkai daun tunggal memecah menjadi tiga dan akan memecah lagi sekaligus menjadi tangkai daun dari anak daun. Pada setiap pertemuan batang semu atau tangkai daun akan tumbuh bulbil atau umbi tetas berwarna coklat kehitam-hitaman sebagai alat perkembangbiakan vegetatif tanaman porang (Pitojo, 2007). Umbi porang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi yaitu kandungan pati sebesar 76,5 %, protein 9,20 %, dan kandungan serat 20 %, serta memiliki kandungan lemak sebesar 0,20% (Syaefulloh, 1990). Dalam 100 gram umbi porang

mengandung 1 g protein, 0,1 g lemak, 15,7 g karbohidrat, 4,2 mg besi, 0,07 mg thiamine, 5 mg asam askorbat, 0,19 g kalsium oksalat, 3.58 g glukomanan, dan 18,44 g pati (Antarlina dan Utomo, 1997).

2.3 Tepung Porang

Pengolahan umbi porang sebagai bahan pangan biasanya dibuat terlebih dahulu menjadi *chip*. *Chip* merupakan irisan umbi porang yang menyerupai kripik atau gablek. Salah satu potensi yang dapat dikembangkan dalam *chip* porang yaitu produk turunannya berupa tepung porang. Pengolahan *chip* menjadi tepung bertujuan untuk mengawetkan dan menghemat ruang penyimpanan. Bentuk tepung memungkinkan *chip* untuk lebih fleksibel saat dimanfaatkan sebagai bahan baku pada industri pangan dan non pangan. Tepung porang merupakan produk olahan yang berasal dari umbi porang. Tepung porang merupakan produk setengah jadi yang praktis dengan umur simpan yang relatif panjang, sehingga memiliki nilai ekonomis yang lebih baik dari pada umbi porang. Tepungan porang memiliki kandungan air lebih rendah dibandingkan umbi porang yang memiliki kadar air 83% dalam 100 gram (Aryanti dan Abidin, 2015).

Tepung porang seperti hal produk olahan pangan lainnya, juga rentan terhadap kerusakan. Kerusakan bahan pangan merupakan perubahan karakteristik fisik dan kimiawi suatu bahan makanan yang tidak diinginkan atau adanya penyimpangan dari karakteristik normal. Karakteristik ini meliputi karakteristik fisik dan karakteristik kimiawi. Karakteristik fisik meliputi sifat organoleptik seperti warna, aroma, dan tekstur. Karakteristik kimiawi meliputi komponen penyusunnya seperti kadar air, kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, mineral, dan vitamin (Muchtadi, 2013). Untuk tepung porang putih memiliki kadar air 13,477%, kadar abu 4,612%, kadar pati 47,554%, kadar amilosa 17,536%. Sedangkan untuk porang kuning memiliki kadar air 12,326%, kadar abu 3,901%, kadar pati 5,598%, kadar amilosa 16,948%. Untuk hasil ekstraksi dari tepung porang putih dengan pelarut air diperoleh kadar glukomannan 73,70% dan untuk pelarut etanol

diperoleh kadar glukomannan sebesar 64,67% (Aryanti dan Abidin, 2015).

Adapun syarat mutu tepung porang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Mutu Tepung Porang

Kriteria Uji	Persyaratan SNI 7939-2013 (%)		
	Mutu I	Mutu II	Mutu III
Kadar air	≤ 13	13 - <15	15 - 16
Kadar abu	≤ 4	>4 - <5	5 - 6,5
Protein	≤ 5	>5 - <13	14
Lemak	-	-	-
Karbohidrat	-	-	-
Glukomannan	>25	20 - ≤ 25	15 - <20

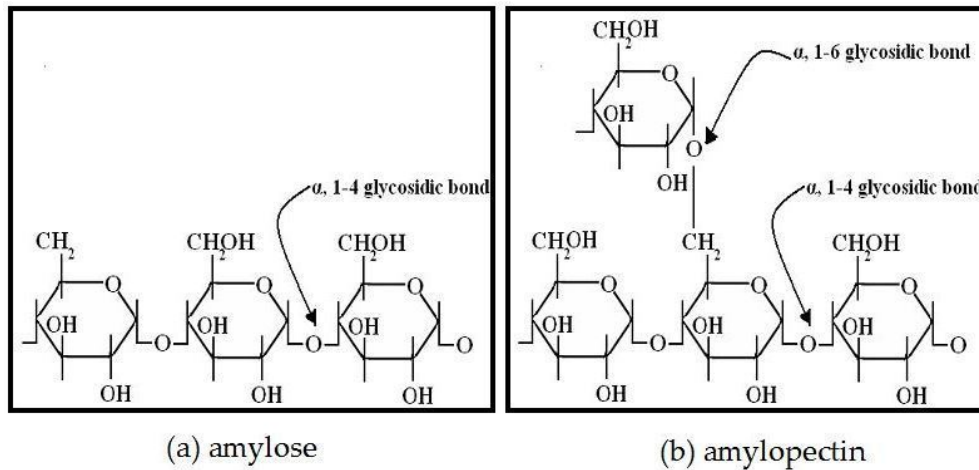
Sumber: SNI 7939-2013.

2.4 Pati Porang

Pati atau amilum adalah karbohidrat polisakarida yang terdiri dari sejumlah besar unit glukosa bergabung bersama-sama oleh ikatan glikosidik. Pati terdiri dari amilosa dan amilopektin dalam bentuk makromolekul. Pati diproduksi dari semua tanaman hijau untuk menyimpan energi dan merupakan sumber energi yang penting bagi manusia. Pati dapat ditemukan dalam kentang, gandum, beras dan makanan lainnya, dan bervariasi bentuknya, tergantung pada sumbernya. Dalam bentuk yang tidak dimodifikasi, pati terbatas penggunaannya dalam industri makanan. Secara umum, pati menghasilkan pasta kental saat gel dipanaskan (Abbas, 2010).

Pati yang terdapat dalam sel tumbuhan berbentuk granula (butiran) berwarna putih, sangat kecil dengan diameter yang dengan ukuran antara 2 – 100 μm (Sunarya, 2012). Pati merupakan senyawa terbanyak kedua yang dihasilkan oleh tanaman setelah selulosa. Pati bukan merupakan senyawa yang homogen. Pembentukan pati diawali dengan terbentuknya ikatan glukosida (2 glukosa) yaitu ikatan antara molekul glukosa melalui oksigen pada atom karbon pertama seperti pada Gambar 2. Amilosa dan amilopektin merupakan dua komponen utama penyusun pati (Gambar 2). Amilosa merupakan komponen dengan rantai lurus, mempunyai rangkaian panjang dari unit α -D-glukosa yang terikat bersamasama melalui ikatan α - 1,4 glikosida sedangkan amilopektin tersusun melalui ikatan α -

1,4 glikosida dan ikatan cabang α -1,6 glikosida, sehingga mempunyai struktur rantai bercabang (Dureja *et al.*, 2011).



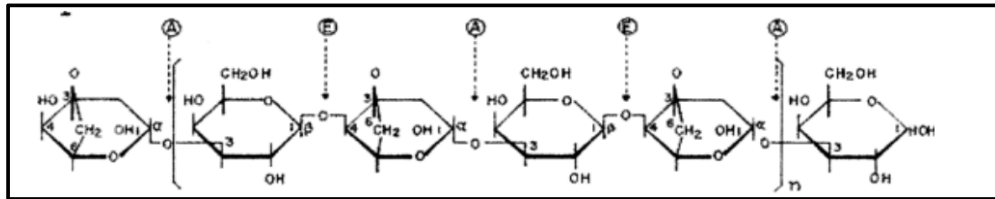
Gambar 2. (a) Struktur amilosa dan (b) amilopektin
Sumber: Taggart (2004)

Menurut Shang *et al.* (2021), kandungan amilosa pada pati porang sebesar 10-35%; dan amilopektin sebesar 12-40%. Adanya ikatan hidrogen antar molekul diantara gugus hidroksil pada molekul pati, sehingga menunjukkan pati bersifat hidrofilik dan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Oleh karena itu pati merupakan bahan baku yang baik dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik. Pati memiliki sifat sebagai granula yang tidak larut dalam air. Granula pati tersebut terdiri atas daerah amorf dan kristal (Datta and Halder, 2019). Film yang dibuat menggunakan amilosa lebih fleksibel dibandingkan dengan menggunakan amilopektin. Hal ini karena sifat linier molekul amilosa dan kemampuannya untuk menguatkan struktur film, berbeda dengan amilopektin yang bercabang banyak dan mudah terperangkap. Film pati yang terdiri dari campuran amilosa dan amilopektin dari kultivar berbeda telah dilaporkan mengalami ko-kristal dan hasil sifat film yang beragam bergantung pada bahan pemlastis dan kondisi pemrosesan (Hirpara and Dabhi, 2021).

Umbi porang banyak mengandung hidrokoloid berupa glukomannan dikenal dengan nama *Konjac Glucomannan* (KGM) berkisar antara 50-70%.

Glukomannan merupakan polisakarida dari jenis hemiselulosa yang terdiri dari ikatan rantai galaktosa, glukosa, dan mannososa. Ikatan rantai utamanya adalah

glukosa dan mannanosa sedangkan cabangnya adalah galaktosa. Ada dua cabang polimer dengan kandungan galaktosa yang berbeda. Glukomanan merupakan heteropolisakarida yang mempunyai bentuk ikatan β -1,4-glikosidik yang terdiri dari D-glukosa dan D-manosa dengan perbandingan 1:1,6, serta sedikit bercabang dengan ikatan β -1,6-glikosidik, sedangkan pati merupakan homopolisakarida dengan ikatan α -1,4 dan α -1,6 glikosidik yang terdiri atas glukosa dan glukosa (Takigami, 2000). Struktur Glukomanan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur glukomanan
Sumber: Nugraheni (2018)

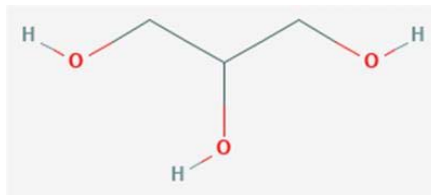
Biopolimer khususnya pati bersifat murah, mudah didapat, dapat diperbaharui, dan dapat terbiodegradasi. Biasanya, bahan pati akan dikompositkan dengan bahan pembuat plastik sintetis yang *non-biodegradable*. Komposit dengan perbandingan material pati yang lebih banyak daripada material sintetis, lebih banyak dipilih karena mampu meningkatkan sifat biodegradasinya (Anggraini, 2013). Dalam penelitian ini, pati diperoleh melalui proses ekstraksi karbohidrat yaitu setelah blending, kemudian diekstrak dengan memakai pelarut (biasanya air) untuk mengeluarkan kandungan patinya dengan cara sedimentasi atau pengendapan yang selanjutnya dikeringkan pada suhu dengan lama waktu tertentu untuk mendapatkan pati yang siap digunakan (Martunis, 2012).

2.5 Gliserol

Gliserol ($C_3H_8O_3$) merupakan larutan kental yang netral, dengan rasa manis, tidak berwarna, dengan titik lebur $20^\circ C$ dan titik didih yang tinggi yaitu $290^\circ C$. Bahan tambahan yang dicampurkan pada pembuatan *biodegradable film* ini bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik. Sifat mekanik sangat penting dalam pengemasan dan penyimpanan produk terutama dari faktor mekanis seperti

tekanan fisik (benturan antara bahan dengan alat atau wadah selama penyimpanan 12 dan pendistribusian (Harsunu, 2008). Gliserol diperoleh dengan cara memanaskan campuran timbal monoksida dan minyak zaitun kemudian melakukan ekstraksi dengan air. Gliserol terdapat dalam bentuk gliserida pada semua lemak dan minyak yang berasal dari hewan dan tumbuhan. Gliserol muncul sebagai produk samping ketika minyak tersebut mengalami saponifikasi pada proses produksi sabun, ketika minyak atau lemak terpisah dalam produksi asam lemak, maupun ketika minyak atau lemak mengalami esterifikasi dengan metanol (alkohol lain) dalam produksi metil (alkil) ester (Pagliaro and Rossi, 2010).

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang berfungsi mengurangi kerapuhan pada *biodegradable film*. Menurut Ningsih (2015) penggunaan gliserol dapat meningkatkan sifat plastis *biodegradable film*, menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimer, sehingga film akan lentur dan plastis yang dapat larut dalam air, memiliki titik didih tinggi, polar, non volatil, dan dapat bercampur dengan protein. Gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul rendah yang mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan dengan gugus reaktif protein. Struktur gliserol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur gliserol
Sumber: Petchwattana *et al.* (2018)

Gliserol merupakan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik, dengan beberapa fungsi gliserol adalah pembentuk kristal, penyerap air, dan *plasticizer*. *Plasticizer* memiliki berat molekul yang rendah, sehingga *plasticizer* dapat masuk ke dalam matriks polimer protein dan polisakarida, yang mengakibatkan peningkatan fleksibilitas film dan kemampuan pembentukan film (Huri dan Nisa, 2014).

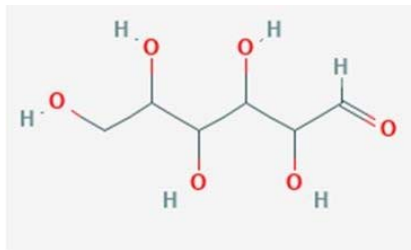
Gliserol (Gambar 4) dapat membentuk ikatan polisakarida-gliserol setelah adanya interaksi dengan polisakarida, ikatan tersebut dapat berakibat pada peningkatan elastisitas dari kedua suspensi. Gugus hidroksil pada rantai gliserol merupakan penyebab terbentuknya ikatan hidrogen antara polimer polisakarida dengan gliserol yang menggantikan ikatan hidrogen antara polimer polisakarida selama pembentukan *edible film*. Gliserol dapat mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas dari film (Ningsih, 2015).

2.6 *Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) merupakan senyawa dengan rentang pH sebesar 6,5-8,0 yang memiliki sifat *biodegradable*, tidak berbau, tidak berwarna, tidak beracun, berbentuk butiran atau bubuk yang larut dalam air. CMC berasal dari selulosa kayu dan kapas yang diperoleh dari reaksi antara selulosa dengan asam monokloroasetat dengan katalis berupa senyawa alkali. Bahan ini juga merupakan senyawa yang serbaguna karena memiliki sifat penting dalam kelarutan, reologi dan adsorpsi dipermukaan (Netty, 2010). Pada awalnya, CMC banyak dibuat dari selulosa kayu. Hal ini disebabkan kandungan selulosa pada kayu biasanya cukup tinggi, yaitu sekitar 42-47%. Limbah-limbah yang mengandung selulosa dalam jumlah besar sangat potensial dimanfaatkan untuk dijadikan karboksimetil selulosa (CMC).

Sintesis CMC dapat dilakukan melalui dua tahap, yaitu alkalisasi dan eterifikasi. Pada tahap alkalisasi, selulosa yang telah diekstraksi dari bahan baku dicampurkan dengan NaOH dan solven yang inert, yang paling umum digunakan adalah etanol dan isopropanol, yang akan berperan sebagai agen yang dapat menyebabkan peningkatan penetrasi ke dalam struktur kristalin dari selulosa. Selanjutnya, pada tahap eterifikasi, alkali selulosa yang telah terbentuk direaksikan dengan asam monokloroasetat membentuk eter karboksimetil selulosa. Pada saat yang bersamaan, asam monokloroasetat juga akan bereaksi menghasilkan dua produk samping, yaitu natrium glikolat dan natrium klorida.

Sifat CMC diantaranya yaitu mudah larut dalam air dingin maupun panas, dapat membentuk lapisan pada suatu permukaan, bersifat stabil terhadap lemak dan tidak larut dalam pelarut organik, baik sebagai bahan penebal, sebagai zat inert, dan bersifat sebagai pengikat. CMC banyak digunakan dalam industri farmasi, detergen, tekstil, kosmetik, dan industri pangan, sedangkan pada bahan pangan CMC berfungsi sebagai pengental, penstabil emulsi dan bahan pengikat (Nur dkk., 2016). Berdasarkan sifatnya maka CMC dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada produk minuman dan juga aman untuk dikonsumsi atau *edible*. Struktur CMC dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Struktur CMC
Sumber: Rahman *et al.* (2021)

Carboxy Methyl Cellulose (Gambar 5) merupakan turunan selulosa dengan kelompok karboksimetil (-CH₂-COOH) terikat pada beberapa kelompok hidroksil. Sifat fungsional dari CMC tergantung pada derajat substitusi dari struktur polisakarida, yaitu jumlah gugus hidroksil yang telah mengambil bagian dalam reaksi substitusi, serta panjang rantai struktur tulang punggung polisakarida dan tingkat pengelompokan substituen karboksimetil (Nur dkk., 2016). CMC digunakan dalam ilmu pangan sebagai pengubah viskositas atau pengental, dan untuk menstabilkan emulsi dalam berbagai produk, salah satunya *biodegradable film*. Hal ini disebabkan kemampuan CMC untuk membentuk larutan kompleks melalui gugus karboksil yang terikat dengan gugus hidroksil. CMC juga memiliki beberapa kelebihan, di antaranya kapasitas mengikat air yang lebih besar dan harganya yang relatif lebih murah (Netty, 2010).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2022 hingga Maret 2023 di Laboratorium Analisis Kimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, serta Laboratorium Kimia Fisik, Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi porang dari petani porang Desa Sinar Harapan, Dusun Harapan Baru, Kecamatan Kedondong. Bahan lain yang digunakan adalah gliserol nabati tingkat kemurnian 100%, CMC *foodgrade* merk Koepoe-koepoe, aquades, air, etanol 97% *Pro Analyst*, tanah kompos dari toko bunga gunung terang.

Peralatan yang digunakan adalah *shaker waterbath*, *hot plate*, *Universal Testing Machine* (UTM), *Testing Machine* MPY, baskom, panci, kain saring, plat kaca ukuran 20x20, gelas Erlenmeyer, *Beaker glass*, cawan, desikator, *magnetic stirrer*, pipet tetes, talenan, stopwatch, pisau *stainless steel*, spatula, neraca analitik, blender, oven, ayakan 120 mesh, gelas plastik, plastik transparan, sendok, dan peralatan laboratorium lainnya.

3.3 Metode Penelitian

Perlakuan disusun secara faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah formulasi pati porang dan CMC dengan 3 taraf yaitu 25%:75% (F1); 50%:50% (F2); 75%:25% (F3) dan faktor kedua adalah konsentrasi gliserol yaitu 1% (G1), 2% (G2), 3% (G3). Sembilan perlakuan yang akan dilaksanakan dengan kombinasi antara perlakuan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kombinasi Perlakuan.

Perlakuan	Kode sampel	Keterangan
1	F1G1	F1 = Formulasi Pati Porang : CMC (25%:75%) G1 = Konsentrasi Gliserol 1%
2	F1G2	F1 = Formulasi Pati Porang : CMC (25%:75%) G2 = Konsentrasi Gliserol 2%
3	F1G3	F1 = Formulasi Pati Porang : CMC (25%:75%) G3 = Konsentrasi Gliserol 3%
4	F2G1	F2 = Formulasi Pati Porang : CMC (50%:50%) G1 = Konsentrasi Gliserol 1%
5	F2G2	F2 = Formulasi Pati Porang : CMC (50%:50%) G2 = Konsentrasi Gliserol 2%
6	F2G3	F2 = Formulasi Pati Porang : CMC (50%:50%) G3 = Konsentrasi Gliserol 3%
7	F3G1	F3 = Formulasi Pati Porang : CMC (75%:25%) G1 = Konsentrasi Gliserol 1%
8	F3G2	F3 = Formulasi Pati Porang : CMC (75%:25%) G2 = Konsentrasi Gliserol 2%
9	F3G3	F3 = Formulasi Pati Porang : CMC (75%:25%) G3 = Konsentrasi Gliserol 3%

Data yang dihasilkan dilakukan pengujian keragaman data (Uji Bartlett) dan pengujian kemenambahan data (Uji Tuckey). Selanjutnya dilakukan analisis sidik ragam (ANARA) untuk mendapatkan penduga ragam galat. Data dianalisis lebih

lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% (Hidayati *et al.*, 2021). Perbedaan mendasar antara BNT dan BNJ yaitu pada penentuan nilai α , yaitu uji BNT menguji perlakuan secara berpasang-pasangan, sehingga semakin banyak jumlah perlakuan yang akan dibandingkan menyebabkan kesalahan yang harus ditanggung juga semakin besar. Oleh karena itu, BNT akan sangat sensitive terhadap perbedaan yang muncul dalam perlakuan karena kriteria pemisahan perlakuan tidak terlalu ketat, sedangkan uji BNJ digunakan untuk memisahkan perlakuan dalam *range* yang sangat berbeda dan metode ini tidak terlalu sensitif terhadap perbedaan yang muncul pada perlakuan (Susilawati, 2015).

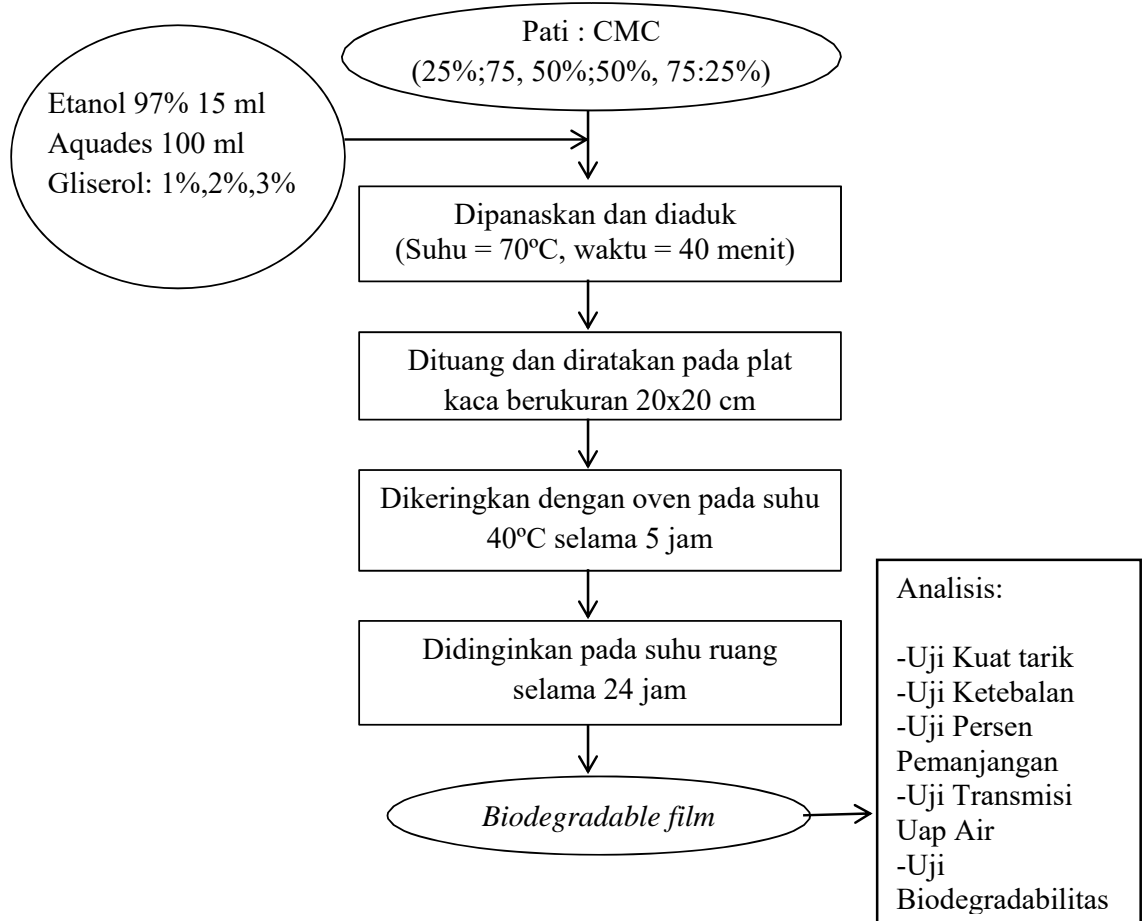
3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Pati Dari Umbi Porang

Proses ekstraksi pati dari umbi porang diawali dengan penyortiran pada umbi porang yang dipanen pada umur \pm 12-24 bulan setelah tanam, untuk memisahkan umbi yang berkualitas baik dengan yang telah mengalami kerusakan. Setelah disortir dilakukan pengupasan kulit luar umbi porang menggunakan pisau. Kemudian perendaman umbi porang yang telah dikupas kulitnya dalam larutan NaCl 15% selama 60 menit. Lalu dicuci dengan air mengalir, kemudian untuk menunggu proses selanjutnya agar tidak terjadi reaksi pencoklatan umbi porang direndam dalam air. Kemudian dilakukan pengirisan umbi porang dengan tebal \pm 0,2 cm menggunakan pisau dan dikeringkan selama 24 jam pada oven dengan suhu 60°C hingga menjadi *chips* (Widaputri, 2023). Setelah itu, *chips* porang dipotong menjadi ukuran kecil, kemudian ditambahkan dengan air sebanyak 4:1 dan dihaluskan menggunakan blender. Porang yang telah halus kemudian disaring dengan kain kasa dan diendapkan selama 24 jam, kemudian endapan berupa pati dikeringkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 60°C. Setelah pati mengering kemudian pati dihaluskan dengan blender kemudian diayak dengan ayakan 120 mesh (Wiadnyani dkk., 2015).

3.4.2 Pembuatan *Biodegradable Film* Berbasis Pati Porang

Ditimbang sejumlah massa pati dan CMC lalu dimasukkan ke dalam beaker glass 500 mL, dan ditambahkan 15 ml etanol, serta gliserol. Kemudian campuran dilarutkan menggunakan 100 mL aquades. Selanjutnya beaker glass 500 ml yang berisi campuran larutan dipanaskan di atas *magnetic stirrer* dengan suhu 70°C, kecepatan pengadukan 400 rpm selama 40 menit. Setelah 40 menit, *magnetic stirrer* dimatikan, dan larutan didinginkan. larutan yang telah dingin dituangkan ke atas plat kaca berukuran 20x20 cm, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C selama 5 jam. Setelah dikeringkan, diangkat dan didinginkan di suhu ruang selama 24 jam. Kemudian plastik dilepas dari cetakannya. Plastik siap untuk dianalisa. Lembar bioplastik selanjutnya diuji karakteristiknya yang meliputi, uji kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan (elongasi), transmisi uap air, dan biodegradabilitas. Proses pembuatan *biodegradable film* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses pembuatan *biodegradable film* berbasis pati porang.
Sumber: Warkoyo dkk. (2021) yang dimodifikasi.

3.5 Prosedur Pengamatan

3.5.1 Uji Kuat Tarik

Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT-5T. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* dengan metode ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan dengan suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (ASTM, 1983):

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

Keterangan:

τ = kekuatan tarik (MPa)

F maks = gaya tarik (N)

A = luas permukaan contoh (mm²)

3.5.2 Uji Ketebalan

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine* dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT- 5T. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan pada temperatur ruang uji dengan suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kemudian ujung sampel dijepit dengan mesin penguji tensile. Ketebalan sampel diukur pada tiga posisi yaitu bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah membran. Lalu nilai ketebalan akan dirata-ratakan yang kemudian didapatkan ketebalan pada sampel tersebut (Gontard and Guilbert, 1992).

3.5.3 Uji Persen Pemanjangan

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Testing Machine MPY* (Type:PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan) ukuran 2,5 x 15 cm dan dikondisikan di laboratorium dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Instron diset pada initial grip separation 50 mm, crosshead speed 50 mm/menit dan loadcell 50 kg. Persen pemanjangan dihitung pada saat film pecah atau robek. Sebelum dilakukan penarikan, panjang film diukur sampai batas pegangan yang disebut panjang awal (l_0), sedangkan panjang film setelah

penarikan disebut panjang setelah putus (l_1) dan dihitung persen pemanjangan dengan rumus berikut (ASTM, 1983):

$$\text{persen pemanjangan} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

Keterangan:

l_0 = panjang awal (cm)

l_1 = panjang setelah putus (cm)

3.5.4 Uji Transmisi Uap Air

Pengujian laju transmisi uap air (WVTR) dilakukan dengan metode cawan (ASTM E96-01, 1997 dalam Dewi *et al.*, 2021) dilakukan dengan cara meletakkan sampel yang akan diuji pada mulut cawan berbentuk lingkaran dengan diameter dalam 7 cm, diameter luar 8 cm dan kedalaman 2 cm yang didalamnya berisi silika gel 10g. Bagian tepi cawan yang ditutup plastik dieratkan dengan wax atau isolasi. Cawan kemudian dimasukkan ke dalam toples yang berisi larutan NaCl 40% (b/v). Uap air yang terdifusi melalui plastic akan diserap oleh silika gel dan akan menambah berat silika gel tersebut.

Kondisi laju transmisi uap air setimbang tercapai dalam waktu 7-8 jam (*steady state*), dan dilakukan penimbangan secara periodik setiap 1 jam (mulai dari jam ke-0 sampai jam ke-7). Perubahan berat menunjukkan kecepatan difusi uap air melewati plastic. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linear dan nilai laju transmisi uap air dapat ditentukan dengan rumus :

$$\text{WVTR} = \frac{\text{slop kenaikan cawan } \left(\frac{\text{g}}{\text{jam}}\right)}{\text{luas permukaan } (m^2)}$$

Keterangan:

W_0 = Berat awal

W = Berat akhir setelah 24 jam

t = Waktu (24 jam)

A = Luas area film (m^2)

3.5.5 Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk menentukan kapan sampel *biodegradable film* mulai menurun. Uji biodegradabilitas mengikuti metode Subowo dan Pujiastuti (2003) yang dilakukan menggunakan tanah dalam proses degradasi tambahan atau menggunakan teknik tanah disebut uji penguburan tanah. Pengujian ini dilakukan dengan cara sampel dengan ukuran 4cm x 1cm ditanam dalam pot berisi tanah, dan pot dibiarkan terbuka untuk membuka udara tanpa kaca tertutup. Sampel diamati seminggu sekali sampai sampel terdegradasi sepenuhnya, atau sampai lembaran *biodegradable film* sudah tidak dapat lagi terlihat dikarenakan lembaran *biodegradable film* telah menyatu dengan tanah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini adalah

1. Formulasi pati porang dan CMC berpengaruh nyata terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang.
2. Konsentrasi gliserol berpengaruh nyata terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis pati porang.
3. Interaksi antara faktor formulasi pati porang 25% dan CMC 75% dengan konsentrasi gliserol 1% menghasilkan *biodegradable film* berbasis pati porang terbaik dengan menghasilkan nilai kuat tarik 32,44 MPa, ketebalan 0,25 mm, persen pemanjangan 36,50%; laju transmisi uap air 14,486 g/m²/24 jam, dan biodegradabilitas selama 14 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A., Sahar, K., Khalil, and Hussin, A.S.M. 2010. Modified starches and their usage in selected food product: a review study. *Journal of Agricultural Science*. 2 (2): 90-91.
- Abdorrezza, M.N., Cheng, L.H. and Karim, A.A. 2011. Effects of *plasticizers* on thermal properties and heat sealability of sago starch films. *Food Hydrocolloids*. 25: 56-60.
- Adlin, I.A., Sebastiani, Y. dan Hidayanti, T.N. 2020. Karakterisasi pembuatan edible film dengan variabel kombinasi tepung konjak dan karagenan serta konsentrasi gliserol. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 4 (2): 88-95.
- Anandito, R. B. K., Nurhartadi, E., dan Bukhori, A. Pengaruh gliserol terhadap karakteristik *edible film* berbahan dasar tepung jali (*Coix lacryma-jobi L.*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 5 (2): 17-23.
- Anggraini dan Fetty. 2013. Aplikasi *Plasticizer* Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka. *Skripsi*. Jurusan Kimia Universitas Negeri Semarang. Semarang. 82 pp.
- 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., Akbar, F., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2 (2): 37-41.
- Antarlina, S.S. dan Utomo, J.S. 1997. Substitusi tepung ubi jalar pada pembuatan mie kering. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan*. PATPI. Denpasar.
- Aryanti, N. dan Abidin, K.Y. 2015. Ekstraksi glukomanan dari porang lokal (*Amorphophallus oncophyllus* dan *Amorphophallus muerelli blume*). *METANA*. 11 (1): 21-30.

- Asofa, A. C. 2018. Analisis Dekomposisi Plastik Biodegradable dengan Bahan Dasar Limbah Tongkol Jagung. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 55 hlm.
- ASTM. 1983. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 247 pp.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Serpih Porang SNI 7939-2013. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Kriteria Ekolabel – Bagian 7: Kategori Produk Tas Belanja dan Bioplastik Murah Terurai SNI 7188.7:2016. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Balqis, A. M. I., Nor Khaizura, M. A. R., Russly, A. R., and Hanani, Z. A. N., 2017. Effects of plasticizers on the physicochemical properties of kappa-carrageenan films extracted from *eucheuma cottonii*. *Int. J. Biol. Macromol.* 103, 721–732.
- Bourtoom, T. 2008. Review article edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. 15 (3): 237-248.
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch/carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*. 28: 59-67.
- Christsanita. 2008. Pengaruh Pelapisan dengan Edible Coating Berbahan Baku Karagenan terhadap Karakteristik Buah Stroberi (*Fragaria nilgerrensis*) selama Penyimpanan pada Suhu 5⁰C-2⁰C. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjajaran. Jatinangor. 128 pp.
- Criado, P., Frascini, C., Salmieri, S., Becher, D., Safrany, A. and Lacroix, M. 2016. Free radical grafting of gallic acid (ga) on cellulose nanocrystals (cncs) and evaluation of antioxidant reinforced gellan gum films radiat. *Physical Chemistry*. 118: 61–69.
- Damanhuri, Sulistiyo, dan Soetopo, L. 2015. Eksplorasi dan identifikasi karakter morfologi porang (*Amorphophallus muelleri* B.) di Jawa Timur. *Jurnal Produksi Tanaman*. 3(5): 353 – 361.
- Drajat, I. S., Darma, G. C. E., dan Aryani, R. 2021. Karakterisasi dan optimasi tepung porang (*amorphophallus muelleri*) sebagai basis sediaan edible film. *Prosiding Farmasi*. 6 (2): 474-482.
- Dureja, H., Khatak, S., Khatak, M. and Kalra, M. 2011. Amylose rich starch as an aqueous based pharmaceutical coating material. *International Journal Of Pharmaceutical Sciences And Drug Research*. 3 (1): 08-12.

- Elean, S., Saleh, C., dan Hindryawati, N. 2018. Pembuatan film *biodegradable* dari pati biji cempedak dan *carboxy methyl cellulose* dengan penambahan gliserol. *Jurnal Atomik*. 3 (2): 122-126.
- Epriyanti, N.M.H., Harsojuwono, B. A. dan Arnata, I. W. 2016. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap karakteristik komposit plastik biodegradable dari pati kulit singkong dan kitosan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 4 (1): 21–30.
- Faizin, N. A. H., Moentamaria, D., dan Irfin, Z. 2023. Pembuatan *edible film* berbasis glukomanan. *Distilat*. 9 (1): 29-41.
- Fajrina, R. W., Agustina, R., dan Ratna. 2022. Pemanfaatan pektin kulit pisang kepok untuk pembuatan *edible film* dengan penambahan cmc dan *plasticizer* sorbitol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 7 (2): 452-463.
- Faria F.O., Vercelheze, A. E.S., Mali, S. 2012. Physical properties of *biodegradable films* based on cassava starch, polyvinyl alcohol and montmorillonite. *Química Nova*. 35(3): 487-492.
- Fatnasari, A., Nocianitri, K. A., dan Suparthana, I. P. 2018. Pengaruh konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *edible film* pati ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.). *Media Ilmiah Teknologi Pangan*. 5 (1): 27-35.
- Gabriel, A. A., Solikhah, A. F., and Rahmawati, A. Y. 2021. Tensile strength and elongation testing for starch-based bioplastics using melt intercalation method: a review. *Journal of Physics: Conference Series*. 1858012028: 1-10
- Gao, E., Pollet, and Averous, E. 2017. Properties of glycerol-plasticized alginate films obtained by thermo-mechanical mixing. *Food Hydrocolloids*. 63: 414-420.
- Gontard, N. and Guilbert, S. 1986. *Bio Packaging : Technology and Properties of Edible Biodegradable Material of Agricultural Origin. Food Packaging a Preservation*. The Aspen Publisher Inc. Gaithersburg, Maryland. 30 pp.
- Gozali, T., Wijaya, W. P., dan Rengganis, M. I. 2020. Pengaruh konsentrasi cmc dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik edible packaging kopi instan dari pati kacang hijau (*vigna radiata* l.). *Pasundan Food Technology Journal*. 7 (1): 1-9.
- Griffin, G. 1994. *Advance Chemistry*. US Patent. USA. 159 pp.
- Harsunu, B. 2008. Pengaruh Konsentrasi *Plasticizer* Gliserol dan Komposisi Khitosan dalam Zat Pelarut terhadap Sifat Fisik Edible Film dari Khitosan. *Skripsi*. Departemen Metalurgi dan Material. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. 102 pp.

- Hidayati, N., Rahayu, P., Rachma, R. N., dan Anggraini, H. 2021. Pengaruh penambahan zat pemlastik gliserol terhadap sifat mekanik pada pembuatan bioplastik dari kitosan-umbi porang (*Amorphophallus Muelleri*). *Jurnal Teknologi*. 9 (1): 13-22.
- 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.
- Hidayati, S., Zulferiyenni., Maulidia, U., Satyajaya, W. and Hadi, S. 2021. Effect of glycerol concentration and carboxy methyl cellulose on biodegradable film characteristics of seaweed waste. *Heliyon* 7.e07799: 1-8.
- Hirpara, J.N., Dabhi, M. N. 2021. A review on effect of amylose or amylopectin, lipid, and relative humidity on starch based biodegradable films. *International Journal Of Current Microbiology and Applied Sciences*. 10 (4): 500-531.
- 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 (4): 29-40.
- Iflah, T., Sutrisno. dan Titi, C.S. 2012. Pengaruh kemasan starch-based plastics (bioplastik) terhadap mutu tomat dan paprika selama penyimpanan dingin. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22 (3): 189-197.
- 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.
- 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.
- Kamsiati, E., Herawati, H. dan Purwani, E.Y. 2017. Potensi pengembangan plastik biodegradable berbasis pati sagu dan ubi kayu di indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 36 (2): 67-76.
- 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.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2020. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Diakses melalui <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.

- Li, Y., Shoemaker, C.F., Ma, J., Shen, X. and Zhong, F. 2008. Paste viscosity of rice starches of different amylose content and carboxymethylcellulose formed by dry heating and the physical properties of their films. *Food Chem.* 10: 616–623.
- Lu, Y.S., Weng, L.H. and Chao, X.D. 2005. Biocomposites of plasticized starch reinforced with cellulose crystallites from cottonseed limter. *Macromol Bioscience.* 5: 1101-1107.
- Ma, X., Chang, P.R. and Yu, J. 2008. Properties of biodegradable thermoplastic pea starch/carboxymethyl cellulose and pea starch/microcrystalline cellulose composites. *Carbohydrate Polymers.* 72: 369-375.
- Ma'arif, L., Fitriass, 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.
- Martunis. 2012. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap kuantitas dan kualitas pati kentang varietas granola. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia.* 4 (3): 26-27.
- Maghfirah, A., Susilawati, Istiqomah, N., Sahara, L., Priscila, P. 2023. Utilization of porang starch (*Amorphophallus oncophyllus Prain*) and chitosan in the production and characterization of bioplastics. *AIP Conference and Proceeding.* 2595, 030006: 1-7.
- McHugh, T.H. and Krochta, J.M. 1994. Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible film : integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *J Agric Food Chem.* 42: 841-845.
- Muchtadi, T.R., Sugiyono. dan Ayustaningwarno, F. 2013. *Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan.* Alfabeta. Bandung.
- Mulyadi, A., Santoso, A. dan Ibrahim, A.M. 2017. Sintesis dan karakterisasi edible film dari campuran tepung glukomanan iles-iles kuning (*Amorphophallus onchophyllus*). *Jurnal ITEKIMIA.* 1 (1): 90-93.
- Mustapa, R., Restuhadi, F., dan Efendi, R. 2017. Pemanfaatan kitosan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* dari pati ubi jalar kuning. *JOM FAPERTA.* 4 (2): 1-12.
- Nairfana, I., dan Ramdhani, M. 2021. Karakteristik *edible film* pati jagung (*zea mays l.*) termodifikasi kitosan dan gliserol. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan.* 7 (1): 91-102.

- Nemet, 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.
- Netty, K. 2010. Pengaruh bahan aditif cmc (carboxyl methyl cellulose) terhadap beberapa parameter pada larutan sukrosa. *J. Teknik Kimia ITENAS*. 1 (1): 78-84.
- Ningsih, E. P., Ariyani, D., dan Sunardi. 2019. Pengaruh penambahan carboxymethyl cellulose terhadap karakteristik bioplastik dari pati ubi nagara (*Ipomoea batatas* L.). 2019. *Indonesian Journal Chemistry Research*. 7 (1): 77-85.
- Ningsih, S.H. 2015. Pengaruh *Plasticizer* Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey dan Agar. *Skripsi*. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya. Malang. 79 pp.
- Nisah, K. 2017. Study Pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik biodegradable dengan *plasticizer* gliserol. *Jurnal Biotik*. 5 (2): 106-113.
- 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 Keteknikan Pertanian*. 6(3): 287-294.
- Nugraheni, B., Setyopuspito, A., Advistasari, Y. D. 2018. Identifikasi dan analisis kandungan makronutrien glukomanan umbi porang. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik*. 15 (2): 77-82.
- Nur, R., Tamrin. dan Muzzakar, Z. 2016. Sintesis dan karakterisasi cmc (carboxymethyl cellulose) yang dihasilkan dari selulosa jerami padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 1 (3): 222-231.
- 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 carboxymethyl cellulose (CMC) sebagai pemlastis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 7(2): 125-132.
- Pagliaro and Rossi. 2010. *The Future of Glycerol*. RSC Green Chemistry. UK.

- Petchwattana, N., Sanetuntkul, J., and Narupal, B. 2018. Plasticization of biodegradable poly(lactic acid) by different triglyceride molecular sizes: a comparative study with glycerol. *Journal of Environmental Polymer Degradation*. 26 (10): 1-13.
- Pitojo, S. 2007. *Seri Budidaya: Suweg: Bahan Pangan Alternatif, Rendah Kalori*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Pranamuda, H. 2001. *Pengembangan Bahan Plastik Biodegradable Berbahan Baku Pati Tropis*. Sinergy Forum-PPI Tokyo. Institut of Technology. Japan.
- Puspita, N.F., Altway, S., Mawarani, L.J., Ayu, D. and Rosita, D. 2015. The effect of the addition of glycerol and chitosan in the biodegradable plastics production from porang flour (*Amorphophallus muelleri Blume*). *Proceedings The 9 Th Joint Conference on Chemistry*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- 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.
- Putri, R.D.A., Setiawan, A. and Anggraini, P.D. 2017. Effect of carboxymethyl cellulose (cmc) as biopolymers to the edible film sorghum starch hydrophobicity characteristics. *AIP Conference Proceeding*. 1888 (02004): 1-5.
- Rahman, S. M., Hasan, M. S., Nitai, A. S., Nam, S., Karmakar, A. K., and Ahsan, M. S. 2021. Recent developments of carboxymethyl cellulose. *Journal Polymers*. 13 (8): 13-45.
- Raju, G., Sarkar, P., Singla, E., Singh, H. and Sharma, R.K. 2016. Comparison of environmental sustainability of pharmaceutical packaging. *Perspectives in Science*. 8: 683-685.
- Rizka, A. dan Juliastuti, S.R. 2013. Pembuatan stirena dari limbah plastik dengan metode pirolisis. *Jurnal Teknik Pomits*. 2 (1): 1-10.
- Rusli, A., Metusalach, Salengke, Tahir, M. M. 2017. Karakterisasi edible film karagenan dengan pemlastis gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 219-229.
- Santoso, B., Pratama, F., Hamzah, B., dan Pambayun, R. 2012. Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air *edible film* dari pati ganyong termodifikasi dengan menggunakan lilin lebah dan surfaktan. *AGRITECH*. 32 (1): 9-14.

- Selviana, G. A., dan Haryanto. 2022. Pengaruh penambahan *carboxymethyl cellulose* terhadap karakteristik hidrogel film *polivinil alkohol* sebagai aplikasi pembalut luka dengan chemical *crosslinking method*. *Jurnal TECHNO*. 23(2): 121-130.
- Setiani, W. 2013. Preparasi dan karakterisasi edible film dari poliblend pati sukun-kitosan. *Valensi*. 3 (2): 100-109.
- Setiawati, E., Syaiful, B. dan Abdullah, R.R. 2017. Ekstraksi glukomanan dari umbi porang (*Amorphophallus paenifolius*). *Kovalen*. 3 (3): 234-241.
- Shang, L., Wu, C., Wang, S., Wei, X., Li, B., and Li, J. 2021. The influence of amylose and amylopectin on water retention capacity and texture properties of frozen-thawed konjac glucomannan gel. *Food Hydrocolloids*. 113 (2021): 1-11.
- Sondari, D., Kusumaningrum, W. B., Akbar, F., Muawanah A., Zulfikar, R., Fahmiati, S., Sampora, Y., Putri, R. 2020. Penambahan fraksi amilosa terhadap sifat fisik dan mekanis *edible film* pati tapioka. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 42 (2): 74-84.
- Subowo, W.S. dan Pujiastuti, S. 2003. Plastik yang terdegradasi secara alami (*biodegradable*) terbuat dari ldpe dan pati jagung terlapis. *Prosiding Simposium Nasional Polimer IV*. Pusat Penelitian Informatika-LIPI. Bandung. 203–208.
- Sudaryati H.P., Mulyani, T.S. dan Hansyah, E.R. 2010. Sifat fisik dan mekanis edible film dari tepung porang (*Amorphopallus oncophyllus*) dan karboksimetil selulosa. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11 (3): 196-201.
- Sunarya, Y. 2012. *Kimia Dasar 2*. Yrama Widya. Bandung.
- Susilawati, M. 2015. *Rancangan Percobaan*. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Udayana. Bali. 141 hlm.
- Swamy, J.N., and Singh, B. 2010. *Bioplastics and Global Sustainability*. *Society of Plastics Engineers*. 41 hlm.
- Syaefulloh, S. 1990. Studi Karakteristik Glukomanan dari Sumber ‘Indegenous’ Iles-iles (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan Variasi Proses Pengeringan dan Basis Perendaman. *Tesis*. Fakultas Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Taggart, P. 2004. *Starch as in Ingredient: Manufacture and Application*. CRC Press. Boca Raton. 605 pp.
- Tagigami, S. 2000. Konjac Glucomannan. In : Phillips Go and Williams P.A. *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press. Boca Raton. 395 pp.

- Tokiwa, Y. and Calabria, B.P. 2008. Biological production of functional chemicals from renewable resources. *Can. Journal Chem.* 86: 548-555.
- Ummah, N. A. 2013. Uji ketahanan Biodegradable Plastik Berbasis Tepung Biji Durian terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang. 97 hlm.
- Warkoyo, Taufani, A. D. A., dan Anggriani, R. 2021. Karakteristik *edible film* berbasis gel buah okra dengan penambahan cmc dan gliserol. *AGROINTEK Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 15 (3): 704-714.
- Warzukni, I.A. 2020. Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Pati Porang dan Kitosan dengan *Plasticizer* Gliserol. *Skripsi*. Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara. Medan. 79 pp.
- Wigoeno, Y.A., Azrianingdih. dan Roosdiana. 2013. Analisis kadar glukomanan pada umbi porang (*Amorphophallus muelleri blume*) menggunakan refluks kondensor. *Jurnal Biotropika*.1 (5): 231-232.
- Winursito, I. 2013. Perkembangan penelitian dan pemakaian plastik biodegradable di indonesia. *Jurnal Riset Industri*. 7(3): 251-262.
- Wittaya, T. 2012. Rice-starch based biodegradable films: properties enhancement. *Structure and Function of Food Engineering*. 103-134.
- Yadav, M., Rhee, K.Y. and Park, S.J. 2014. Synthesis and characterization of graphene oxide/ carboxy-methylcellulose/alginate composite blend films. *carbohydr. Polymers*. 110: 18–25.
- Yuli, D. dan Utami, H. 2010. Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7 (4): 88-93.
- Zaky, M. A., Pramesti, R., dan Ridlo, A. 2021. Pengolahan bioplastik dari campuran gliserol, cmc, dan karagenan. *Journal of Marine Research*. 10 (3): 321-326.
- Zubaidah, E., dan Sitompul, A. J. W. S. 2017. Pengaruh jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap sifat fisik edible film kolang kaling (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5 (1):13-25.