

**FORMULASI FILM BOKOMPOSIT BERBASIS SELULOSA KULIT  
KAKAO (*Theobroma cacao L.*) DAN PATI BIJI DURIAN (*Durio zibenthinus  
Murr*)**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Muhammad Ridho Al Farizi  
2214051043**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### FORMULASI FILM BIOKOMPOSIT BERBASIS SELULOSA KULIT KAKAO (*Theobroma cacao L.*) DAN PATI BIJI DURIAN (*Durio zibenthinus Murr*)

OLEH

MUHAMMAD RIDHO AL FARIZI

Selulosa kulit kakao memiliki potensi sebagai bahan penguat mekanik namun sifatnya yang kaku perlu dikombinasikan dengan pati untuk meningkatkan fleksibilitas material biokomposit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian terhadap karakteristik biokomposit serta menentukan komposisi terbaik sesuai standar *Japanese Industrial Standard* (JIS Z 1707). Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) faktor tunggal dengan enam variasi perbandingan selulosa dan pati yaitu 0:10, 2:8, 3:7, 5:5, 7:3, dan 8:2 (b/b) dengan tiga ulangan. Parameter yang dianalisis meliputi kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air (WVTR), modulus elastisitas, warna, dan biodegradabilitas. Data penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter. Peningkatan selulosa meningkatkan kekakuan dan modulus tetapi menurunkan fleksibilitas, sedangkan peningkatan pati memberikan efek sebaliknya. Nilai kuat tarik berkisar 0,328–1,548 MPa, ketebalan 0,263–1,409 mm, persen pemanjangan 7,382–110,167%, WVTR 13,656–27,239 g/m<sup>2</sup>/hari, dan modulus elastisitas 1,372–6,894 MPa. Formulasi terbaik ditunjukkan oleh P4 (5 g selulosa kulit kakao : 5 g pati biji durian) dengan kuat tarik 0,951 MPa, persen pemanjangan 15,840%, dan WVTR 18,557 g/m<sup>2</sup>/hari (*grade* 3), serta nilai warna  $\Delta E$  (44,493) dengan karakteristik film lebih gelap  $L^*$  (-44,197) dan tingkat biodegradabilitas 63,638% dalam 15 hari yang telah memenuhi standar SNI 7188.7:2016. Perlakuan terbaik (P4) berpotensi diaplikasikan sebagai bahan kemasan sekunder dan kemasan produk pangan kering berkadar air rendah yang tidak memerlukan sifat penghalang uap air yang sangat tinggi.

**Kata kunci:** biodegradabilitas, biokomposit, pati biji durian, selulosa kulit kakao, sifat mekanik

## ABSTRACT

### FORMULATION OF BIOCOMPOSITE FILM BASED ON COCOA POD HUSK CELLULOSE (*Theobroma cacao L.*) AND DURIAN SEED STARCH (*Durio zibethinus Murr.*)

By

MUHAMMAD RIDHO AL FARIZI

Cocoa pod husk cellulose has potential as a mechanical reinforcing agent, but its rigid nature needs to be combined with starch to improve the flexibility of biocomposite materials. This study aimed to determine the effect of cocoa pod husk cellulose and durian seed starch formulations on biocomposite film characteristics and to determine the best composition according to the Japanese Industrial Standard (JIS Z 1707). The study was conducted using a completely randomized block design (RCBD) with a single factor consisting of six variations of cellulose-to-starch ratios, namely 0:10, 2:8, 3:7, 5:5, 7:3, and 8:2 (w/w) with three replications. Parameters analyzed included tensile strength, thickness, elongation at break, water vapor transmission rate (WVTR), modulus of elasticity, color, and biodegradability. The results showed that the variation in composition significantly affected all parameters. Increasing cellulose content increased stiffness and modulus of elasticity but reduced flexibility, while increasing starch content had the opposite effect. Tensile strength ranged from 0.328–1.548 MPa, thickness 0.263–1.409 mm, elongation at break 7.382–110.167%, WVTR 13.656–27.239 g/m<sup>2</sup>/day, and modulus of elasticity 1.372–6.894 MPa. The best formulation was P4 (5 g cocoa pod husk cellulose : 5 g durian seed starch) with tensile strength of 0.951 MPa, elongation at break of 15.840%, and WVTR of 18.557 g/m<sup>2</sup>/day (grade 3), as well as a color value of  $\Delta E$  (44.493) with darker film characteristics  $L^*$  (-44.197) and a biodegradability level of 63.638% within 15 days, which has met the SNI 7188.7:2016 standard. The best formulation (P4) has potential to be applied as secondary packaging and packaging for low-moisture dry food products that do not require very high water vapor barrier properties.

**Keywords:** *biodegradability, biocomposite, cocoa pod husk cellulose, durian seed starch, mechanical properties*

**FORMULASI FILM BIOKOMPOSIT BERBASIS SELULOSA KULIT  
KAKAO (*Theobroma cacao L.*) DAN PATI BIJI DURIAN (*Durio zibenthinus  
Murr*)**

**Oleh**

**MUHAMMAD RIDHO AL FARIZI**

**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  
2026**

Judul Skripsi

: **FORMULASI FILM BOKOMPOSIT  
BERBASIS SELULOSA KULIT KAKAO  
(*Theobroma cacao L.*) DAN PATI BIJI  
DURIAN (*Durio zibenthinus Murr*)**

Nama

: **Muhammad Ridho Al Farizi**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **2214051043**

Program Studi

: **Teknologi Hasil Pertanian**

Fakultas

: **Pertanian**



1. Komisi Pembimbing

**Ir. Zulferiyenni, M.T.A.**

NIP. 19620207 199010 2 001

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

NIP. 19910129 201903 1 014

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

**Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., C.EIA.**

NIP. 19721006 199803 1 005

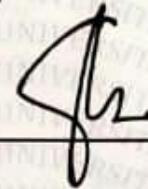
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

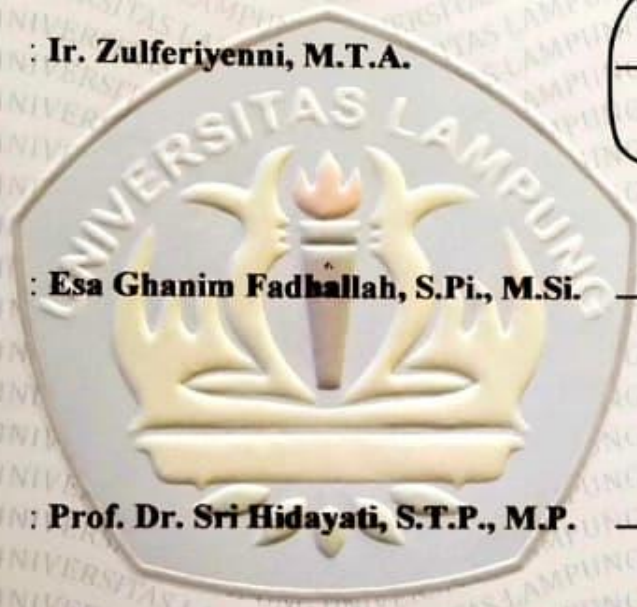
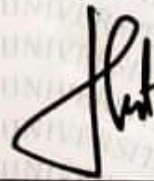
**Ketua : Ir. Zulferiyenni, M.T.A.**



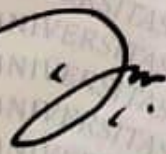
**Sekretaris : Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si.**



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



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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

19641118 198902 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 04 Juni 2026**

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ridho Al Farizi  
NPM : 2214051043

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 kemuudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 9 Juni 2026  
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Ridho Al Farizi  
NPM. 2214051043

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Negarasaka 23 Mei 2004, sebagai anak pertama laki-laki dari pasangan bapak Sutarto dan ibu Imah Magfiroh. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Sambirejo pada tahun 2016, pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Jabung pada tahun 2019, dan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Pasir Sakti pada tahun 2022. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur SNMPTN.

Pada bulan Januari-Februari 2024, penulis melaksanakan kuliah kerja nyata (KKN) di desa Sumber Agung Mataram, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Industri Jamu Dan Farmasi Sido Muncul pada bulan Juli-Agustus 2025. Penulis mendapatkan kesempatan untuk menjadi asisten penelitian dengan topik *biodegradable film* dari selulosa kulit kakao dan asisten praktikum mata kuliah teknologi pati. Penulis dipercaya menjadi penyaji makalah/*presenter* dalam Seminar Agroindustri Berkelanjutan tahun 2024 dan *The 5<sup>th</sup> International Seminar of Science And Technology* yang diselenggarakan oleh Universitas Terbuka tahun 2025.

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, kasih sayang, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Formulasi Film Biokomposit Berbasis Selulosa Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) dan Pati Biji Durian (*Durio zibenthinus Murr*)”. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, doa, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terima kasih 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., C.EIA., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A, selaku dosen pembimbing pertama sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah memberikan ilmu, arahan, nasihat, kritik, saran, kesabaran, dan motivasi kepada penulis selama proses perkuliahan, penelitian, hingga penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Esa Ghanim Fadhallah, S.Pi., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak perhatian, bantuan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis selama proses penelitian dan penyelesaian skripsi ini.
6. Ibu Prof. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku dosen pembahas yang telah memberikan kritik, evaluasi, serta saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.

7. Seluruh dosen pengajar serta staf Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan ilmu, pengalaman, bantuan, dan pelayanan akademik kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Ketiga orang terkasih nenek Wakiyem, bapak Sutarto dan ibu Ima Magfiroh yang namanya selalu penulis sematkan di setiap doa paling panjang. Terimakasih untuk segala perjuangan yang tidak selalu sempat diceritakan.
9. Eksekutif Tadika Mesra, Ahmad Hafidz Al Haris, Farhan Parwansyah, Novi Fitrianiingsih, Ken Azzahra Sabia, Fitri Anggreni Munthe, Shofa Khoirunnisa Nur Afifah, dan Alda Br Ginting, yang telah menjadi teman mengukir cerita seperjalanan penulis selama masa perkuliahan.
10. Sahabat Kopken, Siti Elbi Zelita dan Vivi Emilda Fradana, yang menemani penulis dalam proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena tetap tinggal di masa paling melelahkan, mendengar segala keluh tanpa bosan, dan menjadi pengingat bahwa seseorang tidak harus berjalan sendirian untuk bisa sampai pada tujuan.
11. Terakhir, penulis ucapkan pujian paling dalam dan rasa bangga terhadap pemilik NPM 2214051043 yang telah tumbuh menjadi seseorang yang lebih dewasa, bertanggung jawab atas hidupnya. Terima kasih karena tidak menyerah pada keadaan, sebab dari semua luka yang berhasil dilewati, lahirlah versi diri yang hari ini mampu berdiri dengan lebih kuat dan lebih tenang.

Penulis perharap semoga Allah membalas segala kebaikan yang telah dilimpahkan dan diperoleh kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kebaikan dan perkembangan ilmu pengetahuan bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 9 Juni 2026

**Muhammad Ridho Al Farizi**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Biokomposit.....	8
2.2 Kulit kakao.....	8
2.3 Selulosa Kulit Kakao .....	10
2.4 Pati Biji Durian .....	11
2.5 Gliserol.....	11
2.6 Karakteristik Biokomposit .....	13
2.6.1 Kuat Tarik ( <i>Tensile strength</i> ).....	14
2.6.2 Ketebalan ( <i>Thickness</i> ).....	14
2.6.3 Persen pemanjangan ( <i>Elongation</i> ) .....	15
2.6.4 Laju transmisi uap air ( <i>Water vapor trasmission rate</i> )...	15
2.6.5 Modulus elastisitas ( <i>Modulus young 's</i> ) .....	16
2.6.6 Warna.....	16
2.6.7 Biodegradabilitas .....	17
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2 Bahan dan Alat.....	18
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 film biokomposit.....	21
3.5 Pengamatan .....	22
3.5.1 Kuat tarik .....	23
3.5.2 Ketebalan .....	23
3.5.3 Persen pemanjangan.....	23
3.5.4 Laju transmisi uap air.....	24
3.5.5 Modulus elastisitas.....	25
3.5.6 Warna.....	25
3.5.7 Biodegradabilitas .....	26
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Kuat Tarik ( <i>Tensile Strength</i> ) .....	27
4.2 Ketebalan ( <i>Thickness</i> ).....	29
4.3 Persen Pemanjangan ( <i>Elongation</i> ).....	32
4.4 Laju Transmisi Uap Air ( <i>Water Vapor Trasmision Rate</i> ).....	34
4.5 Modulus Elastisitas ( <i>Modulus Young's</i> ) .....	38
4.6 Warna.....	41
4.7 Biodegradabilitas .....	44
4.8 Penentuan Perlakuan Terbaik.....	47
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>63</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persyaratan standar karakteristik biokomposit menurut JIS .....	14
2. Formulasi biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	19
3. Hasil uji lanjut BNT taraf 5% nilai kuat tarik film biokomposit .....	27
4. Hasil uji lanjut BNT taraf 5% nilai ketebalan film biokomposit .....	30
5. Hasil uji lanjut BNT taraf 5% nilai persen pemanjangan film biokomposit .....	32
6. Hasil uji lanjut BNT taraf 5% nilai laju transmisi uap air film biokomposit .....	35
7. Hasil uji lanjut BNT taraf 5% nilai modulus elastisitas film biokomposit .....	38
8. Hasil uji lanjut BNT taraf 5% nilai warna film biokomposit.....	41
9. Hasil uji lanjut BNT taraf 5% nilai biodegradabilitas film biokomposit .....	44
10. Rekapitulasi data penentuan perlakuan terbaik biokomposit.....	47
11. Tata letak percobaan .....	64
12. Data hasil pengamatan kuat tarik biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	65
13. Uji bartlett kuat tarik biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian .....	65
14. Analisis ragam kuat tarik biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	66
15. Uji lanjut BNT 5% kuat tarik biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	66
16. Data hasil pengamatan ketebalan biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	66
17. Uji bartlett ketebalan biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian .....	67

18. Analisis ragam ketebalan biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	67
19. Uji lanjut BNT 5% ketebalan biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	68
20. Data hasil pengamatan persen pemanjangan biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	68
21. Uji bartlett persen pemanjangan biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	68
22. Analisis ragam persen pemanjangan biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	69
23. Uji lanjut BNT 5% persen pemanjangan biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	69
24. Data hasil pengamatan laju transmisi uap air (WVTR) biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	70
25. Uji bartlett laju transmisi uap air (WVTR) biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	70
26. Analisis ragam laju transmisi uap air (WVTR) biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	71
27. Uji lanjut BNT 5% laju transmisi uap air (WVTR) biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	71
28. Data hasil pengamatan modulus elastisitas biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	71
29. Uji bartlett modulus elastisitas biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian .....	72
30. Analisis ragam modulus elastisitas biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	72
31. Uji lanjut BNT 5% modulus elastisitas biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	73
32. Data hasil pengamatan warna ( $\Delta L$ ) biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian .....	73
33. Uji bartlett warna ( $\Delta L$ ) biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian .....	73
34. Analisis ragam warna ( $\Delta L$ ) biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian .....	74
35. Uji lanjut BNT 5% warna ( $\Delta L$ ) biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian .....	74
36. Data hasil pengamatan biodegradabilitas biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian.....	75

37. Uji bartlett biodegradabilitas biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian .....	75
38. Analisis ragam biodegradabilitas biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	76
39. Uji lanjut BNT 5% biodegradabilitas biokomposit selulosa kulit kakao dengan penambahan pati biji durian.....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kulit kakao .....	9
2. Struktur kimia selulosa.....	10
3. Biji durian .....	11
4. Struktur kimia gliserol .....	12
5. Prosedur pembuatan bubuk kulit kakao .....	20
6. Prosedur isolasi selulosa kulit kakao.....	21
7. Prosedur pembuatan biokomposit kulit kakao dan pati biji durian...	22
8. Penampakan visual film biokomposit .....	42
9. Pengujian biodegradabilitas biokomposit P2.....	45
10. Pembuatan bubuk kulit kakao .....	77
11. Isolasi selulosa kulit kakao .....	78
12. Pembuatan film biokomposit .....	79
13. Film biokomposit selulosa kulit kakao dan pati biji durian .....	80
14. Uji ketebalan.....	80
15. Uji laju transmisi uap air .....	81
16. Uji warna ( <i>colorimeter</i> ).....	80
17. Uji biodegradabilitas.....	81

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia merupakan salah satu produsen utama kakao di dunia, dengan produksi nasional pada tahun 2024 mencapai sekitar 617,112 ribu ton, meskipun mengalami sedikit fluktuasi dari tahun-tahun sebelumnya (BPS, 2025). Beberapa provinsi yang menjadi penghasil kakao terbesar di Indonesia yaitu Sulawesi Tengah (19,55%), Sulawesi Tenggara (15%), Sulawesi Selatan (13,12%), Sulawesi Barat (10,31%), Aceh (10,31%), dan Provinsi lainnya (35,57%). Berdasarkan data dari ICCO (2023) Indonesia berada dalam peringkat empat besar produsen penghasil kakao terbesar di dunia. Tingginya volume produksi ini juga berdampak pada meningkatnya jumlah limbah kakao. Indonesia sebagai produsen terbesar di dunia berkontribusi sekitar  $\pm 13\%$  dari total produksi kakao dunia, dengan lebih dari 500.000 ton limbah kulit kakao dihasilkan setiap tahunnya dari proses pengolahan buah kakao (University of Nottingham, 2025). Penumpukan limbah kulit kakao tersebut dapat menyebabkan beberapa masalah seperti degradasi lingkungan, bau tidak sedap, hama, dan penyakit tanaman (Baidoo *et al.*, 2022).

Pemanfaatan limbah kulit kakao di tingkat petani masih sangat terbatas, umumnya hanya sebagai pakan ternak atau kompos, sehingga nilai ekonominya rendah dan belum memberikan kontribusi signifikan bagi peningkatan pendapatan petani maupun keberlanjutan lingkungan (Juradi dkk., 2019). Limbah kulit kakao memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi, seperti selulosa sekitar 36,23% sehingga berpotensi besar untuk diolah menjadi produk bernilai tambah seperti biomaterial atau pupuk organik (Sianipar dkk., 2016). Namun, rendahnya

pemanfaatan dan kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan limbah ini menyebabkan masalah lingkungan yang berkelanjutan, sehingga diperlukan inovasi dan intervensi berbasis riset untuk mengoptimalkan potensi limbah kakao sebagai bagian dari solusi pertanian berkelanjutan di Indonesia. Salah satu upaya dalam inovasi pemanfaatan limbah kulit kakao adalah dengan mengubahnya menjadi biokomposit.

Biokomposit merupakan material komposit yang tersusun dari matriks polimer berbasis sumber daya hayati yang diperkuat dengan serat atau partikel alam, seperti selulosa, pati, atau lignin. Material ini bersifat ramah lingkungan karena dapat terdegradasi secara alami serta memanfaatkan sumber daya terbarukan sebagai pengganti polimer sintesis (Posso *et al.*, 2024). Penggunaan selulosa dapat meningkatkan kuat tarik, kekakuan, dan mengurangi permeabilitas air, akan tetapi berbanding terbalik terhadap persen pemanjangan kemasan biokomposit yang dihasilkan akan semakin rendah (tidak elastis) dan strukturnya yang kurang kompak (Pradiza dkk., 2025). Proses pemurnian (*bleaching*) tidak dilakukan pada penelitian ini dengan tujuan mempertahankan sebagian lignin dan senyawa bioaktif lainnya. Menurut Sadeghifar and Ragauskas (2025), keberadaan senyawa fenolik pada lignin berpotensi memberikan nilai tambah fungsional pada biokomposit sebagai kemasan aktif yang mampu membantu menghambat oksidasi dan pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, tidak dilakukannya *bleaching* juga dapat mengurangi penggunaan bahan kimia tambahan sehingga proses produksi menjadi lebih sederhana dan ramah lingkungan

Kemasan biokomposit harus memenuhi beberapa parameter sesuai standar yang berlaku. Standar yang banyak digunakan pada golongan kemasan yaitu *Japanese Industrial Standard (JIS Z 1707)* tentang persyaratan kategori kemasan seperti nilai kuat tarik minimal, nilai elongasi, nilai aju transmisi uap air, dan ketebalan sebagai acuan penting dalam evaluasi kemasan biokomposit. Sifat mekanik selulosa yang cenderung kaku dan tidak elastis mendorong diperlukannya penambahan bahan untuk memperbaiki kelemahan sifat tersebut (Nugroho dan

Kurniawan, 2023). Salah satu bahan yang dapat digunakan dalam mengatasi kelemahan tersebut adalah pati.

Pati merupakan bahan matriks yang paling banyak digunakan dalam memperbaiki kekurangan tersebut. Pati memiliki kemampuan *film-forming* yang baik, mudah diperoleh dari bahan pangan lokal, dan ekonomis sehingga sering digunakan sebagai bahan dasar biokomposit atau sejenisnya (Dewajani dkk., 2024). Struktur pati terdiri dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa membentuk ikatan yang lebih kaku sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik film, sedangkan amilopektin yang bercabang memberikan sifat lebih lentur dan fleksibel pada film biokomposit (Abdullah dkk., 2019). Pati yang sering digunakan dalam pembuatan biokomposit kebanyakan bersumber dari bahan yang sudah konvensional seperti singkong, jagung, beras, kentang, dan talas. Meskipun demikian, ketergantungan pada sumber pati konvensional menimbulkan tantangan baru, seperti persaingan dengan kebutuhan pangan serta fluktuasi harga bahan baku (Bank *et al.*, 2021). Eksplorasi sumber pati nonkonvensional dari limbah atau hasil samping pertanian menjadi strategi penting untuk mendukung keberlanjutan produksi biokomposit. Salah satu sumber pati alternatif yang berpotensi dikembangkan adalah biji durian (Apriantini dkk., 2021).

Biji durian juga tersedia dalam jumlah besar sebagai limbah dari konsumsi buah durian sekitar 20-25% dari total bobot buah (Faridah *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan ketersediaan bahan baku yang tinggi dan berpotensi dimanfaatkan untuk mengurangi limbah organik yang selama ini kurang dimanfaatkan. Biji durian memiliki kadar pati sebanyak 78,68 % dengan kadar amilosa 22,35 % yang mampu membentuk ikatan hidrogen kuat dengan selulosa dan memperkuat kohesi matriks, serta 66,33 % amilopektin yang meningkatkan viskositas, gelatinisasi, dan fleksibilitas biokomposit (Apriantini dkk., 2021). Berpotensi dimanfaatkan untuk mengurangi limbah organik yang selama ini kurang dimanfaatkan. Penggunaan gliserol pada biokomposit sebagai *plasticizer* berperan penting dalam meningkatkan fleksibilitas biokomposit dengan cara mengurangi kekakuan ikatan

antar rantai polimer sehingga menghasilkan kemasan biokomposit yang lebih elastis (Alfarisi dkk., 2021).

Akmala dan Supriyono (2022) telah mengaplikasikan selulosa sebagai bahan penguat biokomposit. Bahan biokomposit tersebut menggunakan kombinasi selulosa maupun pati atau pati konvensional lainnya seperti tapioka. Namun, belum terdapat informasi mengenai kombinasi antara selulosa kulit kakao dan pati biji durian dalam menghasilkan kemasan biokomposit dengan karakteristik terbaik. Pati biji durian tidak hanya berfungsi sebagai sumber pati, tetapi juga sebagai bahan multifungsi yang meningkatkan sifat mekanik, elastisitas, serta potensi ketahanan terhadap kelembaban pada biokomposit. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui formulasi terbaik dari selulosa kulit kakao dan pati biji durian dalam menghasilkan biokomposit dengan karakteristik terbaik.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, dan modulus elastisitas biokomposit yang dihasilkan.
2. Mengetahui formulasi biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian yang menghasilkan karakteristik terbaik sesuai *Japanese Industrial Standards* (JIS Z 1707).

## **1.3 Kerangka Pemikiran**

Biokomposit berbasis polimer alam seperti selulosa dari limbah kulit kakao berpotensi sebagai bahan kemasan ramah lingkungan, mudah terurai, harga terjangkau, daya tahan tinggi, tidak beracun, dan mampu meningkatkan hidrofobilitas dan kekakuan biokomposit (Asim dkk., 2021). Pemilihan selulosa kulit kakao sebagai bahan utama dalam penelitian ini didasarkan pada kandungan selulosa yang tinggi yaitu sekitar 35,4% serta keberadaan hemiselulosa (37%) dan

lignin (14,7%) yang mendukung pembentukan struktur komposit yang kuat (Daud *et al.*, 2013). Selulosa diketahui memiliki rantai polimer yang panjang dan tersusun secara linier sehingga mampu meningkatkan kekuatan tarik, kekakuan, serta sifat *barrier* pada biokomposit melalui pembentukan ikatan hidrogen antar rantai polimer (Asim *et al.*, 2021; Shahidi and Hossain, 2022). Namun, peningkatan konsentrasi selulosa juga dapat menurunkan elastisitas dan persen pemanjangan karena struktur biokomposit menjadi lebih padat dan kaku (Abare *et al.*, 2021). Solusi untuk memperbaiki sifat kaku biokomposit yang hanya berbasis selulosa adalah mengombinasikannya dengan pati biji durian sebagai matriks film biokomposit (Risqan, 2024).

Biji durian merupakan salah satu limbah agroindustri yang kaya pati dengan kandungan amilopektin (66,33%) dan amilosa (22,35%) yang signifikan (Apriantini dkk., 2021). Haryati dkk. (2017) pemanfaatan pati biji durian dalam *biodegradable film*, dengan penambahan gliserol dan  $\text{CaCO}_3$ , menghasilkan persen pemanjangan sekitar 16,3 % dan laju biodegradasi mencapai 14 hari. Nurwidiyani dkk. (2022) menambahkan bahwa kombinasi pati biji durian dengan *filler* selulosa sabut kelapa menghasilkan kuat tarik hingga 7,28 MPa. Penelitian Rahma (2023) juga membuktikan bahwa kombinasi pati biji durian dengan selulosa sabut kelapa dan kitosan memberikan film dengan elongasi lebih tinggi serta daya serap air yang terkendali. Sejalan dengan itu, Sulityo dan Ismiyati (2012) melaporkan bahwa kombinasi selulosa dan pati dari berbagai sumber dapat menghasilkan biokomposit dengan kuat tarik 10,32 MPa dan elongasi 27,91%, menunjukkan adanya efek sinergis dari pencampuran kedua bahan. Upaya lain untuk memperbaiki fleksibilitas dengan menambahkan gliserol sebagai *plasticizer* karena dapat memutus sebagian ikatan hidrogen antarmolekul sehingga meningkatkan elastisitas dan kelarutan film (Nulfia dan Etika, 2022).

Berdasarkan Sulastri dkk. (2023) biokomposit dari pati ubi jalar dan ampas tebu dengan penambahan gliserol 4% menghasilkan karakteristik terbaik dengan kuat tarik sekitar 1,723 MPa dan persen pemanjangan hingga 120,47 %. Penambahan karagenan 20% pada bioplastik berbasis selulosa tandan pisang dan pati biji

durian menghasilkan persen pemanjangan 21,4% (Zuhra and Baruna, 2024). Berdasarkan hasil Fadhallah *et al.* (2025) perlakuan terbaik diperoleh pada rasio selulosa kulit kakao dan kappa-karagenan sebesar 2:8 dengan kuat tarik sekitar 3,24 MPa, elongasi tertinggi sebesar 43,88%, serta modulus elastisitas yang relatif rendah (7,35 MPa). Berdasarkan Jumiati dkk. (2023) kombinasi pati biji alpukat (7 g) dengan selulosa sekam padi (3 g) menghasilkan biokomposit dengan kuat tarik sebesar 20,61 MPa. Komposisi pati biji durian (5 g) dan kitosan (5 g) biokomposit menghasilkan modulus elastis sekitar 129,5 MPa, menunjukkan peningkatan kekakuan pada kondisi optimum (Ginting dkk., 2017). Utami and Swasoro (2024) menyatakan bioplastik berbasis selulosa jerami padi (8 g) dengan pati ganyong (2 g) menunjukkan kuat tarik sampai 8,52 MPa dan ketebalan sekitar 0.11 mm. Pimpa *and* Pimpa (2022) melaporkan biokomposit berbasis pati biji durian (10 g) dengan CMC (0 g) memiliki kuat tarik 3,81 MPa dan persen pemanjangan 51,94% yang menunjukkan formulasi tersebut bisa menghasilkan film dengan kekuatan tarik dan persen pemanjangan yang baik.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut belum diketahui secara pasti formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian yang optimal dan bagaimana interaksi antara keduanya dalam proses pembuatan biokomposit. Namun, penelitian-penelitian tersebut dapat dijadikan acuan dalam menentukan faktor perlakuan pada penelitian ini. Oleh karena itu, dilakukanlah penelitian pembuatan biokomposit dengan formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian dengan perbandingan sebagai berikut 8:2, 7:3, 5:5, 3:7, 2:8, dan 0:10. Diharapkan melalui penelitian ini dapat diketahui formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian yang tepat dalam menghasilkan biokomposit yang memiliki karakteristik fisik, mekanik, dan biodegradabilitas sesuai standar. Dengan demikian, biokomposit yang dihasilkan diharapkan dapat dijadikan sebagai solusi alternatif pengganti kemasan berbahan dasar plastik konvensional yang lebih ramah lingkungan dan mengurangi limbah organik dari kulit kakao.

## 1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian berpengaruh terhadap kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, dan modulus elastisitas biokomposit yang dihasilkan.
2. Terdapat formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian yang menghasilkan karakteristik biokomposit terbaik sesuai *Japanese Industrial Standards (JIS) z 1707*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biokomposit

Komposit merupakan material gabungan yang dibuat dari dua atau lebih bahan yang berbeda dan digabungkan sehingga menghasilkan sifat baru yang lebih baik dibandingkan bahan penyusunnya secara terpisah (Pramusinta dan Widayatno, 2024). Biokomposit merupakan material komposit yang memanfaatkan matriks polimer *bio-based* seperti PLA, PHA, pati, protein yang diperkuat dengan serat alami atau partikel misalnya selulosa dan lignoselulosa (Pokharel *et al.*, 2022). Kombinasi ini dapat menghasilkan material dengan sifat mekanik dan fungsi lingkungan yang unggul, sambil meminimalkan ketergantungan pada polimer sintetis. Karakteristik utama kemasan biokomposit adalah ramah lingkungan, mudah terurai, serta memiliki potensi menggantikan plastik berbasis petrokimia dalam berbagai aplikasi kemasan maupun material teknik (Hazrati dkk., 2021). Perkembangan biokomposit saat ini banyak diarahkan pada pemanfaatan biomassa lignoselulosa yang melimpah, misalnya selulosa dari kulit buah, batang tanaman, hingga limbah pertanian, yang berfungsi meningkatkan kekuatan mekanik dan stabilitas termal produk akhir (Hidayat dkk., 2023).

### 2.2 Kulit kakao

Kulit kakao adalah bagian mesokarp atau dinding buah kakao (*Theobroma cacao L.*) yang mencakup kulit terluar hingga daging buah sebelum kumpulan biji. Kulit ini merupakan komponen terbesar dari buah kakao, mencapai sekitar 75,52% dari bobot buah segar (Kusuma dkk., 2019). Berdasarkan berbagai penelitian kandungan kulit kakao meliputi karbohidrat sekitar 16,27% (Hidayat dkk., 2023), protein 8,75% (Sari dkk., 2024), lemak 1,11% (Hidayat dkk., 2023), serta serat

kasar yang beragam. Komposisi lignoselulosa pada kulit kakao memiliki kandungan selulosa berkisar antara 19,7% hingga 54%, hemiselulosa 8,7% hingga 37%, dan lignin antara 14% hingga 60% (Nugroho dan Kurniawan, 2023). Kulit kakao disajikan pada Gambar 1.

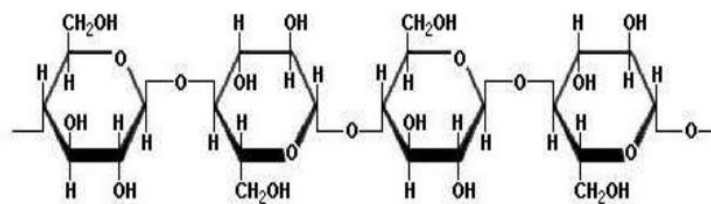


Gambar 1. Kulit kakao  
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2026)

Selulosa dari kulit kakao digunakan sebagai bahan dasar *carboxymethyl cellulose* (CMC) dan bahan pembentuk film *biodegradable*, sedangkan pektin berperan dalam pembentukan gel dan *stabilisator*. Risqan dkk. (2024) mengkaji potensi selulosa yang diisolasi dari limbah kulit kakao (*Theobroma cacao L.*) sebagai bahan dasar pengembangan bioplastik hidrofobik. Kulit kakao mengandung selulosa yang cukup tinggi, sehingga nanoselulosa yang dihasilkan dapat dijadikan alternatif baru untuk pembuatan *biofilm* ramah lingkungan. Kulit kakao mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, tanin, dan lignin yang berpotensi memberikan aktivitas antioksidan dan antimikroba. Senyawa fenolik yang terdapat pada kulit kakao mampu menangkap radikal bebas sehingga dapat menghambat reaksi oksidasi pada produk pangan, sedangkan lignin diketahui memiliki gugus fenolik yang dapat menghambat pertumbuhan beberapa mikroorganisme pembusuk. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut menjadikan kulit kakao tidak hanya berfungsi sebagai bahan penguat dalam biokomposit, tetapi juga berpotensi menghasilkan kemasan aktif yang mampu membantu memperpanjang umur simpan produk pangan (Sadeghifar and Ragauskas, 2025).

### 2.3 Selulosa Kulit Kakao

Selulosa merupakan polisakarida alami yang tersusun dari rantai panjang unit glukosa ( $\beta$ -D-glukopiranos) yang terhubung melalui ikatan glikosidik  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) (Etale *et al.*, 2023). Senyawa ini merupakan komponen struktural utama pada dinding sel tumbuhan, termasuk kayu, kapas, jerami, maupun limbah pertanian seperti kulit kakao. Selulosa memiliki struktur kimia rumus empiris  $(C_6H_{10}O_5)_n$  dengan derajat polimerisasi mencapai ribuan unit glukosa, menjadikannya polimer linear yang kuat dan tidak larut dalam air (Fitriana dkk., 2020). Gugus hidroksil (-OH) pada setiap unit glukosa mampu membentuk ikatan hidrogen intramolekul dan intermolekul, sehingga memberikan kekuatan mekanik tinggi dan kestabilan struktural pada serat tumbuhan (Kasrawati dkk., 2023). Struktur kimia selulosa dapat disajikan pada Gambar 2.



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

Proses isolasi selulosa secara umum meliputi beberapa tahapan utama seperti perendaman bahan baku dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa melalui proses alkalinisasi (Ningtyas dkk., 2020). Zambrano *et al.* (2023) berhasil mengisolasi mikrofibril selulosa dari kulit kakao menggunakan hidrolisis asam oksalat dan *steam explosion*. Selulosa yang dihasilkan memiliki sifat mekanik yang baik, biokompatibel, serta berpotensi diaplikasikan pada bidang kemasan, konstruksi, dan material berbasis biomassa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kulit kakao merupakan sumber selulosa yang menjanjikan karena memiliki kandungan selulosa yang relatif tinggi dan mampu menghasilkan mikrofibril dengan karakteristik yang

sesuai sebagai bahan penguat biokomposit, akan tetapi perlu bahan pendukung untuk mengurangi kekakuan yang dihasilkan.

#### 2.4 Pati Biji Durian

Biji durian (*Durio zibethinus*) adalah bagian dalam buah durian yang melindungi embrio tanaman. Biji durian mengandung selulosa 17,04%, hemiselulosa 37,52%, dan lignin 15,36% (Varichanan *et al.*, 2023). Biji durian yang telah diolah melalui proses ekstraksi, pengeringan, dan penggilingan dapat menghasilkan pati biji durian dalam bentuk serbuk (Lestari dkk., 2024). Pati biji durian memiliki kandungan karbohidrat utama yang terdiri dari dua polisakarida, yaitu amilosa dan amilopektin. Biji durian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Biji durian  
Sumber: Huljanah (2023)

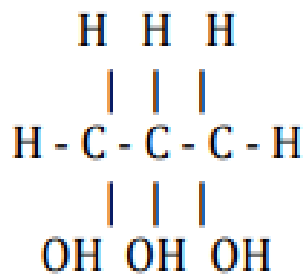
Kandungan amilosa pada pati biji durian sekitar 26,6%, sedangkan amilopektin sekitar 73,4% (Varichanan *et al.*, 2023). Amilosa berperan dalam pembentukan gel dan memberikan sifat keras pada material, sementara amilopektin memberikan sifat lengket dan viskoelastis yang mendukung fleksibilitas biokomposit.

Kandungan protein pati biji durian berkisar 6-8%, serta serat kasar yang juga berkontribusi memperkuat struktur material. Pati biji durian yang memiliki kadar air rendah dapat menyerap air 2-3 kali beratnya, yang sangat membantu pada proses pembentukan matriks biokomposit agar lebih stabil dan tahan lama (Zainol dkk., 2020). Nababan dkk. (2025) biokomposit berbasis pati biji durian menghasilkan elongasi 20,2%, dimana pati biji durian mengandung amilosa dan

amilopektin dengan proporsi yang cocok untuk biokomposit selulosa kulit kakao. Biokomposit berbasis pati biji durian memiliki sifat hidrofobik sehingga mudah menyerap kelembaban lingkungan, penurunan kuat tarik (2,331 MPa menjadi 1,573 MPa) dan pembengkakan (*swelling*).

## 2.5 Gliserol

Gliserol merupakan senyawa organik yang berbentuk cairan dengan tingkat viskositas yang tinggi (kental), tidak berbau, tidak berwarna, dan memiliki rasa sedikit manis (Zurairah, 2024). Adapun sumber gliserol dapat diperoleh secara alami maupun sintetis. Gliserol secara alami diperoleh dari hasil samping transesterifikasi atau proses hidrolisis produk minyak hewani dan nabati. Gliserol secara sintetis diperoleh dalam bentuk propilena dengan sintesis kimia menggunakan tahapan klorisasi dan hidrolisis (Anliza dkk., 2022). Gliserol atau yang biasa disebut gliseril secara kimia merupakan alkohol trihidroksil (triatomik) dengan rumus molekul  $C_3H_8O_3$ . Gliserol memiliki 3 gugus hidroksil dan satu gugus  $H^-$  yang menyebabkan gliserol mudah larut air. Struktur kimia gliserol disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur kimia gliserol  
Sumber: Zurairah (2024)

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang paling umum digunakan dalam pembuatan biokomposit karena kemampuannya memodifikasi sifat mekanik dan fisik material. Peran utama gliserol adalah mengurangi kekakuan struktur polimer melalui pelemahan ikatan hidrogen antarmolekul, sehingga rantai polimer menjadi lebih fleksibel dan mudah bergerak (Aksakal *et al.*, 2025). Penambahan gliserol

dalam matriks polimer berkontribusi terhadap peningkatan kelenturan, elastisitas, serta elongasi pada film biokomposit yang dihasilkan (Setyaningrum dkk., 2020). Namun, penambahan gliserol dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan penurunan kekuatan tarik dan modulus elastisitas biokomposit. Hal ini disebabkan oleh melemahnya kohesi mekanik antar-rantai polimer yang awalnya dijaga oleh ikatan hidrogen kuat. Biokomposit dengan kandungan gliserol tinggi cenderung lebih lunak, elastis, dan mudah diregangkan, tetapi memiliki kemampuan menahan beban mekanik yang lebih rendah (Muthiah dkk., 2020).

## **2.6 Karakteristik Biokomposit**

Karakteristik biokomposit mengacu pada sifat-sifat fisik, mekanik, kimia, dan lingkungan yang melekat pada bahan komposit berbasis bio yang mempengaruhi performa dan aplikasinya. Biokomposit merupakan material gabungan dari matriks polimer, baik alami maupun sintesis, dengan penguat berupa serat atau *filler* alami yang berasal dari biomassa terbarukan (Praseptiangga dkk., 2024). Karakteristik biokomposit mencakup parameter penting seperti kuat tarik, modulus elastisitas (kekakuan), persen pemanjangan (kelenturan), ketebalan, laju transmisi uap air, warna, dan biodegradabilitas. Pengukuran parameter tersebut menjadi standar dalam evaluasi material biokomposit agar sesuai dengan kebutuhan aplikasi sebagai kemasan. Karakteristik biokomposit diharapkan sesuai dengan standar yang ditetapkan pada Tabel 1 yaitu antara kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, dan modulus elastisitas. Biokomposit untuk kemasan harus memiliki biodegradabilitas tinggi agar terurai alami tanpa residu berbahaya, sekaligus mampu melindungi produk dari kelembapan dan kerusakan. Sifat ini menjadikan biokomposit solusi ramah lingkungan yang sesuai dengan tuntutan keberlanjutan dan pengurangan limbah plastik (Karouw *et al.*, 2017).

Tabel 1. Persyaratan standar karakteristik film biokomposit

Standar	Kuat Tarik (MPa)	Ketebalan (mm)	Persen Pemanjangan (%)	Laju Transmisi Uap Air (g/m <sup>2</sup> /hari)	Modulus Elastisitas (MPa)
<i>Japanese Industrial Standard (JIS) z 1707</i>	$\geq 0,39$	$\leq 0,25$	$\geq 10$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,1-1 (<i>grade 1</i>)</li> <li>• &gt; 1-5 (<i>grade 2</i>)</li> <li>• &gt;5-20 (<i>grade 3</i>)</li> <li>• &gt;20-100 (<i>grade 4</i>)</li> <li>• &gt;100 (<i>grade 5</i>)</li> </ul>	$\geq 0,35$

Sumber: *Japanese Standard Association* (2019)

### 2.6.1 Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kuat tarik merupakan salah satu parameter utama dalam karakterisasi biokomposit karena mencerminkan kemampuan material untuk menahan gaya tarik sebelum mengalami kegagalan atau putus (Kusumah dkk., 2023). Nilai kuat tarik dipengaruhi oleh interaksi antar matriks dan serat penguat, distribusi serat, serta proses fabrikasi biokomposit (Mahardika dkk., 2021). Biokomposit berbasis matriks polimer alami dan penguatan serat lignoselulosa seperti selulosa dari kulit kakao, kuat tarik yang tinggi menunjukkan keberhasilan adhesi antarmuka yang baik antara fase penguatan dan matriks, yang secara langsung meningkatkan transfer beban mekanik. Nilai kuat tarik rendah bisa disebabkan oleh dispersi pengisi yang tidak merata, kelemahan antarmuka, dan adanya kerusakan mikrostruktur. Studi terbaru melaporkan bahwa komposisi sempurna antara matriks dan pengisi (PVA dan pati singkong) dapat menghasilkan nilai kuat tarik pada rentang 10-14 MPa, cukup kompetitif dengan material polimer sintetis dan memenuhi syarat untuk aplikasi kemasan menurut JIS (Pradiza, 2025).

### 2.6.2 Ketebalan (*Thickness*)

Ketebalan merupakan variabel fisik yang sangat berpengaruh terhadap berbagai sifat mekanik dan permeabilitas biokomposit. Ketebalan biokomposit yang tidak seragam dapat menimbulkan distribusi tegangan yang tidak merata saat dilakukan pengujian. Kondisi ini berpotensi menghasilkan data mekanik, seperti kuat tarik dan modulus elastisitas, yang kurang akurat atau tidak merepresentasikan sifat asli

material. Selain itu, ketebalan juga memengaruhi laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate/WVTR*) karena semakin tebal suatu lapisan, semakin rendah kemungkinannya uap air menembus material tersebut (Yulianto dkk., 2020). Nurhabibah dan Kusumaningrum (2021) menunjukkan bahwa ketebalan optimal pada film bionanokomposit PLA/PCL berkisar 50-150 mikrometer, memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanik dan kemampuan penghalang kelembapan. Pengukuran ketebalan harus dilakukan dengan presisi tinggi menggunakan mikrometer digital atau pengukur non-destruktif untuk memastikan konsistensi dan kualitas produk akhir.

### **2.6.3 Persen pemanjangan (*Elongation*)**

Persen pemanjangan mengindikasikan kemampuan biokomposit untuk meregang sebelum terjadi kegagalan struktural, yang penting untuk menilai kelenturan dan daya tahan terhadap deformasi dinamis. Parameter ini sangat dipengaruhi oleh sifat matriks dasar, jenis dan distribusi serat, serta interaksi antar fase (Annisa, 2023). Biokomposit dengan persen pemanjangan tinggi biasanya menunjukkan struktur yang elastis dan mampu menyerap energi deformasi lebih baik, yang sangat penting untuk aplikasi yang membutuhkan fleksibilitas, seperti kemasan yang dibuka-tutup berkali-kali. Kondisi pemrosesan dan adanya *plastisizer* juga dapat meningkatkan nilai persen pemanjangan. Panyamao *et al.* (2020) melaporkan persen pemanjangan pada biokomposit berbasis pati talas dan kitosan dapat mencapai hingga 484% dengan komposisi bahan yang tepat, menandakan material ini memiliki potensi tinggi untuk menggantikan plastik sintesis komersil.

### **2.6.4 Laju transmisi uap air (*Water vapor transmission water*)**

Laju transmisi uap air adalah parameter kritis untuk pengaplikasian biokomposit sebagai bahan kemasan, terutama bagi produk yang sensitif terhadap kelembapan. *Water Vapor Transmission Rate (WVTR)* mengukur seberapa cepat uap air bisa melewati lapisan material dalam satu satuan waktu dan area, sehingga nilai WVTR yang rendah diinginkan agar produk dapat terlindungi dari kelembapan

eksternal (Fikran dkk., 2024). Struktur mikro biokomposit, kepadatan bahan, dan adanya *filler* nano seperti nanokristal selulosa dapat sangat menurunkan WVTR dengan cara memperkecil pori dan meningkatkan hambatan difusi uap air.

Nababan dkk. (2025) biokomposit dari campuran pati biji durian dan jagung menunjukkan WVTR sebesar 6,875 g/m<sup>2</sup>/h, menunjukkan adanya kemampuan yang baik dalam peningkatan kemampuan penghalang uap dan udara yang baik. Pemilihan metode dan kondisi pengujian WVTR juga penting agar hasil analisis reliabel dan dapat dibandingkan antar studi.

### **2.6.5 Modulus elastisitas (*Modulus Young's*)**

Modulus elastisitas merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan film biokomposit serta kemampuannya menahan deformasi elastis ketika diberi tegangan. Modulus elastisitas yang terlalu tinggi dapat membuat biokomposit menjadi kaku dan mudah retak, sehingga dibutuhkan nilai yang relatif rendah agar biokomposit tetap fleksibel dan mengikuti bentuk produk yang dikemas (Simarmata dkk., 2024). Nilai modulus elastisitas biokomposit sangat bergantung pada tingkat kristalinitas selulosa, interaksi antar serat dan matriks, serta homogenitas campuran. Praseptiangga dkk. (2024) melaporkan nilai modulus elastisitas hingga 8,443 MPa pada biokomposit kombinasi pati biji durian dan kitosan, menunjukkan penguatan mekanis yang signifikan dari *filler* alami tersebut. Parameter ini juga digunakan untuk membandingkan performa fisik berbagai formulasi dalam pengembangan produk.

### **2.6.6 Warna**

Warna merupakan parameter optik yang penting dalam karakterisasi film biokomposit karena memengaruhi kualitas visual serta potensi penerimaan konsumen ketika diaplikasikan sebagai bahan kemasan. Nilai warna diukur dengan sistem CIE. Sistem tersebut merupakan standar internasional yang digunakan dalam kunatifikasi warna tiga dimensi. Nilai L\* (kecerahan), a\* (sumbu merah-hijau), dan b\* (sumbu kuning-biru). Perubahan nilai warna dapat

mencerminkan keberadaan pigmen alami, sisa lignin, atau ketidakseragaman penyebaran *filler* dalam matriks polimer (Permana dkk., 2025). Pakaya dkk. (2024) melaporkan bahwa penambahan NCC pada film pati suweg menurunkan nilai  $L^*$  sekaligus meningkatkan  $a^*$  dan  $b^*$ , yang menunjukkan terjadinya pergeseran rona menuju warna lebih gelap dan kekuningan. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Fadilla dkk. (2023) pada film biokomposit pati termoplastik dengan *nanocellulose* ampas tebu, di mana terjadi penurunan kecerahan seiring meningkatnya konsentrasi *filler*. Parameter warna ini sangat berguna sebagai indikator visual sekaligus dapat digunakan untuk menilai homogenitas formulasi biokomposit pada penelitian.

### **2.6.7 Biodegradabilitas**

Biodegradabilitas merupakan kemampuan material untuk terurai secara alami oleh mikroorganisme menjadi senyawa sederhana yang ramah lingkungan. Parameter ini sangat penting untuk menilai manfaat ekologis dan kelayakan penggunaan biokomposit sebagai alternatif plastik konvensional yang sulit terurai (González-Pérez *et al.*, 2024). Uji biodegradabilitas biasanya dilakukan dengan metode penguburan tanah, fermentasi anaerobik, atau uji respirasi mikroba selama jangka waktu tertentu. Material dengan tingkat biodegradasi tinggi dapat mengurangi limbah plastik serta dampak negatif terhadap lingkungan. Menurut Colli-Góngora *et al.* (2022), penambahan selulosa nanokristal (*Cellulose nanocrystals*) dalam biokomposit berbasis PLA meningkatkan laju biodegradasi secara signifikan selama 180 hari komposting terkontrol dengan degradasi mencapai hingga 60% saat NCC digunakan bersama mikroserat selulosa (MFC), mengindikasikan efek sinergis dalam mempercepat hidrolisis dan degradasi material yang selanjutnya mendukung prinsip ekonomi sirkular dan keberkelanjutan.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Analisis Biokimia dan Kimia Hasil Pertanian dan Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, serta menggunakan Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro, Semarang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2025 sampai Februari 2026.

#### **3.2 Bahan dan Alat**

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit kakao dari varietas *Criollo* yang memiliki kulit berwarna merah didapat dari petani di Desa Sukoharjo I, Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung. Bahan-bahan lain yang digunakan pada penelitian yaitu pati biji durian (Hasil Bumiku), gliserol (OneMad), NaOH 10% (b/v), aquades, *silica gel*, dan tanah sebagai media pengurai dalam uji biodegradabilitas.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven (Corsair), timbangan digital (Gaanlin GL-03), timbangan analitik (KERN ABS 320-4N), *grinder*, pisau, gelas ukur, cawan petri, termometer, *beaker glass* (1000 mL dan 250 mL), batang pengaduk, *hot plate*, pipet tetes, kain saring nylon 250 *mesh*, mortar, baskom, loyang, talenan, pH meter, ayakan 80 *mesh*, plat kaca ukuran 20 x 20 cm, pot/gelas plastik, mikrometer sekrup, *Texture Analyzer Brookfield CT3* untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan.

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan RAKL (rancangan acak kelompok lengkap) dengan 3 ulangan yang terdiri dari faktor tunggal yaitu formulasi perbandingan antara selulosa kulit kakao dengan pati biji durian yaitu P1 (0:10), P2 (2:8), P3 (3:7), P4 (5:5), P5 (7:3), dan P6 (8:2) yang disajikan pada Tabel 2 dengan berat total setiap perlakuan yaitu 10 g dengan total 18 sampel percobaan. Pengamatan yang dilakukan yaitu kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, modulus elastisitas, warna, dan biodegradabilitas. Uji homogenitas ragam dilakukan menggunakan uji Bartlett dan pengujian kemenambahan data dengan uji Tukey non-additivitas. Data dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% untuk mendapatkan praduga ragam galat. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata antar perlakuan dan seluruh asumsi ANOVA terpenuhi, maka dilanjutkan dengan uji pembandingan antar perlakuan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda secara signifikan. Penentuan perlakuan terbaik (satu perlakuan) ditentukan dengan metode uji bintang. Formulasi perlakuan film biokomposit dapat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Formulasi biokomposit berbasis selulosa kulit kakao dan pati biji durian

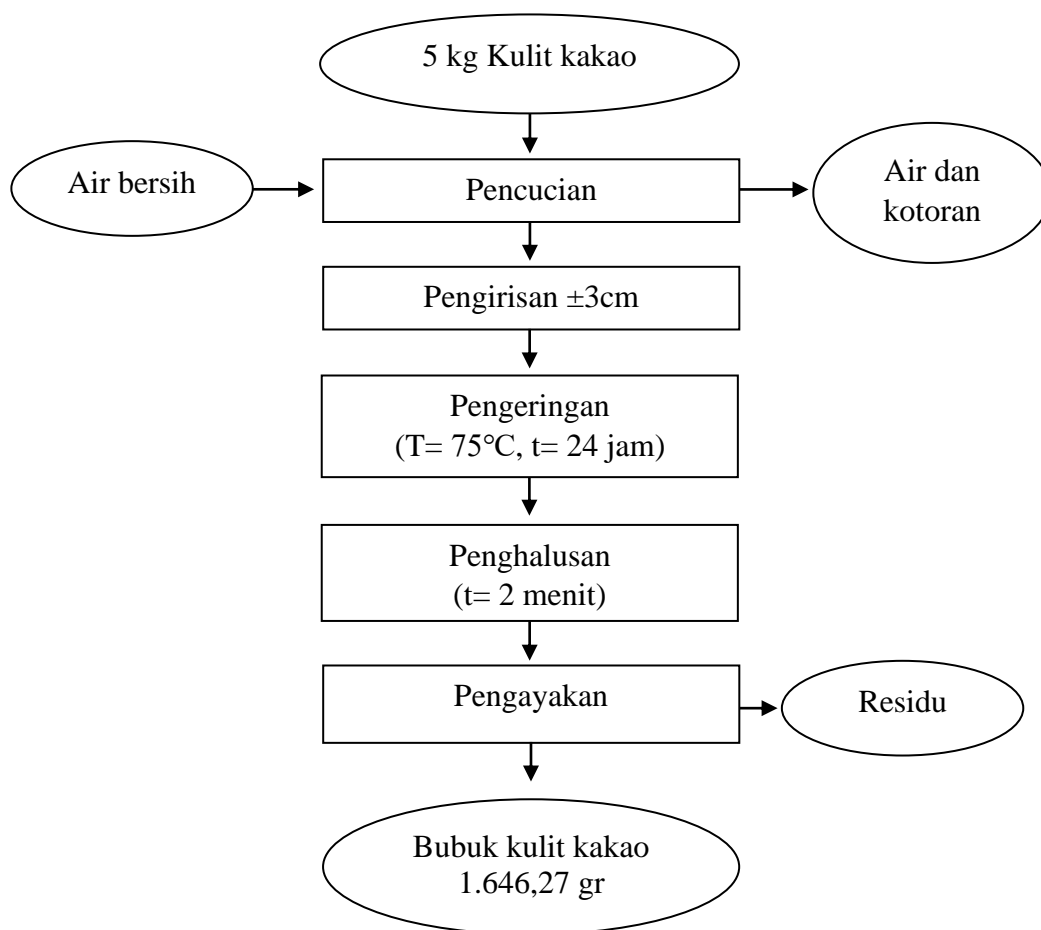
Kode Perlakuan	Selulosa kulit kakao (g)	Pati biji durian (g)	Gliserol (mL)
P1	0	10	3
P2	2	8	3
P3	3	7	3
P4	5	5	3
P5	7	3	3
P6	8	2	3

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan bubuk kulit kakao

Tahap awal penelitian ini dilakukan penepungan kulit kakao yang mengacu pada metode Sena *et al.* (2021) yang modifikasi. Sebanyak 5 kg kulit kakao basah

dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kontaminan dan kotoran. Kulit kakao dipotong  $\pm 3$  cm bentuk persegi untuk mempermudah proses pengeringan. Kulit kakao dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu  $75^{\circ}\text{C}$  untuk memudahkan proses penepungan. Kulit kakao yang telah kering dihaluskan menggunakan *grinder* selama 2 menit dan di ayak dengan ayakan 80 *mesh*. Prosedur pembuatan kulit kakao disajikan pada Gambar 5.

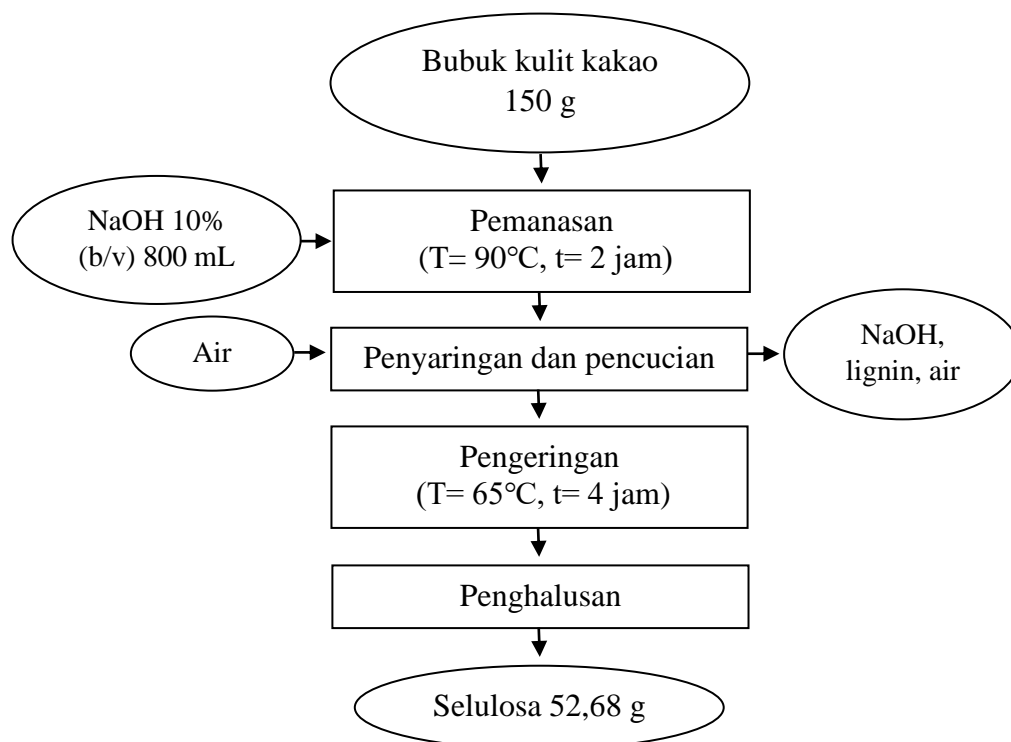


Gambar 5. Prosedur pembuatan bubuk kulit kakao  
Sumber: Sena *et al.* (2021) dengan modifikasi

### 3.4.2 Isolasi selulosa kulit kakao

Tahap selanjutnya bubuk kulit kakao didelignifikasi menggunakan prosedur penelitian sebelumnya (Sena *et al.*, 2021) yang dimodifikasi. Sebanyak 150 g tepung dimasukan ke *beaker glass* dengan penambahan 800 mL NaOH 10% (b/v)

untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa, kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 90°C selama 2 jam menggunakan *hot plate*. Waktu dihitung ketika larutan mencapai suhu 90°C. Larutan yang diperoleh disaring dan dicuci menggunakan air mengalir hingga air cucian tidak berwarna kecoklatan dan pH mencapai netral berkisar 7 sampai 7,3. Selulosa dikeringkan dengan oven selama 4 jam pada suhu 65°C. Hasil selulosa yang sudah kering dihaluskan dengan mortar. Prosedur isolasi selulosa kulit kakao disajikan pada Gambar 6.

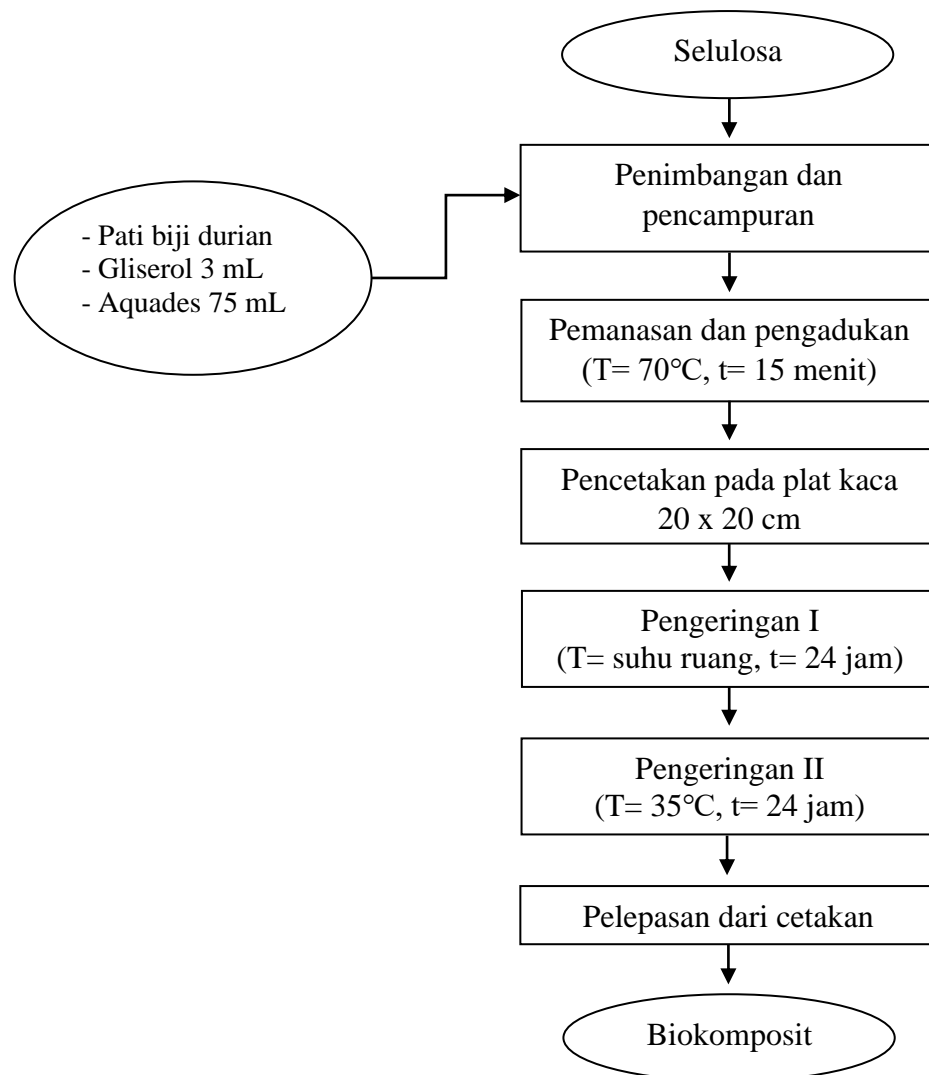


Gambar 6. Prosedur isolasi selulosa kulit kakao  
Sumber: Sena *et al.* (2021) dengan modifikasi

### 3.4.3 Proses pembuatan biokomposit

Proses pembuatan biokomposit dilakukan dengan metode Gapsari *et al.* (2025) yang dimodifikasi. Selulosa kulit kakao dan pati biji durian ditimbang dengan perbandingan yang sesuai pada Tabel 2. Aquades ditambahkan hingga 75 mL dan gliserol 3 mL kemudian dipanaskan selama 15 menit pada suhu 70°C hingga membentuk gel. Larutan dituang pada plat kaca ukuran 20 x 20 cm dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang sebagai proses *aging*, lalu dilanjutkan

pengeringan dengan oven selama 24 jam pada suhu 35°C. Biokomposit selanjutnya dilakukan beberapa analisis untuk mengetahui karakteristiknya. Prosedur pembuatan biokomposit disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Prosedur pembuatan biokomposit kulit kakao dan pati biji durian  
Sumber: Gapsari *et al.* (2025) dengan modifikasi

### 3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, modulus elastisitas, warna, dan biodegradabilitas.

### 3.5.1 Kuat tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan mengikuti ASTM D882-12 dengan menggunakan *Texture Analyzer Brookfield CT3*. Sampel biokomposit dipotong berbentuk *strip* dengan ukuran 50 mm x 10 mm. Pengujian dilakukan pada kecepatan tarikan 50 mm/min hingga sampel mengalami putus. Data yang diperoleh berupa nilai kuat tarik (MPa) dan persen pemanjangan (% elongasi). Menurut Herlina dkk. (2021) parameter ini sangat penting untuk menilai sifat mekanik biokomposit dalam aplikasi pengemasan.

### 3.5.2 Ketebalan

Pengujian biokomposit mengacu pada Nairfana dan Ramdhani (2021) dilakukan dengan standar ASTM D6988-21. Pengukuran ketebalan biokomposit dilakukan menggunakan mikrometer sekrup digital dengan ketelitian 0,01 mm. Sampel biokomposit dilakukan pengukuran pada lima titik berbeda (tengah, kanan, kiri, atas, dan bawah). Nilai ketebalan rata-rata dihitung untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif. Pengujian ini penting dilakukan karena ketebalan berpengaruh terhadap sifat mekanik dan difusi uap air biokomposit. Menurut Saputra dkk. (2021), variasi ketebalan berhubungan langsung dengan kuat tarik serta kemampuan *barrier* material.

### 3.5.3 Persen pemanjangan

Pengujian Persen pemanjangan dilakukan dengan menggunakan *Texture Analyzer Brookfield CT3* sesuai standar ASTM D882-02. Sampel biokomposit dipotong berbentuk *strip* dengan ukuran 50 mm x 10 mm. Pengujian dilakukan pada kecepatan tarikan 50 mm/min hingga sampel mengalami putus. Data yang diperoleh berupa nilai kuat tarik (MPa) dan persen pemanjangan (% elongasi). Menurut Herlina dkk. (2021) parameter ini sangat penting untuk menilai sifat mekanik biokomposit dalam aplikasi pengemasan. Persen pemanjangan dihitung pada saat sampel putus atau robek dengan mengukur panjang awal ( $l_0$ ) dan

panjang setelah putus ( $l_1$ ). 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 Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air ditentukan dengan metode cawan (*cup method*) menggunakan pendekatan gravimetri sesuai standar ASTM E96-00 yang dimodifikasi oleh Dewi dkk. (2021). Cawan uji berbentuk lingkaran diisi dengan silica gel sebanyak 10 g. Sampel film biokomposit ditempelkan pada bagian atas cawan dan direkatkan dengan isolasi dan karet. Selanjutnya, cawan disimpan selama 24 jam pada suhu ruang. Penimbangan dilakukan sebelum dan sesudah penyimpanan. Nilai laju transmisi uap air dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Laju Transmisi Uap Air (WVTR)} = \frac{W - W_0}{A \times t}$$

Keterangan:

W : Massa akhir setelah pengujian (g)

W<sub>0</sub> = Massa awal sebelum pengujian (g)

A = Luas permukaan biokomposit yang diuji (m<sup>2</sup>)

t = Lama waktu pengujian (h/24 jam)

### 3.5.5 Modulus elastisitas

Pengujian modulus elastis bertujuan untuk mengetahui tingkat kekakuan kemasan biokomposit. Nilai modulus elastis dihitung dari perbandingan antara kekuatan tarik dan regangan yang diperoleh (Fauzan dkk., 2025). Persamaan yang digunakan untuk menghitung modulus elastis sebagai berikut.

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

Keterangan:

E = Modulus elastis (MPa)

$\sigma$  = Kekuatan tarik (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan

### 3.5.6 Warna

Pengujian warna pada biokomposit mengacu dalam Permana dkk. (2025). Warna permukaan film biokomposit dianalisis menggunakan CS-10 *Portable* 8MM *Colorimeter* dengan sistem warna CIELAB. Parameter pengukuran meliputi nilai  $L^*$  yang merepresentasikan tingkat kecerahan (0 = hitam hingga 100 = putih),  $a^*$  sebagai koordinat warna pada sumbu merah–hijau, serta  $b^*$  pada sumbu kuning–biru. Perbedaan total warna ( $\Delta E$ ) antara biokomposit perlakuan dihitung dengan menggunakan persamaan standar CIELAB dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

### 3.5.7 Biodegradabilitas

Pengujian biodegradabilitas dilakukan dengan metode *soil burial* mengacu pada standar ASTM D5988 yang dikembangkan oleh ASTM International melalui *Committee D20 on Plastics*. Tanah uji berasal dari Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dengan jenis tanah ultisol. Sampel bioplastik berukuran  $3 \times 3$  cm dikubur pada kedalaman 8 cm dari permukaan tanah dalam pot, kemudian dibiarkan pada kondisi suhu ruang. Tanah dijaga kelembapannya dengan penyiraman air secara berkala. Pengamatan dilakukan pada rentang waktu 5, 10, dan 15 hari. Pengamatan dilakukan secara kuantitatif dengan data akhir berupa presentase biokomposit terurai. Sampel dikeluarkan didalam tanah, dibersihkan, dan ditimbang kembali massanya pada setiap sampel uji.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Formulasi selulosa kulit kakao dan pati biji durian berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter biokomposit yang dihasilkan, meliputi kuat tarik, ketebalan, persen pemanjangan, laju transmisi uap air (WVTR), dan modulus elastisitas. Nilai yang diperoleh berturut-turut berada pada kisaran 0,328–1,548 MPa (kuat tarik), 0,263–1,409 mm (ketebalan), 7,382–110,167% (persen pemanjangan), 13,656–27,239 g/m<sup>2</sup>/hari (laju transmisi uap air/WVTR), dan 1,372–6,894 MPa (modulus elastisitas) yang menunjukkan bahwa variasi komposisi bahan secara signifikan memengaruhi karakteristik fisik dan mekanik film biokomposit.
2. Perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan P4 (selulosa kulit kakao 5 g : pati biji durian 5 g) yang menghasilkan karakteristik paling seimbang dengan nilai kuat tarik (0,951 MPa), ketebalan (0,965 mm), persen pemanjangan (15,840%), laju transmisi uap air/WVTR (18,557 g/m<sup>2</sup>/hari), dan modulus elastisitas (6,088 MPa). Perlakuan ini telah memenuhi sebagian besar standar JIS Z 1707 pada parameter kuat tarik, elongasi, dan modulus elastisitas. Nilai laju transmisi uap air/WVTR perlakuan P4 termasuk dalam *Grade 3* (>5–20 g/m<sup>2</sup>/hari) yang menunjukkan kemampuan *barrier* uap air lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

## 5.2 Saran

Saran yang diperlukan pada penelitian ini yaitu:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk uji aplikasi nyata sebagai bahan kemasan pangan untuk mengetahui performa film biokomposit dalam menjaga produk dari kerusakan.
2. Disarankan menambahkan perlakuan *bleaching* pada selulosa kulit kakao untuk memperbaiki warna, menghilangkan sisa lignin dan hemiselulosa yang masih tersisa, dan meningkatkan kualitas visual film biokomposit.
3. Disarankan dilakukan pengujian tambahan seperti uji UV *blocking*, fotoksidasi, aktivitas antimikroba, dan antioksidan untuk mengetahui potensi fungsional film biokomposit sebagai kemasan pangan aktif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abare, A. Y., Jawaid, M., Hamid, N. H., Bakar, B. F. A., Ismail, A. S., Sarmin, S. N., Fouad, H., and Midani, M. 2023. Evaluation of physical, mechanical, and thermal properties of woven kenaf/bio-epoxy composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 42(7-8): 397-409.
- Abdullah, A. H. D., Fikriyyah, A. K., and Dewantoro, R. 2019. Fabrication and characterization of starch based bioplastics with palm oil addition. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 20(3): 126-131.
- Akmala, A., dan Supriyo, E. 2022. Optimasi konsentrasi selulosa pada pembuatan *biodegradable* foam dari selulosa dan pati singkong. *Pentana: Jurnal Penelitian Terapan Kimia*. 1(1): 27-40.
- Aksakal, B., Kaplan, Z., and Turhan, K. 2025. The influence of *plasticizer* on the mechanical, structural, thermal and strain recovery properties following stress-relaxation process of silk fibroin/sodium alginate biocomposites for biomedical applications. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 161(7): 1-13.
- Alfarisi, C. D., Fitri, Y., dan Nisa, D. K. 2021. Pengaruh penambahan pati biji durian pada pembuatan bioplastik. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*. 7(1): 44-55.
- Anliza, S., Hamtini., dan Rachmawati, N. 2022. Efektivitas ekstrak etanol daun namnam (*Cynometra cauliflora L*) sebagai antibakteri pada formulasi sediaan gel *hand sanitizer*. *Lambung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 3(2):148-154.
- Annisa, S.N. 2023. Peningkatan Karakteristik Biokomposit dari Pektin Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*), Pati Porang, Sorbitol dan TiO<sub>2</sub> Sebagai Kantong Belanja. *Skripsi*. Politeknik Negeri Jakarta. 72 hlm.
- Apriantini, A., Afriadi, D., Febriyani, N., dan Arief, I. I. 2021. Fisikokimia, mikrobiologi dan organoleptik sosis daging sapi dengan penambahan pati biji durian (*Durio zibethinus Murr.*). *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*. 9(2): 79-88.

- ASTM International. 2010. ASTM D882-02: *Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting (ASTM D882-02)*. Pennsylvania: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D0882-02>
- ASTM International. 2017. ASTM E96-00: *Standard test methods for water vapor transmission of materials (ASTM E96-00, Vol. 08)*. Pennsylvania: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/E0096-00>
- ASTM International. 2021. ASTM D6988-21: *Standard guide for determination of thickness of plastic film test specimens*. Pennsylvania: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D6988-21>
- ASTM International. 2022. ASTM D570-22: *Standard test method for water absorption of plastics*. Pennsylvania: ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D0570-22>
- ASTM International. 2018. ASTM D5988-18: *Standard Test Method For Determining Aerobic Biodegradation Of Plastic Materials In Soil*. ASTM International.
- Asim, N., Badiei, M., and Mohammad, M. 2021. Recent advances in cellulose-based hydrophobic food packaging. *Emergent Materials*. 5(3): 703–718.
- Babaremu, K., Oladijo, O. P., and Akinlabi, E. 2023. Biopolymers: A suitable replacement for plastics in product packaging. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*. 6(4): 333–340.
- Badan Pusat Statistik. 2025. *Statistik Tanamana Perkebunan Tahunan Indonesia 2024 Vol 1*. Jakarta: BPS. 163 hlm.
- Badan Standardisasi Nasional. 2016. SNI7188.7:2016: *Standar mutu kategori produk tas belanja plastik dan bioplastik mudah terurai*. Technical report. 6 hlm.
- Baidoo, M.F., Asiedu, N.Y., Darkwah, L., Arhin-Dodoo, D., Zhao, J., Jerome, F., and Nana, A.P. 2022. Conventional and unconventional transformation of cocoa pod husks into value-added products. *Intech Open*. 34-35 pp.
- Bank, M. S., Swarzenski, P. W., Duarte, C. M., Rillig, M. C., Koelmans, A. A., Metian, M., and Ok, Y. S. 2021. Global plastic pollution observation system to aid policy. *Environmental Science & Technology*. 55(12): 7770-7775.

- Colli-Gongora, P. E., Moo-Tun, N. M., Herrera-Franco, P. J., and Valadez-Gonzalez, A. 2022. Assessing the effect of cellulose nanocrystal content on the biodegradation kinetics of multiscale polylactic acid composites under controlled thermophilic composting conditions. *Polymers*. 15(14): 1-18.
- Daud, Z., Kassim, A. S. M., Aripin, A. M., Awang, H., and Hatta, M. Z. M. 2013. Chemical composition and morphological of cocoa pod husk and cassava peels for pulp and paper production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 7(9): 406–411.
- Dewajani, H., Rachmawati, D., Nabilla, C. B., dan Noviantia, F. T. 2024. Pembuatan bioplastik berbahan dasar pati bonggol jagung dengan penambahan ekstrak jahe, jeruk nipis, dan cengkeh sebagai antioksidan. *Eksergi: Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 21(3): 194-201.
- Dewi, R., Rahmi., dan Nasrun. 2021. Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air *edible film* bioplastik menggunakan minyak sawit dan *plasticizer* gliserol berbasis pati sagu. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 10(1): 61-77.
- Du, Y., Yang, F., Yu, H., Cheng, Y., Guo, Y., Yao, W., and Xie, Y. 2021. Fabrication of novel self-healing edible coating for fruits preservation and its performance maintenance mechanism. *Food chemistry*. 2(351): 342-353.
- Etale, A., Onyianta, A. J., Turner, S. R., and Eichhorn, S. J. 2023. Cellulose: A review of water interactions, applications in composites, and water treatment. *Chemical Reviews*. 123(3): 2016-2048.
- Fadhallah, E.G., Zuidar, A.S., Hidayati, S., Dameswaary, A.H., and Ramadhani, S.T. 2025. Development of sustainable bioplastic composite films from cocoa pod husk waste cellulose and kappa-carrageenan. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 40(1): 34-51.
- Fadilla, A., Amalia, V., dan Wahyuni, I.R. 2023. Pengaruh Selulosa Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum*) sebagai Zat Pengisi Plastik Biodegradable berbasis Pati Kulit Singkong (*Manihot Fsculenta*). *Prosiding. Seminar Nasional Kimia 2023*. UIN Sunan Gunung Djati. 93 hlm.
- Faridah, M. A., Nur Atikah, M. R. L., Jau-Shya, L., Hasmadi, M., Mohd Rosni, S., Wolyna, P., dan Noorakmar, A. W. 2021. Physicochemical and thermal properties of durian seed flour from three varieties of durian native of Sabah. *Food Research*. 5(4): 374-381.

- Fauzan, M.R.A., Faiz, A., Alyasa, D., Rizky, M.A., Zanetti, M.A., dan Triastuti, D. 2025. Pembuatan plastik *biodegradable* berbahan pati dan selulosa dari tanaman pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum* L.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (AGRITECH)*. 27(1): 42-51.
- Fikran, A., Nugraha, A. P., dan Billah, M. 2024. *Biodegradable foam* berbasis kulit kakao dan pati biji durian dengan agen degradasi dari kulit jeruk. *Jurnal Teknik kimia*. 9(2): 144-148.
- Fitriana, N. E., Suwanto, A., Jatmiko, T. H., Mursiti, S., and Prasetyo, D. J. 2020. Cellulose extraction from sugar palm (*Arenga pinnata*) fibre by alkaline and peroxide treatments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 462(1): 1-6.
- Gapsari, F., Andrianto, S. N. K., Harmayanti, A., Sulaiman, A. M., Kartikowati, C. W., Madurani, K. A., Wijayanti, W., Rangappa, S. M., and Siengchin, S. 2025. Corrigendum to Enhancing mechanical and thermal properties of bio-composites: Synergistic integration of ZnO nanofillers and nanocrystalline cellulose into durian seed starch matrix. *International Journal of Biological Macromolecules*. 308(3): 1-13.
- Ginting, M. H. S., Hasibuan, R., Lubis, M., Tanjung, D. S., and Iqbal, N. 2017. Effect of hydrochloric acid concentration as chitosan solvent on mechanical properties of bioplastics from durian seed starch (*Durio zibethinus*) with filler chitosan and plasticizer sorbitol. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 180(1): 012126.
- González-Pérez, M. M., Lomelí-Ramírez, M. G., Robledo-Ortiz, J. R., Silva-Guzmán, J. A., and Manríquez, R. 2024. *Biodegradable* biocomposite of starch films cross-linked with polyethylene glycol diglycidyl ether and reinforced by microfibrillated cellulose. *Polymers*. 16(9): 1290.
- Haryati, S., Rini, A. S., dan Safitri, Y. 2017. Pemanfaatan biji durian sebagai bahan baku plastik *biodegradable* dengan plasticizer gliserol dan bahan pengisi CaCO<sub>3</sub>. *Jurnal Teknik Kimia USRI*. 23(1): 1-8.
- Hadi, I.N., Hastuti, S., Nurhadi, N., Riskia, A.P., Afandi, R., Tarigan, R.A.P. 2023. Analisa uji tarik dan uji impak pada komposit sekam padi perlakuan NaOH dan pengisi plastik polypropylene (pp) dengan matriks resin BQTN-157. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 18(2):155-162.

- Hazrati, K. Z., Sapuan, S. M., Zuhri, M. Y. M., dan Jumaidin, R. 2021. Preparation and characterization of starch-based biocomposite films reinforced by dioscorea hispida fibers. *Journal of Materials Research and Technology*. 15(3): 1342-1355.
- Hubbe, M. A., Daystar, J. S., Venditti, R. A., Pawlak, J. J., Zambrano, M. C., Barlaz, M., Ankeny, M., and Pires, S. 2025. Biodegradability of cellulose fibers, films, and particles: A Review. *BioResources*. 20(1): 2391-2458.
- Herlina, N., Suryani, A., dan Rizal, S. 2021. Pengaruh penambahan selulosa ampas tebu terhadap sifat mekanik bioplastik berbasis pati ubi kayu. *Science and Technology Indonesia*. 6(2): 65-72.
- Hidayat, R., Prasetyaningrum, A., dan Supriyanto, E. 2023. Kandungan selulosa limbah kakao dan analisis kandungan kimia menggunakan metode spektrofotometri. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 8(2): 45-52.
- Humairi., Yaqein, A., Aji., Fianto, H.A., Suharti., dan Profiyanti Hermien, P. 2023. Peningkatan sifat fisik *biodegradable film* dari kulit pisang kepok (*Musa Acuminata*) dengan variasi penambahan *filler* dari bahan alam. *Jurnal Terknologi Seperasi*. 9(1): 20-28.
- Indah, A.P. dan Mahyudi, A. 2022. Pengaruh komposisi kitosan terhadap sifat fisik dan biodegradasi film komposit nanosat pinang dengan castor oil sebagai pemlatis auzia. *Jurnal Fisika Unand*. 4(2): 501-507.
- International Cocoa Organization. 2023. *Quarterly bulletin of cocoa statistics: Vol. XLIX, No. 3, cocoa year 2022/23*. <https://www.icco.org>
- Japanese Industrial Standard. 2019. *JIS Z 1707: General Rules of Plastic Films For Food Packaging*. Japanese Standards Association. 1-9 pp.
- Jumiati, E., Husnah, M., dan Nafisah, S. 2023. Analisis sifat mekanik plastik *biodegradable* pati biji alpukat dan selulosa sekam padi. *Komunikasi Fisika Indonesia*. 20(1): 69-74.
- Juradi, J., Sari, A. P., dan Putra, R. A. 2019. Pemanfaatan limbah kulit kakao sebagai pupuk organik dan dampaknya terhadap pencemaran lingkungan di perkebunan kakao. *Jurnal Medkasi*. 17(2): 85-92.
- Julita, S., Zulferiyenni., Sartika, D., dan Koesoemawardani, D. 2023. Pengaruh penambahan gliserol dan CMC (*Carboxyl Methyl Cellulose*) terhadap

karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa kulit buah pinang (*Areca Catechu L.*). *Jurnal Agroidustri Berkelanjutan*. 2(2): 264-273.

Jeencham, R., Chiaoketwit, N., Numpaisal, P., and Ruksakulpiwat, Y. 2024. Study of biocomposite films based on cassava starch and microcrystalline cellulose derived from cassava pulp for potential medical packaging applications. *Applied Sciences*. 14(10): 1-21.

Karim, A., Azlan, A., Ismail, A., Hashim, P., Gani, S. S., Zainudin, B. H., and Abdullah, N. A. 2014. Phenolic composition, antioxidant, anti-wrinkles and tyrosinase inhibitory activities of cocoa pod extract. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 14(381): 1-13.

Karouw, S., Berlina, R., Kapu'allo, M.L., dan Wungkana. 2017. Karakteristik *biodegradable film* pati sagu dengan penambahan gliserol, CMC, kalium sorbat dan minyak kelapa. *Bulletin Palma*. 18(1): 1-7.

Kasrawati, Supran, HS., dan Mu'alim, A. 2023. Penentuan berat molekul dan derajat polimerisasi selulosa yang berasal dari tongkol jagung (*Zea mays L.*) dengan metode viskositas. *Jurnal Serambi Akademika*. 9(5): 527-534.

Kusuma, I.G.N.S., Putra, I.N.K., dan Darmayati, L.P.T. 2019. Pengaruh suhu pengeringan terhadap aktifitas the herbal kulit kakao (*Theobroma cacao L.*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 8(1): 85-93.

Kusumah, A.M., Christian, W., Siregar, T.M., Cornelia, M., Natania, K. 2023. Pembuatan kemasan biokomposit berbasis PVA (*Polyvinyl Alcohol*) dan limbah kulit kopi. *Jurnal Industri Pangan*. 17(3): 235-242.

Lestari, T., Nurdiana, N., dan Kariani, N. K. 2024. Daya terima dan kandungan gizi waffle substitusi pati biji durian dan pati kacang merah. *Jurnal Berita Kesehatan*. 17(2): 70-79.

Liu, Y., Caratenuto, A., Zhang, X., Mu, Y., Jeyar, Y., Antezza, M., and Zheng, Y. 2025. Ultrawhite structural starch film for sustainable coolin. *Journal of Materials Chemistry A*. 13(1): 10792-10800.

Mahardika, M., Asrofi, M., Priyanto, A., Hermawan, Y., Junus, S., Mulyadi, S., Sujito, S., dan Amelia, D. 2021. Aplikasi serat alam *muntingia calabura* sebagai pengisi dalam biokomposit bermatriks polivinil alkohol (PVA): Karakteristik sifat kuat tarik dan permukaan patahan. *Agroteknika*. 4(1): 43-52.

- Moreira, R., Rebelo, R.C., Coelho, J.F.J., and Serra, A.C. 2024. Novel thermally regenerated flexible cellulose-based films. *European Journal of Wood and Wood Products*. 82(123): 1813-1826.
- Muthiah, U., Ningtyas, R., dan Imam, S. 2020. Pengaruh penambahan konsentrasi gliserol dan aloe vera pada pembuatan plastik *biodegradable* pati ubi terhadap sifat mekanik dan antimikroba. *Journal Printing and Packaging Technology*. 1(1): 93-104.
- Nababan, F. A., Nasution, H., dan Masyithah, Z. 2025. Pemanfaatan selulosa dari ampas tebu (*Saccharum officinarum*) pada penyediaan bioplastik berbasis pati biji durian (*Durio zibethinus Murr*) yang bersifat biodegradable. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 14(2): 47–56.
- Nairfana, I, dan ramdhani, M. 2021. Karakteristik *edible* pati jagung (*Zea mays L.*) termodifikasi kitosan dan gliserol. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*. 7(1): 91-102.
- Ningtyas, K. R., Suhendra, L., dan Putra, G. P. G. 2020. Sintesis nanoselulosa dari limbah hasil pertanian dengan menggunakan variasi konsentrasi asam. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 20(2): 142-147.
- Nugroho, D. P., dan Kurniawan, F. 2023. Karakterisasi selulosa dari kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) untuk aplikasi biokomposit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 5(2): 134-142.
- Nugroho, M. F. A., Kadir, S., Rahim, A., dan Suriyani, A. I. 2025. Karakteristik fisik, mekanik, dan sensoris bioplastik pati aren dengan sodium tripolifosfat. *Agroteknika*. 8(3): 546-558.
- Nulfia, I., dan Etika, S. B. 2022. Plastik *biodegradable* dari pati buah sukun dengan penambahan *plasticizer* gliserol. *Jurnal Periodic*. 11(2): 45-49.
- Nurhabibah, S.A., dan Kusumaningrum, W.B. 2021. Karakterisasi bioplastik dari k-karagenan (*eucheuma cottonii*) terplastisasi berpenguat nanoselulosa. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 43(2): 82-94.
- Nurrahmi, S., Nuraisyah, S., dan Hernawati, H. 2020. Pengaruh penambahan pati dan *plasticizer* gliserol terhadap sifat mekanik plastik *biodegradable*. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*. 7(2): 128–138.

- Nurwidiyani, R., Ghufira, dan Triawan, D. A. 2022. Sintesis bioplastik ramah lingkungan berbasis pati biji durian dengan *filler* selulosa sabut kelapa. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*. 8(1): 32-38.
- Onyeaka, H., Obileke, K., Makaka, G., and Nwokolo, N. 2022. Current research and applications of starch-based biodegradable films for food packaging. *Polymers*. 14(6): 1-16.
- Othman, S.H., Wane, B.M., Nordin, N., Noor Hasnan, N.Z., Talib, R., and Karyadi, J.N.W. 2021. Physical, mechanical, and water vapor *barrier* properties of starch, cellulose nanofiber, thymol bionanocomposite films. *Polymers*. 13(23): 1-16.
- Pakaya, T., Bait, Y., Kasim, R., 2024. Karakteristik kemasan aktif dari film pati sagu dengan penambahan sari jahe (*Zingiber officinaleroscoe*). *Jambura J. Food Technol.* 6(3) 82-93.
- Panyamao, P., Ruksiriwanich, W., Sirisa, P., and Charumanee, S. 2020. Injectable thermosensitive chitosan pullulan-based hydrogels with improved mechanical properties and swelling capacity. *Polymers*. 12(15): 1-18.
- Permana, L., Ramadhanti, A.K., dan Nasutio, S. 2025. Karakteristik *edible film* berbasis pati singkong dengan penambahan bubuk rempah sebagai kemasan kopi. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 10(3): 8475-8486.
- Permana, L., Sriprom, P., Narkruga, W., Manamoongmongkol, K., and Assawasaengrat, P., 2025. Development of intelligent packaging from xyloglucan-chitosan modified film with betalains from dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peels. *Future Foods*. 11(61): 1-13.
- Pimpa, W., and Pimpa, C. 2021. Biodegradable composite films and pharmaceutical hard capsules based on durian seed starch. *Thai Society for Biotechnology*. 4(1): 221-225.
- Posso, H. A. M., Silva, M. J. C., Niño, C. J. P., Hernandez, M. J. H., and Fajardo, L. D. P. 2024. Characterization and implementation of cocoa pod husk as a reinforcing agent to obtain thermoplastic starches and bio-based composite materials. *Polymers*. 16(8): 1-21.
- Pradiza, R. R., Junus, S., Asrofi, M., dan Ilyas, R. A. 2025. Karakteristik sifat mekanik dan fisik pada biokomposit berbasis *polyvinyl alcohol* (PVA) dan pati singkong berpengisi kulit lemon. *Tesis*. Universitas Jember. 103 hlm.

- Pramusinta, N. D., dan Widayatno, T. 2024. Analisis kekuatan material komposit hybrid berpenguat serat sabut kelapa dan serat kulit jagung menggunakan metode *hand lay up*. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*. 3(2): 448-453.
- Praseptiangga, D., Sesari, A. R., Rochima, E., Muhammad, D. R. A., Widyaastuti, D., Zaman, M. Z., Widiyastuti., Syamani, F. A., Nazir, N., Joni, I. M., dan Panatarani, C. 2024. Development and characterization of semi-refined iota carrageenan/fish gelatin-based biocomposite film incorporated with SiO<sub>2</sub>/ZnO nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*. 271(1): 132-141.
- Rafid, M. 2023. Pengaruh Penambahan Volume Serat Hibrida Kulit Kakao dan Akar Buah Naga terhadap Sifat Tarik dan Morfologi Biokomposit PLA. *Skripsi*. Universitas Jember. 92 hlm.
- Rahma, A. 2023. Formulasi bioplastik berbahan dasar pati biji durian dengan reinforcement selulosa sabut kelapa dan kitosan. *Skripsi*. IPB University. 81 hlm.
- Risqan, A. 2024. Pengembangan bioplastik hidrofobik berbasis nanoselulosa kulit biji kakao (*Theobroma cacao L.*) dengan metode *coating*. *Journal of Innovative Food Technology and Agricultural Product*. 2(1): 21-28.
- Risqan, A., Tamrin., Faradilla, F.R.H., Rejeki, S. 2024. Pengembangan bioplastik hidrofobik berbasis nanoselulosa kulit biji kakao (*Theobroma cacao L.*) dengan metode *coating*. *JITAP: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*. 2(1): 21-30.
- Ritonga, P.C., Putri, S.A.E., Setiawan, E., Pramaysella, A.D., Puyanggana, C.K.B. 2023. Efektivitas ekstraksi selulosa tandan kosong kelapa sawit sebagai absorben. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 24 (3): 149-156.
- Sadeghifar, H., and Ragauskas, A. J. 2025. Lignin as a natural antioxidant: Chemistry and applications. *Macromol*. 5(1): 5–27.
- Santi, R., Cigada, A., Del Curto, B., and Farè, S. 2019. Modulable properties of PVA/cellulose fiber composites. *Journal of Applied Biomaterials and Functional Materials*. 17(1): 1274.
- Saputra, N. H., Wahyuni, E., dan Puspitasari, I. 2021. Efek sinergis kombinasi selulosa dan pati terhadap sifat mekanik bioplastik. *Jurnal Kimia Terapan*. 9(2): 77-84.

- Sari, M. F., Wulandari, D., dan Pranoto, Y. 2024. Isolasi dan karakterisasi nanoselulosa dari limbah kulit kakao. *Jurnal Teknologi Terapan*. 10(1): 88-97.
- Sena, P. W., Ganda Putra, G. P., 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.
- Setyaningrum, C. C., Hayati, K., dan Fatimah, S. 2020. Optimasi penambahan gliserol sebagai *plasticizer* pada sintesis plastik *biodegradable* dari limbah nata de coco dengan metode inversi fasa. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*. 4(2): 87-92.
- Seto, A.S., dan Sari, A.M. 2013. Pembuatan selulosa asetat bebahan dasar nata de soya. *KONVERSI*. 2(2):1-12.
- Shahidi, F., and Hossain, A. 2022. Preservation of aquatic food using edible films and coatings containing essential oils: A review. *critical reviews in food science and nutrition*. 62(1): 66–105.
- Sianipar, L. D., Zaharah, T. A., dan Syahbanu, I. 2016. Adsorpsi Fe(II) dengan arang kulit buah kakao (*Theobroma cacao L.*) teraktivasi asam klorida. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 5(2): 50-59.
- Simarmata, Robinson, T.B., Johan,V.S., Dewi, Y.K., Yunita, I., dan Kurniawan, M.A. 2024. Pembuatan plastik *biodegradable* bebahan dasar pati bonggol pisang dengan selulosa jerami padi. *Jurnal Agroindustri Halal*. 10(1): 23–32.
- Sipahutar, B. K. S. 2020. Pembuatan Biodegradable Foam dari Pati Biji Durian (*Durio zibethinus*) dan Nanoserat Selulosa Ampas Teh (*Camellia sinensis*) dengan Proses Pemanggangan. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. 77 hlm.
- Suhag, R.N., Kumar, A.T., Petkoska, and Upadhyay, A. 2020. *Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review*. Elsevier Ltd. 136(12): 1-11.
- Sulastri, I., Suryati, Azhari, Sulhatun, dan Bahri, S. 2023. Pembuatan bioplastik dari pati pati ubi jalar (*Ipomoea batatas*) dengan pengaruh penambahan ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dan gliserol. *Chemical Engineering Journal Storage*. 3(4): 481-494.

- Sulityo, H. W., dan Ismiyati, I. 2012. Pengaruh formulasi pati singkong–selulosa terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas pada pembuatan bioplastik. *Jurnal Konversi*. 1(2): 23-30.
- Tarigan, R. A. P., Pramita, A., Hastuti, S., dan Nurhilal, M. 2024. Pengaruh delignifikasi alkali terhadap perubahan struktur lignoselulosa serbuk sabut kelapa sebagai pengisi komposit geopolimer. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 19(3): 403–410.
- University of Nottingham. 2025. *Nottingham teams up with Indonesia to explore the sustainability of chocolate production*. University of Nottingham. <https://www.nottingham.ac.uk/news/cacao-pod-husks> Diakses pada 25 Juni 2025 pukul 12.26 WIB
- Utami., R.C., and Swasono, M.A.H. 2024. Review of edible packaging from durian seed starch with kesum (*polygonum minus huds*) leaf extract as active food packaging. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*. 3(3): 565-573.
- Varichanan, P., Shompoosang, S., and Dueramae, S. 2023. Potential prebiotic properties of crude polysaccharide extract from durian (*Durio zibethinus Murr.*) seed flour. *Trends In Sciences*. 20(11): 6770.
- Yulianto, Putri, D. N., Perdani, M. S., Arbianti, R., Suryanegara, L., dan Hermansyah, H. 2020. Effect of cellulose fiber from sorghum bagasse on the mechanical properties and biodegradability of polylactic acid. *Energy Reports*. 6(1): 221-26.
- Zainol, N., Subramanian, S., Adnan, A.S., Zulkifli, N.H., Zain, A.A.M., Kassim, N.R.W. and Kamarudin, A.A. 2020. The potential source for composite flours as food ingredient from local grown crops. *Food Research*. 4(52): 1-7.
- Zambrano, L.F., Villasana, Y., Bejarano, L. 2023. Optimization of microfibrillated cellulose isolation from cocoa pod husk via mild oxalic acid hydrolysis: A response surface methodology approach. *Heliyon*. 9(6):1-12.
- Zhang, Q., Zhang, J., Ping, Q., Sui, Z., and Li, H. 2025. Tough and *biodegradable film* from modified carboxymethyl cellulose crosslinked gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules*. 319(3): 145510.

Zuhra, C.F., and Baruna, B.S.D. 2024. Characterization of bioplastics from breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch and carboxy methyl cellulose (cmc) with glycerol plasticizer. *Journal of Chemical Natural Resources*. 5(2):152-158

Zurairah, M. 2024. Uji sifat gliserin dengan standarisasi. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*. 4(4): 453-458.