

PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL DAN CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA KULIT BUAH PINANG (*Areca catechu L*)

(Skripsi)

Oleh

SELA JULITA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL DAN CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA KULIT BUAH PINANG (*Areca catechu L*)

Oleh

SELA JULITA

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**

ABSTRACT

EFFECT OF GLYCEROL AND CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) ADDITION ON BIODEGRADABLE FILM CHARACTERISTIC OF ARECA NUT-PEEL (*Areca catechu L*) CELLULOSE BASED

BY

SELA JULITA

Biodegradable film is an environmentally friendly plastic replacement packaging. Areca fruit peel has the potential in making biodegradable film because it contains high cellulose which is 34.18%. This study aims to determine the effect of glycerol and on the characteristics of areca nut peel-based biodegradable film, to determine the effect of CMC on the characteristics of areca nut peel-based biodegradable film, and to determine the interaction of glycerol and CMC to produce the best characteristics of areca nut peel-based biodegradable film. The study was arranged in RAKL with 2 factors and 3 replications. The first factor was the addition of glycerol with concentrations of 0.5% (G1), 1% (G2), and 1.5% (G3), and the second factor was the addition of CMC consisting of concentrations of 1% (C1), 2% (C2), and 3% (C3). Areca fruit peels were dried, mashed, filtered, soaked using 2.5% NaOH and hydrolyzed using 2% H₂O₂, then mixed with other ingredients. The data obtained were analyzed for variance and further tested with the Least Significant Difference Test (BNT) at the 5% level. The best research results were obtained in the interaction of 1% glycerol and 3% CMC treatment with a tensile strength of 71.87 MPa, percent elongation value of 26.27%, thickness of 0.32 mm, water vapor permeability of 7.41 g/m²/hour, and biodegradability for 28 days.

Keywords: Biodegradable film, areca nut peel, cellulose, glycerol, CMC

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL DAN CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA KULIT BUAH PINANG (*Areca catechu L*)

Oleh

SELA JULITA

Biodegradable film merupakan bahan pengganti plastik yang bersifat ramah lingkungan. Kulit buah pinang potensial dalam pembuatan *biodegradable film* karena mengandung selulosa yang tinggi yaitu sebesar 34,18%. Tujuan penelitian ini ialah mengetahui pengaruh penambahan gliserol terhadap karakteristik *biodegradable film* berbahan dasar kulit buah pinang, mengetahui pengaruh CMC terhadap karakteristik *biodegradable film* berbahan dasar kulit buah pinang, dan mengetahui interaksi gliserol dan CMC untuk menghasilkan karakteristik *biodegradable film* terbaik berbahan dasar kulit buah pinang. Penelitian disusun dalam RAKL dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama penambahan gliserol dengan konsentrasi 0,5% (G1), 1% (G2), dan 1,5% (G3), dan faktor kedua dengan penambahan CMC terdiri dari konsentrasi 1% (C1), 2% (C2), dan 3% (C3). Kulit buah pinang dikeringkan, dihaluskan, disaring, direndam menggunakan NaOH 2,5% dan hidrolisis menggunakan H₂O₂ 2%, kemudian dicampur dengan bahan lainnya. Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam dan diuji lanjut dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian terbaik diperoleh pada interaksi perlakuan gliserol 1% dan CMC 3% dengan nilai kuat tarik sebesar 71,87 MPa, persen pemanjangan 26,27%, ketebalan 0,32 mm, permeabilitas uap air 7,41 g/m²/jam, dan biodegradabilitas selama 28 hari.

Kata Kunci: *Biodegradable film*, selulosa kulit buah pinang, gliserol, CMC

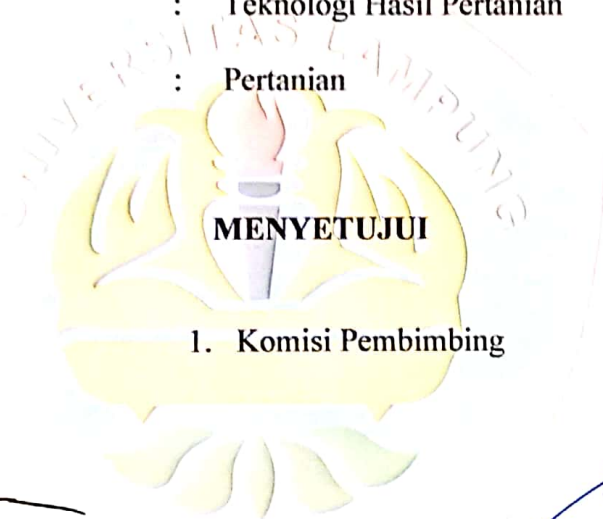
Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL
DAN CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*)
TERHADAP KARAKTERISTIK
BIODEGRADABLE FILM BERBASIS
SELULOSA KULIT BUAH PINANG (*Areca
catechu L*)**

Nama Mahasiswa : **Sela Julita**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914051043

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

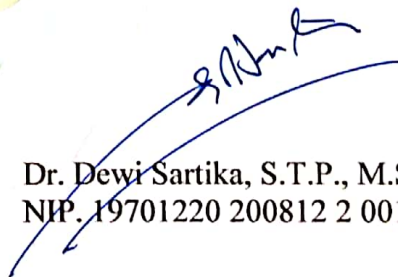
Fakultas : Pertanian



1. Komisi Pembimbing



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



Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si.
NIP. 19701220 200812 2 001

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

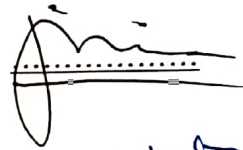


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP 19721006 199803 1 005

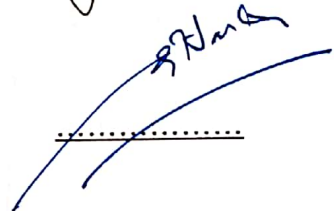
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

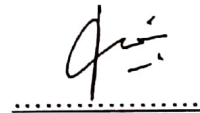
Ketua : Ir. Zulferiyenni, M.T.A.



Sekretaris : Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si.



Penguji
Bukan Pembimbing : Dyah Koesoemawardani, S.Pi., M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 April 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Sela Julita

NPM: 1914051043

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

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

Bandar Lampung, 17 April 2023
Pembuat Pernyataan



Sela Julita
NPM. 1914051043

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Gunung Sugih, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung, pada tanggal 30 Juli 2001. Penulis merupakan putri ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Zainul dan Ibu Mariyam. Penulis memiliki seorang kakak perempuan yang bernama Sefti Selfia dan seorang kakak laki-laki yang bernama M. Bramsah.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SDN Gunung Sugih pada tahun 2013, sekolah menengah pertama di Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTs N) 2 Pesawaran pada tahun 2016, sekolah menengah atas di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Pesawaran pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Pada Januari-Februari 2022, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sidodadi, Kecamatan Waylima, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung. Pada bulan Juni-Agustus 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Badan Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung dan telah menyelesaikan laporan PU dengan judul “Pengujian Bakteri *Coliform* Pada Sampel Air Minum Galon Isi Ulang dengan Metode *Filter Membran* di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung”.

Selama perkuliahan penulis pernah mendapatkan dana hibah pada kegiatan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) tahun 2021. Penulis pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Mikrobiologi Terapan pada semester ganjil tahun ajaran 2022/2023 dan asisten praktikum mata kuliah Mikrobiologi Umum

pada semester genap tahun ajaran 2022/2023. Penulis aktif di organisasi kampus yaitu UKM Penelitian sebagai anggota bidang hubungan luar dan pengabdian masyarakat periode 2020/2021 dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM U KBM UNILA) sebagai staf kementerian luar negeri periode 2019/2020.

SANWACANA

Alhamdulillah robbil 'alamiin. Puji syukur kehadiran Allah SWT atas Rahmat, Hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini 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 Pembimbing Akademik yang telah memberikan izin penelitian, arahan, saran, kritik, dan motivasi selama menjalani perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Ibu Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan arahan, saran, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Dyah Koesoemawardani, S.Pi., M.P., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan evaluasi dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, Staf dan Karyawan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah mengajari, membimbing, dan membantu administrasi dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Kepada kedua orang tua Ayah Zainul dan Ibu Mariyam penulis yang tiada henti memberikan dukungan, kasih sayang, do'a, dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Kakak Sefti Selfia, S.Pd dan Abang M. Bramsah, S.Hut yang senantiasa mendukung, memberikan arahan dan memotivasi dalam hidup penulis.

9. Abang Prof. Dr. Ir. Wan Abbas Zakaria, M.S., dan kakak Lidya Sari Mas Indah, S.P., M.Si., yang senantiasa memberikan arahan, evaluasi, dan dukungan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabatku Afna, Al, Aura, Hani, Rifda, Sovia, dan Tegar yang telah memberikan bantuan, semangat, selalu menemani baik suka maupun duka, menghibur penulis, tempat berkeluh kesah, serta menjadi saksi perjalanan hidup penulis selama perkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini.
11. Daffa Alamsyah, yang senantiasa membantu penulis, meluangkan waktunya untuk menghibur, memberikan semangat, serta dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Teman-teman seperjuangan dan seperbimbingan Vina, Yusuf, Renita, Citra, dan Marza yang telah membantu, bertukar informasi, dan cerita suka duka penelitian.
13. Sahabat-sahabat ku sejak SMA (Septi dan Nur) dan sahabat KKN (Ayu dan Intan) yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Teman-teman seperjuangan THP angkatan 2019 terimakasih atas perjalanan dan kebersamaannya selama perkuliahan ini.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 17 April 2023
Penulis

Sela Julita

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Biodegradable Film</i>	7
2.2 Karakteristik <i>Biodegradable Film</i>	8
2.3 Buah Pinang	10
2.3.1 Klasifikasi Tanaman Pinang.....	10
2.3.2 Selulosa Kulit Buah Pinang.....	11
2.4 Gliserol	13
2.5 <i>Carboxyl Methyl Cellulose (CMC)</i>	14
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	15
3.3 Metode Penelitian.....	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian	16
3.4.1 Pembuatan Bubuk Kulit Buah Pinang.....	16
3.4.2 Pemurnian Selulosa Kulit Buah Pinang	17
3.4.3 Prosedur Pembuatan <i>Biodegradable Film</i>	18
3.5 Pengamatan	20
3.5.1 Kuat Tarik.....	20
3.5.2 Persen Pemanjangan.....	20
3.5.3 Ketebalan.....	21
3.5.4 Permeabilitas Uap Air	21
3.5.5 Uji Ketahanan Pada Suhu Ruang	22
3.5.6 Biodegradabilitas.....	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kuat Tarik	23
4.2 Persen Pemanjangan.....	25
4.3 Ketebalan.....	27
4.4 Permeabilitas Uap Air	28
4.5 Uji Ketahanan <i>Biodegradable Film</i> Pada Suhu Ruang.....	30
4.6 Biodegradabilitas Film	31
4.7 Karakteristik Perlakuan Terbaik.....	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Interaksi gliserol dan <i>carboxyl methyl cellulose</i> (CMC)	16
2. Hasil uji BNT taraf 5% pada kuat tarik <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	23
3. Hasil uji BNT taraf 5% pada persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	25
4. Hasil uji BNT taraf 5% pada ketebalan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	27
5. Hasil uji BNT taraf 5% pada permeabilitas uap air <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	29
6. Rekapitulasi karakteristik perlakuan terbaik <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	33
7. Data kuat tarik <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	43
8. Uji homogenitas (<i>Barlett's Test</i>) kuat tarik <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	43
9. Analisis ragam kuat tarik <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	44
10. Uji BNT terhadap kuat tarik <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang..	44
11. Data nilai persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	45
12. Uji homogenitas (<i>Barlett's Test</i>) persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	45

Tabel	Halaman
13. Analisis ragam persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	46
14. Uji BNT terhadap persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	46
15. Data ketebalan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	47
16. Uji homogenitas (<i>Barlett's Test</i>) ketebalan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	47
17. Analisis ragam ketebalan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	48
18. Uji BNT terhadap ketebalan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang..	48
19. Data permeabilitas uap air <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	49
20. Uji homogenitas (<i>Barlett's Test</i>) permeabilitas uap air <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	49
21. Analisis ragam permeabilitas uap air <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang	50
22. Uji BNT terhadap permeabilitas uap air <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah pinang	10
2. Struktur selulosa	11
3. Struktur kimia senyawa gliserol	13
4. Struktur molekul <i>carboxyl methyl cellulose</i> (CMC).....	14
5. Diagram alir pembuatan bubuk kulit buah pinang	17
6. Diagram alir pemurnian selulosa dengan penambahan NaOH.....	17
7. Diagram alir pemurnian selulosa dengan hidrogen peroksida.....	18
8. Diagram alir pembuatan <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang.....	19
9. Pengamatan visual <i>biodegradable film</i> kulit buah pinang minggu ke-0 (a), minggu ke-1 (b), minggu ke-2 (c), minggu ke-3 (d), minggu ke-4 (e), minggu ke-5 (f)	30
10. Pengujian biodegradabilitas <i>biodegradable film</i> minggu ke-0 (a) dan minggu ke-4 (b)	31
11. Kulit buah pinang	51
12. Proses grinder	51
13. Bubuk kulit pinang	51
14. Perendaman dengan NaOH.....	51

Gambar	Halaman
15. Pencucian hingga <i>pH</i> netral.....	52
16. Proses hidrolisis dengan H ₂ O ₂	52
17. Penimbangan selulosa.....	52
18. Penimbangan CMC.....	52
19. Pembuatan <i>biodegradable film</i>	53
20. Penuangan sampel	53
21. Pencetakan pada plat kaca	53
22. Proses pengovenan <i>biodegradable film</i>	53
23. Pelepasan <i>biodegradable film</i> dari plat kaca	54
24. Biodegradabilitas	54
25. Pengujian permeabilitas uap air.....	54

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Plastik merupakan jenis bahan kemasan yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mengemas dan menyimpan baik produk pangan maupun nonpangan. Masyarakat Indonesia lebih memilih plastik sebagai kemasan yang sifatnya yang tahan air, ringan, dan dapat dibentuk sesuai yang diinginkan (Agustin dan Padmawijaya, 2016). Menurut Asosiasi Industri Aromatik, Olefin, dan Plastik Indonesia (INAPLAS) 2015, bahwa pada tahun 2015 limbah plastik di Indonesia mencapai 3 juta ton atau mengalami peningkatan sekitar 7% dari tahun sebelumnya yang mencapai 2,8 juta ton. Sementara berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021), bahwa pada tahun 2020 sampah yang dihasilkan penduduk Indonesia sekitar 68,5 juta ton yang berasal dari aktivitas rumah tangga, sebanyak 11,6 juta ton atau sekitar 17% dari sampah tersebut terdiri dari sampah plastik. Plastik membutuhkan waktu sekitar 100 hingga 500 tahun untuk dapat terurai sempurna di lingkungan. Sekitar 22-43% sampah plastik di dunia ditangani dengan cara ditimbun. Berdasarkan uraian tersebut perlu adanya penanggulangan untuk mengurangi limbah plastik. *Biodegradable film* dapat menjadi solusi untuk pengganti plastik yang ramah lingkungan.

Biodegradable film merupakan material pengganti plastik yang penggunaannya hampir sama dengan plastik konvensional, namun memiliki sifat yang mudah terurai di dalam tanah lebih cepat jika dibandingkan dengan plastik (Akbar, 2013). *Biodegradable film* dapat dikembangkan dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ada di lingkungan. Salah satu yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* adalah selulosa. Selulosa mudah ditemukan

karena ketersediaannya yang melimpah di alam yaitu terdapat pada bahan hasil pertanian dan memiliki harga yang relatif murah. Selulosa memiliki sifat termoplastis sehingga potensial untuk dikembangkan (Pratiwi dkk., 2016). Bahan hasil pertanian yang mengandung selulosa adalah kulit buah pinang.

Tanaman pinang (*Areca catechu*) merupakan jenis tanaman golongan famili *Arecaceae*. Kulit buah pinang mengandung selulosa 34,18%, hemiselulosa 20,83%, dan lignin 31,6% (Chandra *et al*, 2016). Kulit buah pinang memiliki kandungan serat yang lebih baik dan menjadi pembeda dengan serat selulosa pada bahan lainnya dengan kekuatan tarik serat sebesar 147-322 MPa, modulus elastisitas 1,124-3,155 GPa, dan regangan 10,23-13,15% (Binoj *et al.*, 2016). Selama ini belum ada pemanfaatan terhadap kulit buah pinang tersebut, padahal ketersediannya melimpah di alam. Pada petani dan pengepul bagian pinang yang dimanfaatkan ialah biji pinang, sementara kulit pinang hanya dibuang begitu saja. Jika tidak ditangani lebih lanjut hal ini akan menimbulkan pencemaran lingkungan yang diakibatkan penimbunan dan polusi akibat pembakaran limbah kulit pinang. Sementara jika dilihat dari kandungan selulosanya yang tinggi kulit buah pinang potensial digunakan untuk pembuatan *biodegradable film*.

Biodegradable film dengan menggunakan bahan baku yang mengandung selulosa menghasilkan sifat yang kaku dan kuat. Sementara *biodegradable film* yang diinginkan ialah yang memiliki sifat plastis dan kuat sehingga diperlukan adanya bahan tambahan berupa *plasticizer* dan *stabilizer*. Penambahan *plasticizer* pada pembuatan *biodegradable film* berfungsi untuk mengurangi kekakuan sehingga diperoleh *film* yang plastis (Pratiwi dkk., 2016). Diantara berbagai jenis *plasticizer* gliserol dinilai lebih efektif dibandingkan *plasticizer* lainnya. Hal ini disebabkan gliserol efektif untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intramolekuler polimer (Pradnya dan Arnata, 2015). Selain itu, gliserol juga memiliki kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan *plasticizer* lainnya. *Stabilizer Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC) digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* berfungsi untuk meningkatkan viskositas dan kekuatan tarik, mengontrol kadar air, dan memperbaiki tekstur (Putri dkk., 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Tamiogy dkk (2019) yang juga menggunakan selulosa kulit buah pinang, namun sebagai *filler* (bahan pengisi) pada pembuatan *biodegradable film* berbahan dasar pati singkong dengan bahan tambahan gliserol sebagai *plasticizer* diperoleh perlakuan terbaik pada penambahan gliserol 1,5 g menghasilkan kuat tarik sebesar 17,75 KgF/mm² atau sekitar 174,068 MPa, persen elongasi 5,44%, dan daya serap air sebesar 120,57%. Sementara pada penelitian ini selulosa digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan *biodegradable film*. Namun belum banyak informasi mengenai pengaruh penambahan interaksi gliserol dan CMC. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan gliserol dan CMC dalam pembuatan *biodegradable film* berbasis selulosa kulit buah pinang.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan gliserol terhadap karakteristik *biodegradable film* berbahan dasar kulit buah pinang.
2. Mengetahui pengaruh penambahan CMC terhadap karakteristik *biodegradable film* berbahan dasar kulit buah pinang.
3. Mengetahui pengaruh interaksi gliserol dan CMC untuk menghasilkan karakteristik *biodegradable film* terbaik berbahan dasar kulit buah pinang.

1.3 Kerangka Pemikiran

Bahan baku yang mengandung selulosa dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film*, salah satunya ialah kulit buah pinang. Kulit buah pinang mengandung selulosa 34,18%, hemiselulosa 20,83%, dan lignin 31,6% (Chandra *et al*, 2016). Menurut Nadhila (2021) diketahui bahwa kulit buah pinang mengandung selulosa 65,8%. Pada penelitian *biodegradable film* sebelumnya yang telah dilakukan terdapat perbedaan pada kadar selulosa masing-masing bahan. Penelitian Anggraini (2019) menggunakan ampas tebu kadar selulosa

sebesar 45,96%. Penelitian Permadi (2019) dengan bahan baku sabut kelapa muda, diketahui kandungan selulosa sebesar 32,5%, dan lignin 37%. Pembuatan *biodegradable film* berbahan dasar ampas rumput laut mengandung selulosa sebesar 17,47% dan lignin 8,23% (Khumairoh., 2016). Kandungan selulosa pada kulit buah pinang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan lainnya. Pada kulit buah pinang juga memiliki kandungan serat yang lebih baik dengan kekuatan tarik sebesar 147-322 MPa, modulus elastisitas 1,124-3,155 GPa, dan regangan 10,23-13,15% (Binoj *et al.*, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa kulit buah pinang potensial digunakan dalam pembuatan *biodegradable film*.

Penelitian ini menggunakan sampel berupa bubuk yang diperoleh melalui proses pengeringan bahan menggunakan oven, penghalusan dengan grinder, dan pengayakan menggunakan saringan ukuran 80 mesh. Sementara pada penelitian sebelumnya sampel yang digunakan ialah berupa pulp atau bubuk. Pada penelitian Anggraini (2019) *treatment* yang dilakukan pada bahan ampas tebu yaitu penghalusan bahan menggunakan blender dan penyaringan (80 mesh). Penelitian yang dilakukan Permadi (2019) sama seperti dalam Anggraini (2019) juga menggunakan blender dalam proses penghalusan, namun pada proses penyaringan tidak menggunakan saringan mesh. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan Khumairoh (2016) *treatment* yang dilakukan ialah ampas rumput laut direndam selama 24 jam, pemasakan, pemerasan dengan kain saring, dan pencucian hingga diperoleh pulp ampas rumput laut.

Karakteristik *biodegradable film* dengan bahan baku selulosa memiliki sifat yang kaku, getas, dan kuat, sehingga diperlukan bahan tambahan untuk memperoleh karakteristik yang mirip seperti plastik. Salah satu bahan tambahan yang digunakan adalah gliserol. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* akan menurunkan sifat kekakuan, sehingga *biodegradable film* yang dihasilkan lebih plastis (Fatma dkk., 2015). Gliserol tersusun atas komponen molekul hidrofilik yang akan mengganggu kekompakan polimer-polimer bahan dasar dengan menurunkan interaksi intermolekul dan meningkatkan mobilitas polimer sehingga akan memperbaiki fleksibilitas dan extensibilitas *biodegradable film* (Anwar dkk., 2013). Pada pembuatan *biodegradable film* juga dibutuhkan bahan tambahan

stabilizer. *Stabilizer* yang dapat digunakan ialah *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC). Penambahan CMC digunakan sebagai bahan penstabil karena mampu menjaga stabilitas komponen sehingga dapat meningkatkan kuat tarik pada karakteristik *biodegradable film*. CMC memiliki ikatan hidroksil yang dapat mengikat dan menyerap air sehingga memiliki kemampuan untuk terdegradasi secara alami di lingkungan (Hidayati dkk., 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Anggraini (2019) dengan menggunakan selulosa ampas tebu, perlakuan terbaik terdapat pada penambahan gliserol 1% dan CMC 2% diperoleh nilai kuat tarik sebesar 11,716 MPa, persen pemanjangan 26,437%, laju transmisi uap air 7,55 g/m²/hari, ketebalan 0,341 mm, dengan biodegradabilitas selama 14 hari. Pembuatan *biodegradable film* dengan berbahan selulosa sabut kelapa muda diperoleh perlakuan terbaik pada penambahan gliserol 0,5% dan CMC 2% yang menghasilkan nilai kuat tarik 12,173 MPa, elongasi 28,977%, transmisi uap air sebesar 28,569 g/m²/hari, ketebalan 0,269 mm dengan biodegradabilitas selama 14 hari (Permadi, 2019). Pada penelitian Khumairoh (2016) berbahan baku selulosa ampas rumput laut perlakuan terbaik diperoleh pada penambahan gliserol 0,25% dan CMC 3% menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 123,23 MPa, persen pemanjangan 7,5%, ketebalan 0,150 mm dan biodegradabilitas selama 14 hari untuk dapat terurai sempurna dalam tanah.

Penelitian yang dilakukan oleh Tamiogy dkk (2019) dengan menggunakan kulit buah pinang sebagai *filler* dalam pembuatan *biodegradable film* berbahan dasar pati singkong diperoleh perlakuan terbaik dengan penambahan gliserol 1,5 g menghasilkan kuat tarik sebesar 17,75 KgF/mm² atau sekitar 174,068 MPa, persen elongasi 5,44%, dan daya serap air sebesar 120,57%. *Biodegradable film* yang berbahan dasar pati memiliki elastisitas dan daya serap air lebih tinggi, sehingga *film* rawan akan putus atau pecah. Penambahan *filler* berfungsi sebagai bahan pengisi yang dapat meningkatkan kekakuan, kekuatan tarik, dan mengurangi kelarutan (Hutabalian dkk., 2020). Pada penelitian ini tidak menggunakan *filler* karena selulosa memiliki sifat yang kaku dan kuat, sehingga tidak perlu *filler* sebagai bahan pengisi, tetapi dibutuhkan *plasticizer* dan

stabilizer. Penggunaan gliserol pada pembuatan *biodegradable film* berbasis selulosa akan sukar untuk larut dan menyatu. Penambahan CMC akan berinteraksi dengan gliserol dan selulosa hal ini disebabkan CMC mempunyai kemampuan untuk mengikat air yang besar, sehingga mampu menyatukan selulosa, air, dan gliserol sehingga larutan film menjadi kental.

Berdasarkan penjelasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa penambahan gliserol dan CMC berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* yang dihasilkan. Namun, hingga saat ini belum terdapat penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh penambahan gliserol dan CMC pada pembuatan *biodegradable film* kulit buah pinang. Oleh karena itu, dilakukan penelitian pembuatan *biodegradable film* berbasis kulit buah pinang dengan penambahan gliserol dan CMC dengan menggunakan taraf konsentrasi gliserol 0,5%, 1%, dan 1,5% serta konsentrasi CMC 1%, 2%, dan 3%.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan uraian kerangka pemikiran diatas diperoleh hipotesis sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh penambahan gliserol terhadap karakteristik *biodegradable film* kulit buah pinang.
2. Terdapat pengaruh penambahan CMC terhadap karakteristik *biodegradable film* kulit buah pinang.
3. Terdapat pengaruh interaksi gliserol dan CMC yang tepat untuk menghasilkan karakteristik *biodegradable film* terbaik

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodegradable Film

Biodegradable film secara umum merupakan *film* kemasan yang dapat didaur ulang dan didegradasi secara alami oleh mikroorganisme. *Biodegradable film* juga merupakan suatu material polimer yang memiliki berat molekul rendah sehingga mudah didegradasi oleh mikroorganisme melalui metabolisme secara alami. *Biodegradable film* dapat berfungsi sebagai kemasan yang dapat menghambat perpindahan uap air, menghambat pertukaran gas, mencegah kehilangan aroma, meningkatkan karakteristik fisik, dan mencegah perpindahan lemak (Lindriati, 2014). Menurut Fransisca dkk (2013) *biodegradable film* memiliki kelebihan yaitu dapat melindungi produk dari pengaruh lingkungan dan kontaminan, sifatnya yang transparan sehingga produk mudah terlihat. Kemasan *biodegradable film* dapat dibuang langsung ke lingkungan dengan syarat tidak beracun dan dapat terdegradasi dengan mudah tanpa meninggalkan residu (Melani dkk., 2017).

Biodegradable film berdasarkan fungsinya terbagi menjadi tiga jenis diantaranya *biodegradable film*, *biodegradable coating*, dan enkapsulasi. Perbedaan dari ketiganya ialah pada *biodegradable coating* kemasannya langsung melapisi produk, sementara *biodegradable film* tidak langsung melapisi produk melainkan sebagai pelapis dan pengemas. Enkapsulasi merupakan *biodegradable packaging* yang membawa zat *flavor* berbentuk serbuk (Lindriati, 2014). Polimer *biodegradable film* diklasifikasikan menjadi 2 yaitu *agro-polymers* dan *biodegradable polyesters*. *Agro-polymers* merupakan yang berasal dari bahan pertanian seperti pati, kitosan, dan protein. Sedangkan *biodegradable polyesters*

merupakan yang berasal dari berbasis minyak bumi, seperti *polylactic acid*, *polyhydroxy alkanoates*, dan *polycaprolactone* (PCL). Komponen penyusun *biodegradable film* adalah hidrokoloid, lipid, dan komposit. Kelompok hidrokoloid yang dapat digunakan ialah polisakarida, senyawa protein, pati, alginat, dan pektin. Polisakarida yang dapat digunakan antara lain selulosa, pektin, dan lain-lain. Lipid yang biasa digunakan ialah gliserol dan asam lemak, sedangkan komposit merupakan gabungan dari lipid dan hidrokoloid (Santoso dkk., 2018).

2.2 Karakteristik *Biodegradable Film*

Karakteristik *film* secara umum terdiri atas kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation*), permeabilitas uap air, ketebalan, ketahanan terhadap suhu ruang, dan biodegradabilitas. Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan sebuah tegangan atau gaya maksimum yang mampu ditahan oleh *film* terhadap suatu bahan ketika *film* ditarik sebelum *film* putus atau rusak. Kerusakan pada *film* terjadi disebabkan karena adanya tekanan berlebih atau deformasi struktur pada *film* tersebut. Pada penelitian yang dilakukan Maladi (2019) uji kuat tarik digunakan untuk menentukan modulus elastisitas, kekuatan tarik, batas elastis, dan sifat tarik lainnya. Nilai kuat tarik *biodegradable film* erat kaitannya dengan konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan. Berdasarkan JIS standar kuat tarik *biodegradable film* yaitu minimal 3,92 MPa (40 kgf/cm²) (Setyaningrum dkk., 2017). Standar kuat tarik berdasarkan SNI adalah minimal 13,7 MPa (139,74 kgf/cm²) (SNI, 2014).

Persen pemanjangan (*elongation*) adalah perubahan panjang maksimum yang terjadi pada saat peregangan hingga *film* terputus. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui fleksibilitas pada *biodegradable film*. Penggunaan *plasticizer* mempengaruhi terhadap nilai persen pemanjangan *film*, semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang ditambahkan menghasilkan nilai persen pemanjangan semakin besar. Semakin tinggi nilai persen pemanjangan mengindikasikan bahwa *biodegradable film* yang dihasilkan mampu menahan beban dan gaya tarik karena

sifatnya yang tidak mudah putus (*plastis*) (Unsa dan Paramastri., 2018). Standar nilai persen pemanjangan berdasarkan JIS ialah dikategorikan kurang baik jika kurang dari 10% dan dikategorikan sangat baik jika lebih dari 50%. SNI 7188.7: 2016 dalam Anggraini dkk (2019) nilai persen pemanjangan berkisar antara 21-220%.

Permeabilitas uap air merupakan jumlah uap air yang melalui bahan pengemas dengan berpindah melewati pori-pori *biodegradable film*. Permeabilitas uap air merupakan faktor penting dalam *biodegradable film* karena erat kaitannya dengan masa simpan produk. Nilai permeabilitas uap air digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang menggunakan *biodegradable film* tersebut (Mirdayanti dkk., 2018). Menurut baku mutu standar yang ditetapkan oleh *Japanese Industrial Standard (JIS)* kemasan yang baik digunakan untuk makanan adalah yang memiliki nilai permeabilitas uap air maksimal $7 \text{ g/m}^2/\text{jam}$ (Setyaningrum dkk., 2017).

Ketebalan merupakan tebal *biodegradable film* yang dihasilkan setelah melewati proses pengeringan. Ketebalan suatu film diukur bertujuan untuk mengetahui pengaruh tebal suatu film terhadap laju uap air dan gas terhadap suatu bahan. Semakin tebal *biodegradable film* yang dihasilkan, maka semakin tinggi kemampuan untuk menghambat laju uap air dan gas. Namun, jika *biodegradable film* terlalu tebal maka akan mempengaruhi penampakan. Berdasarkan standar JIS pada Setyaningrum (2017) ialah sebesar 0,25 mm.

Ketahanan terhadap suhu ruang merupakan pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui lama ketahanan *film* yang disimpan pada suhu ruang dalam waktu tertentu. Adapun pengamatan yang dilakukan yaitu dengan melihat kenampakan visual diantaranya keutuhan dan warna *biodegradable film*. Karakteristik *film* lainnya yaitu biodegradabilitas yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan *biodegradable film* dapat terurai baik di dalam tanah. Pada pengujian ini menggunakan metode *soil test* yaitu dengan menempatkan *biodegradable film* di tanah dalam waktu tertentu sampai *film* terurai sempurna. Tingkat biodegradabilitas kemasan akibat mikroorganisme dipengaruhi oleh bahan aditif,

struktur molekul, sifat hidrofobik, dan struktur polimer bahan kemasan (Fahnur, 2017).

2.3 Buah Pinang

2.3.1 Klasifikasi Tanaman Pinang

Buah pinang (*Areca catechu L*) merupakan tanaman *Arecaeae* yang memiliki tinggi pohon 15-20 m dan diameter pohon 15 m. Buah pinang berbentuk bulat dan panjang 3,5-7 cm, kulit pinang berserabut, dan akan menjadi warna merah orange ketika sudah matang (Sari, 2019). Tanaman pinang memiliki daun majemuk dan menyirip dengan tangkai daun pendek, batang membentuk *rose* dan pelepah berbentuk tabung panjang 80 cm (Dalimartha, 2003). Berikut merupakan buah pinang yang terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Buah pinang.
(Sumber: Silalahi, 2020)

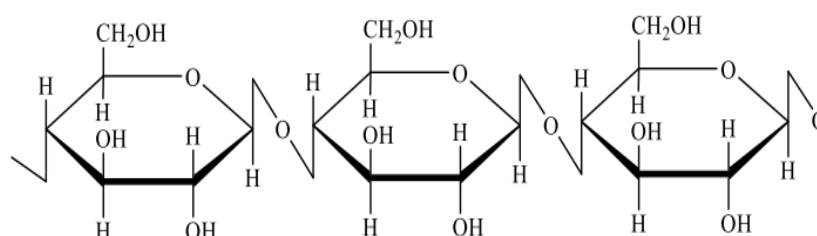
Klasifikasi tanaman pinang adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Liliopsida</i>
Bangsa	: <i>Arecales</i>
Famili	: <i>Areceae / Palmae</i>
Subfamili	: <i>Arecoideae</i>
Genus	: <i>Areca</i>
Spesies	: <i>Areca catechu L</i> (Nadhila, 2021).

Tanaman pinang memiliki beberapa manfaat diantaranya pada bagian daun mengandung minyak atsiri sehingga banyak digunakan untuk mengobati radang tenggorokan. Pada bagian pelepah digunakan untuk pembungkus makanan, batang pinang digunakan sebagai bahan bangunan, dan bagian biji dapat digunakan untuk pewarna kain dan bahan makanan (Chadijah dkk., 2021). Biji pinang mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, dan polifenol yang dapat digunakan sebagai antibakteri. Kulit buah pinang digunakan sebagai bahan bakar dan juga sebagai bahan pembuatan bioplastik, karbon aktif, dan bahan baku pembuatan kertas (Tamiogy dkk., 2019).

2.3.2 Selulosa Kulit Buah Pinang

Selulosa merupakan komponen karbohidrat rantai lurus (glukosa sebagai monomer penyusunnya) yang antar monomernya dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosida. Selulosa merupakan polimer alam yang melimpah, tidak beracun, biokompatibel, mudah terurai, dan ramah lingkungan. Selulosa banyak ditemui pada dinding sel tanaman dan termasuk senyawa anorganik $(C_6H_{10}O_5)_n$. Selulosa tersusun atas tiga gugus hidroksil reaktif pada tiap unit hidroglukosa. Monomer yang berikatan dengan selulosa mempengaruhi sifat selulosa yaitu hidrofilik dan hidrofobik, daya absorbs terhadap warna dan air, dan tingkat elastisitas. Selulosa dapat diaplikasikan untuk pembuatan nanokomposit yang membutuhkan peningkatan kekakuan, dan perbaikan sifat barir (Fatriasari dkk., 2019). Struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur selulosa.
(Sumber: Kunusa, 2017)

Gugus hidroksil pada selulosa akan membentuk banyak ikatan hidrogen. Semakin

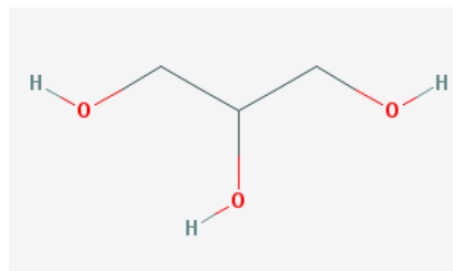
banyak ikatan hidrogen menyebabkan semakin meningkatnya kekakuan selulosa sehingga tidak mudah larut dalam air (Hidayati dkk., 2015). Pasangan antar molekul selulosa yang saling berikatan dengan ikatan hidrogen akan membentuk mikrofibril yang memiliki sifat seperti kristal dan mempunyai kekuatan regangan yang tinggi. Turunan selulosa banyak digunakan dalam sediaan farmasi seperti etil selulosa, karboksimetil selulosa, metil selulosa, dan lainnya yang digunakan dalam sediaan oral, topikal, dan injeksi (Nurjannah dkk., 2020).

Pinang (*Areca catechu*) merupakan tanaman famili *Arecaceae*. Tanaman pinang kaya akan manfaat khususnya bagian biji atau buah pinang yang banyak digunakan sebagai obat. Namun masih sangat jarang yang memanfaatkan kulit buah pinang, hal ini dapat dilihat pada lingkungan sekitar kulit buah pinang banyak dibakar, jika dilakukan secara terus menerus maka akan memiliki dampak bagi lingkungan. Menurut Tamiogy dkk (2019) kulit buah pinang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik dan sebagai *filler* penguat *film*. Hal ini sejalan dengan penelitian Chandra *et al* (2016) menjelaskan bahwa kulit pinang mengandung selulosa 34,18%, hemiselulosa 20,83%, dan lignin 31,6%.

Kulit buah pinang terdiri dari 3 macam, diantaranya pinang muda yang berwarna hijau, kulit pinang matang berwarna *orange*, dan kulit pinang tua berwarna kecoklatan. Ketiga jenis kulit pinang tersebut memiliki kandungan selulosa yang berbeda, sehingga nilai kuat tarik yang dihasilkan juga berbeda. Kulit buah pinang matang (*orange*) memiliki kekuatan tarik sebesar 152 MPa, kulit pinang muda (hijau) nilai kuat tarik sebesar 147 MPa, dan kulit pinang tua (kecoklatan) 146 MPa. Rendahnya nilai kuat tarik pada kulit pinang tua disebabkan terdapat kerusakan pada serat karena terjadinya proses pengeringan dari matahari dan pelapukan, serta adanya serangan biologis karena kulit pinang tua diperoleh dan dikumpulkan dari tanah setelah buah pinang terlepas dari tandan buah. Sementara pada kulit pinang muda rendahnya kekuatan tarik disebabkan pada kulit pinang muda memiliki serat yang belum dewasa dan kurang berkembang (Kusuma dkk., 2016).

2.4 Gliserol

Gliserol merupakan cairan yang tidak berwarna, senyawa yang netral, tidak berbau, dan kental dengan rasa manis. Gliserol merupakan senyawa golongan polihidrat dengan rumus kimia $C_3H_8O_3$ (1,2,3 propanatriol) yang memiliki gugus hidroksil berjumlah tiga buah. Gliserol adalah gula alkohol dengan rasa manis yang memiliki tiga gugus hidroksil dan satu gugus -OH, sehingga gliserol larut dalam air. Gliserol yang dimurnikan melalui proses destilasi dapat digunakan pada industri makanan, pengolahan air, dan farmasi. Gliserol termasuk produk samping industri biodiesel yang belum banyak diolah sehingga nilai jualnya relatif rendah (Permatasari dkk., 2021). Struktur kimia senyawa gliserol dapat dilihat pada Gambar 3.

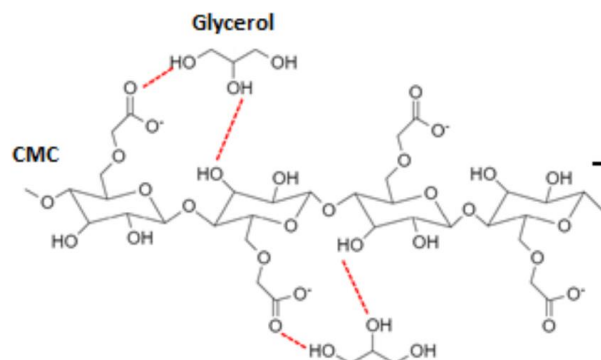


Gambar 3. Struktur kimia senyawa gliserol.
(Sumber: Lantara dkk, 2019)

Gliserol pada pembuatan *biodegradable film* digunakan sebagai *plasticizer*, yang dapat mengurangi kerapuhan, meningkatkan plastis, dan menurunkan gaya intermolekuler, sehingga *film* yang dihasilkan akan lentur dan plastis (Sitompul dan Zubaidah., 2017). Jumlah atom karbon dan gugus hidroksil pada molekul gliserol mempengaruhi sifat mekanis (kekuatan tarik dan persen pemanjangan) *biodegradable film*. Gliserol sebagai *plasticizer* memberikan kelenturan yang lebih baik jika dibandingkan jenis *plasticizer* yang lain karena memiliki berat molekul lebih rendah yaitu 92,1 g/mol dan massa jenis 1,23 g/cm² (Huri dan Nisa, 2014). Gliserol lebih sering digunakan karena memiliki harga yang murah, mudah diperoleh, dan dapat terurai dengan mudah pada lingkungan.

2.5 Carboxyl Methyl Cellulose (CMC)

Carboxyl methyl cellulose (CMC) adalah polimer selulosa yang dibuat dengan mereaksikan Na-monokloroasetat dan selulosa basa (Safitri dkk., 2017). CMC merupakan senyawa eter polimer yang bersifat biodegradable, tidak berbau, tidak beracun, tidak berwarna, larut dalam air dan rentang *pH* 6,5-8. CMC berasal dari bahan turunan selulosa berantai lurus yang larut dalam air dan polisakarida. Struktur CMC terdiri dari molekul selulosa dari unit anhidroglukosa. Unit anhidroglukosa memiliki tiga gugus hidroksil (-OH) yang disubstitusi oleh gugus karboksil (Annisa, 2015). Struktur molekul CMC dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Interaksi antara gliserol dan CMC
(Sumber: Popescu *et al*, 2020)

Sifat CMC ialah mudah larut dalam air baik dingin maupun panas, stabil, dan dapat membentuk lapisan. Sifatnya yang hidrofilik, penambahan CMC dapat memperbaiki sifat mekanik kuat tarik *biodegradable film* sehingga *film* tidak mudah putus ketika ditarik atau diberi tekanan. Pada pembuatan *biodegradable film* penambahan juga CMC mampu menyatukan air, selulosa, dan gliserol. Penambahan CMC pada *film* akan menghasilkan tekstur yang kuat dan halus (Gozali dkk., 2020). CMC yang bersifat hidrofilik mampu mengikat dan menyerap air, sehingga memiliki kemampuan mudah terdegradasi (Hidayati dkk., 2013). Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa film terbentuk karena adanya gugus hidroksil pada tiap senyawa yang saling berinteraksi dengan cara tarik menarik akibat adanya ikatan hidrogen pada gugus tersebut sehingga membentuk sebuah *film*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Kimia Organik FMIPA Institut Teknologi Bandung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Februari 2023.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian *biodegradable film* ini ialah kulit buah pinang matang (*orange*) yang diperoleh dari petani di Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Bahan lain yang digunakan ialah gliserol, NaOH, H₂O₂, CMC, NaCl, silika gel, aquades, dan tanah dengan karakteristik berwarna hitam, gembur, dan lembab yang diperoleh dari Desa Yukum Jaya, Lampung Tengah.

Alat yang digunakan ialah timbangan digital, baskom, ayakan *sieve stainless* 80 mesh, penangas air, panci, *electrical powder grinder*, *stopwatch*, talenan, pisau, batang pengaduk, oven, *pH* meter, termometer, erlenmeyer, cawan, *gleas beaker*, gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, mikropipet, spatula, plat kaca 20×20, dan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini disusun secara faktorial menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang terdiri dari 2 faktor dan 3 kali ulangan. Faktor pertama

adalah konsentrasi gliserol yang terdiri dari 3 taraf yaitu 0,5% (G1), 1% (G2), dan 1,5% (G3) serta faktor kedua adalah konsentrasi CMC dengan taraf 1% (C1), 2% (C2), dan 3% (C3). Kedua faktor tersebut diinteraksikan sehingga diperoleh 9 perlakuan dan total keseluruhan adalah 27 perlakuan dengan 3 ulangan. Diantara 3 ulangan diamati penampakan visual *biodegradable film* terbaik yang ditandai dengan permukaan rata dan tidak terdapat flok pada *film* untuk selanjutnya dilakukan pengujian dan data diuji triplo. Secara terperinci interaksi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Interaksi Gliserol dan *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC)

Konsentrasi Gliserol (%)	Konsentrasi CMC (%)		
	C1 (1%)	C2 (2%)	C3 (3%)
G1 (0,5%)	G1C1	G1C2	G1C3
G2 (1%)	G2C1	G2C2	G2C3
G3 (1,5%)	G3C1	G3C2	G3C3

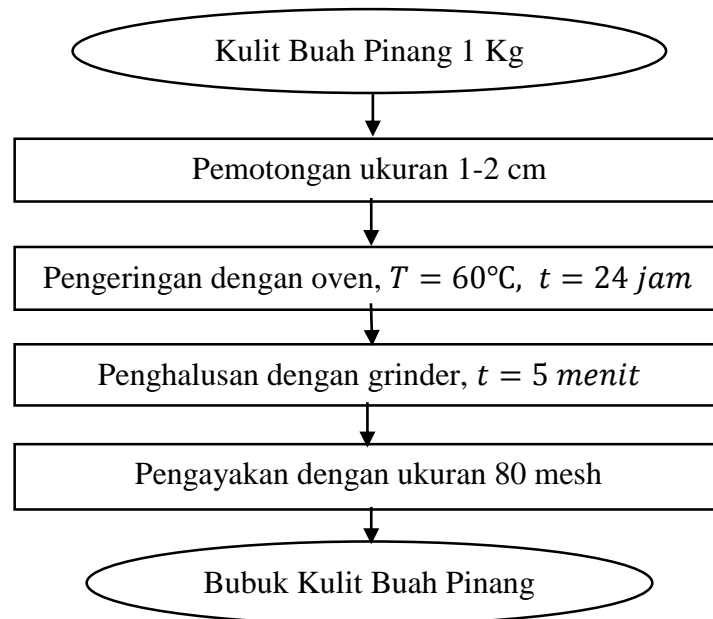
Pengamatan yang dilakukan ialah uji kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan permeabilitas uap air yang dianalisis sidik ragam untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan. Hasil analisis sidik ragamnya diuji dengan uji barlet dan kemenambahan dengan uji Tuckey. Kemudian data diolah lebih lanjut dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%. Pengujian biodegradabilitas dan ketahanan pada suhu ruang disajikan dalam bentuk gambar dan dibahas secara deskriptif.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Bubuk Kulit Buah Pinang

Pembuatan bubuk kulit buah pinang dilakukan dengan kulit buah pinang sebanyak 1 Kg yang telah dipotong kecil dengan ukuran 1-2 cm dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Kulit pinang yang telah dioven dihaluskan menggunakan *electrical powder grinder* selama 5 menit. Bubuk kulit buah pinang yang dihasilkan kemudian diayak menggunakan *sieve stainless* 80 mesh untuk menghasilkan bubuk yang lebih halus. Prosedur pembuatan bubuk kulit

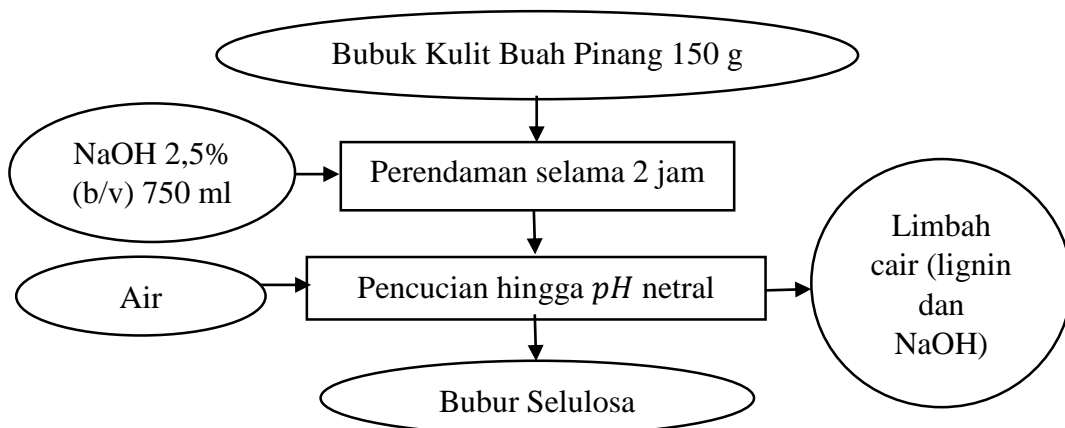
buah pinang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir pembuatan bubuk kulit buah pinang.
(Sumber: Tamiogy dkk (2019), dengan modifikasi)

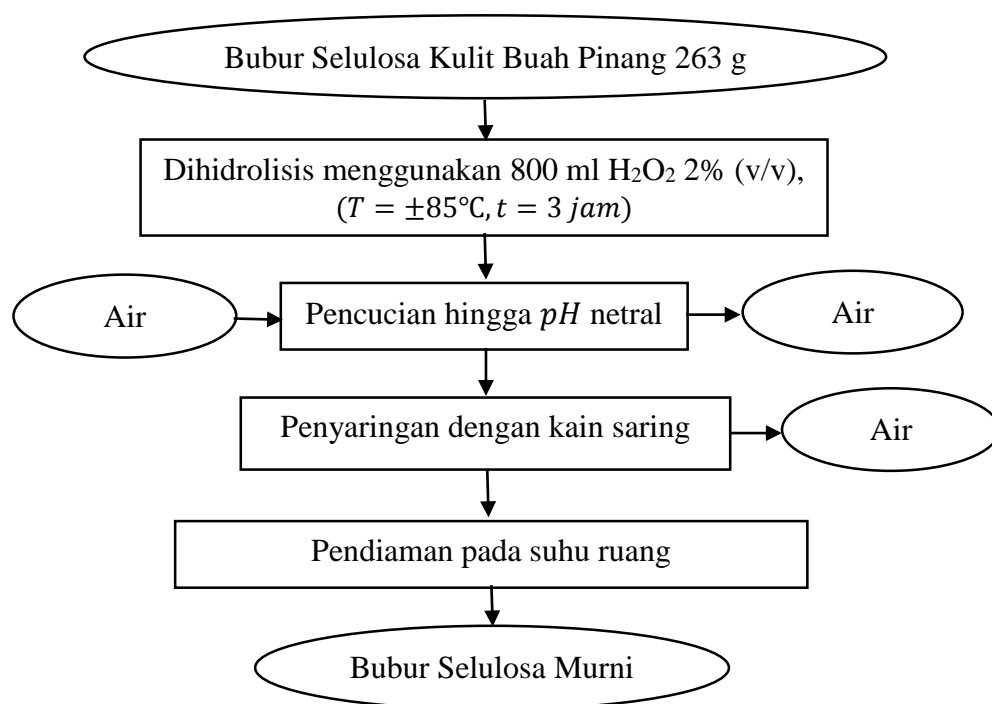
3.4.2 Pemurnian Selulosa Kulit Buah Pinang

Pemurnian selulosa kulit buah pinang dilakukan dengan bubuk kulit buah pinang sebanyak 150 g direndam menggunakan NaOH 2,5% (b/v) 750 ml selama 2 jam pada suhu ruang 32°C . Kemudian bubuk kulit pinang dicuci menggunakan air hingga *pH* netral. Prosedur pemurnian selulosa menggunakan NaOH 2,5% dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir pemurnian selulosa dengan NaOH.
(Sumber: Permadi (2019), dengan modifikasi)

Pemurnian kedua dilakukan dengan menghidrolisis bubur selulosa yang diperoleh seberat 263 g menggunakan larutan H_2O_2 2% (v/v) sebanyak 800 ml selama 3 jam pada suhu $\pm 85^\circ\text{C}$ menggunakan penangas air. Selulosa kulit buah pinang yang diperoleh dicuci dengan air hingga *pH* netral, kemudian disaring menggunakan kain saring. Bubur selulosa murni yang telah diperoleh kemudian dikering anginkan pada suhu ruang untuk digunakan pada proses selanjutnya. Prosedur pemurnian selulosa kulit buah pinang dengan hidrolisis H_2O_2 2% dapat dilihat pada Gambar 7.

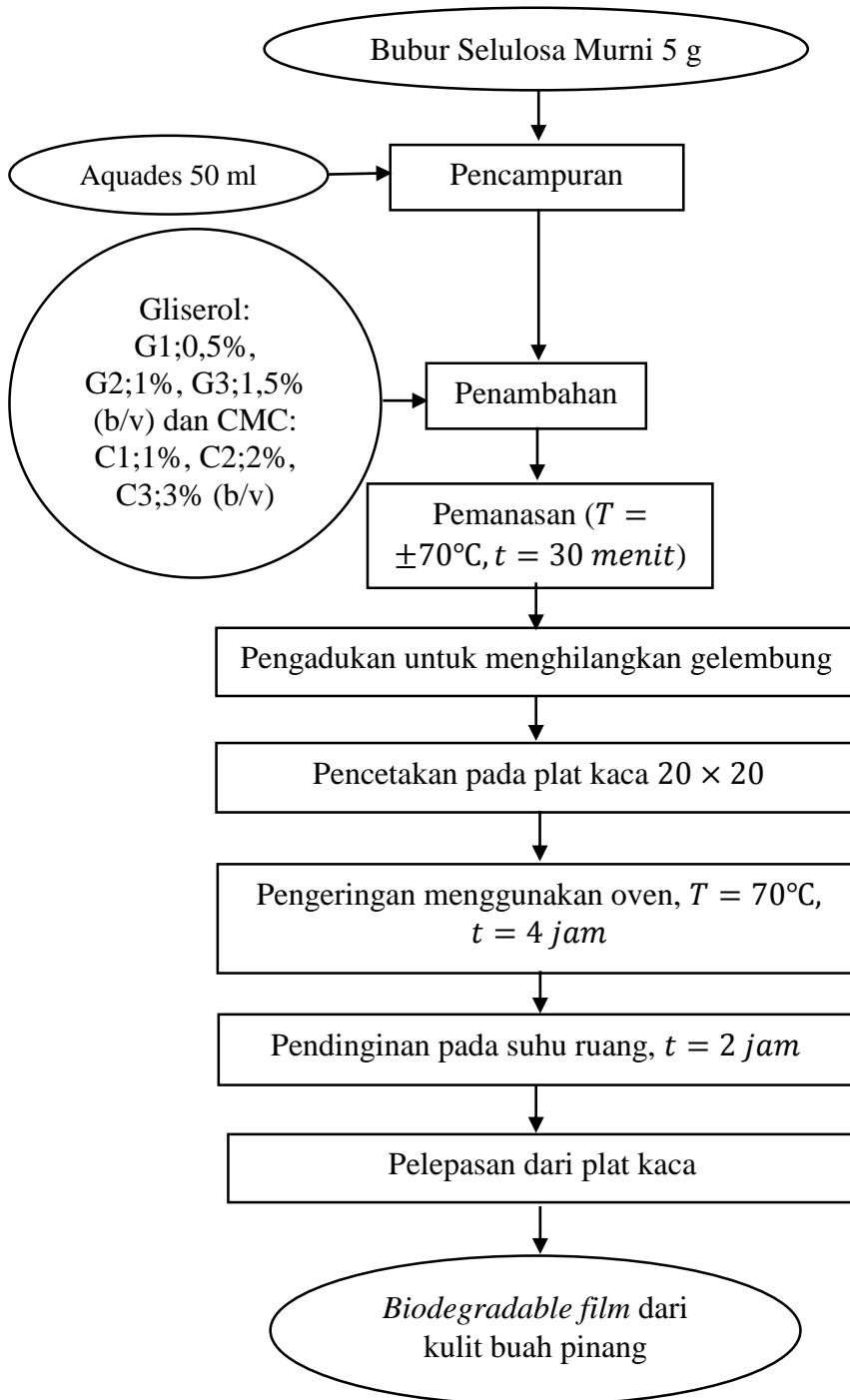


Gambar 7. Diagram alir pemurnian selulosa dengan hidrogen peroksida.
(Sumber: Permadi (2019), dengan modifikasi)

3.4.3 Prosedur Pembuatan *Biodegradable Film*

Pembuatan *biodegradable film* dilakukan dengan cara bubur selulosa murni kulit buah pinang sebanyak 5 g ditambahkan 50 ml aquades, serta CMC dan gliserol sesuai perlakuan. Selanjutnya dipanaskan pada suhu $\pm 70^\circ\text{C}$ selama 30 menit sambil diaduk untuk menghilangkan gelembung, kemudian dicetak pada plat kaca berukuran 20×20 cm dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 4 jam. Kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 2 jam, selanjutnya

film dilepaskan dari plat kaca. Prosedur pembuatan *biodegradable film* kulit buah pinang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir pembuatan *biodegradable film* kulit buah pinang. (Sumber: Nurfauzi dkk (2018), Permadi (2019), dengan modifikasi)

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, permeabilitas uap air, ketahanan pada suhu ruang, dan biodegradabilitas.

3.5.1 Uji Kuat Tarik

Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium MIPA Kimia Institut Teknologi Bandung, dengan menggunakan metode ASTM (1983). Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *Universal Testing Machine* (UTM). Sampel yang akan diuji dipotong menggunakan *dumbbelle cutter* ASTM D638 M-II dengan kondisi pengujian pada 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dihitung menggunakan persamaan berikut (Mirdayanti, 2018):

$$t = \frac{F \text{ maks}}{A}$$

Keterangan:

- t : Kekuatan tarik (Mpa)
 F maks : Gaya tarik (N)
 A : Luas permukaan contoh (mm²)

3.5.2 Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan pada *biodegradable film* diukur dengan menggunakan alat *Testing Machine* MYP (*Type*: PA-104-30, Ltc Tokyo, Japan). Sebelum dilakukan pengujian terlebih dahulu lembaran *film* di potong dengan ukuran 2,5 × 15 cm, selanjutnya ruang uji di laboratorium dikondisikan dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Inston diset pada *crosshead speed* 50 mm/menit, *initial grip separation* 50 mm, dan *load cell* 50 kg. Persen pemanjangan dihitung pada saat *film* pecah atau robek dan dihitung dengan persamaan berikut (ASTM, 1983).

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

Keterangan:

l_0 : Panjang awal *film*

l_1 : Panjang *film* setelah putus

3.5.3 Uji Ketebalan

Uji ketebalan *biodegradable film* dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT-5T.

Pengujian dilakukan dengan cara sampel yang akan diuji dipotong menggunakan *dumbbell cutter* (ASTM D638 M-III). Kondisi pengujian dilakukan pada suhu ruang uji 27°C dan kelembaban 65%. Pada ujung sampel dijepit mesin *tensile*.

Pengukuran dilakukan pada bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah membran. Selanjutnya nilai ketebalan dirata-ratakan hingga diperoleh hasil nilai ketebalan pada sampel tersebut.

3.5.4 Permeabilitas Uap Air

Pengujian permeabilitas uap air dilakukan dengan menggunakan metode *gravimetric dessicant method* (ASTM,1983). Sampel yang akan diuji dipotong melingkar sesuai ukuran cawan dan diletakkan pada cawan yang berisi 10 g *silika gel*. Pada bagian tepi cawan dan *film* ditutup dengan wax untuk diisolasi sebagai perekat. Cawan dimasukkan ke dalam toples yang berisi 100 ml larutan NaCl 40% (b/v), lalu toples ditutup. Selanjutnya, cawan ditimbang setiap 1 jam dan dilakukan selama 7 jam. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier dan permeabilitas uap air dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{WVTR} = \frac{\text{slope kenaikan cawan (g/jam)}}{\text{luas permukaan cawan (m}^2\text{)}}$$

Keterangan:

WVTR : Nilai permeabilitas uap air (g/m²/jam)

3.5.5 Uji Ketahanan Pada Suhu Ruang

Pengujian ketahanan biodegradable film pada suhu ruang dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung. Uji ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang adalah pengamatan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui lama ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang dan waktu tertentu. Pengujian dilakukan dengan cara menyimpan *biodegradable film* yang dihasilkan pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan setiap 1 minggu sekali, parameter yang diamati yaitu dengan melihat penampakan *biodegradable film* secara visual diantaranya kondisi permukaan, ketahanan serta warna *biodegradable film* (Fransisca dkk., 2013).

3.5.6 Uji Biodegradabilitas

Pengamatan uji biodegradabilitas biodegradable film dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung. Uji biodegradabilitas dilakukan bertujuan untuk mengetahui proses dan lama waktu degradasi *biodegradable film* pada media tanah. Media tanah untuk pengujian ini diperoleh dari tanah kebun peneliti dengan karakteristik tanah berwarna hitam, gembur dan lembab. Pengujian ini menggunakan metode *soil burial test* dengan cara sampel berukuran $3 \times 3 \text{ cm}^2$ dimasukkan ke dalam gelas plastik berisi tanah dengan posisi sampel berada ditengah dan biarkan terkena udara di dalam ruangan laboratorium. Pengamatan dilakukan setiap seminggu sekali sampai sampel terurai sempurna dalam tanah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Penggunaan gliserol berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan permeabilitas uap air *biodegradable film* berbasis selulosa kulit buah pinang.
2. Penggunaan CMC berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan permeabilitas uap air *biodegradable film* berbasis selulosa kulit buah pinang.
3. Terdapat interaksi gliserol dan CMC dalam menghasilkan karakteristik *biodegradable film* terbaik. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi gliserol 1% dan CMC 3% dengan nilai kuat tarik sebesar 71,87 MPa, nilai persen pemanjangan 26,27%, ketebalan 0,32 mm, permeabilitas uap air 7,41 g/m²/jam, dan terdegradasi selama 28 hari. *Biodegradable film* ini cocok digunakan untuk kemasan sekunder.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah saringan yang digunakan sebaiknya memiliki nilai ukuran mesh yang lebih besar, sehingga tekstur *film* yang dihasilkan lebih halus.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y.E., dan Padmawijaya, S.K. 2016. Sintesis bioplastik dari kitosan pati kulit pisang kepok dengan penambahan zat aditif. *Jurnal Teknik Kimia*. 10 (2): 40-48.
- Akbar, F. 2013. Pengaruh waktu simpan *film* plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia*. 2 (2): 37-41.
- Amni, C., Marwan, M., dan Mariana, M. 2015. Pembuatan bioplastic dari pati ubi kayu berpenguat nano serat jerami dan ZnO. *Jurnal Litbang Industri*. 5(2): 91.
- Anggraini, F., Latifah., dan Miswadi, S. S. 2013. Aplikasi *plasticizer* gliserol pada pembuatan plastik *biodegradable* dari biji nangka. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 2(3):173-178.
- Anggraini, F. 2019. *Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Tebu (Saccarum Officinarum L) dengan Penambahan Gliserol dan Carboxyl Methyl Cellulose (cmc)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 68 hlm.
- 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.
- Anwar, G., Hidayat, Y., dan Rokhati, N. 2013. Pengaruh konsentrasi serta penambahan gliserol terhadap karakteristik *film* alginat dan kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (3): 51-56.
- Arini, D., Syahrul, M., dan Kasman. 2017. Pembuatan dan pengujian sifat mekanik plastik biodegradable berbasis tepung biji durian. *Journal of Science and Technology*. 6(3): 276-283.
- ASTM. 1983. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. ASTM. 1997. *Annual Book of ASTM Standard*. American Society for Testing and Material. Philadelphia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. *SNI 7818:2014 tentang Kantong Plastik Mudah Terurai*. Jakarta.

- Binoj, J. S., Raj, R. E., Sreenivasan, V. S., and Thusnavis, G. R. 2016. Morphological physical mechanical, chemical and thermal characterization of sustainable indian areca fruit husk fibers as potential alternate for hazardous syntethic fibers. *Journal of Bionic Engineering*. 13: 156-165.
- Chadijah, S., Ningsih, S., Zahra, U., Adawiyah, S. R., dan Novianty, L. 2021. Ekstraksi dan uji stabilitas zat warna alami dari biji buah pinang (*Areca catechu L*) sebagai bahan pengganti pewarna sintetik pada produk minuman. *Jurnal Riset Kimia*. 7 (2): 137-145.
- Chandra, J., George, N., and Narayanankutty, S. 2016. Isolation and Characterization of cellulose nanofibrils from arecanut husk fibre. *Journal Carbohydrate Polymers*. 142: 158-166.
- Dalimartha, S. 2003. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 3*. Puspa Swara. Jakarta. 198 hlm.
- Deanti, H., Hulu, J., Setyaji, A., Eliyanti, R., Aliya, K., and Dewi, N. 2018. *The quality of edible film made from nile tilapia (Oreochromis niloticus) skin gelatin with addition of different type seaweed hydrocolloid*. Paper Presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Fahnur, M. 2017. *Pembuatan, Uji Ketahanan, dan Struktur Mikroplastik Biodegradable dengan Variasi Kitosan dan Konsentrasi Pati Biji Nangka*. (Skripsi). UIN Alauddin. Makassar.127 hlm.
- Fatma, R., Malaka., dan Taufik, M. 2015. Karakteristik *edible film* berbahan dangke dan agar dengan menggunakan gliserol dengan persentase berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan*. 4(2): 63-69.
- Fatriasari, W., Nanang, M., dan Euis, M. 2019. *Selulosa: Karakteristik dan Pemanfaatannya*. Lembaga Ilmu dan Pengetahuan Indonesia. Jakarta. 166 hlm.
- Fransisca, D., Zulferiyenni, dan Susilawati. 2013. Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap sifat fisik *biodegradable film* dari bahan komposit selulosa nanas. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 18(2): 196-205.
- Gozali, T., Wijaya, W. P., dan Rengganis, M. I. 2020. Pengaruh konsentrasi CMC dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *edible packaging* kopi instran dari pati kacang hijau (*Vigna radiata L*). *Pasundan Food Technology Journal*. 7 (1): 1-9.
- Gunawan, Y., Aksar, P., dan Irfan, L.O. 2016. Analisa pengaruh ukuran diameter serat tangkai sagu terhadap sifat mekanik pada material komposit. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. 2(2): 62-67.

- Hidayati, M. K., Latifah., dan Sedyawati, S. M. R. 2013. Penggunaan *carboxyl methyl cellulose* dan gliserol pada pembuatan plastik *biodegradable* pati gembili. *Indonesian Journal of Chemical Sains*. 2 (3): 253-258.
- Hidayati, S., Zuidar, A. S., dan Ardiani, A. 2015. Aplikasi sorbitol pada produksi *biodegradable film* dari *nata de cassava*. *Reaktor*. 15 (3): 196-204.
- Huri, D dan Nisa, F.C. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan ekstrak ampas kulit apel terhadap karakteristik fisik dan kimia *edible film*. *Pangan dan Agroindustri*. 2 (4): 29-40
- Hutabalian, P., Harsujowono, B.A., dan Hartati, A. 2020. Pengaruh jenis dan konsentrasi *filler* terhadap karakteristik bioplastik dari tepung maizena. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 8 (4): 580-586.
- INAPLAS (*Indonesian Oleafin Aromatic Plastic Industry Asociation*). 2015. Data Jumlah Penggunaan Plastik. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/6262/Semester-I,-Konsumsi-Plastik-3,2-Juta-Ton>. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2022.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2021. *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Khumairoh, U. M. 2016. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Konsentrasi CMC terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Rumput Laut (Eucheuma cottonii)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 77 hlm.
- Kunusa, W. R. 2017. Kajian tentang isolasi selulosa mikrokristalin (SM) dari limbah tongkol jagung. *Jurnal Entropi*. 12 (1): 105-108.
- Kusuma, C.I.P., Suardana, N.P.G., dan Sugita, I.K.G. 2016. Analisis sifat fisik dan kekuatan tarik limbah serat *Areca catechu L* sebagai *biofibre* pada komposit. *Proseeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*. Bandung. 6: 697-702.
- Lantara, D., Kalla, R., dan Asnawi, I. 2019. Produksi akrolein dengan proses degradasi menggunakan gelombang suara. *Journal of Chemical Process Engineering*. 4 (2): 97-102.
- Maladi, I. 2019. *Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol, dan Bio-compatible Zink Oksida*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta. 115 hlm.

- Melani, A., Herawati, N., dan Kurniawan, A. F. 2017. Bioplastik pati umbi talas melalui proses *melt intercalation* (kajian pengaruh jenis *filler*, konsentrasi *filler*, dan jenis *plasticizer*). *Distilasi*. 2 (2): 53-67.
- Mirdayanti, M., Wirjosentono, B., dan Marlianto, E. 2018. Analisis *edible film* dari campuran keratin dan pati jagung. *Jurnal Serambi Engineering*. 3 (2): 316-325.
- Nadhila, H. 2021. *Identifikasi Jenis dan Kadar Selulosa pada Kulit Buah Pinang (Areca catechu L) Asal Aceh Utara*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Banda Aceh. 52 hlm.
- Nugraha, B. E., Ahmad, U., dan Pujantoto, L. 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): 287-293.
- Nurfauzi, S., Sutan, S.M., Argo, B.D., Djoyowasito, G. 2018. Pengaruh konsentrasi CMC dan suhu pengeringan terhadap sifat mekanik dan sifat degradasi pada plastik *biodegradable* berbasis tepung jagung. *Jurnal Keteknikan Pertanian dan Biosistem*. 6 (1): 90-99.
- Nurjannah, N. R., Sudiarti, T., dan Rahmidar, L. 2020. Sintesis dan karakterisasi selulosa termetilasi sebagai biokomposit hidrogel. *Al-kimiya*. 7 (1): 19-27.
- Panjaitan, R. M., Irdoni, dan Bahrudin. 2017. Pengaruh kadar dan ukuran selulosa berbasis batang pisang terhadap sifat dan morfologi bioplastic berbahan pati umbi talas. *Jom Fteknik*. 4(1): 1-7.
- Permadi, I. 2019. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Karakteristik Biodegradable Film dari Sabut Kelapa Muda*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 56 hlm.
- Permatasari, C. S., Sasongko, N. A., dan Supriyadi, I. 2021. Analisis pemanfaatan gliserol by-product biodiesel sebagai bahan baku propelan untuk meningkatkan ketahanan energi dan kemandirian industri pertahanan. *Jurnal Ketahanan Energi*. 7 (2): 47-60.
- Popescu, M. C., Dogaru, B. I., and Popescu, C. M. 2020. Effect of cellulose nanocrystals nanofiller on the structure and sorption properties of carboxyl methyl cellulose-glycerol-cellulose nanocrystals nanocomposite systems. *Materials*. 13: 1-15.
- Pradnya, I. G. A. M., dan Arnata, I. W. 2015. Pengaruh campuran bahan komposit dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik bioplastik dari pati kulit singkong dan kitosan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 3 (3): 41-50.

- Pratiwi, R., Rahayu, D., Melisa., dan Barliana, I. 2016. Pemanfaatan selulosa dari limbah jerami padi (*Oryza sativa*) sebagai bahan bioplastik. *IJPST*. 3 (3): 83-91.
- Putri, R. D. A., Sulistyowati, D., dan Ardhiani, T. 2019. Analisis penambahan *carboxyl methyl cellulose* terhadap *edible film* pati umbi garut sebagai pengemas buah strawberry. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*. 3 (2): 77-83.
- Safitri, D., Rahim, E. A., Prismawiryanti, dan Sikanna, R. 2017. Sintesis karboksimetil selulosa (CMC) dari selulosa kulit durian (*Durio zibethinus*). *Kovalen*. 3 (1): 58-68.
- Santoso, B., Amilita, D., Priyanto, G., Hermanto., dan Sugito. 2018. Pengembangan *edible film* komposit berbasis pati jagung dengan penambahan minyak sawit dan *tween 20*. *Agritech*. 38 (2): 119-124.
- Sari, L. M. 2019. *Aktivitas Antioksidan dan Sitotoksisitas Biji Pinang Pada Karsinoma Sel Skuamosa Mulut*. Syahkuala University Press. Banda Aceh. 108 hlm.
- Selpiana, Patricia, Anggraeni, C.P. 2016. Pengaruh penambahan kitosan dan gliserol pada pembuatan bioplastik dari ampas tebu dan ampas tahu. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(22): 63.
- Setyaningrum, A., Sumarui, K., dan Hardi, J. 2017. Sifat fisiko kimia *edible film* agar-agar rumput laut (*Glacilaria sp*) tersubstitusi gliserol. *Journal of Science and Technology*. 6 (2): 136-143.
- Silalahi, M. 2020. Manfaat dan toksisitas pinang (*Areca catechu*) dalam kesehatan manusia. *Jurnal Kesehatan Bina Generasi*. 11 (2): 26-31.
- Sitompul, A. J. W. S dan Zubaidah, E. 2017. Pengaruh jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap sifat fisik edible kolang-kaling (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5(1): 13-25.
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah., dan Aprilia, S. 2019. Pemanfaatan selulosa dari limbah kulit buah pinang sebagai *filler* pada pembuatan bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 14 (2): 63-71.
- Tan, Z., Yongjian, W., Hongying, W., Wanlai, Z., Yuanri, Y., and Chaoyun, W. 2016. Physical and biodegradable properties of mulching films prepared from natural fibers and biodegradable polymers. *Journal of Applied Sciences*. 6(147): 1-11.
- Unsa, L. K., dan Paramastri, G. A. 2018. Kajian jenis *plasticizer* campuran gliserol dan sorbitol terhadap sintesis dan karakterisasi *edible film* pati bonggol pisang sebagai pengemas buah apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*. 10 (1): 35-47.

Zubaidah, E. 2017. Pengaruh jenis dan konsentrasi *plasticizer* terhadap sifat fisik edible film kolang kaling (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 5(1):13-25.