

**KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA
AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DENGAN PENAMBAHAN
KITOSAN DAN PATI KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta* Crantz)**

(Skripsi)

Oleh

**Ketut Oka Maharani
NPM 2014051023**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF *BIODEGRADABLE FILM* BASED ON CANE WASTE CELLULOSE (*Saccharum officinarum* L.) WITH THE ADDITION OF CHITOSAN AND CASSAVA PEEL STARCH (*Manihot esculenta* Crantz)

BY

KETUT OKA MAHARANI

Biodegradable film is a packaging material made of materials that are easily decomposed by microorganisms. Sugarcane bagasse contains 45.96% cellulose which has the potential to be used to make biodegradable film. The aim of this research is to determine the effect of the addition of chitosan and cassava peel starch on the characteristics of sugarcane bagasse cellulose-based biodegradable films, as well as to determine the effect of the interaction between chitosan and cassava peel starch on the characteristics of sugarcane bagasse cellulose-based biodegradable films. This study used RAKL two factors and three replications. The first factor is the chitosan concentration (0.5%, 1% and 1.5%). The second factor is cassava peel starch (1%, 2% and 3%). The research results showed that the concentration of chitosan and cassava peel starch had a significant effect on the tensile strength, percent elongation, thickness and water vapor transmission rate. The best results were obtained at a concentration of 1.5% chitosan and 2% cassava peel starch with a tensile strength value of 14.20 MPa, a percent elongation value of 21.23%, a thickness of 0.2320 mm, and a water vapor transmission rate of 0.000619 g/m² /day. Biodegradable film based on sugarcane bagasse can last at room temperature for six weeks and decomposes in the soil for 21 days.

Keywords : biodegradable film, sugarcane bagasse, cellulose, chitosan, and cassava peel starch.

ABSTRAK

KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN DAN PATI KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta* Crantz)

Oleh

KETUT OKA MAHARANI

Biodegradable film adalah bahan pengemas yang terbuat dari bahan-bahan yang mudah terurai oleh mikroorganisme. Ampas tebu mengandung selulosa sebesar 45,96% berpotensi digunakan untuk pembuatan *biodegradable film*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan dan pati kulit singkong terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu, serta mengetahui pengaruh interaksi antara kitosan dan pati kulit singkong terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu. Penelitian ini menggunakan RAKL dua faktor dan tiga ulangan. Faktor Pertama yaitu konsentrasi kitosan (0,5%, 1%, dan 1,5%). Faktor kedua yaitu pati kulit singkong (1%, 2%, dan 3%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan dan pati kulit singkong berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan laju transmisi uap air. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi kitosan 1,5% dan pati kulit singkong 2% dengan nilai kuat tarik 14,20 MPa, nilai persen pemanjangan 21,23%, ketebalan 0,2320 mm, dan laju transmisi uap air 0,000619 g/m²/hari. *Biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu dapat bertahan di suhu ruang selama enam minggu dan terurai di dalam tanah selama 21 hari.

Kata Kunci : *biodegradable film*, ampas tebu, selulosa, kitosan, dan pati kulit singkong.

**KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA
AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DENGAN PENAMBAHAN
KITOSAN DAN PATI KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta* Crantz)**

Oleh

KETUT OKA MAHARANI

Skripsi

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA AMPAS TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN DAN PATI KULIT SINGKONG (*Manihot esculenta* Crantz)**

Nama Mahasiswa : **Ketut Oka Maharani**

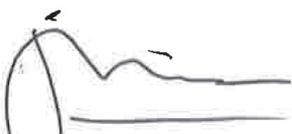
Nomor Pokok Mahasiswa : **2014051023**

Program Studi : **Teknologi Hasil Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

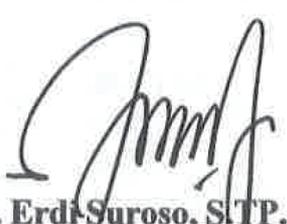


1. Komisi Pembimbing


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


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

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.TP., M.T.A.
NIP. 197210061998031005

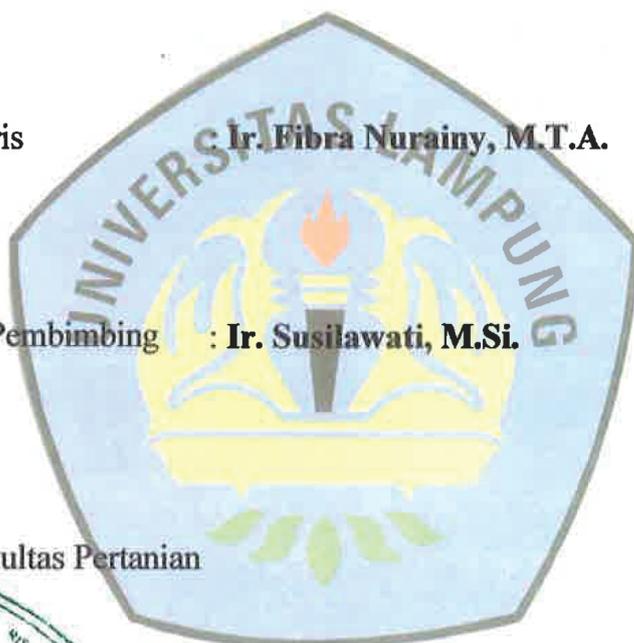
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Susilawati, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19641118 198902 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **23 April 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ketut Oka Maharani

NPM : 2014051023

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 ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah dari hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggung jawabkan.

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

Bandar Lampung, Mei 2024
Yang membuat pernyataan,



Ketut Oka Maharani
NPM. 2014051023

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Bumi Setia, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung pada 10 Juli 2002 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Made Kertayasa dan Ibu Ketut Sutiasih. Penulis memiliki dua kakak yang bernama Gede Anom Septiadi dan Nyoman Ayu Diah Gayatri

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 01 Wirata Agung pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Seputih Mahataram pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Seputih Mataram pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada bulan Januari-Februari 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Sinar Jaya, Kecamatan Air Hitam, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung. Pada bulan Juli-Agustus 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT Great Giant Food, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung dengan judul “Mempelajari Penerapan *Sanitation Standard Operating Procedure (SSOP)* Proses Produksi Nanas Kaleng *Area Line Preparation* dan *Personal Hygiene* di PT. Great Giant Pineapple Lampung Tengah”.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi HMJ THP FP Unila sebagai Anggota Bidang Pendidikan dan Penalaran periode 2022. Penulis terpilih menjadi tutor atau asisten belajar Forum Ilmiah Mahasiswa (FILMA) Pertanian di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian pada tahun 2021. Penulis aktif sebagai asisten

praktikum Mata Kuliah Mikrobiologi Dasar T.A. 2022/2023, Mata Kuliah Mikrobiologi Terapan T.A. 2023/2024, dan Mata Kuliah Mikrobiologi Dasar T.A. 2024/2025.

SANWACANA

Puji dan Syukur penulis haturkan pada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan anugerah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Karakteristik *Biodegradable film* Berbasis Selulosa Ampas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) dengan Penambahan Kitosan dan Pati Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz)” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini telah banyak mendapatkan arahan, bimbingan, dan nasihat baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih pada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan kesempatan, izin penelitian, motivasi, fasilitas, bimbingan, dan saran kepada penulis selama menjalani perkuliahan hingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Ir. Fibra Nurainy, M.T.A., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran, masukan, dan evaluasi terhadap karya skripsi penulis.

6. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar, Staf dan Karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah mengajari, membimbing, dan membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik.
7. Bapak Made Kertayasa dan Ibu Ketut Sutiasih selaku kedua orang tua, serta kakak-kakak saya Gede Anom Septiadi, Nyoman Sariyani, Nyoman Ayu Diah Gayatri, dan Komang Yase yang tidak pernah berhenti memberikan dukungan, motivasi, doa, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman Nantri, Celine, Cika, Zinta, Retha, Diah, Zuy, dan Alfi yang senantiasa membantu penulis secara mental maupun material. Selalu menjadi teman menghilangkan lelah dan jenuh selama perkuliahan, penelitian, dan penyelesaian skripsi.
9. Teman-teman Jurusan THP angkatan 2020 atas perjalanan, kebersamaan, serta seluruh cerita suka maupun duka selama ini. Kakak-kakak dan adik-adik jurusan THP yang telah membantu selama perkuliahan, penelitian, hingga penyelesaian skripsi.
10. Rekan-rekan kepengurusan HMJ THP FP Unila Periode 2022, serta seluruh Keluarga Besar HMJ THP FP Unila yang telah memberikan kesempatan untuk berbagi ilmu dan pengalaman di HMJ THP FP Unila.
11. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi.

Penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan yang telah diberikan dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca.

Bandar Lampung, Mei 2024
Penulis

Ketut Oka Maharani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Biodegradable Film</i>	7
2.2 Karakteristik <i>Biodegradable film</i>	8
2.3 Selulosa	10
2.4 Ampas Tebu	11
2.5 Kitosan.....	12
2.6 Pati.....	13
2.7 Kulit Singkong	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian.....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.4.1 Prosedur Pembuatan Bubuk Ampas Tebu	19
3.4.2 Prosedur Pemisahan Selulosa	20
3.4.3 Prosedur untuk Pemutihan Selulosa Ampas Tebu.....	20
3.4.4 Prosedur Pembuatan Pati Kulit Singkong	21
3.4.5 Prosedur Pembuatan <i>Biodegradable film</i>	22
3.5 Pengamatan	23
3.5.1 Pengamatan Visual	23
3.5.2 Kuat tarik	24
3.5.3 Persen Pemanjangan	24
3.5.4 Ketebalan	25
3.5.5 Laju Transmisi Uap Air atau Uji Ketahanan Air.....	25
3.5.6 Biodegradabilitas	26
3.4.7 Ketahanan <i>Biodegradable Film</i> pada Suhu Ruang.....	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Pengamatan Visual	27
4.2 Kuat Tarik.....	29
4.3 Persen Pemanjangan	30
4.4 Ketebalan	32
4.5 Laju Transmisi Uap Air (WVTR)	34
4.6 Biodegradabilitas	36
4.7 Ketahanan Terhadap Suhu Ruang	38
V. KESIMPULAN.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat <i>Biodegradable Film</i> yang Diuji Menurut SNI 7818:2014.....	8
2. Kombinasi Perlakuan Pembuatan <i>Biodegradable Film</i>	18
3. Hasil Uji Lanjut BNJ Kuat Tarik	29
4. Hasil Uji lanjut BNJ Persen Pemanjangan.....	31
5. Hasil Uji Lanjut BNJ Ketebalan Faktor P.....	33
6. Hasil Uji Lanjut BNJ Ketebalan Faktor K.....	33
7. Hasil Uji Lanjut BNJ Nilai Laju Transmisi Uap Air	34
8. Data Hasil Pengujian Nilai Kuat Tarik <i>Biodegradable Film</i>	48
9. Uji Kehomogenan Kuat Tarik <i>Biodegradable Film</i>	48
10. Uji Keaditifan Nilai Kuat Tarik <i>Biodegradable Film</i>	49
11. Analisis Ragam Nilai Kuat Tarik <i>Biodegradable Film</i>	49
12. Uji Lanjut BNJ Nilai Kuat Tarik <i>Biodegradable Film</i>	50
13. Data Hasil Pengujian Persen Pemanjangan <i>Biodegradable Film</i>	51
14. Uji Kehomogenan Persen Pemanjangan <i>Biodegradable Film</i>	51
15. Uji Keaditifan Persen Pemanjangan <i>Biodegradable Film</i>	52
16. Analisis Ragam Nilai Persen Pemanjangan <i>Biodegradable Film</i>	52
17. Uji Lanjut BNJ Nilai Persen Pemanjangan <i>Biodegradable Film</i>	53
18. Data Hasil Pengujian Nilai Ketebalan <i>Biodegradable Film</i>	54
19. Uji Kehomogenan Nilai Ketebalan <i>Biodegradable Film</i>	54
20. Uji Keaditifan Nilai Ketebalan <i>Biodegradable Film</i>	55
21. Analisis Ragam Nilai Ketebalan <i>Biodegradable Film</i>	55
22. Uji Lanjut BNJ Nilai Ketebalan <i>Biodegradable Film</i> Faktor P.....	56
23. Uji Lanjut BNJ Nilai Ketebalan <i>Biodegradable Film</i> Faktor K	56
24. Data Hasil Pengujian Nilai Laju Transmisi Uap Air <i>Biodegradable Film</i>	57

25. Uji Kehomogenan Nilai Laju Transmisi Uap Air <i>Biodegradable Film</i>	57
26. Uji Keaditifan Nilai Laju Transmisi Uap Air <i>Biodegradable Film</i>	58
27. Analisis Ragam Nilai Laju Transmisi Uap Air <i>Biodegradable Film</i>	58
28. Uji Lanjut BNJ Nilai Laju Transmisi Uap Air <i>Biodegradable Film</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur kimia selulosa.....	10
2. Ampas tebu	12
3. Struktur kitosan	12
4. (a) Amilosa (b) Amilopektin.....	14
5. Limbah kulit singkong	16
6. Diagram alir pembuatan bubuk ampas tebu.....	19
7. Diagram alir pemisahan selulosa ampas tebu	20
8. Diagram alir pemutihan selulosa dari ampas tebu	21
9. Diagram alir pembuatan pati kulit singkong.....	22
10. Diagram alir pembuatan <i>biodegradable film</i>	23
11. Pengamatan visual <i>biodegradable film</i>	27
12. Pengujian biodegradabilitas <i>biodegradable film</i>	36
13. Pengamatan ketahanan <i>biodegradable film</i> terhadap suhu ruang	38
14. Ampas tebu kering	60
15. Bubuk ampas tebu	60
16. Perendaman dengan NaOH	60
17. Hidrolisis dengan H ₂ O ₂	60
18. Kulit singkong bagian dalam	60
19. Penghalusan kulit singkong	60
20. Pemerasan pati kulit singkong	61
21. Pengendapan pati kulit singkong	61
22. Pengeringan endapan pati kulit singkong	61
23. Pati kulit singkong	61
24. Pencampuran bahan	61
25. Proses pencetakan	61

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Plastik banyak digunakan diantaranya sebagai kemasan produk pertanian seperti buah-buahan, karena memiliki sifat fleksibel, ekonomis, transparan, kuat, tidak mudah rusak, dan dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain. Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas berdasarkan data dari *Making Oceans Plastic Free* tahun 2017 menyatakan rata-rata terdapat 182,7 miliar kemasan plastik digunakan di Indonesia setiap tahunnya. Berdasarkan Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2022 terdapat 34,29% (7,2 juta ton) sampah plastik belum terkelola dengan baik, sehingga sampah plastik menjadi penyebab permasalahan lingkungan. Penelitian yang dilakukan untuk mengurangi permasalahan sampah plastik adalah menciptakan bahan pengemas ramah lingkungan, yaitu *biodegradable film* yang terbuat dari bahan alami (Handayani dan Wijayanti, 2015).

Biodegradable film adalah bahan pengemas yang terbuat dari bahan-bahan yang mudah terurai oleh mikroorganisme. Bahan baku yang digunakan sebagai pembuatan *biodegradable film* berupa bahan-bahan polimer alami seperti selulosa. Selulosa sebagai penyusun *biodegradable film* menyebabkan *biodegradable film* menjadi kemasan ramah lingkungan dan mengurangi dampak negatif dari kemasan plastik (Safitra dan Herlina, 2020). Selulosa dimanfaatkan dalam pembuatan *biodegradable film* karena selulosa mampu membentuk hidrokoloid dalam sistem pelarut yang sesuai sehingga sesuai digunakan sebagai bahan pembentuk *film* karena akan memperbaiki sifat mekanik *film* yang dihasilkan. Selulosa terdiri dari ikatan 1,4- β -glukosida dengan bentuk rantai panjang dan linier sehingga *biodegradable film* berbasis selulosa diharapkan

memiliki sifat fisik seperti kemasan plastik konvensional, yaitu kuat, laju transmisi uap rendah, dan fleksibel (Habibah dkk., 2013).

Salah satu sumber daya alam yang dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* adalah selulosa yang berasal dari tanaman tebu. Hasil industri dari produk yang berbahan dasar tanaman tebu akan menghasilkan limbah berupa ampas tebu, ampas tebu ini belum banyak dimanfaatkan oleh manusia dan sehingga menumpuk dan menjadi sampah. Ampas tebu berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* karena ampas tebu tersedia dalam jumlah besar. Selain itu, ampas tebu memiliki kandungan selulosa sebesar 45,96%, hemiselulosa 20,37%, dan lignin 21,56% (Sutikno dkk., 2015).

Pembuatan *biodegradable film* yang dilakukan oleh Anggraini (2019) berbahan dasar ampas tebu dengan penambahan 1% (b/v) gliserol dan 2% (b/v) CMC menghasilkan *biodegradable film* dengan karakteristik *film* yang belum memenuhi Standar Nasional Indonesia 7818:2014, dan ditemukan flok-flok atau gumpalan bahan yang tidak merata pada permukaan *film* sehingga menyebabkan permukaan *film* yang dihasilkan menjadi tidak rata. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penambahan *filler* yang berfungsi untuk mengisi rongga pada *film* dan penambahan kitosan berfungsi untuk meningkatkan ketahanan air dari *biodegradable film* yang dihasilkan.

Penambahan kitosan pada pembuatan *biodegradable film* bertujuan untuk mengurangi kemampuan *biodegradable film* dalam menyerap air dari lingkungan sehingga mencegah terjadinya pertumbuhan jamur pada *biodegradable film* yang dihasilkan. Kitosan memiliki sifat hidrofobik sehingga apabila ditambahkan ke dalam bahan pembuatan *biodegradable film* akan menghasilkan *film* yang tidak mudah menyerap air. Kitosan diperoleh dari modifikasi protein dari kitin, kitosan berfungsi sebagai pengawet dari bahan alam sehingga menghasilkan *film* yang memiliki sifat tahan air (Natalia dan Muryeti, 2020). Penelitian ini menggunakan kitosan yang berasal dari cangkang udang karena tersedia dalam jumlah yang banyak dan memiliki harga yang ekonomis.

Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati yang berasal dari kulit singkong bagian dalam. Pada umumnya kulit singkong hanya digunakan untuk pupuk kompos dan makanan ternak. Kandungan pati yang berasal dari kulit singkong cukup tinggi sehingga kulit singkong berpotensi untuk digunakan sebagai *filler* pada pembuatan *biodegradable film* (Akbar dkk., 2013). Potensi tersebut dapat dijadikan peluang untuk memberikan nilai tambah pada kulit singkong sebagai bahan baku pembuatan bahan kemasan ramah lingkungan. Pati kulit singkong akan berfungsi sebagai *filler* atau bahan pengisi dengan mengisi ruang pada flok-flok sehingga akan meningkatkan kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang, dan biodegradabilitas *biodegradable film* sehingga memenuhi standar SNI 7818:2014 (Natalia dan Muryeti, 2020). Penelitian Anggraini (2019) menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 11,716 MPa sehingga tidak memenuhi nilai minimal berdasarkan SNI 7818:2014 yaitu 13,7 MPa, ditemukan adanya flok atau permukaan yang tidak rata pada *film*, dan ada pertumbuhan jamur pada permukaan *film* selama proses penyimpanan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul Karakteristik *Biodegradable film* Berbasis Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* L.) dengan Penambahan Kitosan dan Pati Kulit Singkong (*Manihot esculenta* Crantz).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu sesuai SNI 7818:2014.
2. Mengetahui pengaruh penambahan pati kulit singkong terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu sesuai SNI 7818:2014.
3. Mengetahui pengaruh kombinasi antara pati kulit singkong dan kitosan terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu sesuai SNI 7818:2014.

1.3 Kerangka Pemikiran

Biodegradable film dapat dibuat dari polimer alami yang memiliki kandungan selulosa tinggi, salah satunya adalah ampas tebu. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa sebesar 45,96%, hemiselulosa 20,37%, dan lignin 21,56% (Sutikno dkk., 2015). Kandungan selulosa yang tinggi pada ampas tebu menjadi bahan yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film*. Penggunaan ampas tebu sebagai bahan baku *biodegradable film* harus melalui proses pemurnian selulosa terlebih dahulu untuk menghasilkan *film* dengan karakteristik yang baik. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Anggraini (2019) menggunakan bahan dasar selulosa ampas tebu dengan formulasi 1% gliserol dan 2% CMC menghasilkan kuat tarik sebesar 11,716 MPa, ketebalan sebesar 0,341 mm, persen pemanjangan sebesar 26,437%, laju transmisi uap air sebesar 7,55 g/m²/hari, dan *biodegradable film* terurai selama 14 hari dengan uji biodegradabilitas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Anggraini (2019) karakteristik *biodegradable film* yang dihasilkan belum memenuhi Standar Nasional Indonesia 7818:2014. Nilai kuat tarik tidak mencapai minimal SNI 7818:2014 yaitu 13,7 MPa dan tidak dilakukannya pengukuran elastisitas dari *biodegradable film* yang dihasilkan. Hasil *biodegradable film* pada penelitian Anggraini (2019) juga masih ditemukan adanya flok-flok di permukaan *film*, hal ini yang menyebabkan nilai kuat tarik yang dihasilkan tidak memenuhi SNI 7818:2014 karena flok pada *film* akan menyebabkan ketebalan dari *biodegradable film* tidak merata dan akan menurunkan nilai kuat tarik, persen pemanjangan, dan laju transmisi uap airnya. Oleh karena itu dilakukan penambahan pati kulit singkong untuk memperbaiki sifat dari *biodegradable film* berbasis ampas tebu.

Biodegradable film berbasis selulosa ampas tebu masih memiliki kelemahan, yaitu resistensinya terhadap air rendah karena sifat hidrofilik dari selulosa. Sifat hidrofilik akan mempengaruhi nilai kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, biodegradabilitas, dan ketahanan terhadap suhu ruang dari *biodegradable*

film. Solusi untuk mengatasi kelemahan *biodegradable film* ini adalah dengan dilakukannya penambahan kitosan, kitosan memiliki sifat hidrofobik sehingga dapat mengurangi sifat hidrofilik yang berasal dari selulosa dan pati (Prameswari dkk., 2022). Menurut Santoso dkk. (2019) selain bersifat hidrofobik, penambahan kitosan dan pati cenderung meningkatkan nilai kuat tarik dari *biodegradable film*.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Asriani dkk. (2023) mengenai pengaruh penambahan kitosan pada pembuatan *biodegradable film* berbasis ampas tebu didapatkan bahwa penambahan kitosan akan menghasilkan film dengan nilai kuat tarik tinggi dan laju transmisi uap air rendah. Berdasarkan penelitian Alam dkk. (2018) mengenai efek penambahan kitosan terhadap karakteristik fisika kimia bioplastik pati batang kelapa sawit, menyatakan bahwa nilai serapan air pada film menjadi rendah karena adanya penambahan konsentrasi kitosan. Hasil penelitian Ikhsan dkk. (2021) penambahan kitosan sebanyak 1% menghasilkan *biodegradable film* berbasis bonggol pisang dengan nilai kuat tarik 7,3 MPa. Hasil penelitian Solekah dkk. (2021) penambahan kitosan sebanyak 0,5 gram meningkatkan persentase ketahanan air mencapai 50,59% pada *biodegradable film*.

Pati kulit singkong yang ditambahkan pada *biodegradable film* berfungsi sebagai *filler*. Menurut Wicaksono dkk. (2013) penambahan pati akan menghasilkan nilai kuat tarik dari *biodegradable film* menjadi tinggi, pati akan mengisi rongga kosong antar penyusun *biodegradable film* sehingga dihasilkan permukaan *film* rapat tanpa rongga. Hasil pengukuran kadar amilosa pada pati kulit singkong didapatkan sebesar 9,69% dan kadar amilopektin sebesar 90,31% (Mudaffar 2020). Menurut Putri dan Etika (2022) kandungan amilopektin yang tinggi akan menghasilkan nilai persen pemanjangan lebih tinggi. Hasil penelitian Hidayati dkk. (2019) penambahan pati sebanyak 3,78% menghasilkan *biodegradable film* berbasis selulosa limbah padat rumput laut dengan nilai kuat tarik 95.013 MPa dan nilai persen pemanjangan 8,92%. Menurut Waryoko dkk. (2014) penambahan pati dengan konsentrasi 2% menyebabkan struktur matriks *film* menjadi kuat sehingga akan menghasilkan nilai kuat tarik dan persen pemanjangan menjadi

tinggi. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pembuatan *biodegradable film* berbahan dasar ampas tebu dengan penambahan kitosan dan pati kulit singkong. Penambahan konsentrasi kitosan dengan tiga taraf, yaitu 0,5%, 1%, dan 1,5% serta penambahan konsentrasi pati kulit singkong dengan tiga taraf, yaitu 1%, 2%, dan 3%.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penambahan kitosan berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu sesuai SNI 7818:2014.
2. Penambahan pati kulit singkong berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu sesuai SNI 7818:2014.
3. Kombinasi antara pati kulit singkong dan kitosan berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu sesuai SNI 7818:2014.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Biodegradable Film*

Biodegradable film adalah makromolekul yang mudah mengalami degradasi di alam. *Biodegradable film* akan mengalami perubahan dalam struktur kimianya pada waktu tertentu dikarenakan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Perubahan dalam struktur kimia *biodegradable film* pada waktu tertentu disebabkan oleh bahan dasar yang digunakan untuk membuat *biodegradable film* berupa makromolekul atau polimer pertanian seperti selulosa, kitin, dan pati. Makromolekul tersebut terdapat dalam jumlah yang melimpah di alam dan tidak menimbulkan pencemaran pada lingkungan. *Biodegradable film* atau bioplastik yang dapat dimanfaatkan di kehidupan sehari-hari seperti penggunaan plastik konvensional tetapi memiliki keunggulan yaitu lebih mudah terurai oleh mikroorganisme (Fransisca dkk., 2013).

Biodegradable film tergolong dalam *biodegradable packaging*, *biodegradable coating*, dan enkapsulasi sebagai pengemas produk pangan. Ketiga jenis kemasan tersebut memiliki kesamaan yaitu mudah terurai oleh mikroorganisme dan ramah lingkungan. *Biodegradable film* banyak digunakan sebagai kemasan sekunder atau tidak dibentuk langsung menempel pada bagian atas permukaan produk yang dikemas. *Biodegradable film* dibuat menggunakan dua kelompok bahan dasar yang berbeda, yaitu bahan petrokimia (*non-renewable resources*) dengan penambahan bahan aditif bersifat *biodegradable*, dan yang kedua adalah bahan dasar sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) seperti pati, selulosa, dan kitin atau protein yang berasal dari hewan. *Biodegradable film* terbentuk atas tiga kelompok penyusunnya berupa lipida, hidrokoloid, dan komposit. Jenis hidrokoloid dan lipida yang digunakan di dalam komposit berbeda antara satu

sama lain. Pembentukan komposit bertujuan untuk menghasilkan *film* dengan karakteristik yang baik (Fiqinanti dkk., 2022).

2.2 Karakteristik *Biodegradable film*

Karakteristik dari *biodegradable film* yang akan dimanfaatkan sebagai kemasan atau bioplastik harus memenuhi nilai kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang, dan biodegradabilitas. Terdapat acuan yang harus dipenuhi oleh karakteristik *biodegradable film* yang baik sehingga bisa digunakan sebagai kemasan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 7818:2014 karakteristik *biodegradable film* yang harus dipenuhi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat *Biodegradable Film* yang Diuji Menurut SNI 7818:2014

	Kuat Tarik (MPa)	Persen Pemanjangan (%)	Kemudahan Terurai (%)
SNI 7818:2014	Min. 13,7 (ASTM D 882)	21 – 220 (ASTM D 882)	<60% (1 minggu)

Sumber: Dewi dkk., 2023.

1. Kuat tarik

Kuat tarik adalah salah satu karakteristik yang harus dipenuhi oleh *biodegradable film*. Kuat tarik adalah tarikan maksimum yang dapat ditahan oleh *film* sampai *film* robek atau putus. Uji kuat tarik adalah dilakukan dengan cara *film* akan ditarik menggunakan dengan alat sampai bahan tersebut putus. Pengujian nilai kuat tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan *film* yang dihasilkan dalam menahan bahan atau produk yang akan dikemas. Nilai kuat tarik yang tinggi menunjukkan *film* mampu menahan kerusakan fisik sehingga akan meminimalkan kerusakan terhadap produk yang dikemas (Sismaini dkk., 2022). Standar kuat tarik yang disyaratkan SNI 7818:2014 adalah minimal 13,7 MPa (SNI, 2014).

2. Persen pemanjangan

Persen pemanjangan (elongasi) adalah persentase perubahan panjang *film* saat *film* ditarik sampai putus dibandingkan dengan panjang awalnya (Handayani dan Nurzanah, 2018). Tingginya nilai persen pemanjangan menunjukkan bahwa *film* yang dihasilkan memiliki elastisitas yang tinggi juga. Nilai persen pemanjangan *film* pada umumnya akan dipengaruhi oleh bahan-bahan yang ditambahkan dalam pembuatan *biodegradable film*. Menurut standar SNI 7818:2014 minimal persen pemanjangan *biodegradable film* adalah 21 – 220% (SNI, 2014).

3. Laju transmisi uap air atau ketahanan air

Laju transmisi uap air adalah pengukuran terhadap kemudahan suatu bahan untuk dilalui uap air tanpa memperhitungkan ketebalan *film* dan perbedaan tekanan udara di dalam dan luar bahan (Pudjiastuti dkk., 2013). Laju transmisi uap air *biodegradable film* harus sangat diperhatikan karena akan berkaitan dengan umur simpan produk apabila digunakan sebagai pengemas.

4. Ketebalan

Ketebalan *biodegradable film* dipengaruhi oleh kandungan volume air dalam *biodegradable film*, volume air yang besar akan menghasilkan *biodegradable film* yang lebih tebal. Pengukuran ketebalan *biodegradable film* menggunakan mikrometer dengan ketelitian 0,001 mm. Nilai ketebalan *biodegradable film* diperoleh melalui rata-rata dari pengukuran pada lima titik yang berbeda. *Biodegradable film* yang tebal akan menyebabkan *film* yang dihasilkan menjadi kaku dan keras (Salsabila dan Ulfah, 2017).

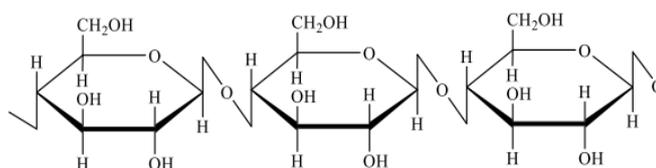
5. Biodegradabilitas

Biodegradabilitas adalah kemampuan *film* untuk dapat terdegradasi dengan baik di dalam tanah. Pengujian biodegradabilitas menggunakan metode *soil test*

dengan menempatkan *biodegradable film* di atas tanah sampai *film* mengalami penguraian secara sempurna. Proses terjadinya biodegradasi *film* dimulai dengan tahap degradasi kimia dengan proses oksidasi molekul dan proses berikutnya adalah serangan mikroorganisme dan aktivitas enzim. Pengamatan *film* dilakukan setiap satu minggu sekali.

2.3 Selulosa

Selulosa adalah salah satu sumber daya alam yang berasal dari dinding sel pada tanaman bersama dengan hemiselulosa, lignin, pektin, dan lilin. Selulosa merupakan polimer alam yang melimpah, biokompatibel dan ramah lingkungan karena selulosa mudah terdegradasi serta dapat diperbarui. Selulosa tergolong ke dalam polimer hidrofilik yang memiliki tiga gugus hidroksil reaktif unit hidroglukosa yang tersusun atas ribuan gugus anhidroglukosa yang dihubungkan dengan ikatan 1,4- β -glukosida dengan bentuk rantai panjang dan linier. Gugus hidroksil selulosa banyak dimanfaatkan untuk memodifikasi selulosa dengan cara memasukkan gugus fungsi tertentu pada selulosa melalui teknik pencangkakan (Mulyadi, 2019). Struktur kimia selulosa dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Kimia Selulosa.
(Sumber: Kunusa, 2017).

Selulosa banyak dimanfaatkan pada industri pembuatan kertas, bioplastik, dan sutera tiruan yang berbahan dasar selulosa. Selulosa banyak dimanfaatkan dalam pembuatan *biodegradable film* karena selulosa mampu membentuk hidrokoloid dalam sistem pelarut yang cocok dan hal itu sangat cocok dijadikan bahan pembentuk *film* karena akan memperbaiki sifat mekanik *film* yang dihasilkan. Selulosa dihasilkan dari alam tergabung bersama lignin dan hemiselulosa sehingga sebelum digunakan perlu dilakukannya penghilangan kandungan lignin dan hemiselulosa dengan menggabungkan transformasi dan pemecahan secara

kimia. Pemecahan secara kimia bertujuan untuk meninggalkan komponen selulosa dalam bentuk padatan (Habibah dkk., 2013).

2.4 Ampas Tebu

Ampas tebu adalah limbah dari tanaman tebu yang sudah dilakukan penggilingan untuk proses pembuatan gula atau diolah menjadi produk pangan lainnya. Ampas tebu menjadi salah satu potensi serat alam dengan jumlah yang melimpah yaitu sekitar 30% dari berat tanaman tebu itu sendiri. Ampas tebu adalah limbah pertama yang dihasilkan dari proses pengolahan industri gula tebu, volumenya mencapai 35-40% dari tebu giling. Ampas tebu terdiri dari air, serat, dan padatan terlarut dalam jumlah relatif kecil. Limbah ampas tebu yang tidak dimanfaatkan hanya ditumpuk di sekitar penggilingan atau pabrik, dengan jumlah ampas tebu yang mencapai 90% per batangnya sehingga hasil ini akan menimbulkan dampak negatif apabila tidak dikelola dengan baik (Li-An'Amie dan Nugraha, 2014).

Dalam penelitian Sutikno dkk. (2015) Ampas tebu memiliki kandungan linoselulosa tinggi yang terdiri dari 46,3% selulosa, 23,0% hemiselulosa, dan 19,7 lignin. Ampas tebu yang berasal dari hasil samping pengolahan gula tebu dan produk pangan olahan lainnya memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, ampas tebu mudah untuk didapatkan, murah, tidak membahayakan kesehatan, dan dapat terdegradasi secara alami. Kurangnya pemanfaatan ampas tebu dan tingginya kandungan selulosa di dalam ampas tebu menjadikan ampas tebu berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan *biodegradable film*. Pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan dasar pembuatan *biodegradable film* akan meningkatkan nilai tambah bagi ampas tebu dan menciptakan produk pengemas yang ramah lingkungan menggantikan plastik konvensional (Heviyanti dkk., 2021).

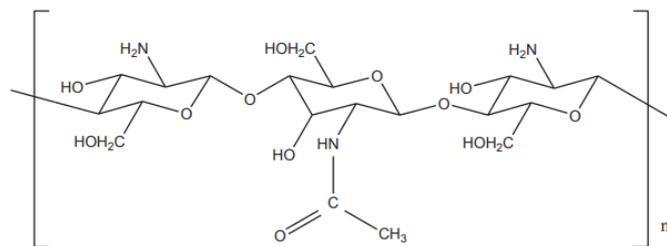
Penampakan visual ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ampas Tebu.
(Sumber: Fauziah dkk., 2022).

2.5 Kitosan

Kitosan adalah biopolimer alami dengan kelimpahan terbesar kedua setelah selulosa dan merupakan produk destilasi kitin yang berasal dari proses reaksi kimia maupun enzimatik. Kitosan dapat ditemukan pada cangkang udang, kepiting, mollusca, serangga, annelida serta beberapa dinding sel jamur dan alga. Kitosan [poli-(2-amino-2-deoksi- β -(1,4)-D-glukopiranos)] merupakan poliaminosakarida yang diperoleh dari penghilangan sebagian gugus 2-asetil dari kitin [poli(2-asetamido-2-deoksi- β -(1,4)-D-glukopiranos)], biopolimer linear dengan 2000-5000 unit monomer saling terpaat melalui ikatan glikosidik β -(1,4). Kitosan $(C_6H_{11}NO_4)_n$ memiliki bentuk padatan amorf berwarna putih kekuningan dan bersifat polielektrolit (Agustina dkk., 2015). Gambar struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 3.



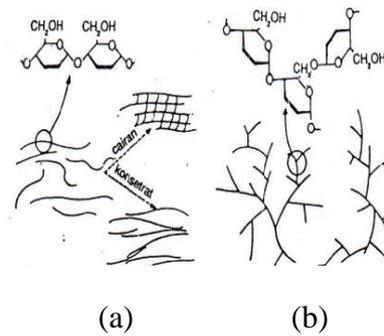
Gambar 3. Struktur Kitosan.
(Sumber: Kurniasih dkk., 2012)

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kitosan mampu meningkatkan sifat ketahanan air *biodegradable film*. Penambahan kitosan akan menurunkan

kelembaban *film* karena kitosan bersifat hidrofobik yang mempengaruhi gaya antar molekulnya, kitosan akan menyisip diantara polimer *film* sehingga daya serap *biodegradable film* terhadap air akan menurun karena kitosan menutupi permukaan *biodegradable film* yang berpori besar. Kitosan bersifat tidak larut air dan pelarut organik karena tersusun atas struktur kristal dengan ikatan hidrogen intramolekuler dan intramolekuler (Vlacha dkk, 2016). Sifat ketahanan air yang dimiliki oleh kitosan menyebabkan kitosan berpotensi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan *biodegradable film* untuk mencegahnya mengalami kerusakan karena menyerap air berlebihan (Alam dkk., 2018)

2.6 Pati

Pati adalah karbohidrat berupa polimer glukosa yang terdiri atas amilosa dan amilopektin. Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, dan buah-buahan. Pemanfaatan pati masih sangat terbatas karena pati memiliki sifat fisik dan kimia yang kurang sesuai untuk digunakan secara luas. Pati banyak digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat fisik maupun kimia dari suatu produk dan meningkatkan nilai ekonomi dari pati itu sendiri. Secara histologi pati terdapat dalam sel dengan bentuk butiran-butiran kecil (granula) yang dinamakan amiloplas atau kloroplas, berikatan dengan air, lemak, dan senyawa lainnya. Pati tersusun atas satuan α -D-glukosa dengan rumus empiris $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pati tersusun atas dua polimer utama yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa memiliki bentuk ikatan α -(1,4)-D-glikosidik dengan bentuk rantai lurus dan mempunyai struktur heliks dari 200-2000 satuan anhidroglukosa. Amilopektin memiliki bentuk ikatan α -(1,6)-D-glikosidik dengan bentuk rantai bercabang dan mempunyai struktur heliks dari 10.000-100.000 satuan anhidroglukosa (Masrukan, 2020). Gambar struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Amilosa (b) Amilopektin.
(Sumber: Nisah, 2017).

Kandungan amilosa pada pati akan mempengaruhi karakteristik *biodegradable film*, sedangkan kandungan amilopektin akan memberikan sifat lengket pada *biodegradable film*. Kandungan amilosa akan menghasilkan *biodegradable film* menjadi kuat dan lentur (Rafika dkk., 2023). Kandungan amilosa akan menyebabkan jumlah polimer yang menyusun matriks *film* menjadi semakin banyak sehingga ikatan antar polimer akan semakin kuat dan menghasilkan nilai kuat tarik menjadi tinggi. Kandungan amilopektin yang tinggi akan menyebabkan matriks *film* menjadi renggang sehingga menjadi mudah putus dan menghasilkan nilai kuat tarik rendah (Andriani dkk., 2020).

Pati alami dapat diperoleh dari berbagai sumber tanaman pada umumnya memiliki sifat-sifat yang dapat membatasi penggunaannya dalam pengaplikasiannya dalam produk pangan. Pati mengalami perubahan selama pemanasan atau selama proses gelatinisasi pati akan mengalami pembengkakan dan tidak dapat kembali ke bentuk semula, terjadi perubahan viskositas pati, dan peningkatan kejernihan pati sampai terbentuk gel. Perubahan karakteristik pati selama proses pemanasan disebabkan oleh suhu pemanasan akan menyebabkan air merusak ikatan double helix pada amilopektin dan merusak ikatan hidrogen antar molekul dalam granula. Gelatinisasi pati diiringi dengan pengadukan yang dapat menyebabkan ikatan hidrogen dalam granula pati menjadi rusak (Handayani dan Yuniwati, 2018).

Gel yang dihasilkan dari proses gelatinisasi pati memiliki potensi dimanfaatkan sebagai *biodegradable film* ketika dikeringkan. Pati memiliki gugus hidroksil terdapat dalam molekul pati dan memungkinkan pati untuk membentuk ikatan hidrogen intramolekul dan antar molekul. Ikatan hidrogen ini menunjukkan pati memiliki sifat hidrofilik dan mudah terdegradasi mikroorganisme. Kemudahan pati untuk terdegradasi mikroorganisme menyebabkan pati memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengemas ramah lingkungan seperti *biodegradable film* (Hidayat dkk., 2020). Kandungan amilosa pada pati juga mempengaruhi sifat retrogradasi. Retrogradasi adalah terbentuknya kembali struktur kristal pada pati yang telah mengalami gelatinisasi. Retrogradasi akan menyebabkan pembentukan agregat kristalin dalam gel pati menjadi meningkat sehingga *film* menjadi lebih rapat (Waryoko dkk., 2014)

2.7 Kulit Singkong

Singkong (*Manihot esculenta*) memiliki morfologi yang terdiri atas daun, batang, bunga, dan umbi. Umbi singkong yang terbentuk merupakan modifikasi dari akar yang membengkak, akar ini berfungsi sebagai penampung adangan makanan. Umumnya umbi singkong memiliki bentuk bulat memanjang, terdiri dari epidermis yaitu kulit luas tipis (ari) berwarna kecoklatan, dermis yaitu kulit bagian bagian dalam agak tebal berwarna putih, dan daging berwarna putih atau kekuningan (Akhadiarto, 2010). Kulit singkong merupakan limbah hasil dari penggunaan daging umbi singkong. Persentase kulit singkong bagian dalam yang berwarna putih sebesar 20% per kg umbi singkong sehingga dalam 1 kg umbi singkong menghasilkan 0,2 kg kulit singkong. Kulit singkong pada bagian dalam memiliki nutrisi yang tidak berbeda dengan umbi singkong. Kulit singkong ini belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat karena dianggap tidak memiliki nilai guna. Kulit singkong hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau dikembalikan ke lahan untuk digunakan sebagai pupuk (Ntelok, 2017). Penampakan visual limbah kulit singkong dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Limbah kulit singkong.
(Sumber: Mirnasari dkk., 2023).

Berdasarkan hasil penelitian Prasetya dan Apriyani, (2019) menyatakan hasil pengukuran kadar pati dari kulit singkong adalah sebesar 44-59% dan komposisi kimia lainnya pada kulit singkong terdiri atas 7,9-10,32% air, 1,5-3,7% protein, 0,8-2,1% lemak, 0,2-2,3% abu, 17,5-27,4% serat, 0,42-0,77% kalsium, 0,12-0,24% magnesium, 0,02-0,10% fosfor, dan 18,0-309,4 ppm HCN. Menurut Prasetya dan Apriyani, (2019) kulit singkong selama ini hanya dianggap sebagai limbah dan belum banyak dimanfaatkan dan umumnya hanya digunakan sebagai pakan ternak. Kandungan pati dalam kulit singkong yang cukup tinggi menyebabkan pati kulit singkong berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai *biodegradable film* dan menjadi peluang untuk meningkatkan nilai tambah bagi limbah kulit singkong untuk menghasilkan bahan pengemas ramah lingkungan (Mudaffar, 2020).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Teknik Material, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada bulan Desember sampai Maret 2024.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah ampas tebu yang diperoleh dari tempat penjual es tebu di Bandar Lampung, kulit singkong bagian dalam jenis *Manihot esculenta* Crantz, dan kitosan kulit udang yang dibeli melalui aplikasi *shopee* toko chimultiguna. Bahan lain yang digunakan adalah gliserol 1% (b/v) sebagai plasticizer, aquades, *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) 2% (b/v), air, hidrogen peroksida (H_2O_2) 2% (v/v), natrium hidroksida (NaOH) 2,5% (b/v), silica gel, dan tanah sebagai media pengurai.

Peralatan yang digunakan adalah timbangan digital, hot plate, batang pengaduk, thermometer, Universal Testing Machine (UTM) yang dibuat oleh Orientec Co. Ltd dengan model UCT-5T untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan, baskom, blander merk Miyako tipe BL-152 PF-AP, *magnetic stirrer*, kain saring, ayakan sieve *stainless* 80 dan 100 mesh, sikat kawat, *petri dish* ukuran 20x20 cm, gelas beaker, gelas ukur, cawan, pipet tetes, talenan, *stopwatch*, *carbon fiber composites digital thickness gauge*, pisau *stainless steel*, dan spatula.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) yang terdiri dari dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi pati kulit singkong (P) terdiri dari 3 taraf, yaitu 1% (P1), 2% (P2), dan 3% (P3). Faktor kedua yaitu konsentrasi kitosan (K) yang terdiri dari 3 taraf, yaitu 0,5% (K1), 1% (K2), dan 1,5% (K3). Kedua faktor selanjutnya dikombinasikan sehingga diperoleh perlakuan dengan konsentrasi pati kulit singkong dan kitosan yang berbeda. Kombinasi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kombinasi perlakuan pembuatan *biodegradable film*

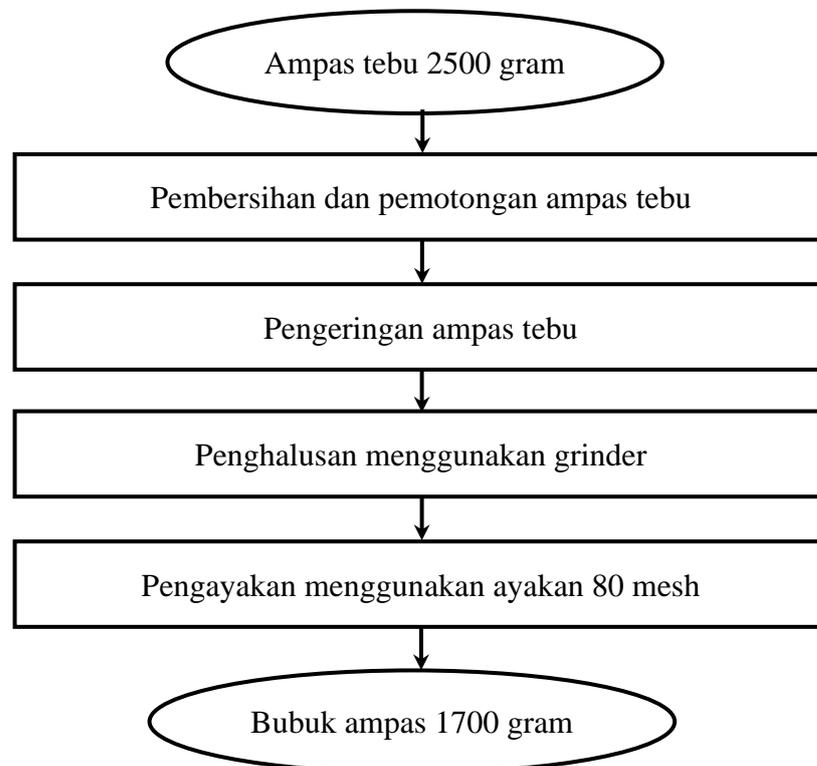
Konsentrasi Pati Kulit Singkong (%)	Konsentrasi Kitosan (%)		
	K1 (0,5)	K2 (1)	K3 (1,5)
P1 (1)	P1K1	P1K2	P1K3
P2 (2)	P2K1	P2K2	P2K3
P3 (3)	P3K1	P3K2	P3K3

Pengamatan yang dilakukan antara lain penampakan visual, kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, laju transmisi uap air, biodegradabilitas, dan ketahanan terhadap suhu ruang. Data hasil kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan laju transmisi uap air, dianalisis kesamaan ragamnya menggunakan uji Bartlett dan kementerian data diuji menggunakan uji Tuckey. Kemudian dianalisis menggunakan uji sidik ragam untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan dan diolah lebih lanjut menggunakan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%. Data pengujian kenampakan visual, biodegradabilitas, dan ketahanan di suhu ruang, akan disajikan dalam bentuk gambar kemudian akan dibahas secara deskriptif.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Prosedur Pembuatan Bubuk Ampas Tebu

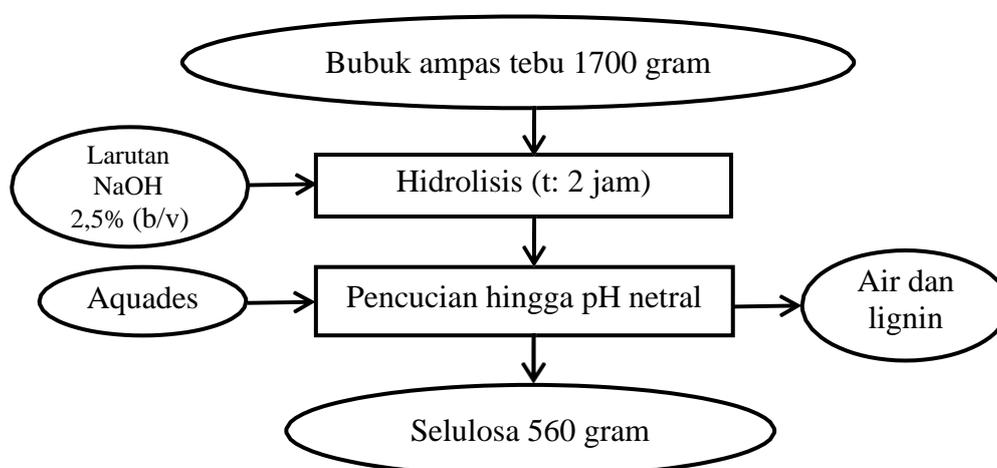
Pembuatan bubuk ampas tebu menggunakan metode Zulferiyenni dkk. (2004, dengan modifikasi). Ampas tebu yang diambil ± 1 cm dibawah lapisan luarnya. Ampas tebu disiapkan kemudian dibersihkan dan dipotong kecil kecil. Ampas tebu bersih kemudian dikeringkan menggunakan oven. Ampas tebu kering kemudian dihaluskan menggunakan grinder. Bubuk ampas tebu yang dihasilkan selanjutnya diayak menggunakan ayakan (Mesh 80). Penyaringan dilakukan sebanyak dua kali, sehingga didapatkan bubuk ampas tebu dengan serat yang halus dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir pembuatan bubuk ampas tebu.
Sumber: Zulferiyenni dkk (2004, dengan modifikasi).

3.4.2 Prosedur Pemisahan Selulosa

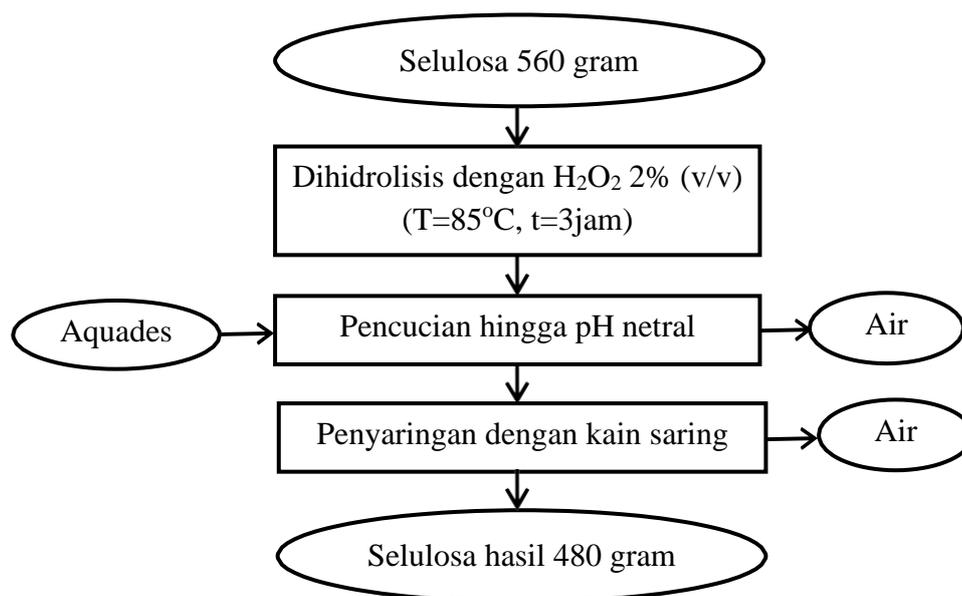
Pemisahan selulosa menggunakan metode Fiqinanti (2022, dengan modifikasi). Bubuk ampas tebu yang telah didapatkan dilanjutkan pada tahap pemisahan selulosa. Bubuk ampas tebu diberi perlakuan perendaman dengan NaOH 2,5% (b/v) selama 2 jam dengan suhu ruang 32°C. Bubuk ampas tebu dicuci dengan aquades hingga didapatkan pH netral. Setelah dicuci didapatkan selulosa dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir pemisahan selulosa ampas tebu.
Sumber: Fiqinanti (2022, dengan modifikasi).

3.4.3 Prosedur untuk Pemutihan Selulosa Ampas Tebu

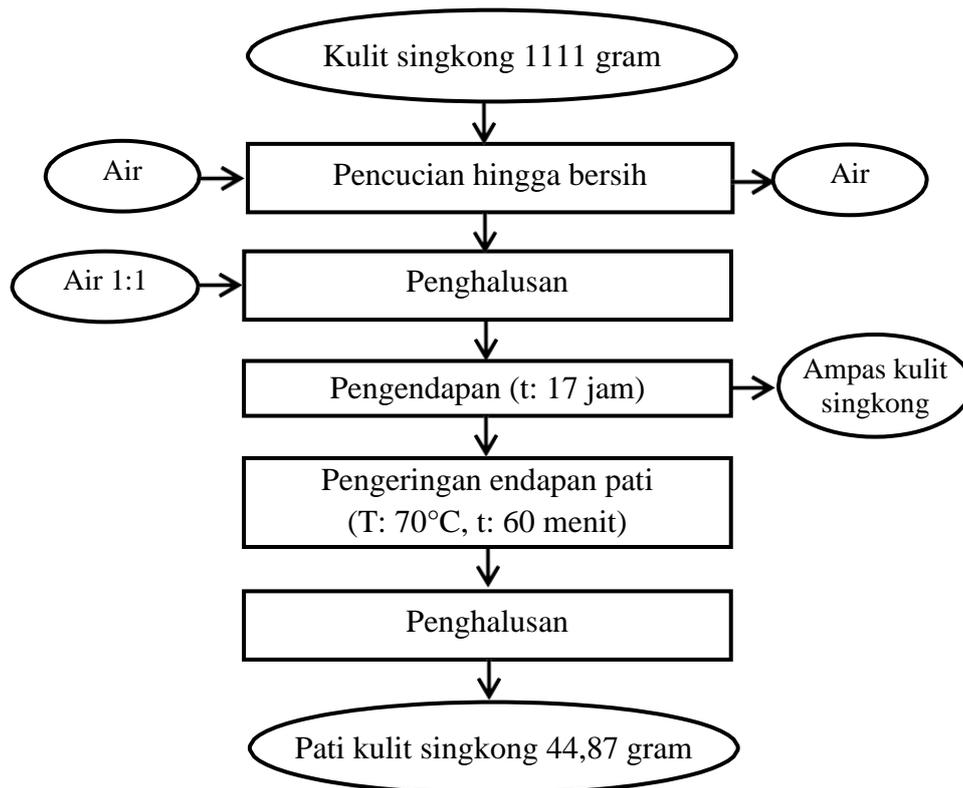
Selulosa ampas tebu sebanyak dihidrolisis dalam larutan hidrogen peroksida 2% (v/v) selama 3 jam pada suhu 85°C. Selulosa ampas tebu dicuci dengan aquades hingga pH netral, kemudian disaring dengan kain saring sehingga diperoleh selulosa yang lebih murni. Selulosa yang didapatkan kemudian dikeringkan untuk digunakan dalam proses selanjutnya. Diagram alir pemurnian selulosa dari ampas tebu pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir pemutihan selulosa dari ampas tebu.
Sumber: Fiqinanti (2022, dengan modifikasi).

3.4.4 Prosedur Pembuatan Pati Kulit Singkong

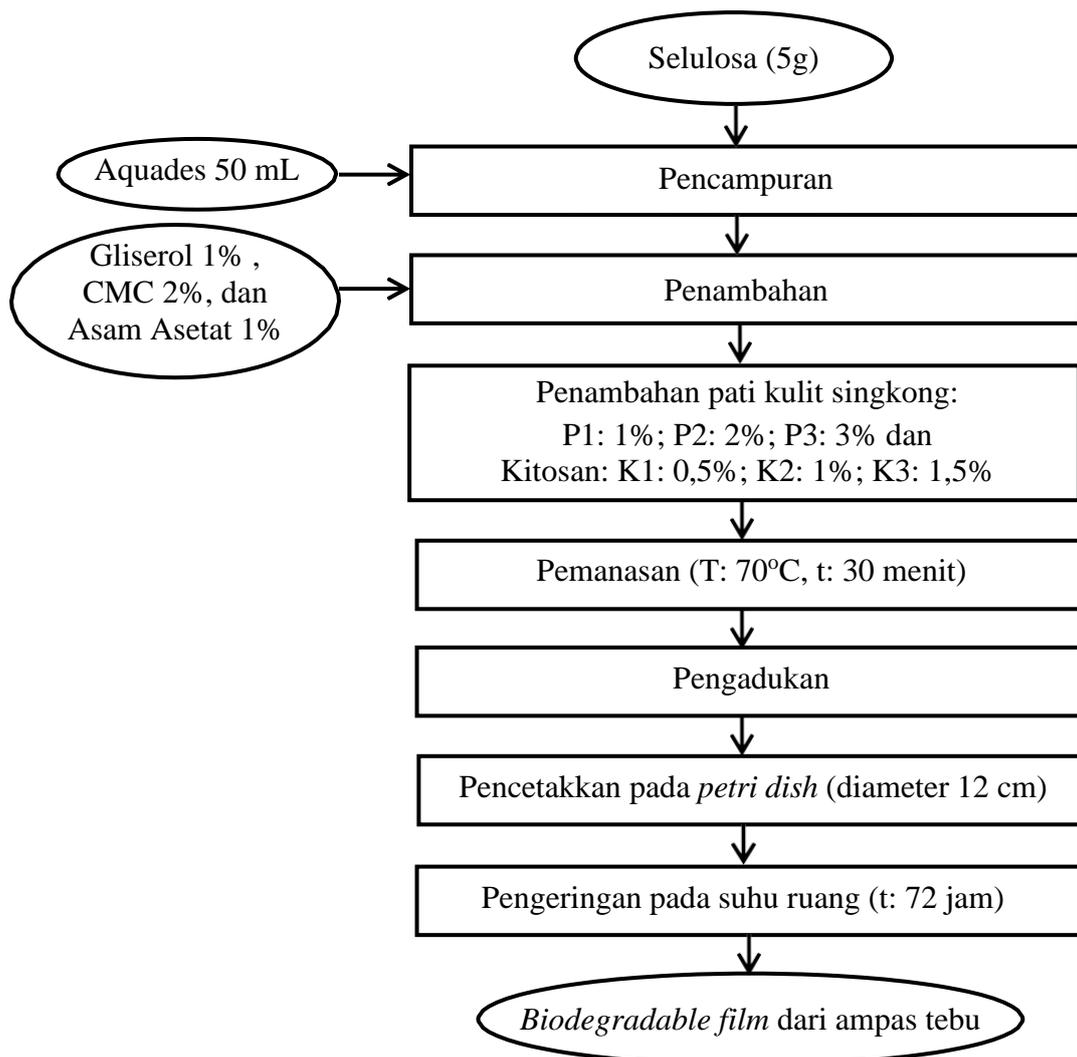
Pembuatan pati kulit singkong menggunakan metode Anita dkk. (2013, dengan modifikasi). Kulit singkong sebanyak dibersihkan hingga bersih dan putih. Kulit singkong bersih ditambahkan air dengan perbandingan 1:1 kemudian dihancurkan dengan blender. Bubur kulit singkong kemudian disaring dan dibiarkan selama 24 jam untuk didapatkan endapan. Kemudian endapan yang didapatkan dikeringkan dengan oven suhu 70°C selama 30 menit lalu diayak dengan ukuran 80 mesh. Didapatkanlah pati kulit singkong kering yang siap digunakan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir pembuatan pati kulit singkong.
Sumber: Anita dkk., (2013, dengan modifikasi).

3.4.5 Prosedur Pembuatan *Biodegradable film*

Pembuatan *biodegradable film* menggunakan metode Fiqinanti (2022, dengan modifikasi). Selulosa dari ampas tebu yang didapatkan ditambahkan aquades sebanyak 50 ml, serta 1% gliserol dan 2% CMC. Ditambahkan pati kulit singkong dan kitosan sesuai dengan perlakuan. Bahan tersebut dipanaskan pada suhu 70°C selama 30 menit sambil diaduk untuk menghilangkan gelembung, lalu dicetak pada *petri dish* diameter 12 cm dan dikeringkan dengan suhu ruang selama 72 jam dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir pembuatan *biodegradable film*.
Sumber: Fiqinanti (2022, dengan modifikasi).

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengamatan visual, kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, laju transmisi uap air, biodegradabilitas, dan ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang.

3.5.1 Pengamatan Visual

Pengamatan visual dilakukan dengan menggunakan camera visual biasa (Samsung A23). *Biodegradable film* yang dihasilkan di foto untuk mengetahui penampakan

visual *film*. Kenampakan fisik *film* yang dilihat adalah tidaknya flok atau kehomogenan lembaran *film*.

3.5.2 Kuat Tarik

Pengamatan ini dilakukan dengan mengikuti *American Standard Testing and Material* (ASTM D 638 M-III, 1998) di Laboratorium Teknik Material Universitas Lampung. Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh *film* selama pengukuran berlangsung (Akbar dkk, 2013). Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT- 5T. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan dengan suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 0,01 kN/detik, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :
(Sutiani, 1997 dalam Walidi, 2007).

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

Keterangan :

t : Kekuatan tarik (MPa)

F_{maks} : Gaya kuat tarik (N)

A : Luas permukaan contoh (mm²)

3.5.3 Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan dilakukan dengan mengikuti *American Standard Testing and Material* (ASTM D 638 M-III, 1998) di Laboratorium Teknik Material Universitas Lampung. Sebelum dilakukan pengukuran disiapkan lembaran *film* ukuran 12x2 cm. Instron diset pada *initial grip separation* 0,01 kN/detik. Persen pemanjangan dihitung saat *film* pecah atau robek. Sebelum dilakukan penarikan, panjang *film* diukur sampai batas pegangan yang disebut dengan

panjang awal (l_0), sedangkan panjang *film* setelah penarikan disebut panjang setelah putus (l_1) dan dihitung persen perpanjangan dengan rumus :

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

Keterangan :

l_0 : Panjang awal *film*

l_1 : Panjang *film* setelah putus

3.5.4 Ketebalan

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Pengujian ketebalan dilakukan dengan menggunakan alat *carbon fiber composites digital thickness gauge* yang memiliki ketelitian 0,01 milimeter pada lima titik yang berbeda pada bagian *biodegradable film*. Nilai ketebalan *biodegradable film* diperoleh dari rata-rata hasil pengukuran tersebut.

3.5.5 Laju Transmisi Uap Air atau Uji Ketahanan Air

Laju Transmisi Uap Air (WVTR) dilakukan pengujian dengan cara sampel yang akan diuji diletakkan pada mulut cawan berbentuk lingkaran dengan diameter dalam 6 cm, diameter luar 7 cm dan kedalaman 1 cm yang didalamnya berisi silika gel 10 g. Bagian tepi cawan dan plastik ditutup dengan wax atau isolasi. Cawan kemudian dimasukkan ke dalam toples yang berisi larutan NaCl 40% (b/v). Uap air yang terdifusi melalui plastik akan diserap oleh silika gel dan akan menambah berat silika gel tersebut. Cawan dikondisikan selama 24 jam pada suhu ruangan. Berat akhir sampel kemudian ditimbang. Nilai laju transmisi uap air sampel dihitung menggunakan persamaan berikut. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier dan nilai laju transmisi uap air dapat ditentukan dengan rumus

(Dewi *dkk.*, 2021):

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

Keterangan :

WVTR: Nilai laju transmisi uap air (gram/m²/jam).

W₀ : Berat awal

W : Berat akhir setelah 24 jam

T : Waktu (24 jam)

A : Luas area *film* (m²)

3.5.6 Biodegradabilitas

Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Pengamatan biodegradabilitas adalah pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui proses degradasi pada *biodegradable film*. Uji biodegradabilitas dilakukan dengan cara dimasukkan ke dalam gelas plastik dan ditimbun dengan tanah hingga gelas penuh dengan ketebalan tanah 6 cm. Proses penimbunan dilakukan sampai *film* mengalami proses penguraian sempurna dengan pengamatan satu kali seminggu (Fadlilah dan Udjiana, 2022).

3.4.7 Ketahanan *Biodegradable Film* pada Suhu Ruang

Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Pengamatan uji ketahanan *biodegradable* pada suhu ruang dilakukan untuk mengetahui lama ketahanan *biodegradable film* yang dihasilkan pada suhu ruang pada waktu tertentu. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali (Akbar *dkk.*, 2013). Pengamatan yang dilakukan terkait penampakan visual *biodegradable film* seperti keutuhan, kondisi permukaan, dan warna *film* (Fransisca *dkk.*, 2013).

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penambahan kitosan berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu. Karakteristik *biodegradable film* yang memenuhi SNI 7818:2014 ditunjukkan pada perlakuan dengan penambahan kitosan sebesar 1,5%.
2. Penambahan pati kulit singkong berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu. Karakteristik *biodegradable film* yang memenuhi SNI 7818:2014 ditunjukkan oleh perlakuan dengan penambahan pati kulit singkong sebesar 2%.
3. Interaksi antara kitosan dan pati kulit singkong berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu. Perlakuan yang telah memenuhi SNI 7818:2014 perlakuan dengan penambahan pati kulit singkong 2% dan kitosan 1,5%. *Biodegradable film* berbasis selulosa ampas tebu dapat bertahan di suhu ruang selama enam minggu dan terdegradasi di dalam tanah selama tiga minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Swantara, I. M. D., dan Suartha, I. N. 2015. Isolasi kitin, karakterisasi, dan sintesis kitosan dari kulit udang. *Jurnal Kimia*. 9(2): 271-278.
- Akbar, F., Anita, Z., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh waktu simpan *film* plastik biodegradasi dari kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 2(2): 11-15.
- Akhadiarto, S. 2010. Pengaruh pemanfaatan limbah kulit singkong dalam pembuatan pelet ransum unggas. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 11(1): 127-138.
- Alam, M. N., Halid, T., dan Illing, I. 2018. Efek penambahan kitosan terhadap karakteristik fisika kimia bioplastik pati batang kelapa sawit. *Indonesian Journal of Fundamental Science*. 4(1): 39-44.
- Anggraini, F. 2019. Karakteristik *biodegradable film* berbasis ampas tebu (*Saccharum officinarum* L) dengan penambahan gliserol dan *carboxy methyl cellulose* (cmc). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung: Lampung. 55 hlm.
- Andriani, F., Hamzah, F. H., dan Fitriani, S. 2020. Variasi konsentrasi gliserol pada pembuatan *edible film* pati kulit pisang barangan (*Musa Acuminata* Linn.). *Jurnal Online Mahasiswa Faperta*. 7(2): 1-17.
- Anita, Z., Akbar, F., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik *film* plastik biodegradasi dari pati kulit singkong. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(2): 37-41.
- Arifin, M., Handayani, C., dan Afriyanti. 2021. Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia *edible film* dari selulosa batang jagung. *Journal of Food and Agricultural Product*. 1(1): 5-12.
- Asriani., Nuraliyah, A., dan Sinardi. 2023. Pengaruh penambahan kitosan pada pembuatan bioplastik dari ampas tebu. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri X 2023*. 238-243 hlm.

- Badan Standardisasi Nasional. 2014. *SNI 7818:2014 Kantong Plastik Mudah Terurai*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional. Cengristitama dan Wulandari, G. A. 2021. Variasi penambahan kitosan dalam pembuatan bioplastik dari limbah sekam padi dan minyak jelantah. *Jurnal TEDC*. 15(2): 8-14.
- Coniwanti., Pamilia., Laila, L., dan Mardiyah, R. A. 2014. Pembuatan *film* plastik *biodegradable* dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(4): 22-30
- Darni, Y., Lismeri., Hanif, M., Sarkowi., dan Evaniya, S. D. 2019. Peningkatan kuat tarik bioplastik dengan *filler microfibrillated cellulose* dari batang sorgum. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 18(2): 37-41.
- Dewi, K. S. D. N., Yulianti, N. L., dan Setiyo, Y. 2023. Karakteristik fisik kemasan bioplastik dari pati singkong dan karagenan dengan variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer*. *Jurnal Biosistem dan Teknik Pertanian*. 11(2): 241-250.
- Dewi, R., Rahmi., dan Nasrun. 2021. Perbaikan sifat mekanik dan laju transmisi uap air *edible film* bioplastik menggunakan minyak sawit dan *plasticizer* gliserol berbasis pati sagu. *Jurnal Teknologi Kimia UNIMAL*. 10(1): 61-67.
- Dewi, T. K., Riza, R. F., Oktari, A. D. 2015. Pembuatan *Film* Plastik Pati Umbi Keladi Liar. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya. Palembang. 40 hlm.
- Fadlilah, N dan Udjiana, S. 2022. Pembuatan plastik *biodegradable* dengan variasi jenis *filler* dan *plasticizer*. *Jurnal Teknologi Separasi*. 8(3): 548-55.
- Fauziyani, S., Fahrizal., dan Patria, A. 2019. Pengaruh *edible coating* dari kitosan dengan konsentrasi berbeda terhadap keumamah selama masa penyimpanan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*. 4(1): 538-546.
- Fiqinanti, N., Zulferiyenni., Susilawati., dan Nurainy, F. 2022. Karakteristik *biodegradable film* dari kombinasi bekatul beras dan selulosa sekam padi. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*. 1(2): 283-293.
- Firawansyah., Hasan, M., dan Hanum, L. 2019. Analisis bioplastik dari pati beras hitam (*Oryza sativa L. indica*) - kitosan menggunakan pemplastis *refined bleached deodorized palm oil (rbdpo)* sebagai bahan *edible film*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia*. 4(1): 1-9.
- 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.

- Ginting, M. H. S., Sinaga, R. F., Hasibuan, R., dan Ginting, G. 2014. Pengaruh variasi temperatur gelatinisasi pati terhadap sifat kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus bioplastik pati umbi talas. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Jakarta: 12 November 2014. 1-3 hlm.
- Habibah, R., Nasution, D. Y., dan Muis, Y. 2013. Penentuan berat molekul dan derajat polimerisasi α -selulosa yang berasal dari alang-alang (*Imperata cylindrica*) dengan metode viskositas. *Jurnal Saintia Kimia*. 1(2): 55-59.
- Handayani, P. A dan Wijayanti, H. 2015. Pembuatan *film* plastik *biodegradable* dari limbah biji durian (*Durio Zibethinus Murr*). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 4(1): 21-26.
- Handayani, R dan Yuniwati, M. 2018. Pengaruh suhu dan waktu terhadap kuat tarik proses pembuatan plastik dari ganas (gadung dan serat daun nanas). *Jurnal Inovasi Proses*. 3(1): 16-21.
- Herawan, C. D dan Mahatmanti, F. W. 2015. Sintesis *edible film* dari pati kulit pisang dengan penambahan lilin lebah (*beeswax*). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 4(2): 148-151.
- Heviyanti, M., Murdhiani., dan Maharany, R. 2021. Komposisi limbah tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada pembuatan *biodegradable film*. *Agroteknika*. 4(2): 86-94.
- Hidayat, F., Syaubari., dan Salima, R. 2020. Pemanfaatan pati tapioka dan kitosan dalam pembuatan plastik *biodegradable* dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. *Jurnal Litbang Industri*. 10(1): 33-38.
- 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 Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 22(2): 340-354.
- Ikhsan, M. H., Dewata, I., Nizar, U. K., dan Azhar, M. 2021. Pengaruh penambahan kitosan terhadap kuat tarik dan biodegradasi *edible film* dari pati bonggol pisang. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*. 2(1): 44-50.
- Kastritis, P. L and Bonvin, A. M. J. J. On the binding affinity of macromolecular interactions: daring to ask why proteins interact. *Journal of The Royal Society Interface*. 10(79): 1-27.
- Kunusa, W. R. 2017. Kajian tentang isolasi selulosa mikrokristalin (sm) dari limbah tongkol jagung. *Jurnal Entropi*. 12(1): 105-108.

- Li-An'Amie, N. L dan Nugraha, D. A. 2014. Pemanfaatan limbah ampas tebu melalui desain produk perlengkapan rumah. *Jurnal Tingkat Sarjana Senirupa dan Desain*. 1(1): 1-7.
- Making Oceans Plastic Free. 2017. The Hidden Cost of Plastic Bag Use and Pollution in Indonesia. On line at <https://makingoceansplasticfree.com/82-hidden-cost-plastic-bag-use-pollution-indonesia/>. [diakses tanggal 15 Oktober 2023].
- Maladi, I. 2019. Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan *Bio-Compatible* Zink Oksida. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta. 100 hlm.
- Masrukan. 2020. Potensi modifikasi pati dengan esterifikasi sebagai prebiotik. *Agrotech*. 1(1): 1-14.
- Mirnasari, T., Kuswarak., Ariswandy, D., dan Junaidi. 2023. Pelatihan masyarakat Segala Mider dalam pemanfaatan limbah kulit singkong menjadi keripik kulit singkong usaha rumahan aneka (keripik ura). *Jurnal Abdi Masyarakat Saburai*. 4(1): 1-7.
- Mudaffar, R.A. 2020. Karakteristik *edible film* dari limbah kulit singkong dengan penambahan kombinasi *plasticizer* serta aplikasinya pada buah nanas terolah minimal. *Jurnal Tabaro*. 4(2): 473-483.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan karakterisasi selulosa: review. *Jurnal Saintika UnPam*. 1(2): 177-182.
- Mustapa, R., Restuhadi, F., dan Efendi, R. 2017. Pemanfaatan kitosan sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* dari pati ubi jalar kuning. *Jurnal Online Mahasiswa Faperta*. 4(2): 1-12.
- Nafiyanto, I. 2019. Pembuatan plastik *biodegradable* dari limbah bonggol pisang kepok dengan *plasticizer* gliserol dari minyak jelantah dan komposit kitosan dari limbah cangkang bekicot (*Achatina fullica*). *Jurnal Kimia Kemasan*. 41(1): 37-44.
- Natalia, E.V. dan Muryeti. 2020. Pembuatan plastik dari pati singkong dan kitosan. *Journal Printing and Packaging Technology*. 1(1): 57 -68.
- Ningrum, R. S., Sondari, D., Purnomo, D., Amanda, P., Burhani, D., dan Rodhibilah. 2021. Karakterisasi *edible film* dari pati sagu alami dan termodifikasi. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 43(2): 95-102.
- Nisah, K. 2017. Study pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik *biodegradable* dengan *plasticizer* gliserol. *Jurnal Biotik*. 5(2): 106-113.

- Ntelok, Z. R. E. 2017. Limbah kulit singkong (*Manihot esculenta* L.): alternatif olahan makanan sehat. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*. 1(1): 115-121.
- Nurmilatillah. 2021. Pengaruh Penambahan Selulosa Tongkol Jagung dan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura*). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Semarang. 74 hlm.
- Prameswari, C. A., Prembayun, A. R., Puspitaningrum, A., Naaifah, M. I., Azhari, F., Hasan, M. I. N., dan Khoirunnisa, A. 2022. Sintesis plastik *biodegradable* dari pati kulit singkong dan kitosan kulit larva *black soldier fly* dengan penambahan *polyethylene*. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 6(1): 4454-4461.
- Prasetya, A dan Apriyani, S. 2019. Pemanfaatan pati kulit ubi kayu sebagai bahan baku edible coating dengan penambahan kitosan untuk memperpanjang umur simpan jeruk rimau gerga lebong (rgl) bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Komputer dan Sains*. 247-256 hlm.
- Putri, I dan Etika, S. B. 2022. Pembuatan plastik *biodegradable* dari limbah cair pengolahan singkong dengan penambahan propilen glikol sebagai *plasticizer*. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*. 11(1): 78-83.
- Rafika., Masrullita., Dewi, R., Zulnazri., Nasrul, Z.A., dan Ulfa, R. 2023. Sintesis plastik *biodegradable film* dari pati ubi jalar dengan variasi penambahan *plasticizer* gliserol. *Chemical Engineering Journal Storage*. 3(1): 42-51.
- Rahmawati, L. A. 2020. Studi literatur produksi bioetanol dari ampas tebu dengan metode pyrolisis. *Jurnal Environment Science*. 4(1): 46-57.
- Safitra, E. R dan Herlina, I. 2020. Pembuatan *film* plastik *biodegradable* dari limbah kulit kopi dengan penambahan kitosan/gliserol. *Journal of Science and Applicative Technology*. 4(1): 38-42.
- Salsabila, A dan Ulfah, M. 2017. Karakteristik ketebalan edible *film* berbahan dasar bioselulosa nata de siwalan dengan penambahan gliserol. *Bioma*. 6(1): 1-9.
- Santoso, A., Ambalinggi, W., dan Niawanti, H. 2019. Pengaruh rasio pati dan kitosan terhadap sifat fisik bioplastik dari pati biji cempedak (*Artocarpus champeden*). *Jurnal Chemurgy*. 3(2): 8-11
- Setiani, W., T., Sudiarti., dan Rahmidar, L. 2013. Preparasi dan karakterisasi *edible film* dari poliblend pati sukun-kitosan. *Jurnal Kimia Valensi*. 3(2): 100-109.
- SIPSN. 2022. *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.

- Sismaini, S., Nasution, I. S., dan Putra, B. S. 2022. Kuat tarik *edible film* bahan dasar pati sagu dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 7(2): 472-479.
- Solekah, S., Sasria, N., dan Dewanto, H. A. Pengaruh penambahan gliserol dan kitosan kulit udang terhadap biodegradasi dan ketahanan air plastik *biodegradable*. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 8(2): 80-86.
- Sutikno., Marniza., dan Sari, N. 2015. Pengaruh perlakuan awal basa dan hidrolisis asam terhadap kadar gula reduksi ampas tebu. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 20(2): 65-72.
- Tan, Z., Yi, Y., Wang, H., Zhou, W., Yang, Y., and Wang, C. 2016. Physical and degradable properties of mulching *films* prepared from natural fibers and *biodegradable* polymers. *Applied Sciences*. 6(147): 1-11.
- Warsiki, E., Sianturi, J., dan Sunarti, T. C. 2011. Evaluasi sifat fisis-mekanis dan permeabilitas *film* berbahan kitosan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 21(3): 139-145.
- Waryoko., Rahardjo, B., Marseno, D. W., dan Karyadi, J. N. W. 2014. Sifat fisik, mekanik dan barrier *edible film* berbasis pati umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang diinkorporasi dengan kalium sorbat. *AGRITECH*. 34(1): 72-81.
- Wicaksono, R., Syamsu, K., Yuliasih, I., dan Nasir, M. 2013. Karakteristik nanoserat selulosa dari ampas tapioka dan aplikasinya sebagai penguat *film* tapioka. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 23(1): 38-45.
- Wiradipta, I. D. G. A. 2017. Pembuatan plastik *biodegradable* Berbahan Dasar Selulosa dari Tongkol Jagung. *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. 87 hlm.
- Yustinah, Syamsudin, A. B., Solekka, P. P., Novitasari, G. P., Nuryani, F., Djaeni, M., dan Buchori, L. 2023. Pengaruh jumlah kitosan dalam pembuatan plastik *biodegradable* dari selulosa sabut kelapa dengan pemplastik gliserol. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*. 7(2): 143-149.
- Zulferiyenni., Hanum, T. dan Suharyono, A. S. 2004. Pemurnian selulosa nanas untuk bahan dasar pembuatan *film* selulosa. *Jurnal Panel Pertanian Terapan*. 4(1): 55-62.
- Zulferiyenni., Marniza., dan Sari, E. N. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 19(3): 257-273.