

**KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI KOMBINASI SELULOSA  
LIMBAH KULIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.) DAN KAPPA  
KARAGENAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Aisyah Tri Ramadani**

**2014051012**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRACT**

### **CHARACTERISTICS OF BIOPLASTICS FROM A COMBINATION OF COCOA POD HUSK CELLULOSE (*Theobroma cacao* L.) AND KAPPA CARRAGEENAN**

**By**

**Aisyah Tri Ramadani**

Cocoa pod husk contains 35.4% cellulose content which has the potential to be used as raw material for bioplastic production. The use of kappa carrageenan as a combination can improve the mechanical properties of the resulting bioplastic. This study aims to determine the influence and identify the combination of cocoa pod husk cellulose and kappa carrageenan that produces the best characteristics according to JIS z 1707 standards. The research utilized a Completely Randomized Block Design (CRBD) with one factor and four replications. The factor involved formulations of cocoa pod husk cellulose and kappa carrageenan with 6 treatment levels: P1 (8:2), P2 (6:4), P3 (5:5), P4 (4:6), P5 (2:8), P6 (0:10) totaling 10 grams. The results of the study show that the combination of cocoa pod husk cellulose and kappa carrageenan significantly affects bioplastic thickness, tensile strength, elongation percentage, Young's modulus, and water vapor transmission rate. Treatments meeting the JIS z 1707 standard in this study for tensile strength parameters were P2 (1.846 MPa), P3 (2.164 MPa), P4 (2.203 MPa), P5 (3.090 MPa), and P6 (6.116 MPa); for elongation percentage parameters were P2 (20.041%), P3 (28.545%), P4 (37.428%), P5 (46.982%), and P6 (38.945%); and for Young's modulus parameters were P2 (10.873 MPa), P3 (9.250 MPa), P4 (6.325 MPa), P5 (6.608 MPa), and P6 (15.610 MPa).

**Keywords:** bioplastics, cocoa pod husk cellulose, kappa carrageenan.

## ABSTRAK

### KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI KOMBINASI SELULOSA LIMBAH KULIT KAKAO (*Theobroma cacao L.*) DAN KAPPA KARAGENAN

Oleh

Aisyah Tri Ramadani

Limbah kulit kakao memiliki kandungan selulosa sebesar 35,4% yang berpotensi dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik. Penggunaan kappa karagenan sebagai kombinasi dapat memperbaiki sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serta mengetahui kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan yang menghasilkan karakteristik terbaik sesuai standar JIS z 1707. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) satu faktor dengan empat kali ulangan. Faktor yang digunakan yaitu formulasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan dengan 6 taraf perlakuan yaitu P1 (8:2), P2 (6:4), P3 (5:5), P4 (4:6), P5 (2:8), P6 (0:10) dengan total kombinasi 10 g. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan berpengaruh nyata terhadap ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *modulus young*, dan laju transmisi uap air bioplastik. Perlakuan yang memenuhi standar JIS z 1707 pada penelitian ini pada parameter kuat tarik yaitu P2 (1,846 MPa), P3 (2,164 MPa), P4 ( 2,203 MPa), P5 (3,090 MPa), dan P6 (6,116 MPa) ; parameter persen pemanjangan yaitu P2 (20,041 %), P3 (28,545 %), P4 (37,428 %), P5 (46,982 %), dan P6 ( 38,945 %) ; dan parameter *modulus young* yaitu P2 (10,873 MPa), P3 (9,250 MPa), P4 (6,325 MPa), P5 (6,608 MPa), dan P6 (15,610 MPa).

**Kata kunci:** bioplastik, selulosa kulit kakao, dan kappa karagenan

**KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI KOMBINASI SELULOSA  
LIMBAH KULIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.) DAN KAPPA  
KARAGENAN**

**Oleh**

**AISYAH TRI RAMADANI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Teknologi hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK BIOPLASTIK DARI  
KOMBINASI SELULOSA LIMBAH  
KULIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.) DAN  
KAPPA KARAGENAN**

Nama Mahasiswa : **Aisyah Tri Ramadani**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2014051012**

Program Studi : **Teknologi Hasil Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



**Ir. Ahmad Sapta Zuidar, M.P.**      **Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si.**  
NIP. 196802100 199303 1 003      NIP. 19910129 201903 1 014

**2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian**

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

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

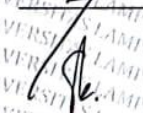
**Ketua**

**Ir. Ahmad Sapta Zuidar, M.P.**



**Sekretaris**

**Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si.**



**Penguji**

**Prof. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.**




**Bukan Pembimbing**

**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

**NIP. 19641118 198902 1 002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 5 Juli 2024**

### PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aisyah Tri Ramadani

NPM : 2014051012

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

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 17 Juli 2024  
Yang membuat pernyataan,



Aisyah Tri Ramadani  
NPM. 2014051012

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung 19 November 2001, sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Agus Azhari dan Ibu Mujiati. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Segala Mider pada tahun 2014, pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2017, dan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 7 Bandar Lampung pada tahun 2020. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2020 melalui jalur SNMPTN.

Pada bulan Januari-Februari 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Pekon Pekonmon, Kecamatan Ngambur, Kabupaten Pesisir Barat. Pada bulan Juli-Agustus 2023, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Way Berulu, dengan judul “Mempelajari Proses Produksi *Standard Indonesian Rubber* (SIR) di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Way Berulu, Gedong Tataan, Pesawaran”.

Selama menjadi mahasiswa, penulis mendapat hibah pendanaan proposal PKM-K (Program Kreativitas Mahasiswa Kewirausahaan) bersama Locaf Team dan lolos ke tahap PIMNAS (Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional) 35 pada tahun 2022 di Universitas Muhammadiyah Malang. Penulis bersama Locaf Team melanjutkan usaha dengan mendapat hibah pendanaan melalui proposal P2MW (Program Pembinaan Mahasiswa Wirausaha) pada tahun 2023. Penulis bergabung menjadi anggota bidang Sosial Masyarakat di Forum Komunitas Mahasiswa Bidikmisi/KIP-K Universitas Lampung selama dua periode pada tahun 2022 dan 2023.



## SANWACANA

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Karakteristik Bioplastik dari Kombinasi Limbah Selulosa Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan Kappa Karagenan”. Atas selesainya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan sehingga skripsi ini selesai tepat pada waktunya. Ucapan terima kasih tersebut disampaikan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.
3. Bapak Ir. Ahmad Sapta Zuidar, M.P., selaku dosen pembimbing pertama sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah memberikan banyak bantuan, bimbingan, kritik, saran, nasihat, arahan, dan motivasi selama proses kuliah, penelitian, dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
4. Bapak Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak bantuan, pengarahan, bimbingan, saran, nasihat, dan motivasi selama penelitian dan penyusunan skripsi ini hingga selesai.
5. Ibu Prof. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku dosen pembahas yang telah banyak memberikan masukan saran, kritik, dan evaluasi terhadap penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, staff, dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah banyak memberikan ilmu, membimbing, dan membantu penulis selama proses perkuliahan hingga penyelesaian administrasi akademik.

7. Papah Agus Azhari, Mamah Mujiati, kedua kakak saya Yully Dara Rizki dan M. Sigit Kurniawan, seluruh keluarga yang senantiasa selalu memberikan doa, kasih sayang, motivasi semangat kepada penulis selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.
8. Bella Amanda, Bilqis Nabilla, dan Masdiah Ayu selaku sahabat seperjuangan dari awal perkuliahan yang selalu mendengarkan keluh kesah, menemani, membantu, dan mendukung setiap proses perjalanan selama masa perkuliahan.
9. Devanda Yuda, Gita Putri, Syafira Aleyda, Selamat squad, dan Tahu squad yang selalu memberikan semangat, membantu, mendoakan, dan menghibur penulis.
10. Teman-teman Angkatan 2020 Jurusan Teknologi Hasil Pertanian atas segala informasi, dukungan, serta kebersamaannya selama masa perkuliahan.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi 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, 17 Juli 2024

**Aisyah Tri Ramadani**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang dan Masalah .....	4
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Pemikiran .....	4
1.4 Hipotesis .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Bioplastik.....	7
2.2 Kulit Kakao .....	8
2.3 Selulosa .....	9
2.4 Kappa Karagenan .....	11
2.5 Gliserol .....	12
2.6 Karakteristik Bioplastik.....	13
2.6.1 Kuat tarik .....	14
2.6.2 Persen pemanjangan .....	15
2.6.3 <i>Modulus young</i> .....	15
2.6.4 Laju transmisi uap air .....	16
2.6.5 Ketebalan .....	16
2.6.6 Ketahanan terhadap suhu ruang.....	17
2.6.7 Biodegradabilitas .....	17
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	19
3.2 Bahan dan Alat .....	19
3.3 Metode Penelitian.....	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	19

3.4.1	Pembuatan bubuk kulit kakao.....	19
3.4.2	Isolasi selulosa kulit kakao .....	20
3.4.3	Proses pembuatan bioplastik.....	23
3.5	Pengamatan .....	25
3.5.1	Ketebalan .....	25
3.5.2	Kuat Tarik.....	25
3.5.3	Persen pemanjangan .....	26
3.5.4	<i>Modulus young</i> .....	26
3.5.5	Laju transmisi uap air.....	27
3.5.6	Ketahanan terhadap suhu ruang.....	27
3.5.7	Uji biodegradabilitas.....	28
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	
	Error! Bookmark not defined.	
4.1	Ketebalan.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.2	Kuat Tarik.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.3	Persen Pemanjangan.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.4	<i>Modulus young</i> .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.5	Laju Transmisi Uap Air.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.6	Ketahanan Terhadap Suhu Ruang .....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.7	Uji Biodegradabilitas.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
4.8	Penentuan Perlakuan Terbaik.....	
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>29</b>
5.1	Kesimpulan.....	29
5.2	Saran.....	29
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	
	Error! Bookmark not defined.	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia kulit kakao .....	8
2. Persyaratan standar menurut JIS dan SNI.....	14
3. Kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan.....	19
4. Hasil uji lanjut BNT 5% nilai ketebalan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
5. Hasil uji lanjut BNT 5% nilai kuat tarik bioplastik kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
6. Hasil uji lanjut BNT 5% nilai persen pemanjangan bioplastik kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
7. Hasil uji lanjut BNT 5% nilai <i>modulus young</i> bioplastik kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
8. Hasil uji BNT 5% nilai laju transmisi uap air bioplastik kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
9. Rekapitulasi data penentuan perlakuan terbaik bioplastik .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
10. Hasil pengamatan ketebalan bioplastik kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
11. Uji Barlett ketebalan bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
12. Analisis ragam ketebalan bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan.....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	

13. Uji lanjut BNT 5% ketebalan bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
14. Hasil pengamatan kuat tarik bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan.....  
**Error! Bookmark not defined.**
15. Uji Barlett kuat tarik bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan.....  
**Error! Bookmark not defined.**
16. Analisis ragam kuat tarik bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**



17. Uji BNT 5% kuat tarik bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
18. Hasil pengamatan persen pemanjangan bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
19. Uji Barlett persen pemanjangan bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
20. Analisis ragam persen pemanjangan bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
21. Uji lanjut BNT 5% persen pemanjangan bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
22. Hasil pengamatan *modulus young* bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
23. Data hasil transformasi *modulus young* bioplastik (Log (x)) selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
24. Uji Barlett *modulus young* bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
25. Analisis ragam *modulus young* bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
26. Uji lanjut BNT 5% *modulus young* bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
27. Hasil pengamatan laju transmisi uap air bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
28. Uji Barlett laju transmisi uap air bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**
29. Analisis ragam laju transmisi uap air bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**



30. Uji lanjut BNT 5% laju transmisi uap air bioplastik selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....  
**Error! Bookmark not defined.**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Limbah kulit kakao .....	9
2. Struktur kimia selulosa .....	10
3. Struktur kimia kappa karagenan .....	12
4. Struktur kimia gliserol .....	13
5. Prosedur pembuatan bubuk kulit kakao .....	20
6. Prosedur isolasi selulosa kulit kakao .....	22
7. Prosedur pembuatan bioplastik kulit kakao dan kappa karagenan .....	24
8. Pengamatan ketahanan bioplastik terhadap suhu ruang (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3, (d) minggu ke-4, (e) minggu ke-5 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9. Pengujian biodegradabilitas bioplastik selulosa (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10. Tata letak percobaan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
11. Kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
12. Pengirisan kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
13. Pencucian kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
14. Pengeringan kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
15. Penghalusan kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
16. Pengayakan bubuk kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
17. Penimbangan bubuk kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
18. Proses delignifikasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
19. Penyaringan hasil delignifikasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
20. Proses bleaching .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
21. Penyaringan hasil bleaching .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
22. Pengeringan selulosa kulit kakao .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



23. Penimbangan selulosa hasil isolasi .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
24. Penghalusan bubuk selulosa.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
25. Penimbangan bubuk selulosa .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
26. Penimbangan kappa karagenan .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
27. Penuangan selulosa ke gelas beaker.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
28. Penambahan asam asetat 1% .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
29. Pemanasan selulosa.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
30. Penambahan aquades .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
31. Penambahan gliserol .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
32. Penambahan kappa karagenan .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
33. Pemanasan dan pengadukan.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
34. Pencetakan bioplastik.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
35. Pengeringan bioplastik.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
36. Pengukuran ketebalan bioplastik.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
37. Pengukuran kuat tarik dan persen pemanjangan.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
38. Pengukuran laju transmisi uap air .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
39. Pengamatan ketahanan pada suhu ruang.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
40. Pengamatan uji biodegradabilitas .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
41. Pengamatan uji biodegradabilitas perlakuan P1 (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3 .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
42. Pengamatan uji biodegradabilitas perlakuan P2 (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3 .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
43. Pengamatan uji biodegradabilitas perlakuan P3 (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3 .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
44. Pengamatan uji biodegradabilitas perlakuan P4 (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3 .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
45. Pengamatan uji biodegradabilitas perlakuan P5 (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2.....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
46. Pengamatan uji biodegradabilitas minggu ke-1 perlakuan P6 (a) P6U1, (b) P6U2, (c) P6U3, (d) P6U4 .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>
47. Bioplastik kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan .....	<b>Error! Bookmark not defi</b>

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Plastik merupakan salah satu jenis bahan pengemas yang paling banyak digunakan baik dalam bidang industri atau kehidupan sehari-hari. Penggunaan plastik sebagai pengemas memiliki beberapa keunggulan seperti fleksibel, kuat, transparan, tidak mudah pecah, dan memiliki harga yang ekonomis. Kebanyakan plastik yang beredar saat ini terbuat dari minyak bumi dan gas bumi yang jumlahnya terbatas dan tidak dapat diperbarui (Aripin *et al.*, 2017). Jenis plastik konvensional yang beredar saat ini yaitu *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), Polietilen Tereftalat (PET), Polivinil Klorida (PVC), Polistirena (PS), Polipropilena (PP), dan Polikarbonat (PC) (Sulistyo *et al.*, 2018). Plastik konvensional juga memiliki kekurangan yaitu secara alami sulit dan membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun untuk terurai sempurna oleh mikroba yang terdapat di dalam tanah (Ratnawati, 2020).

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2022), timbulan sampah di Indonesia mencapai 36 juta ton/tahun. Salah satu jenis sampah penyebab tingginya angka tersebut yaitu sampah plastik yang terus mengalami peningkatan dalam kurun 3 tahun terakhir (tahun 2020-2022) mencapai 6,5 juta ton/tahun. Tingginya angka timbulan sampah plastik tersebut dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Sehingga perlu dilakukan penanggulangan untuk mengurangi sampah plastik. Pemerintah telah mengkampanyekan beberapa upaya untuk mengurangi sampah plastik seperti membatasi barang sekali pakai (*single use plastic*), mendorong masyarakat untuk membawa kantong belanja sendiri, serta memilah sampah plastik dan organik

untuk dapat di daur ulang. Selain itu, saat ini salah satu upaya yang sedang digencarkan yaitu dengan pembuatan plastik dari bahan alami atau yang disebut dengan bioplastik (Kamsiati *et al.*, 2017).

Bioplastik merupakan material polimer yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti plastik konvensional dengan keunggulan memiliki sifat yang lebih mudah terdegradasi oleh mikroorganisme di dalam tanah sehingga lebih ramah lingkungan (Sari, 2021). Kriteria bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik yaitu bahan alami atau biomassa terbarukan (*renewable*), aman terhadap lingkungan, mudah terdegradasi, ketersediaan bahan yang melimpah, dan memiliki harga yang relatif murah (Ismaya *et al.*, 2019). Selain itu, bahan yang digunakan dapat membentuk bioplastik dengan karakteristik yang mirip dengan plastik konvensional yaitu kuat, fleksibel, dan tahan terhadap air (Rifaldi *et al.*, 2017). Salah satu bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik yaitu selulosa. Selulosa pada bioplastik dapat digunakan untuk memperbaiki sifat hidrofobitas plastik atau meningkatkan resistensi terhadap air (Karouw *et al.*, 2017). Selain itu, sifat kaku yang dimiliki selulosa dapat berperan sebagai penguat dalam pembentukan plastik (Prasetyo, 2023) dan memiliki sifat termoplastik sehingga memiliki potensi untuk dibentuk menjadi bioplastik (Pratiwi *et al.*, 2016). Salah satu sisa bahan hasil pertanian yang masih mengandung selulosa sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik yaitu dari kulit kakao.

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas unggulan di sektor perkebunan. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (2022), produksi buah kakao di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 688,21 ribu ton. Akan tetapi, produksi kakao di Indonesia mengalami penurunan dalam tiga tahun terakhir yaitu dimana produksi kakao pada tahun 2019 mencapai 774,2 ribu ton (BPS, 2020) dan tahun 2020 mencapai 720,66 ribu ton (BPS, 2021). Provinsi Lampung sendiri menjadi daerah penghasil komoditas kakao urutan kelima di Indonesia dengan produksi mencapai 56,6 ribu ton. Hal tersebut menunjukkan produksi kakao di Indonesia masih terbilang cukup tinggi. Pada buah kakao, biji kakao merupakan bagian

yang paling sering dimanfaatkan untuk diolah menjadi produk cokelat dan menghasilkan limbah berupa kulit kakao yang masih kurang dimanfaatkan (Kusuma *et al.*, 2019).

Kulit buah kakao merupakan komponen terbesar pada buah kakao yaitu sebesar 75% dari total buah. Pemanfaatan limbah kulit kakao biasanya digunakan sebagai pakan ternak (Ade *et al.*, 2023) dan pupuk organik (Juradi *et al.*, 2019). Akan tetapi, pemanfaatan tersebut belum dilakukan secara optimal karena sebagian besar limbah kulit kakao hanya dikumpulkan atau dibuang di sekitar tanaman kakao dan dapat menimbulkan bau tidak sedap (Jusmiati *et al.*, 2015). Sementara itu, kulit buah kakao memiliki kandungan selulosa sebesar 35,4%, hemiselulosa 37%, dan lignin 14,7% (Daud *et al.*, 2013). Sehingga kandungan selulosa yang cukup tinggi tersebut memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik. Penggunaan selulosa dapat meningkatkan nilai kuat tarik bioplastik karena selulosa memiliki rantai polimer yang panjang dan lurus sehingga dapat membuat bioplastik yang dihasilkan semakin kuat. Namun, hal tersebut berbanding terbalik dengan persen pemanjangan bioplastik yang dihasilkan yaitu akan semakin rendah (kurang elastis) dan kurang kompak (Intandiana *et al.*, 2019).

Oleh karena itu, dalam memperbaiki sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan digunakan penambahan bahan tambahan berupa tepung kappa karagenan. Kappa karagenan merupakan getah rumput laut hasil ekstraksi menggunakan air atau larutan alkali dari jenis *Eucheuma cottoni* yang termasuk ke dalam kelas alga merah (*Rhodophyceae*). Kappa karagenan dapat berperan sebagai *stabilizer* (penstabil) dan memiliki kelebihan dalam menghasilkan sifat gel yang kuat (Fardhyanti dan Julianur, 2015). Karagenan dapat membentuk matriks polimer yang kuat dan meningkatkan kekuatan tarik intermolekul (Jacob *et al.*, 2014) sehingga menghasilkan *film* yang semakin kompak (Rusli *et al.*, 2017).

Penelitian terdahulu telah membuat bioplastik menggunakan kombinasi selulosa maupun kappa karagenan dengan berbagai bahan seperti pati. Namun, belum

terdapat informasi mengenai kombinasi dari selulosa dari kulit kakao dan kappa karagenan dalam menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi terbaik dari selulosa kulit kakao dan kappa karagenan dalam menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan terhadap ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *modulus young*, dan laju transmisi uap air bioplastik yang dihasilkan.
2. Mengetahui kombinasi selulosa kulit kakao dan tepung kappa karagenan yang menghasilkan karakteristik bioplastik terbaik sesuai *Japanese Industrial Standard (JIS) z 1707*.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Bioplastik merupakan polimer yang dapat terurai secara alami melalui proses biodegradasi. Salah satu bahan hasil pertanian yang mengandung selulosa yaitu limbah kulit kakao sebesar 35,6% (Daud *et al.*, 2013). Selulosa tergolong polisakarida dengan rantai linear yang tersusun atas unit-unit  $\beta$ -D-glukopiranosida dengan ikatan glikosida. Penggunaan selulosa dalam pembuatan bioplastik akan menghasilkan sifat kaku dan kuat, sedangkan bioplastik yang dihasilkan diharapkan memiliki sifat plastis dan kuat (Kalsum *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Hidayati *et al.* (2019) menggunakan selulosa limbah padat rumput laut menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 95,013 MPa dan persen pemanjangan 8,92%. Penggunaan limbah kulit kopi menghasilkan karakteristik dengan kuat tarik 143,931 Mpa, nilai persen pemanjangan 31,717%, permeabilitas uap air 3,2 g/m<sup>2</sup>/hari (Nurfitiryani, 2022).



Pada penelitian ini digunakan kappa karagenan untuk memperbaiki sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Kappa karagenan digunakan sebagai penstabil dan pembentukan sifat gel yang kuat sehingga bioplastik yang dihasilkan akan semakin kompak (Fardhyanti dan Julianur, 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Rusli *et al.*, 2017), penggunaan karagenan 3% menghasilkan karakteristik *film* dengan karakteristik terbaik dengan ketebalan 78,52 $\mu$ m, kuat tarik 4,65 MPa, persen pemanjangan 16,67%, dan daya larut 64,95%. Selain itu, pembuatan *edible film* dari pati buah lindur dengan penambahan karagenan 2,5% menghasilkan *film* dengan ketebalan 0,14 mm, kuat tarik 168,33 kgf/cm<sup>2</sup>, dan persen pemanjangan 181,21% (Jacoeb *et al.*, 2014).

Penelitian terdahulu telah melakukan penelitian pembuatan bioplastik menggunakan kombinasi selulosa maupun kappa karagenan dengan berbagai bahan seperti pati. Namun belum terdapat informasi mengenai kombinasi dari selulosa dan kappa karagenan dalam menghasilkan bioplastik dengan karakteristik terbaik. Berdasarkan penelitian Fiqinanti *et al.* (2022), kombinasi 6 g bekatul dan 4 g selulosa sekam padi menghasilkan karakteristik terbaik dengan kuat tarik 11,505 MPa, persen pemanjangan 28,392%, laju transmisi uap air sebesar 6,548 (g/m<sup>2</sup>/jam) dan lama waktu biodegradasi selama 14 hari. Kombinasi pati kulit singkong berbanding selulosa (8:2) menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik 10,32 MPa dan persen pemanjangan 27,91% (Sulityo dan Ismiyati, 2012). Selain itu, penelitian yang dilakukan Febiyanti *et al.* (2020) menggunakan kombinasi kitosan dan karagenan (0:2) menghasilkan kuat tarik *J film* 13,889 MPa dan elongasi 9,483%. Oleh karena itu, maka dilakukan penelitian pembuatan bioplastik dengan kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan sebesar 8:2, 6:4, 5:5, 4:6, 2:8, dan 0:10 dengan berat kombinasi yaitu 10 g.

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah

1. Kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan berpengaruh terhadap ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *modulus* young, dan laju transmisi uap air bioplastik yang dihasilkan.
2. Terdapat kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan yang menghasilkan karakteristik bioplastik terbaik sesuai *Japanese Industrial Standard (JIS) z 1707*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bioplastik

Bioplastik atau yang dikenal dengan plastik *biodegradable* dapat diartikan sebagai plastik yang dapat terdegradasi secara alami oleh aktivitas mikroorganisme dengan cara memotong rantai polimer menjadi monomer yang lebih sederhana dan menghasilkan senyawa organik sehingga aman terhadap lingkungan (Nur *et al.*, 2020). Bioplastik dapat digunakan sebagai alternatif pengganti plastik konvensional dalam mengurangi dampak timbulnya sampah plastik yang sulit terurai. Bioplastik umumnya dapat diolah menggunakan bahan baku biomassa terbarukan (*renewable*). Penggunaan biomassa sebagai bahan baku memiliki kelebihan dibandingkan penggunaan bahan baku pembuatan plastik konvensional yaitu ketersediaan di alam melimpah dan memiliki biaya yang relatif lebih murah (Muharam *et al.*, 2022). Saat ini pengembangan bioplastik dari bahan alami banyak dilakukan dengan memanfaatkan sisa bahan hasil pertanian untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah yang kurang dimanfaatkan.

Bioplastik dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan penggunaan bahan baku dan proses pembuatannya. Bioplastik jenis pertama yaitu menggunakan bahan yang dihasilkan dari proses isolasi atau ekstraksi langsung dari biomassa, seperti pati dan selulosa. Jenis kedua yaitu menggunakan bahan hasil dari sintesis monomer kimia dari biomassa (*bio-based*), seperti *polylactic acid* (PLA). Sedangkan, jenis ketiga yaitu menggunakan bahan hasil dari proses kelangsungan hidup mikroorganisme alami atau mikroorganisme hasil dibentuk secara genetik, seperti *polyhydroxylalkanoates* (PHA) (Wijayanti *et al.*, 2016).

## 2.2 Kulit Kakao

Kulit kakao atau yang biasa disebut pod kakao merupakan bagian mesokarp buah kakao yang mencakup kulit terluar sampai sebelum kumpulan biji kakao. Kulit buah kakao merupakan bagian terbesar sekitar 75,52% dari buah kakao (Kusuma *et al.*, 2019). Kulit kakao terdiri dari tiga lapis yaitu eksokarp, mesokarp, dan endokarp. Kulit kakao biasanya selama ini hanya dimanfaatkan sebagai pupuk oraganik atau pakan ternak (Jusmiati *et al.*, 2015). Pemanfaatan kulit kakao memiliki potensi dieksplor lebih jauh untuk dapat digunakan menjadi suatu produk baru. Komposisi kimia kulit kakao dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia kulit kakao

<b>Kandungan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Referensi</b>
Karbohidrat (g/100g)	32,30	
Protein (g/100g)	8,60	Vriesmann <i>et al.</i> (2011)
Lemak (g/100g)	1,50	
Serat kasar (%)	33,90	
Glukosa (%)	1,16	Daniyan <i>et al.</i> (2014)
Sukrosa (%)	0,18	
Pektin (%)	3,71	
Selulosa (%)	35,40	
Hemiselulosa (%)	37,00	Daud <i>et al.</i> (2013)
Lignin (%)	14,70	

Kulit buah kakao mengandung lignoselulosa dan komponen bioaktif seperti polifenol, flavonoid, dan theobromin yang dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan (Miranda *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Kusuma *et al.*, (2019), kandungan antioksidan pada kulit kakao dapat dimanfaatkan menjadi produk teh herbal kulit kakao yang menghasilkan aktivitas antioksidan sebesar 456,21 ppm. Selain itu, kulit kakao memiliki kandungan lignoselulosa yaitu selulosa sebesar 35,4%, hemiselulosa 37%, dan lignin 14,7% (Daud *et al.*, 2013). Kandungan

selulosa yang cukup tinggi berpotensi untuk dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik.

Penelitian sebelumnya telah memanfaatkan kulit kakao sebagai pembuatan bioplastik maupun *edible film*. Pada pembuatan *film*, kulit kakao banyak dibuat menjadi pektin, *micro crystalline cellulose* (MCC), dan *carboxy metil cellulose* (CMC). Berdasarkan penelitian Nur *et al.* (2020), kulit kakao dibuat menjadi *mikrocrystalline cellulose* (MCC) untuk digunakan sebagai bahan pengisi dalam mengurangi sifat hidrofilik *film* dari pati biji durian dan pati singkong. Selain itu, penelitian sebelumnya yang dilakukan Susilowati *et al.* (2017) menggunakan pektin kulit kakao dan penelitian Mulyadi (2018) menggunakan CMC kulit kakao sebagai *edible coating* dalam mempertahankan kualitas selama penyimpanan buah tomat. Penampakan limbah kulit kakao disajikan pada Gambar 1.



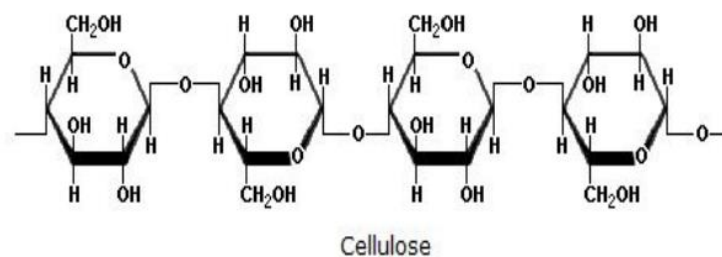
Gambar 1. Limbah kulit kakao  
Sumber: Oketechno (2019)

### 2.3 Selulosa

Selulosa merupakan salah satu polimer alami yang banyak ditemukan dalam dinding sel tumbuhan. Kandungan selulosa pada dinding tanaman mencapai 35-50% dari berat kering tanaman. Selulosa tergolong polisakarida dengan rantai linear yang tersusun atas unit-unit  $\beta$ -D-glukopiranosida dengan ikatan glikosida. Selulosa memiliki rumus empiris  $(C_6H_{12}O_5)_n$ , dimana  $n$  merupakan derajat polimerisasi sekitar 1.200-10.000 dengan panjang molekulnya  $\pm 5.000$  nm.

Struktur selulosa terbagi menjadi daerah kristalin dan non-kristalin (amorf). Umumnya selulosa sulit larut pada air dingin maupun air panas. Selulosa memiliki ikatan  $\beta$  1,4-glukosida yang dapat dipecah menjadi monomer yang lebih sederhana dengan cara hidrolisis menggunakan asam atau enzimatis. Selulosa banyak ditemukan dalam bentuk lignoselulosa atau bersamaan dengan komponen lainnya seperti hemiselulosa dan lignin. Sehingga, untuk mendapatkan selulosa yang murni perlu dilakukan proses isolasi selulosa menggunakan perlakuan kimia yang intensif (Hidayati, 2018).

Proses isolasi selulosa dapat menggunakan bahan kimia seperti NaOH dan  $H_2O_2$ . Pada proses perendaman menggunakan NaOH bertujuan untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa yang masih terkandung pada bahan sedangkan, proses perendaman  $H_2O_2$  atau yang biasa disebut proses bleaching (pemutihan) bertujuan untuk melarutkan sisa senyawa lignin sehingga dapat menghasilkan selulosa yang lebih murni. Selulosa banyak digunakan dalam berbagai industri karena memiliki kelebihan yaitu ketersediaan yang melimpah relatif murah, memiliki daya ikat terhadap air, dan berwarna putih alami (Hidayati *et al.*, 2019). Struktur kimia selulosa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kimia selulosa  
Sumber: Seto dan Sari (2013)

Aplikasi penggunaan selulosa sebagian besar ada pada industri kertas. Selulosa dapat dijadikan produk turunan agar dapat diaplikasikan lebih luas dalam bentuk ester dan eter. Turunan ester selulosa banyak digunakan serat dan plastik, sedangkan eter selulosa digunakan sebagai bahan pengikat, bahan tambahan, dan stabilisator viskositas pada berbagai bidang industri. Selain itu, selulosa sapat dibuat menjadi produk turunan lainnya seperti *Microcrystalline Cellulose*,

*Carboxymethyl cellulose*, *Methyl cellulose*, dan *hydroxypropyl* (Hidayati *et al.*, 2019). Pengaplikasian selulosa saat ini banyak dikembangkan pada pembuatan bioplastik. Selulosa pada bioplastik digunakan untuk memperbaiki sifat hidrofobitas *film* atau meningkatkan resistensi terhadap air (Karouw *et al.*, 2017). Selain itu, sifat kaku yang dimiliki selulosa dapat berperan sebagai penguat dalam pembentukan *film* (Prasetyo, 2023).

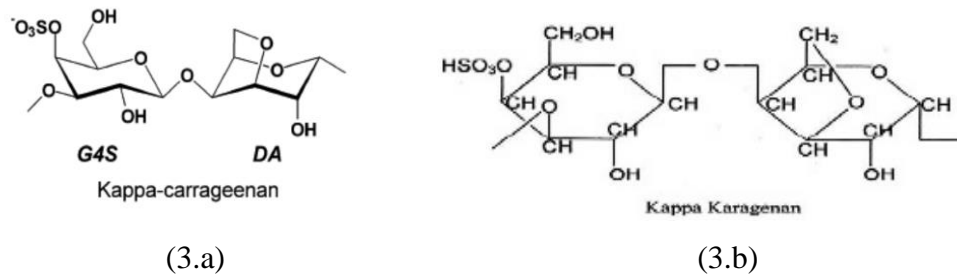
## 2.4 Kappa Karagenan

Karagenan merupakan getah rumput laut hasil ekstraksi menggunakan air atau larutan alkali dari jenis *Eucheuma cottoni* yang termasuk kedalam kelas alga merah (*Rhodophyceae*). Karagenan terdiri dari gugus sulfat dengan unit-unit galaktosa dan 3,6-anhidrogalaktosa. Gugus 3,6-anhidrogalaktosa memiliki sifat hidrofobik, sedangkan gugus hidroksil dan sulfat pada karagenan lebih bersifat hidrofilik. Karagenan dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan ikatan dan sifat gel yaitu kappa, iota, dan lamda (Santoso *et al.*, 2013).

Salah satu jenis yang banyak digunakan di berbagai bidang industri yaitu kappa karagenan. Kappa karagenan dimanfaatkan sebagai pengental, pembentuk gel, *stabilizer* (penstabil), pengemulsi, pensuspensi, dan pembentuk struktur. Kappa karagenan terusun atas gugus fungsi  $\alpha(1,3)$ -D-galaktosa-4-sulfat dan  $\beta(1,4)$ -3,6-anhidro-D-galaktosa. Selain itu, terdapat kandungan gugus fungsi D-galaktosa-6-sulfat ester dan 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat ester (Murdiningsih *et al.*, 2018). Kandungan ester sulfat yang dimiliki kappa karagenan yaitu sebesar 25-30% dan kandungan 3,6- anhidro-galaktosa sebesar 28-35% (Rusli *et al.*, 2017) .

Kappa karagenan memiliki kelebihan dalam menghasilkan sifat gel terkuat (Fardhyanti dan Julianur, 2015). Sehingga kappa karagenan dapat membentuk gel sebagai matriks utama pembuatan bioplastik. Penggunaan konsentrasi karagenan semakin tinggi dalam pembuatan bioplastik maka dapat menyebabkan ikatan antar molekul penyusun plastik semakin kuat dan kompak sehingga dapat

meningkatkan nilai kuat tarik bioplastik. Akan tetapi, semakin tinggi penggunaan konsentration karagenan dapat menyebabkan elongasi suatu bioplastik menurun karena matriks plastik yang dihasilkan semakin kuat sehingga bersifat tidak elastis atau getas (Rusli *et al.*, 2017). Struktur kappa karagenan dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Struktur kimia kappa karagenan  
Sumber: Distantina *et al.*( 2012); Nafiah *et al.* (2012)

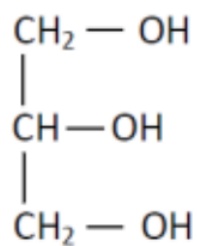
## 2.5 Gliserol

Gliserol merupakan produk samping hasil produksi biodiesel dari proses reaksi transesterifikasi. Selain itu, gliserol dapat diperoleh melalui proses saponifikasi pada industri sabun dan proses hidrolisis pada industri asam lemak (Wahyuni *et al.*, 2016). Gliserol atau yang dikenal gliserin memiliki rumus kimia  $C_3H_8O_3$  (1,2,3-propanatriol) dan termasuk ke dalam golongan senyawa alkohol. Gliserol memiliki ciri berupa cairan yang tidak berwarna, kental, tidak berbau, mudah larut air, dan memiliki rasa manis. Gliserol memiliki tiga gugus hidroksil dan satu gugus  $OH^-$  yang menyebabkan gliserol mudah larut dalam air. Gliserol dapat digunakan dalam berbagai bidang industri seperti industri makanan dan farmasi melalui tahapan permurnian melalui proses destilasi (Prasetyo *et al.*, 2012).

Gliserol dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan yang digunakan pada pembuatan bioplastik yang berperan sebagai *plasticizer*. Gliserol digunakan untuk memodifikasi sifat mekanik dari *film* yang dihasilkan (Nulfia dan Etika, 2022). Gliserol dapat mengurangi ikatan hidrogen internal dan meningkatkan jarak intermolekul sehingga *film* yang dihasilkan lebih elastis dan fleksibel. Gliserol dinilai lebih efektif dalam memberikan kelarutan yang lebih tinggi



daripada penggunaan sorbitol (Hidayati *et al.*, 2019). Semakin besar penambahan gliserol pada film dapat menurunkan gaya intermolekul sehingga dapat menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik film yang dihasilkan. Akan tetapi, semakin besar penambahan gliserol maka elongasi film akan semakin bertambah. Hal tersebut disebabkan karena gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi dalam menurunkan ikatan kohesi mekanik antara polimer sehingga plastik yang dihasilkan lebih elastis dan fleksibel (Jacoeb *et al.*, 2014). Struktur kimia senyawa gliserol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur kimia gliserol  
Sumber: Ratnasari *et al.* (2019)

## 2.6 Karakteristik Bioplastik

Karakteristik bioplastik merupakan sifat-sifat khusus yang dimiliki suatu bioplastik dalam membedakan plastik yang dihasilkan dari plastik konvensional. Faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik bioplastik yaitu penggunaan bahan utama maupun bahan tambahan (campuran) dalam pembuatan bioplastik. Karakteristik bioplastik yang dihasilkan diharapkan sesuai dengan standar yang ditetapkan (Tabel 2) yaitu antara lain kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, dan ketebalan. Selain itu, karakteristik utama bioplastik yaitu kemampuan yang mudah terdegradasi secara alami. Karakteristik bioplastik sesuai standar juga diharapkan memiliki kemampuan dalam melindungi suatu bahan dari kerusakan (Karouw *et al.*, 2017).

Tabel 2. Persyaratan standar menurut JIS dan SNI

Standar	Kuat tarik (MPa)	Persen pemanjangan (%)	Laju transmisi uap air (g/m <sup>2</sup> /hari)	Ketebalan (mm)	Modulus <i>young</i> (MPa)
Japanese Industrial Standard (JIS) z 1707	≥0,39	<10 sangat buruk 10-50% baik >50 sangat baik	≤7 Atau ≤70%	≤0,25 mm	≥0,35
Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014	≥13,7	400-1120	-	-	-

(Sumber: Japanese Standard Association (2019) dan Badan Standar Nasional (2014))

### 2.6.1 Kuat tarik

Kuat tarik merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas bioplastik yang dihasilkan. Kuat tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah bioplastik, sebelum bioplastik tersebut putus atau robek (Fauzi, 2015). Nilai kuat tarik menunjukkan jika semakin tinggi kuat tarik maka kemampuan bioplastik dalam melindungi produk lebih baik. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kuat tarik bioplastik yang dihasilkan yaitu ketebalan dan interaksi antar senyawa molekul komponen penyusunnya. Semakin tebal bioplastik yang dihasilkan maka kuat tarik akan semakin tinggi. Semakin meningkatnya interaksi antar senyawa komponen penyusun maka semakin banyak ikatan antar molekul (Nur *et al.*, 2020). Selain itu, kuat tarik bioplastik dapat dipengaruhi oleh penggunaan *plasticizer* pada proses pembuatan bioplastik. Penggunaan konsentrasi *plasticizer* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan

penurunan daya tarik molekul antar rantai polimer sehingga matriks bioplastik yang dihasilkan semakin lemah (menurun) (Febiyanti *et al.*, 2020).

### 2.6.2 Persen pemanjangan

Persen pemanjangan (elongasi) merupakan perubahan panjang maksimum bioplastik sebelum terputus akibat pengaruh gaya tarik yang diberikan. Nilai persen pemanjangan merupakan parameter penting untuk mengetahui tingkat fleksibilitas dan daya renggang suatu bioplastik. Semakin tinggi nilai persen pemanjangan maka bioplastik yang dihasilkan semakin elastis, sedangkan semakin kecil nilainya maka bioplastik yang dihasilkan dapat bersifat rapuh (Budiman *et al.*, 2018). Tingginya nilai tersebut menunjukkan kemampuan bioplastik dalam melindungi bahan yang dikemas akan semakin baik. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai persen pemanjangan yaitu penggunaan *plasticizer*. Semakin tinggi penggunaan *plasticizer* nilai persen pemanjangan meningkat. Akan tetapi, penggunaan *plasticizer* yang terlalu banyak dapat menyebabkan bioplastik menjadi lebih lunak sehingga dapat menurunkan sifat kuat tarik bioplastik yang dihasilkan (Nur *et al.*, 2020).

### 2.6.3 Modulus young

*Modulus young* merupakan salah satu parameter yang dapat mengukur kemampuan sifat kekakuan bioplastik yang dihasilkan. Nilai *modulus young* dapat diperoleh dari perbandingan nilai kekuatan tarik terhadap persen pemanjangan yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai *modulus young* maka bioplastik yang dihasilkan semakin kaku, sedangkan semakin rendah nilainya maka bioplastik yang dihasilkan bersifat elastis (Arini *et al.*, 2017). Faktor yang dapat mempengaruhi nilai *modulus young* suatu bioplastik yaitu komposisi bahan yang digunakan. Semakin banyak penggunaan selulosa maka akan menghasilkan bioplastik yang semakin kaku sehingga dapat meningkatkan nilai *modulus young*

dihasilkan . Selain itu, penggunaan konsentrasi plasticizer yang meningkat dapat menurunkan nilai *modulus young* yang dihasilkan (Nasir dan Othman, 2021).

#### **2.6.4 Laju transmisi uap air**

Pengujian laju transmisi uap air merupakan salah satu parameter penting dalam pengujian bioplastik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar uap air yang dapat menembus suatu bioplastik yang dihasilkan. Parameter ini sangat penting terhadap bioplastik yang digunakan sebagai pengemas yang berkaitan dengan umur simpan suatu produk. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi laju transmisi uap air suatu bioplastik yaitu ketebalan. Semakin tebal bioplastik yang dihasilkan maka kemampuan dalam menahan uap air dan gas suatu bioplastik akan semakin meningkat. Selain itu, penggunaan *plasticizer* gliserol memberikan pengaruh terhadap laju transmisi uap air yang dihasilkan, dimana semakin tinggi konsentersasi yang digunakan maka nilai laju transmisi uap air yang dihasilkan semakin tinggi (Juliani *et al.*, 2022).

#### **2.6.5 Ketebalan**

Ketebalan merupakan parameter yang penting dalam pembuatan bioplastik. Ketebalan bioplastik dapat mempengaruhi daya simpan produk. Semakin tebal bioplastik yang dihasilkan maka kemampuan terhadap permeabilitas uap air semakin baik sehingga produk yang dikemas memiliki umur simpan yang lebih panjang. Akan tetapi, bioplastik yang terlalu tebal memiliki kekurangan seperti meningkatkan biaya produksi dalam penggunaan bahan yang semkin banyak dan dapat mengurangi transparansi bioplastik yang dihasilkan. Ketebalan bioplastik yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah total padatan terlarut, volume, dan luas larutan dalam cetakan (Nur *et al.*, 2020). Pengukuran ketebalan bioplastik yang dihasilkan dapat dilakukan dengan menggunakan micrometer sekrup pada 5 titik berbeda (Nairfana and Ramdhani, 2021) atau pada 3 titik berbeda (Lusiana *et al.*, 2021) kemudian nilai dihitung rata-rata untuk mengetahui ketebalan akhir.

### **2.6.6 Ketahanan terhadap suhu ruang**

Parameter pengujian ketahanan terhadap suhu ruang bertujuan untuk mengetahui ketahanan bioplastik yang dihasilkan pada suhu ruang dengan pengamatan melalui visual berupa keutuhan dan warna bioplastik. Ketahanan terhadap suhu ruang bioplastik sangat diperlukan agar bioplastik yang dihasilkan dapat berfungsi dengan baik selama penggunaan seperti plastik sintesis dalam menjaga kualitas suatu produk. Pengamatan dilakukan dengan menyimpan bioplastik yang dihasilkan pada suhu ruang dan diamati setiap satu kali seminggu (Affanti, 2023).

### **2.6.7 Biodegradabilitas**

Karakteristik bioplastik yang paling penting yaitu kemampuan untuk diuraikan secara alami di lingkungan sehingga mencegah penumpukan yang berlebih seperti penggunaan plastik sintesis. Pembuatan bioplastik yang menggunakan bahan baku alami mudah mengalami perubahan pada struktur kimia dalam keadaan dan waktu tertentu. Biodegradasi bioplastik dimulai dengan proses kimia yaitu terjadinya pemecahan ikatan kimia dalam menghasilkan berat molekul yang lebih rendah suatu rantai polimer dengan cara proses oksidasi molekul. Tahapan selanjutnya degradasi dilakukan mikroorganisme melalui aktivitas enzim dengan memotong rantai polimer menjadi unit yang lebih sederhana (monomer). Polimer yang terdegradasi menjadi ukuran yang lebih kecil sepenuhnya terurai menjadi senyawa organik yang tidak membahayakan lingkungan (Akbar *et al.*, 2013). Pengujian biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan bioplastik untuk diuraikan atau didegradasi secara alami oleh aktivitas mikroorganisme atau proses biologis dalam lingkungan tertentu dalam tanah. Metode pengujian uji biodegradabilitas dapat menggunakan metode *soil test* dengan cara menempatkan bioplastik di dalam pot yang berisi tanah hingga terdegradasi secara sempurna (Hidayati *et al.*, 2015).



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, serta menggunakan Laboratorium Material, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-April 2024.

#### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit kakao yang di dapat di Desa Sukoharjo I, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung dengan jenis kulit kakao berupa campuran jenis Criollo dan Forastero. Bahan lain yang digunakan yaitu tepung kappa karagenan (IndoGum), asam asetat 1% (v/v), gliserol 5% (b/v), NaOH 12% (b/v), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10% (v/v), NaCl 40% (b/v), aquades, *silica gel*, dan tanah sebagai media pengurai dalam uji biodegradabilitas.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu timbangan digital, oven, *electrical powder grinder*, gelas ukur, gelas beaker, termometer, batang pengaduk, ayakan 80 mesh, kain saring nylon 250 mesh, penangas air, panci, loyang, cawan porselin, pipet volume, baskom, pisau, talenan, plat kaca ukuran 20x20 cm, mikrometer digital (RoHS), pot, serta MTS *Landmark Servohydraulic Test System* model *Landmark 370.10* 100 kN untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan.





### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 4 kali ulangan. Perlakuan pada penelitian ini yaitu kombinasi antara selulosa kulit kakao dan kappa karagenan yang disajikan pada Tabel 3 dengan berat masing-masing kombinasi yaitu 10 g. Pengamatan yang dilakukan yaitu ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *modulus young*, laju transmisi uap air, ketahanan di suhu ruang, dan biodegradabilitas. Data diuji homogenitas ragam menggunakan uji Barlett dan kemenambahan data menggunakan uji Tukey. Data di analisis ragam untuk mendapat penduga ragam galat dan mengetahui pengaruh antar perlakuan. Data diolah lebih lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Data hasil pengamatan ketahanan di suhu ruang dan uji biodegradabilitas disajikan dalam bentuk deskriptif.

Tabel 3. Kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan

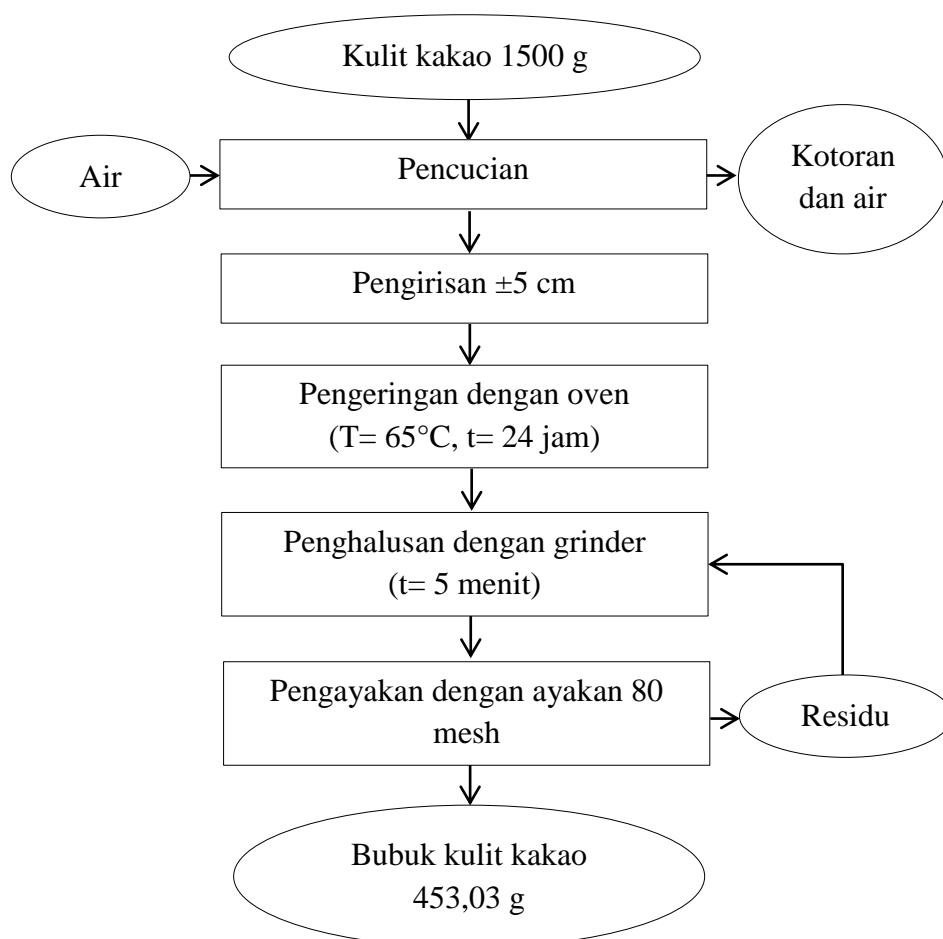
Perlakuan	Selulosa kulit kakao (g)	Kappa karagenan (g)
P1	8	2
P2	6	4
P3	5	5
P4	4	6
P5	2	8
P6	0	10

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan bubuk kulit kakao

Prosedur pembuatan bubuk kulit kakao mengacu pada metode penelitian Sena *et al.* (2021) yang dimodifikasi. Pembuatan bubuk kulit kakao dilakukan dengan menyiapkan kulit kakao sebanyak 1500 g. Kemudian dilakukan pencucian kulit kakao dengan air hingga bersih. Selanjutnya kulit kakao diiris dengan ukuran  $\pm 5$  cm untuk mempermudah proses pengeringan dan penggilingan. Kulit kakao dikemudian dikeringkan dengan oven yaitu suhu 65° C selama 24 jam. Kulit

kakao kering kemudian dimasukkan ke dalam grinder untuk dihaluskan selama 5 menit. Kulit kakao yang telah halus diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Sisa residu yang dihasilkan dari ayakan kemudian dimasukkan kembali ke grinder untuk dihaluskan dan diayak kembali untuk menghasilkan bubuk kulit kakao. Prosedur pembuatan bubuk kulit kakao dapat dilihat pada Gambar 5.

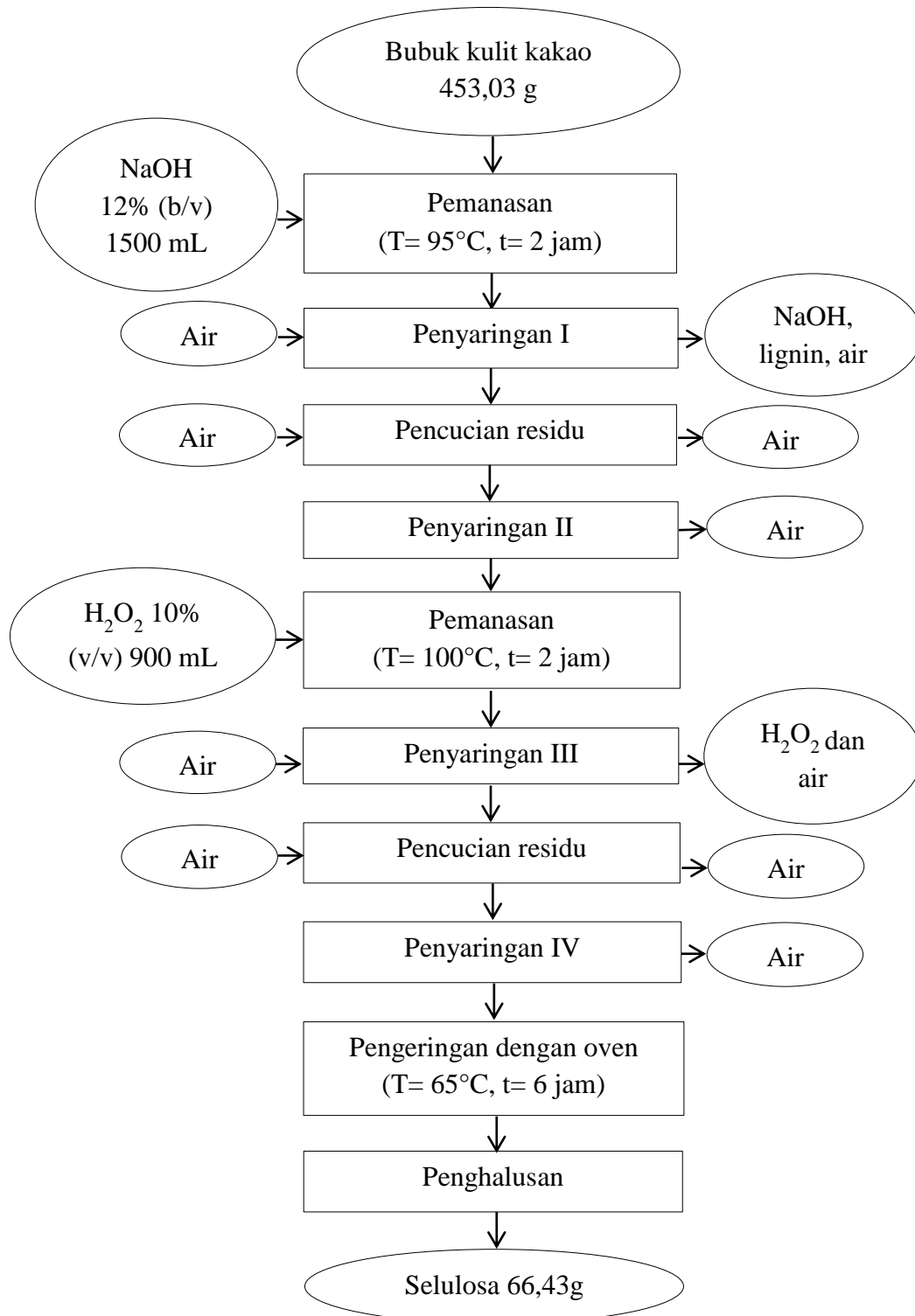


Gambar 5. Prosedur pembuatan bubuk kulit kakao  
Sumber: Sena *et al.* (2021) dengan modifikasi

### 3.4.2 Isolasi selulosa kulit kakao

Tahapan selanjutnya yaitu bubuk kakao dilakukan proses delignifikasi. Proses isolasi selulosa kulit kakao mengacu pada metode Sena *et al.* (2021) yang dimodifikasi. Bubuk kakao sebanyak 453,03 g dipanaskan menggunakan larutan NaOH 12% (b/v) sebanyak 1500 mL selama 2 jam. Selanjutnya, sampel disaring menggunakan kain saring nylon 250 mesh untuk memisahkan filtrat berupa NaOH

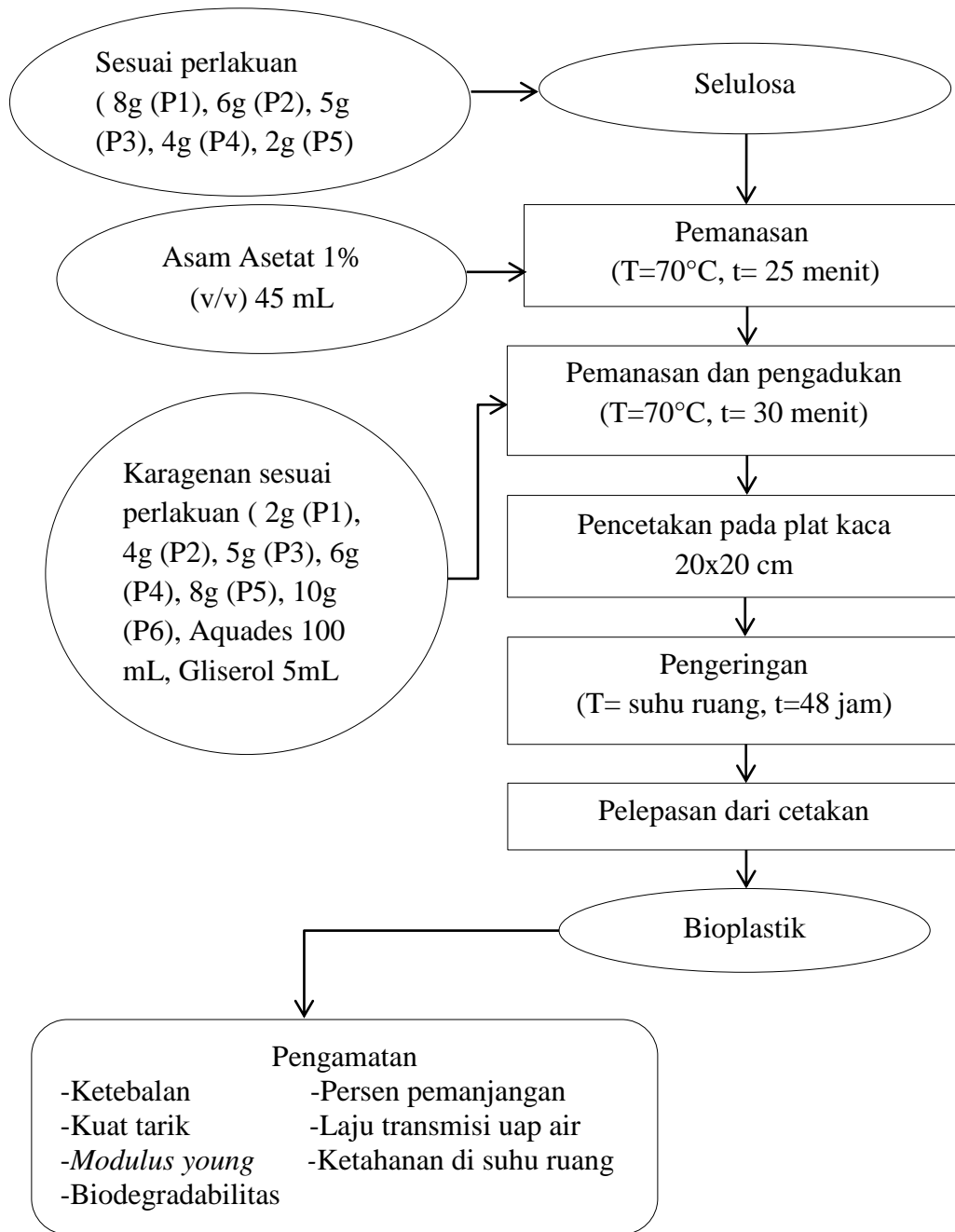
lignin, dan air. Residu yang dihasilkan dicuci kembali menggunakan air dan disaring kembali hingga ditandai air tidak berwarna kecoklatan untuk mendapatkan selulosa kulit kakao. Selulosa yang dihasilkan kemudian masuk ke tahap *bleaching*. Selulosa dipanaskan dengan larutan  $H_2O_2$  10% (v/v) sebanyak 900 mL dengan suhu  $100^\circ C$  selama 2 jam. Selanjutnya, disaring untuk memisahkan selulosa dan filtrat ( $H_2O_2$ ). Selulosa kemudian dicuci dengan air dan disaring kain saring nylon 250 mesh. Selulosa yang dihasilkan dikering anginkan pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian pengeringan menggunakan oven dengan suhu  $65^\circ C$  selama 6 jam hingga di dapatkan selulosa kering dan dihaluskan menggunakan mortar. Prosedur isolasi selulosa kulit kakao dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Prosedur isolasi selulosa kulit kakao  
Sumber: Sena *et al.* (2021) dengan modifikasi

### 3.4.3 Proses pembuatan bioplastik

Proses pembuatan bioplastik mengacu pada metode Rusli *et al.* (2017) yang dimodifikasi. Tahapan proses pembuatan bioplastik yaitu selulosa Sesuai perlakuan (8g (P1), 6g (P2), 5g (P3), 4g (P4), 2g (P5) dimasukkan ke dalam gelas beaker. Selanjutnya, dilakukan penambahan asam asetat 1% 45 mL dan dilakukan pemanasan selama 25 menit. Pemanasan ini bertujuan untuk melarutkan selulosa agar lebih homogen pada saat pembuatan bioplastik. Selulosa yang sudah larut kemudian ditambahkan aquades 100 mL, gliserol 5 mL, dan kappa karagenan sesuai perlakuan ( 2g (P1), 4g (P2), 5g (P3), 6g (P4), 8g (P5), 10g (P6). Kemudian campuran semua bahan dipanaskan pada suhu 70°C selama 30 menit yang disertai pengadukan. Setelah proses pemanasan selesai, campuran dituang diatas plat kaca ukuran 20 x 20 cm dan dicetak dengan menempatkan plat kaca diatas adonan. Kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 48 jam. Bioplastik yang telah terbentuk, dilepaskan dari plat kaca dan dilakukan pengamatan. Prosedur pembuatan bioplastik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur pembuatan bioplastik kulit kakao dan kappa karagenan  
Sumber: Rusli *et al.* (2017) dengan modifikasi

### 3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *modulus young*, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang, dan uji biodegradabilitas.

#### 3.5.1 Ketebalan

Pengujian ketebalan ini mengacu pada penelitian Nairfana dan Ramdhani (2021). Pengukuran ketebalan bioplastik dilakukan dengan menggunakan mikrometer digital dengan ketelitian 1 $\mu$ m pada lima titik yang berbeda. Nilai ketebalan bioplastik ditentukan dengan menghitung nilai rata-rata dari lima titik pengukuran.

#### 3.5.2 Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik bioplastik mengacu pada *American Standard Testing Method* (ASTM) 1983 dengan menggunakan alat uji berupa *MTS Landmark Servohydraulic Test System* model *Landmark 370.10* 100 kN. Pengujian kuat tarik dilakukan dengan cara memotong sampel dengan ukuran 19 mm x 120 mm. Kondisi pengujian dilakukan pada suhu 24°C, *Instron* diatur pada *loadcell* 100 kN, *crosshead speed* 0,010 kN, dan *initial grip separation* 20 mm. Nilai kekuatan tarik kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma = \frac{F \max}{A}$$

Keterangan :

$\sigma$  = Kekuatan tarik (MPa)

F max = Gaya kuat tarik (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

### 3.5.3 Persen pemanjangan

Persen pemanjangan diukur menggunakan alat MTS *Landmark Servohydraulic Test System* model *Landmark 370.10* 100 kN sejalan dengan pengujian kuat tarik. Pengujian persen pemanjangan dilakukan dengan mempersiapkan sampel bioplastik ukuran 19 mm x 120 mm. Kondisi pengujian dilakukan pada suhu 24°C, Instron diatur pada *loadcell* 100 kN, *crosshead speed* 0,010 kN, dan *initial grip separation* 20 mm. Perhitungan persen pemanjangan dilakukan pada saat bioplastik pecah atau robek. Pengukuran bioplastik dilakukan pada saat sebelum penarikan yaitu diukur sampai batas pegangan atau yang disebut panjang awal ( $l_0$ ) dan pengukuran setelah penarikan atau yang disebut panjang setelah putus ( $l_1$ ) (ASTM, 1983). Persen pemanjangan kemudian dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

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

Keterangan:

$l_0$  = Panjang awal (mm)

$l_1$  = Panjang setelah putus (mm)

### 3.5.4 Modulus young

Pengujian parameter *modulus young* dilakukan untuk mengetahui sifat kekakuan dari suatu bioplastik yang dihasilkan. Nilai *modulus young* dapat diperoleh dari perbandingan nilai kekuatan tarik terhadap persen pemanjangan yang dihasilkan (Indah dan Mahyudin, 2022). *Modulus young* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan :

E = *Modulus young* (MPa)

$\sigma$  = kuat tarik (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan



### 3.5.5 Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air diukur dengan menggunakan metode cawan yang ditentukan secara gravimetri (ASTM E96-01, 1997) dalam Dewi *et al.* (2015). Bioplastik dipotong dengan berbentuk lingkaran dengan mengikuti diameter cawan yang diisi *silica gel* sebanyak 10 g. Bagian tepi sampel direkatkan pada permukaan cawan dengan menggunakan isolasi. Cawan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam toples yang berisikan larutan NaCl 40% (b/v) dan dikondisikan selama 24 jam pada suhu ruangan. Penimbangan dilakukan pada berat awal sampel dan akhir setelah pengamatan 24 jam. Nilai laju transmisi uap air sampel kemudian dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$WVTR = \frac{W - W_0}{A \times t}$$

Keterangan:

WVTR = Nilai laju transmisi uap air ( $\text{g/m}^2/\text{hari}$ )

$W_0$  = Berat awal (g)

W = Berat akhir setelah 24 jam (g)

t = Waktu (24 jam)

A = Luas area ( $\text{m}^2$ )

### 3.5.6 Ketahanan terhadap suhu ruang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan bioplastik yang dihasilkan pada suhu ruang. Pengujian ini dilakukan dengan cara menyiapkan sampel bioplastik dengan ukuran 3 x 3 cm setiap perlakuan kemudian diletakkan diatas plat kaca ukuran 20 x 20 cm pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali selama 5 minggu dengan mengamati perubahan penampakan visual bioplastik seperti keutuhan, warna, dan kondisi permukaan. Hasil pengamatan kemudian disajikan dalam bentuk deksiptif (Fransisca *et al.*, 2013).

### 3.5.7 Uji biodegradabilitas

Pengujian biodegradabilitas dilakukan menggunakan metode tanah atau *soil burial test* (Hidayati *et al.*, 2019). Pada penelitian ini tanah yang digunakan berasal dari Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dengan jenis tanah yaitu ultisol. Tanah yang digunakan diambil pada bagian permukaan, kedalaman 25 cm, dan kedalaman 50 cm dari permukaan tanah. Sampel bioplastik dibuat dengan ukuran 3 x 3 cm. Kemudian sampel dikubur kedalam pot pada kedalaman 8 cm dan dibiarkan pada suhu ruang. Tanah disiram menggunakan air dalam jangka waktu setiap satu minggu sekali. Pengamatan dilakukan setiap seminggu sekali hingga bioplastik mengalami degradasi secara sempurna.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan berpengaruh nyata terhadap ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *modulus young*, dan laju transmisi uap air bioplastik. Penggunaan selulosa yang lebih tinggi berpengaruh nyata dalam meningkatkan nilai *modulus young*, serta menurunkan nilai ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan dan laju transmisi uap air. Penggunaan kappa karagenan yang lebih tinggi berpengaruh nyata dalam meningkatkan ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, *modulus young*, dan laju transmisi uap air bioplastik.
2. Perlakuan yang memenuhi standar JIS z 1707 pada penelitian ini pada parameter kuat tarik yaitu P2 (1,846 MPa), P3 (2,164 MPa), P4 (2,203 MPa), P5 (3,090 MPa), dan P6 (6,116 MPa) ; parameter persen pemanjangan yaitu P2 (20,041 %), P3 (28,545 %), P4 (37,428 %), P5 (46,982 %), dan P6 (38,945 %) ; dan parameter *modulus young* yaitu P2 (10,873 MPa), P3 (9,250 MPa), P4 (6,325 MPa), P5 (6,608 MPa), dan P6 (15,610 MPa).

### 5.2 Saran

Saran yang perlu dilakukan untuk penelitian ini:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan kombinasi selulosa kulit kakao dan kappa karagenan dengan bahan tambahan lainnya dalam memperbaiki nilai ketebalan dan laju transmisi uap air bioplastik

2. Diperlukan adanya perbaikan pada proses isolasi selulosa kulit kakao untuk dilakukan penghalusan menggunakan grinder serta pengayakan sehingga diperoleh selulosa yang lebih halus dan homogen pada saat proses pembuatan bioplastik.
3. Diperlukan adanya perbaikan pada parameter uji biodegradabilitas agar dilakukan pengamatan setiap hari setelah dua minggu pengamatan untuk mengetahui lebih detail pada hari keberapa suatu sampel bioplastik tersebut telah terdegradasi secara sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ade, Y.N., Jeksen, J., dan Herliana, A. 2023. Pemanfaatan Limbah Kulit Kakao (*Theobroma Cacao* . L) sebagai Pakan Ternak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara (Pengabmas Nusantara)*. 5(4): 26–31.
- Affanti, R. 2023. Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Serat Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) dengan Penambahan Gliserol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 47 hlm.
- Akbar, F., Anita, Z., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(2): 11–15.
- Arini, D., Ulum, M.S., dan Kasman, K. 2017. Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Biji Durian. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 6(3): 276–283.
- Aripin, S., Saing, B., dan Kustiyah, E. 2017. Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. 6(2): 79–84.
- ASTM(American Society for Testing and Materials). 1983. *Annual book of ASTM Standard. American Society for Testing and Material*. Philadelphia. 512 hlm.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1997. *Annual book of ASTM Standard. American Society for Testing and Material*. Philadelphia. 974 hlm.
- Azmin, S.N.H.M., Hayat, N.A.B.M., and Nor, M.S.M. 2020. Development and Characterization of Food Packaging Bioplastic Film from Cocoa Pod Husk Cellulose Incorporated with Sugarcane Bagasse Fibre. *Journal of Bioresources and Bioproducts*. 5(4): 248–255.
- BPS. 2020. Statistik Kakao Indonesia 2019. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 86 hlm

- .BPS. 2021. Statistik Kakao Indonesia 2020. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 94 hlm.
- BSN. 2014. SNI 7818:2014 Kantong Plastik Mudah Terurai. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 11 hlm.
- Budiman, J., Nopianti, R., dan Lestari, S.D. 2018. Karakteristik Bioplastik dari Pati Buah Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*). *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. 7(1): 49–59.
- Daniyan, I.A., Adeodu, A.O., and Adewumi, D.F. 2014. Design of a Processor for the Production of 30,000 Tons of Caustic Potash per Anum from Cocoa Pod Husk. *International Journal of Science and Research*. 3(3): 691–700.
- Daud, Z., Kassim, A.S.M., Aripin, A.M., Awang, H., and Hatta, M.Z.M. 2013. Chemical Composition and Morphological of Cocoa Pod Husks and Cassava Peels for Pulp and Paper Production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 7(9): 406–411.
- Dewi, I.G.A.A.M.P., Hardsoyuno, B.A., 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.
- Distantina, S., Rochmadi, Wiratni, dan Fahrurrozi, M. 2012. Mekanisme Proses Tahap Ekstraksi Karagenan dari *Eucheuma cottonii* menggunakan Pelarut Alkali. *AGRITECH*. 32(4): 397–402.
- Elisusanti., Illing, I., dan Alam, M.N. 2019. Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Kepok/Selulosa Serbuk Kayu Gergaji. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*. 1(1): 14–19.
- Fardhyanti, D.S. dan Julianur, S.S. 2015. Karakterisasi *Edible Film* Berbahan Dasar Ekstrak Karagenan dari Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4(3): 68–73
- Fauzi, Y.A. 2015. Pengaruh Penambahan Plasticizer Sorbitol dan Gliserol terhadap Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Dasar Serat Selulosa Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*). *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang. 92 hlm.
- Febiyanti, M., Ghozali, A.A., Redjeki, S., dan Iriani. 2020. Edible Film dari Tepung Kappa Karagenan dan Kitosan Cangkang Rajungan dengan Gliserol. *Journal of Chemical and Process Engineering ChemPro Journal*. 1(1): 16–21.
- Fiqinanti, N., Zulferiyenni, Susilawati, dan Nurainy, F. 2022. Karakteristik Biodegradable Film dari Bekatul Beras dan Selulosa Sekam Padi. *Jurnal*

*Agroindustri Berkelanjutan*. 1(2): 283–293.

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.

Hidayati, S. 2019. *Lignoselulosa, Ekstraktif dan Lindi Hitam*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 80 hlm.

Hidayati, S., Satyajaya, W., dan Iryani, D.A. 2018. *Teknologi Pulp dan Kertas; Pulping non Kayu*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 100 hlm.

Hidayati, S., Zuidar, A.S., dan Ardiani, A. 2015. Aplikasi Sorbitol pada Produksi Biodegradable Film dari *Nata De Casavva*. *Reaktor Journal of Chemical Engineering*. 15(3): 196–204.

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): 340–254.

Indah, A.P. dan Mahyudin, A. 2022. Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Fisis dan Biodegradasi Film Komposit Nanoserat Pinang dengan Castor Oil sebagai Pemlastis Ayuzia. *Jurnal Fisika Unand*. 11(4): 501–507.

Intandiana, S., Dawam, A.H., Denny, Y.R., Septiyanto, R.F., dan Affifah, I. 2019. Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokrystalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*. 4(2): 185–194.

Ismaya, F.C., Hendrawati, T.Y., dan Kosasih, M. 2019. Pemilihan Prioritas Bahan Baku Plastik *Biodegradable* dengan Metode *Analytical Hierarkhi Process* (AHP). *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*. 19: 1–5.

Jacob, A.M., Nugraha, R., dan Utari, S.P.S.D. 2014. Pembuatan Edible Film dari Pati Buah Lindur dengan Penambahan Gliserol dan Karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(1): 14-21

Japanese Standard Association. 2019. JIS Z 1707- General Rules of Plastic Films for Food Packaging. *JIS Z 1707*. 1-9 hlm.

Juliani, D., Suyatma, N.E., dan Taqi, F.M. 2022. Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi Plasticizer terhadap Karakteristik Edible Film K-Karagenan. *Keteknik Pertanian*. 10(1): 29–40.

Juradi, M.A., Tando, E., dan Suwitra, K. 2019. Inovasi Teknologi Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai Pupuk Organik

- Ramah Lingkungan. *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*. 2(2): 9–17.
- Jusmiati, A., Rusli, R., dan Rijai, L. 2015. Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Kakao Masak dan Kulit Buah Kakao Muda. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 1(1): 34–39.
- Kalsum, U., Robiah, dan Yokasari. 2020. Pembuatan Bioplastik dari Ampas Tahu dan Ampas Tebu dengan Pengaruh Penambahan Gliserol dan Tepung Maizena. *Jurnal Distilasi*. 5(2): 34–37.
- Kamsiati, E., Herawati, H., dan Purwani, E.Y. 2017. Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*. 36(2): 67-76.
- Karouw, S., Barlina, R., Kapu'allo, M.L., dan Wungkana, J. 2017. Karakteristik Biodegradable Film Pati Sagu dengan Penambahan Gliserol, CMC, Kalium Sorbat dan Minyak Kelapa. *Buletin Palma*. 18(1): 1–7.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2022. *SIPSN: Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Diakses pada 29 Oktober 2023.
- Kusuma, I.G.N.S., Putra, I.N.K., dan Darmayanti, L.P.T. 2019. Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Teh Herbal Kulit Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*. 8(1): 85–93.
- Lusiana, R.A., Suseno, A., Haris, A., dan Sari, N.I. 2021. Karakteristik Fisikokimia Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan Tertaut Silang Asam Suksinat / Pati / Poly Vinyl Alcohol. *ANALIT: Analytical and Environmental Chemistry*. 6(02): 145–155.
- Miranda, P.M., Putra, G.P.G., dan Suhendra, L. 2020. Karakteristik Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai Sumber Antioksidan pada Perlakuan Konsentrasi Pelarut dan Ukuran Partikel. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 8(1): 28–38.
- Muharam, T., Fitriani, D., Jannah, D.F.M., Al Ghifari, M.Z., dan Sihombing, R.P. 2022. Karakteristik Daya Serap Air dan Biodegradabilitas pada Bioplastik Berbasis Pati Singkong dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol. *Prosiding Emninar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (Snast)*. D35-49.
- Mulyadi. 2018. Aplikasi Edible Coating dari Pektin Kulit Kakao dengan Penambahan berbagai Konsentrasi Carboxy Metil Cellulose (CMC) dan Gliserol untuk Mempertahankan Kualitas Buah Tomat Selama Penyimpanan. *Skripsi*. Universitas Medan Area. Medan. 91 hlm.
- Murdiningsih, H., Hasan, B., Alwina, E., dan Puspitasari. 2018. Ekstraksi Karaginan dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. *Prosiding Semninar Hasil*



*Penelitian (SNP2M)*. 18: 18–23.

- Nafiah, H. Winarni., dan Susatyo, E.B. 2012. Pemanfaatan Karagenan dalam Pembuatan Nugget Ikan Cucut. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 1(1): 27-31.
- Nairfana, I. dan Ramdhani, M. 2021. Karakteristik Fisik Edible Film Pati Jagung (*Zea mays* L.) Termodifikasi Kitosan dan Gliserol. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*. 7(1): 91–102.
- Nasir, N.N. and Othman, S.A. 2021. The Physical and Mechanical Properties of Corn-Based Bioplastic Films with Different Starch and Glycerol Content. *Journal of Physical Science*. 32(3): 89–101.
- Nulfia, I. dan Etika, S.B. 2022. Plastik Biodegradable dari Pati Buah Sukun (*Artocarpus altilitis*) dengan Penambahan Plasticizer Gliserol. *Periodic Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*. 11(2): 45–49.
- Nur, R.A., Nazir, N., dan Taib, G. 2020. Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Durian dan Pati Singkong yang Menggunakan Bahan Pengisi MCC (Microcrystalline cellulose) dari Kulit Kakao. *Gema Agro*. 25(1): 1–10.
- Nurfitriyani, R. 2022. Pengaruh Penambahan Gliserol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC) terhadap Karakteristik Biodegradable film Berbasis Selulosa Kulit Kopi. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 42 hlm.
- Oketechno. 2019. *Mahasiswa UNY Berhasil Memanfaatkan Kulit Kakao sebagai Penyimpanan Energi Melebihi Batre*.  
<https://techno.okezone.com/read/2019/07/29/56/2084835/mahasiswa-uny-berhasil-memanfaatkan-kulit-kakao-sebagai-penyimpan-energi-melebihi-batre>. Diakses pada 13 November 2023.
- Prasetyo, A.E., Widhi, A., dan Widayat. 2012. Potensi Gliserol dalam Pembuatan Turunan Gliserol melalui Proses Esterifikasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 10(1): 26–31.
- Prasetyo, Y.E. 2023. Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Selulosa Kelobot Jagung (*Zea mays*) dengan Penambahan Gliserol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC). *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 66 hlm.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., dan Barliana, M.I. 2016. Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) sebagai Bahan Bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 3(3): 83–91.
- Ratnasari, D., Tulaini, S., Setyawan, H., dan Suari, N.M.I.P. 2019. Studi

- Pemilihan Proses Pabrik Gliserol Monostearat. *Jurnal Teknik ITS*. 8(1): 7–11.
- Ratnawati, S. 2020. Processing of Plastic Waste Into Alternative Fuels in The Form of Grounded (Pertalastic) Trough Pirolysis Process in Science Laboratory of MTsN 3 West Aceh. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*. 3(1): 8–16.
- Rifaldi, A., Irdoni, H., dan Bahrudin. 2017. Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbasis Pati Sagu dengan Penambahan Filler Clay dan Plasticizer Gliserol. *Jom FTEKNIK*. 4(1): 1–7.
- Rusli, A., Metusalach, Salengke, dan Tahir, M.M. 2017. Karakteristik Edible Film Karagenan dengan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2): 219–229.
- Santoso, B., Herpandi, Pitayati, P.A., dan Pambayun, R. 2013. Pemanfaatan Karagenan dan Gum Arabiic sebagai Edible Film Berbasis Hidrokoloid. *AGRITECH*. 33(2): 140-145.
- Sari, M. Pengolahan dan Karakterisasi Biodegradable Film Berbahan Baku Rumput Laut Mentah (*Kappaphycus alvarezii*) dengan Campuran Gliserol. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 55 hlm.
- Sena, P.W., Putra, G.P.G., dan Suhendra, L. 2021. Karakterisasi Selulosa dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada berbagai Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Suhu Proses Bleaching. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 9(3): 288-299.
- Seto, A.S. dan Sari, A.M. 2013. Pembuatan Selulosa Asetat Berbahan Dasar Nata De Soya. *Konversi*. 2(2): 1–12.
- Sulistyo, F.T., Utomo, A.R., dan Setijawati, E. 2018. Karakteristik Fisikokimia Edible Film Berbasis Gelatin. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 17(2): 75–80.
- Sulityo, H.W. dan Ismiyati. 2012. Pengaruh Formulasi Pati Singkong–Selulosa terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas pada Pembuatan Bioplastik. *Konversi*. 1(2): 23–30.
- Susilowati, P.E., Fitri, A., dan Natsir, M. 2017. Penggunaan Pektin Kulit Buah Kakao sebagai Edible Coating pada Kualitas Buah Tomat dan Masa Simpan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 6(2): 1–4.
- Vriesmann, L.C., Amboni, R.D.D.M.C., and Petkowicz, C.L.D.O. 2011. Cacao Pod Husks (*Theobroma cacao* L.): Composition and Hot-Water-Soluble Pectins. *Industrial Crops and Products*. 34(1): 1173–1181.

- Wahyuni, S., Hambali, E., dan Marbun, B.T.H. 2016. Esterifikasi Gliserol dan Asam Lemak Jenuh Sawit dengan Katalis Mesa. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 26(3): 333–342.
- Wijayanti, K.P., Dermawan, N., Faisah, S.N., Prayogi, V., Judiawan, W., Nugraha, T., dan Listyorini, N.T. 2016. Bio-Degradable Bioplastics sebagai Plastik Ramah Lingkungan. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*. 1(2): 131–153.