

**FORMULASI GLISEROL DAN CMC DALAM PEMBUATAN
BIODEGRADABLE FILM BERBASIS SELULOSA DAUN NANAS
(*Ananas comosus*)**

(Skripsi)

Oleh

**MAULIDA MELVINA PUTRI
1914051022**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

FORMULATION OF GLYCEROL AND CMC IN MAKING BIODEGRADABLE FILM PINEAPPLE LEAF (*Ananas comosus*) BASED

By

MAULIDA MELVINA PUTRI

Pineapple leaves contain 69,5-71,5% cellulose which can be used as raw material to make biodegradable films. The purpose of this study was to obtain the best formulation of glycerol and CMC for biodegradable films pineapple leaves based. This research was conducted using the triplo method, namely the method of collecting data three times in one sample. Samples are selected based on the best visual appearance, indicated by the least number of flocs that appear in the sample. The treatment was composed of 6 formulations which were formulations of glycerol and CMC, namely P1 (0%:1%), P2 (0,5%:1,5%), P3 (1%:2%), P4 (1,5%:2,5%), P5 (2%:3%), P6 (2,5%:0%). The data on tensile strength, percent elongation, water vapor permeability, thickness, testing biodegradability and room temperature resistance is presented in the form of pictures and will be discussed descriptively. Formulation of glycerol 1,5% and CMC 2,5% produces the best characteristics of biodegradable films with a tensile strength value of 113,52 MPa, a percent elongation value of 12,71%, and a thickness value of 0,18 mm. Biodegradable film pineapple leaves based has a water vapor permeability value of 24,03 (g/m²/hour), biodegradability for 5 weeks and resistance to room temperature for 5 weeks without being overgrown by fungi.

Keywords: biodegradable film, pineapple leaves, glycerol, CMC

ABSTRAK

FORMULASI GLISEROL DAN CMC DALAM PEMBUATAN BIODEGRADABLE FILM BERBASIS SELULOSA DAUN NANAS (*Ananas comosus*)

Oleh

MAULIDA MELVINA PUTRI

Daun nanas mengandung selulosa sebesar 69,5-71,5% yang dapat dijadikan bahan baku dalam pembuatan biodegradable film. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh formulasi terbaik gliserol dan CMC pada pembuatan biodegradable film berbasis selulosa daun nanas. Penelitian ini dilakukan dengan metode triplo yaitu metode pengambilan data sebanyak tiga kali pada satu sampel. Sampel dipilih berdasarkan tampak visual yang terbaik, ditandai dengan sedikitnya flok yang muncul pada sampel. Perlakuan disusun sebanyak 6 formulasi yang merupakan formulasi gliserol dan CMC, yaitu P1 (0%:1%), P2 (0,5%:1,5%), P3 (1%:2%), P4 (1,5%:2,5%), P5 (2%:3%), P6 (2,5%:0%). Data nilai kuat tarik, persen pemanjangan, permeabilitas uap air, ketebalan, biodegradabilitas dan ketahanan suhu ruang disajikan dalam bentuk gambar dan dibahas secara deskriptif. Formulasi gliserol 1,5% dan CMC 2,5% menghasilkan biodegradable film dengan karakteristik terbaik dengan nilai kuat tarik sebesar 113,52 MPa, nilai persen pemanjangan sebesar 12,71%, dan nilai ketebalan sebesar 0,18 mm. Biodegradable film berbasis selulosa daun nanas memiliki nilai permeabilitas uap air sebesar 24,03 (g/m²/jam), biodegradabilitas selama 5 minggu dan ketahanan terhadap suhu ruang selama 5 minggu tanpa ditumbuhi oleh jamur.

Kata kunci : biodegradable film, daun nanas, gliserol, CMC

**FORMULASI GLISEROL DAN CMC DALAM PEMBUATAN BIODEGRADABLE
FILM BERBASIS SELULOSA DAUN NANAS (*Ananas comosus*)**

(Skripsi)

Oleh

**MAULIDA MELVINA PUTRI
1914051022**

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

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

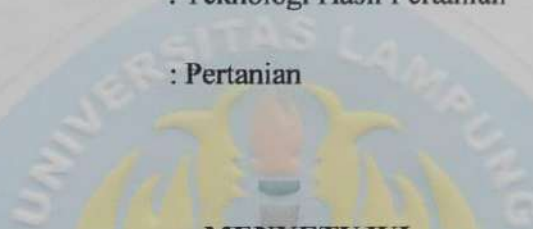
Judul Skripsi : **FORMULASI GLISEROL DAN CMC
DALAM PEMBUATAN BIODEGRADABLE
FILM BERBASIS SELULOSA DAUN NANAS
(*Ananas comosus*)**

Nama Mahasiswa : *Maulida Melvina Putri*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914051022

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

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

Dr. Ir. Suharyono A.S., M.S.
NIP. 19590530 198603 1 004

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

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

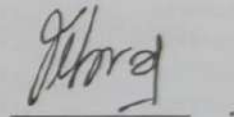
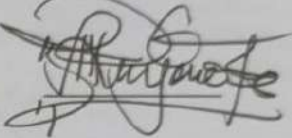
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

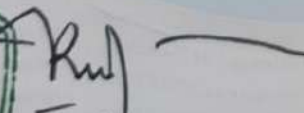
Sekretaris : Dr. Ir. Suharyono A.S., M.S.

Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Fibra Nurainy, M.T.A.

2. Dekan Fakultas Pertanian




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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Mei 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Maulida Melvina Putri

NPM : 1914051022

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

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

Bandar Lampung, 17 Mei 2023
Yang membuat pernyataan



Maulida Melvina Putri
NPM. 1914051022

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 30 Mei 2001, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Sriyanto dan Ibu Rini Eka Lestari. Penulis memiliki seorang adik laki-laki bernama Rakha Rafi Nugraha. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Aisyiyah Palembang pada tahun 2005, Sekolah dasar di SDN 101731 Kp. Lalang pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 3 Binjai pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Muhammadiyah 1 Palembang pada tahun 2016. Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur undangan atau Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis menjalankan Kuliah Kerja Nyata pada tahun 2021 di Desa Beringin Raya, Kecamatan Kemiling. Pada tahun 2022, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Sentulfresh Indonesia, Bogor dengan judul “Teknik Produksi Dan Pengemasan Yoghurt Sentulfresh Edufarm Bogor”.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis curahkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Formulasi Gliserol dan CMC Dalam Pembuatan Biodegradable Film Berbasis Selulosa Daun Nanas (*Ananas comosus*)”** dengan baik dan tepat waktu. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M. Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah memberikan fasilitas kepada 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, yang telah memberikan fasilitas kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A., selaku Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Pertama yang senantiasa memberikan motivasi, saran, bimbingan dan nasihat selama proses penelitian hingga penyelesaian skripsi penulis.
4. Bapak Dr. Ir. Suharyono A.S., M.S., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, serta mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi penulis
5. Ibu Ir. Fibra Nurainy, M.T.A., selaku Dosen Pembahas, yang telah memberikan saran serta masukan terhadap skripsi penulis.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah mengajari, membimbing, dan juga membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik.

7. Terkasih dan Teristimewa, Ayah dan Ibu tercinta dan saudara kandung penulis, yang telah memberikan dukungan berupa doa, moril, materil, serta kasih sayang tiada tara sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman terkasih, Alma, Agil, Aryo dan Ines yang telah memberikan dukungan mental dan memberikan semangat yang tiada putus-putusnya dan memberikan dorongan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman seperbimbingan, Sela, Rere, Yusuf, Citra, dan Marza yang telah membantu selama penelitian dan bersama-sama berjuang dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sahabat penulis, Siti Nur Adinda, Rifdah Aurora dan Lio yang selalu membantu, mendengarkan keluh kesah selama penulis dan memberikan dukungan moril kepada penulis.
11. Kak Fany, Kak Pamela, Kak Nita, Kak Sabrina, dan Kak Vania, selaku kakak yang selalu memberi support untuk penulis dan menemani perjalanan penulis dari awal masuk perkuliahan sampai selesai menjalani perkuliahan.

Semoga seluruh amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan berkat dari Tuhan Yang Maha Esa. Akhir kata penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua.

Bandar Lampung, 17 Mei 2023

Maulida Melvina Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Kerangka Pemikiran.....	3
1.4. Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Biodegradable Film.....	5
2.1.1. Karakteristik Biodegradable Film.....	6
2.2. Daun Nanas	7
2.2.1. Selulosa Daun Nanas	9
2.3. Gliserol.....	10
2.4. CMC (Carboxy Methyl Cellulose).....	11
III. METODE PENELITIAN	13
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	13
3.3. Metode Penelitian	13
3.4. Pelaksanaan Penelitian	14
3.4.1. Prosedur Pembuatan Pulp Daun Nanas.....	14
3.4.2. Prosedur Pemurnian Selulosa Daun Nanas.....	15
3.4.3. Prosedur Pembuatan Biodegradable Film.....	16
3.5. Pengamatan	18
3.5.1. Uji Kuat Tarik Biodegradable Film	18
3.5.2. Uji Pertengetan Pemanjangan Biodegradable Film	18
3.5.3. Uji Ketebalan Biodegradable Film	19
3.5.4. Uji Permeabilitas Uap Air Biodegradable Film.....	19
3.5.5. Uji Biodegradabilitas Biodegradable Film	20
3.4.6. Uji Ketahanan Terhadap Suhu Ruang.....	20

IV. PEMBAHASAN	21
4.1. Kuat Tarik Biodegradable Film	21
4.2. Persen Pemanjangan Biodegradable Film.....	23
4.3. Ketebalan Biodegradable Film	25
4.4. Permeabilitas Uap Air Biodegradable Film.....	26
4.5. Uji Biodegradabilitas Film.....	28
4.6. Ketahanan Biodegradable Film pada Suhu Ruang	29
4.7. Penentuan Formulasi Terbaik Biodegradable Film	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1. Kesimpulan	33
5.2. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Formulasi Gliserol dan CMC pada pembuatan biodegradable film daun nanas	14
2. Rekapitulasi penentuan perlakuan terbaik dari seluruh biodegradable film daun nanas	31
3. Data nilai uji kuat tarik biodegradable film	40
4. Data nilai uji persen pemanjangan	40
5. Data nilai uji ketebalan.....	41
6. Data nilai uji permeabilitas uap air	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Daun Nanas	8
2. Struktur selulosa.....	10
3. Struktur gliserol.....	11
4. Struktur CMC.....	12
5. Diagram alir pembuatan pulp daun nanas	15
6. Diagram alir pemurnian selulosa daun nanas.....	16
7. Diagram alir pembuatan biodegradable film.....	17
8. Nilai kuat tarik biodegradable film berbasis selulosa daun nanas	21
9. Nilai persen pemanjangan biodegradable film selulosa daun nanas	23
10. Nilai ketebalan biodegradable film berbasis selulosa daun nanas	27
11. Nilai permeabilitas uap air biodegradable film.....	25
12. Pengujian biodegradabilitas pada biodegradable film	29
13. Pengamatan biodegradable film pada suhu ruang.....	30
14. Proses pemotongan daun nanas menggunakan pisau.....	42
15. Proses penghalusan daun nanas menjadi pulp menggunakan blender .	42
16. Perendaman pulp daun nanas dengan NaOH	43
17. Proses hidrolisis pulp daun nanas dengan larutan H ₂ O ₂	43
18. Penambahan gliserol ke dalam gelas beaker	44
19. Penambahan CMC dan aquades.....	44
20. Proses pencampuran seluruh bahan	45
21. Proses pencetakan biodegradable film daun nanas	45
22. Proses pengeringan biodegradable film daun nanas	46
23. Analisis WVTR.....	46
24. Pengujian biodegradabilitas	47

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Daun nanas merupakan bagian dari tanaman nanas yang tidak banyak dimanfaatkan setelah buahnya dipanen sehingga menjadi limbah pertanian. Daun nanas menghasilkan sekitar 90% dari total panen nanas. Jumlah tersebut membuat daun nanas menjadi bahan yang sangat potensial untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodegradable film. Daun nanas memiliki kandungan selulosa sebesar 69,5-71,5% dan mengandung lignin sebesar 4,4-4,7% (Natalia dkk., 2015). Kandungan selulosa daun nanas yang besar dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodegradable film.

Biodegradable film terbuat dari bahan baku yang berasal dari polisakarida yang didapat dari alam, misalnya dari tanaman penghasil selulosa atau dari tanaman yang menghasilkan pati. Biodegradable film memiliki kelebihan yaitu dapat terurai dengan cepat oleh mikroorganisme yang ada di tanah karena bahan bakunya berasal dari alam. Selain itu, sifatnya yang transparan dan fleksibel sangat mirip dengan sifat plastik sehingga dapat menggantikan peran plastik dalam kegiatan sehari-hari (Hidayati dkk., 2015). Penggunaan selulosa sebagai bahan baku pembuatan biodegradable film dinilai cukup baik karena pada sistem pelarut yang sesuai, selulosa mampu membentuk hidrokoloid. Salah satu tanaman hasil pertanian yang memiliki kandungan selulosa cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku biodegradable film adalah daun nanas.

Penggunaan biodegradable film dapat mengatasi salah satu permasalahan di Indonesia yaitu, pencemaran lingkungan. Penggunaan plastik yang tinggi akan meningkatkan sampah plastik. Menurut data dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia dan Badan Pusat Statistik pada tahun 2019, sampah plastik di Indonesia

menembus 64 juta ton/tahun dan membuat Indonesia menjadi penyumbang plastik terbesar kedua di dunia setelah China. Banyaknya sampah plastik akan mengakibatkan terbentuknya limbah dan pencemaran sehingga akan merusak ekosistem lingkungan. Kandungan polyethylene dan polypropylene pada plastik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena sifatnya sulit untuk terdegradasi di dalam tanah dan memerlukan waktu yang sangat lama untuk bisa terurai dengan sempurna (Saputra dkk., 2020). Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan bahan pengganti plastik yang ramah lingkungan, yaitu bahan yang dapat terdegradasi dengan cepat. Salah satu pilihan untuk menggantikan bahan plastik adalah penggunaan biodegradable film berbasis selulosa daun nanas.

Biodegradable film yang dihasilkan oleh selulosa daun nanas masih bersifat kaku sehingga memerlukan adanya penambahan plasticizer. Plasticizer dalam pembuatan biodegradable film berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik dari pelapis. Plasticizer juga ditambahkan agar film lebih elastis dan untuk mencegah keretakan pada film selama proses penanganan. Kemampuan plasticizer dalam memperkecil interaksi antar polimer tergantung pada konsentrasi, jenis polimer dan plasticizer yang digunakan. Plasticizer yang paling sering digunakan dalam pembuatan biodegradable film adalah gliserol (Afifah, 2018). Pada pembuatan biodegradable film dari daun nanas digunakan gliserol dan CMC (Carboxy Methyl Cellulose) sebagai plasticizer dan stabilizer. Gliserol dan CMC ditambahkan untuk meningkatkan kuat tarik dan ketahanan dari biodegradable film daun nanas. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik, diperlukan penelitian untuk menentukan konsentrasi terbaik antara gliserol dan CMC sehingga biodegradable film dari daun nanas mampu dimaksimalkan penggunaannya pada setiap kondisi.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi terbaik gliserol dan CMC yang menghasilkan biodegradable film berbasis selulosa daun nanas dengan karakteristik terbaik.

1.3. Kerangka Pemikiran

Biodegradable film berbasis selulosa daun nanas memiliki karakteristik yang masih kaku dan juga rapuh sehingga perlu adanya penambahan plasticizer dan stabilizer agar biodegradable yang dihasilkan memiliki nilai kuat tarik yang besar (Hidayati dkk., 2015). Karakteristik biodegradable film yang kaku diakibatkan oleh tingginya derajat ikatan hidrogen pada biodegradable film serta jarak antar molekul yang saling berdekatan (Akbar dkk., 2013). Penambahan plasticizer diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi kerapuhan biodegradable film dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan memperlebar jarak antar molekul polimer. Jenis plasticizer yang dapat digunakan adalah gliserol dan jenis stabilizer yang dapat digunakan adalah CMC (Carboxy Methyl Cellulose). Gliserol digunakan dalam pembuatan biodegradable film karena akan meningkatkan fleksibilitas sehingga ketika dibengkokkan, film tidak akan mudah rusak (Apriliani, 2019). CMC digunakan dalam pembuatan biodegradable film karena memiliki sifat tidak beracun dan baik digunakan sebagai pengikat.

Formulasi antara gliserol dan CMC dengan konsentrasi yang berbeda memiliki pengaruh terhadap karakteristik biodegradable film daun nanas yang dihasilkan, yang berupa; kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, biodegradabilitas, permeabilitas uap air, serta ketahanan pada suhu ruang. Penambahan gliserol dan CMC yang dilakukan Annisa (2015) pada penelitian biodegradable film dari limbah buah melon dengan kandungan selulosa 63% mendapatkan hasil terbaik pada konsentrasi gliserol 0,5% dan CMC 3% dengan kuat tarik sebesar 143,24 MPa, ketebalan 0,116 mm dan biodegradabilitas 21 hari. Penelitian Nurfitriyani (2022) pada penelitian biodegradable film dari kulit kopi dengan kandungan selulosa 63% mendapatkan hasil terbaik pada konsentrasi gliserol 1,5% dan CMC 2% dengan nilai kuat tarik sebesar 143,93 MPa, persen pemanjangan 31,71% dan biodegradabilitas 14 hari. Namun, belum ditemukan literatur untuk penambahan gliserol dan CMC terhadap karakteristik biodegradable film dari daun nanas. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan formulasi terbaik dalam pembuatan biodegradable film berbahan baku daun nanas. Konsentrasi gliserol yang akan digunakan pada penelitian ini adalah 0%; 0,5%;

1%; 1,5%; 2%; 2,5%. Konsentrasi CMC yang akan digunakan pada penelitian ini adalah 0%; 1%; 1,5%; 2%; 2,5%; 3%.

1.4. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah terdapat formulasi terbaik gliserol dan CMC yang menghasilkan biodegradable film berbasis selulosa daun nanas dengan karakteristik terbaik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biodegradable Film

Biodegradable film merupakan salah satu solusi dalam mengurangi pemakaian plastik. Biodegradable film secara umum diartikan sebagai film yang dapat dihancurkan dan didaur ulang secara alami dengan tidak merusak alam atau bisa juga diartikan sebagai bahan polimer yang berubah menjadi senyawa dengan berat molekul rendah paling sedikit satu tahap degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami. Karena terbuat dari bahan alami, biodegradable film akan rusak dengan sendirinya dalam kondisi dan waktu tertentu. Perubahan molekul kimia yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme menyebabkan terjadinya proses kerusakan alami pada biodegradable film. Mikroorganisme yang membantu dalam proses kerusakan adalah bakteri, jamur, dan alga (Fransisca, 2013).

Biodegradable film terdiri dari tiga komponen penyusun, yaitu hidrokoloid, lipida dan komposit. Hidrokoloid yang digunakan dalam pembuatan biodegradable film adalah polisakarida. Polisakarida bisa didapatkan dari selulosa tanaman yang berasal dari pati atau selulosa tanaman daun nanas. Lipid atau lemak yang digunakan dalam pembuatan biodegradable film dapat berupa lilin alami seperti beeswax dan gliserol. Kemudian komponen biodegradable film yang ketiga adalah komposit yang merupakan bahan campuran antara hidrokoloid dan lipida. Hidrokoloid dan lipida yang digunakan dalam pembentukan komposit berbeda antara satu sama lainnya. Komposit pada biodegradable film bertujuan untuk memperbaiki sifat biodegradable film yang hanya terbentuk dari satu bahan baku saja (Ismaya, 2021).

Bahan baku pembuat biodegradable film dapat didapatkan melalui dua sumber yaitu bahan baku dari petrokimia seperti poli (ϵ - kaprolakton), PCL serta bahan baku yang didapat dari tanaman seperti pati dan selulosa. Polimer biodegradable film yang terbuat dari petroleum memiliki karakteristik biodegradabilitas yang tinggi, dapat dihidrolisis oleh enzim lipase dan esterase yang banyak terdapat pada tanaman, hewan dan mikroorganisme, serta memiliki titik leleh yang rendah yaitu 60°C . Penggunaan petroleum sebagai bahan baku biodegradable film memiliki beberapa kekurangan yaitu, semakin menipisnya minyak bumi yang merupakan bahan baku utamanya serta titik leleh yang rendah mengakibatkan plastik biodegradable dari petroleum tidak fleksibel digunakan dalam kegiatan sehari-hari. Adapun biodegradable film yang terbuat dari tanaman adalah dengan mengambil pati yang dihasilkan dari batang tanaman seperti kulit singkong dan sagu, atau mengambil selulosa yang dihasilkan dari daging buah seperti nanas, dari daun tanaman seperti daun pandan dan daun nanas (Akbar, 2013). Karakteristik biodegradable film yang terbuat dari polisakarida yang berasal dari tanaman umumnya bersifat elastis, mudah rusak, memiliki penampakan yang translucent ketika dingin dan memiliki suhu gelatinisasi yang tinggi berkisar $70-95^{\circ}\text{C}$.

2.1.1. Karakteristik Biodegradable Film

Karakteristik umum dari biodegradable film dilihat dari kuat tarik (tensile strength), persen pemanjangan (elongation to break), serta transmisi uap air dan ketebalan. Kuat tarik adalah ukuran besarnya tarikan yang bisa ditahan oleh biodegradable film sebelum film tidak kuat menahan beban sehingga menjadi robek. Kuat tarik dipengaruhi oleh besarnya energi yang diberikan untuk menarik suatu film. Semakin besar energi gaya yang diberikan untuk menarik sebuah film, maka kekuatan tariknya semakin besar. Film yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi dapat melindungi dengan baik produk yang dikemasnya dari gangguan mekanis (Unsa dkk., 2018). Nilai standar minimal untuk kuat tarik pada edible film menurut Japanese Industrial Standard (JIS) adalah $0,39\text{ MPa}$ (Ariska, 2013).

Persen pemanjangan adalah persen pertambahan panjang film maksimum ketika menerima gaya tarik hingga putus dibandingkan dengan panjang awalnya. Nilai persen pemanjangan juga menunjukkan elastisitas dari suatu film. Semakin tinggi nilai persen pemanjangannya, maka film semakin fleksibel dan elastis (Intandiana dkk., 2019). Jenis plasticizer yang digunakan dapat mempengaruhi nilai persen pemanjangan pada sebuah film. Kategori sesuai pada persen pemanjangan menurut JIS (Japanese Industrial Standard) adalah ketika nilainya kurang dari 50% dan dikategorikan tidak sesuai jika nilainya berada di bawah 10% (Ariska, 2013).

Laju transmisi uap air adalah jumlah uap air yang dapat melalui bahan pengemas. Analisis transmisi uap air juga digunakan untuk mengetahui daya tembus film oleh uap air. Nilai transmisi uap air merupakan salah satu karakteristik yang harus diperhatikan untuk menentukan jenis film untuk pengemasan makanan karena dapat mempengaruhi umur simpan suatu produk (Mirdayanti, 2018). Nilai standar minimum untuk laju transmisi uap air menurut JIS maksimal $7 \text{ gr/m}^2/\text{hari}$ (Setyaningrum, 2017).

Ketebalan merupakan parameter penting yang digunakan untuk menentukan penggunaan film untuk pengemasan. Nilai ketebalan menunjukkan tebalnya biodegradable film setelah dikeringkan (Setyaningrum, 2017). Ketebalan merupakan karakteristik yang penting dalam menentukan apakah suatu film layak digunakan untuk mengemas suatu produk. Ketebalan sangat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik film yang lain seperti kuat tarik, pemanjangan, dan permeabilitas air. Nilai standar maksimum ketebalan menurut Japanese Industrial Standards adalah sebesar 0,250 mm (Rusli, 2017).

2.2. Daun Nanas

Daun nanas (*Ananas comosus*) merupakan bagian dari tanaman nanas yang belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan biasanya langsung dibuang dan menjadi limbah. Nanas merupakan tanaman monokotil, sehingga daunnya berbentuk panjang, tepinya terdapat duri yang menghadap ke atas dan daun muncul serta terkumpul pada pangkal batang. Daun nanas juga memiliki serat

yang panjang. Daun nanas memiliki dua lapisan yang terdiri dari lapisan atas dan bawah. Kemudian, diantara lapisan tersebut terdapat banyak helai-helai serat yang terikat satu dengan yang lain oleh sejenis zat perekat. Daun nanas yang tidak memiliki tulang daun dapat membantu daun nanas memperkuat daunnya pada saat pertumbuhan (Sari, 2021).



Gambar 1. Daun Nanas
Sumber : Dokumen Pribadi

Jumlah serat yang dihasilkan oleh daun nanas yang masih hijau segar yaitu sekitar 2,5-3,5% serat dari berat total daun nanas. Komposisi kimia dari serat daun nanas adalah selulosa, lignin, pektin, lemak dan wax, abu dan zat protein atau asam organik lainnya. Terdapat 69,5-71,5% selulosa dalam serat daun nanas, serta terdapat 4,4-4,7% lignin. Kandungan serat yang banyak ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biodegradable film yang ramah lingkungan (Natalia, 2019).

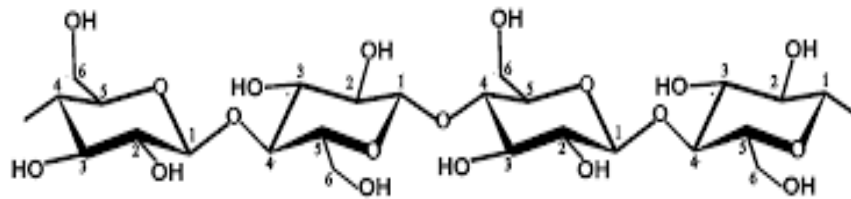
Pemanfaatan limbah daun nanas masih sangat sedikit. Biasanya daun nanas dikembalikan lagi ke lahan dan dijadikan sebagai pupuk untuk menyuburkan tanah. Menurut penelitian Setiawan (2017) daun nanas dapat dibuat menjadi bahan dasar arang aktif. Pada penelitian ini, peneliti berusaha menggali potensi daun nanas menjadi biodegradable film mengingat banyaknya ketersediaan limbah daun nanas.

2.2.1. Selulosa Daun Nanas

Selulosa merupakan salah sumber daya alam yang paling banyak di Indonesia. Selulosa merupakan komponen utama dari lignoselulosa yang berasal dari dinding sel tanaman, sehingga ketersediaannya sangat banyak dan dapat diperbaharui. Selain selulosa, dinding tanaman juga mengandung hemiselulosa, lignin, pektin dan lilin yang membentuk satu kesatuan bersama dengan selulosa. Selulosa bisa diperoleh dari tanaman atau limbah-limbah pertanian seperti jerami, daun nanas, ampas tebu atau ampas sagu. Selulosa yang berasal dari alam dapat dengan mudah terdegradasi secara biologis walaupun pada fase kristal sangat sedikit enzim yang mampu mendegradasinya karena ikatan yang kuat pada fase tersebut (Mulyadi, 2019).

Selulosa adalah polimer alam yang memiliki sifat biokompatibel, mudah terdegradasi, tidak beracun, dan dapat diperbaharui. Selulosa adalah komponen karbohidrat rantai lurus dengan glukosa sebagai monomer penyusunnya, yang antarmonomernya dihubungkan oleh ikatan hidrogen. Selulosa termasuk polimer hidrofilik dengan tiga gugus hidroksil reaktif pada tiap unit hidroglikosa, dan tersusun atas ribuan gugus anhidroglikosa yang tersambung melalui ikatan 1,4- β -glukosida yang membentuk molekul berantai yang panjang dan linier (Mulyadi, 2019). Gugus hidroksil tersebut memungkinkan selulosa membentuk banyak ikatan hidrogen. Hal ini menyebabkan kekuatan dan gaya antar rantai yang tinggi sehingga selulosa tidak larut dalam air.

Turunan selulosa banyak digunakan dalam berbagai macam aspek kehidupan misalnya dalam sediaan farmasi, selulosa yang sering digunakan seperti etil selulosa, metil selulosa, karboksimetil selulosa dan dalam bentuk yang lainnya untuk digunakan sebagai sediaan oral, topikal, dan injeksi. Selulosa daun nanas dapat digunakan sebagai abseorben, hidrogel, dan biodegradable film. Penggunaan bentuk-bentuk selulosa dalam sediaan disebabkan karena sifatnya inert dan biokompabilitas yang sangat baik pada manusia (Ismaya, 2021).



Gambar 2. Struktur selulosa
(Sumber : Fitriasaki, 2019)

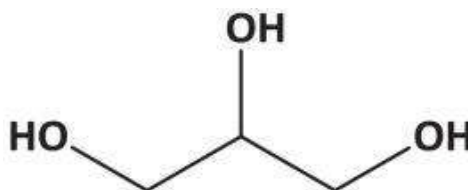
2.3. Gliserol

Gliserol merupakan jenis alkohol terhidrik dan memiliki nama lain gliserin dengan rumus kimia $\text{CH}_2\text{OHCHOHCH}_2\text{OH}$ atau 1,2,3-propanetriol. Karakteristik gliserol adalah tidak bewarna, tidak memiliki bau, berwujud liquid sirup, meleleh pada suhu $17,8^\circ\text{C}$, memiliki titik didih pada suhu 290°C serta larut dalam air dan etanol. Gliserol dapat larut dengan air karena mengandung satu gugus hidroksil (-OH) primer dan dua gugus hidroksil sekunder. Gliserol dapat memberikan efek melembabkan karena bersifat higroskopis. Gliserol termasuk jenis plasticizer yang bersifat hidrofilik dan menambah sifat polar (Huri dan Nisa, 2014).

Biodegradable film berbasis selulosa daun nanas tanpa penambahan plasticizer masih belum sempurna karena karakteristiknya masih sangat mudah rapuh dan kurang elastis, sehingga tidak cocok menjadi pengemas makanan. Kondisi ini dapat diatasi dengan penambahan plasticizer. Gliserol merupakan salah satu plasticizer yang sering digunakan dalam pembuatan biodegradable film. Penambahan gliserol akan meningkatkan keplastisan biodegradable film sehingga akan menjadikan film lebih fleksibel. Hal ini disebabkan karena gliserol memiliki kemampuan untuk melunakkan struktur biodegradable film dengan cara mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekular sehingga mobilitas rantai biopolimer meningkat dan film akan lentur ketika dibengkokkan (Apriliani, 2019).

Penggunaan gliserol sebagai plasticizer lebih menguntungkan dibanding menggunakan sorbitol. Hal ini dikarenakan gliserol mudah tercampur dalam larutan biodegradable film karena sifatnya yang hidrofilik sehingga mudah larut dalam air. Sorbitol akan mengkristal pada suhu ruang dan sulit tercampur dengan

air. Keuntungan menggunakan gliserol yang lainnya adalah terletak pada berat molekul yang rendah. Berat molekul yang rendah ini bila ditambahkan pada bahan baku dapat menurunkan kekakuan dari polimer dan meningkatkan fleksibilitas pada biodegradable film (Apriliani, 2019).



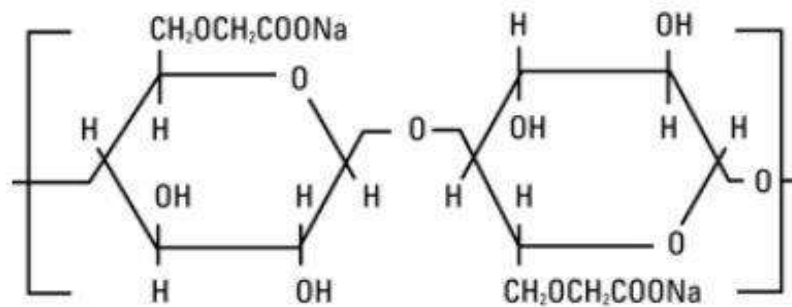
Gambar 3. Struktur gliserol
Sumber : Mamuaja, 2017

2.4. CMC (Carboxy Methyl Cellulose)

Biodegradable film dengan bahan selulosa daun nanas saja masih bersifat rapuh dan tidak elastis. Penambahan Carboxy Methyl Cellulose (CMC) dapat membuat biodegradable film menjadi lebih keras. CMC adalah polielektrolit amoniak yang merupakan turunan dari selulosa dengan perlakuan alkali dan monochloro acetic acid atau garam natrium yang banyak digunakan dalam industri pangan. Struktur CMC adalah rantai polimer yang unit molekulnya terdiri dari selulosa. Setiap unit anhidroglukosa memiliki tiga gugus hidroksil dan beberapa atom hidrogen dari gugus hidroksil tersebut disubstitusi oleh carboxymethyl. Gugus hidroksil yang tergantikan dikenal dengan derajat penggantian. Jumlah gugus hidroksil yang tergantikan inilah yang akan mempengaruhi sifat kekentalan atau kelarutan CMC dalam air (Sidik, 2021).

CMC memiliki rumus $C_8H_{16}O_8$ dan bersifat biodegradable, tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan memiliki bentuk berupa butiran bubuk yang larut dalam air namun tidak larut dalam larutan organik dan tidak bereaksi pada senyawa organik. CMC akan stabil dalam pH 3-10 dan bila pH kurang dari 3 akan mengalami pengendapan. Sifat dari CMC ialah mudah larut dalam air dingin maupun panas dan dapat membentuk lapisan pada suatu permukaan. Sifat pada CMC diantaranya yaitu bersifat stabil terhadap lemak dan tidak larut dalam pelarut organik, baik sebagai bahan penebal, sebagai zat inert, dan bersifat sebagai pengikat. Berdasarkan sifatnya maka CMC dapat digunakan sebagai bahan aditif

pada produk minuman dan juga aman untuk dikonsumsi. CMC mampu menyerap air yang terkandung dalam udara dimana banyaknya air yang terserap dan laju penyerapannya bergantung pada jumlah kadar air yang terkandung dalam CMC serta kelembaban dan temperatur udara disekitarnya. Kelembaban CMC yang diizinkan dalam kemasan tidak boleh melebihi 8 % dari total berat produk (Netty, 2013).



Gambar 4. Struktur CMC
Sumber : Zhao, 2023

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Laboratorium MIPA Kimia Institut Teknologi Bandung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2023-Maret 2023.

3.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah daun nanas yang diambil di perkebunan warga di daerah Way Halim, gliserol, CMC, aquades, NaOH 2,5% sebagai pelarut lignin, H₂O₂ 2% sebagai bleaching agent untuk menghasilkan kemurnian selulosa yang tinggi, dan tanah sebagai media pengurai.

Alat yang digunakan adalah timbangan digital, erlenmeyer, pipet tetes, telenan, pisau, spatula, aluminium foil, pH meter, blender, beaker glass 250 mL, kain saring 40 mesh, stopwatch, penangas air, termometer, cawan petri.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode triplo yaitu metode pengambilan data sebanyak tiga kali pada satu sampel. Sampel dipilih berdasarkan tampak visual yang terbaik, ditandai dengan sedikitnya flok yang muncul pada sampel. Perlakuan disusun sebanyak 6 formulasi yang merupakan formulasi antara gliserol dan CMC. Formulasi antara gliserol dan CMC disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi Gliserol dan CMC pada pembuatan biodegradable film daun nanas

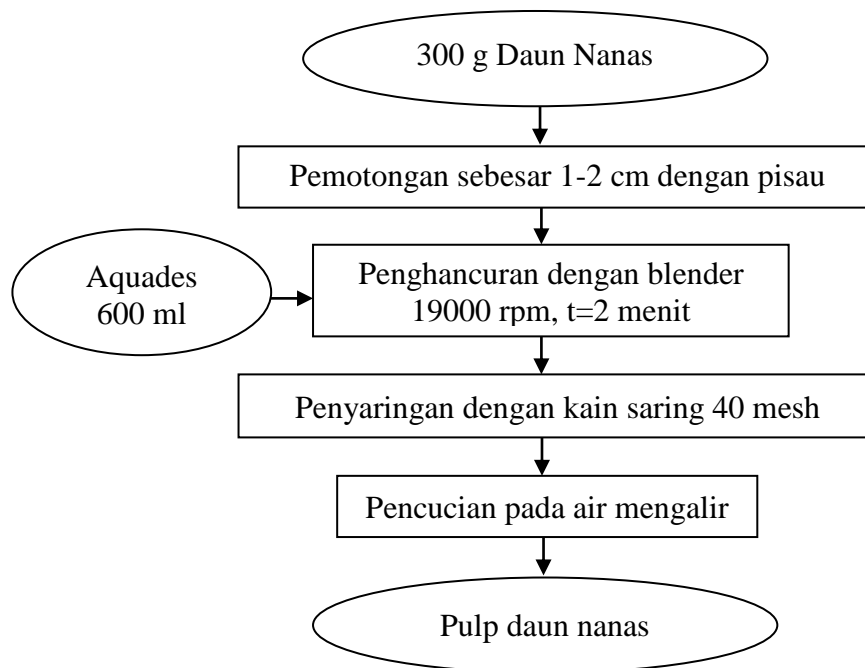
Perlakuan	Gliserol (%)	CMC (%)
P1	0	1
P2	0,5	1,5
P3	1	2
P4	1,5	2,5
P5	2	3
P6	2,5	0

Parameter yang diamati adalah karakteristik biodegradable film yang terdiri dari nilai kuat tarik, persen pemanjangan, permeabilitas uap air, ketebalan, biodegradabilitas, dan ketahanan terhadap suhu ruang. Data nilai kuat tarik, persen pemanjangan, permeabilitas uap air, ketebalan, biodegradabilitas, dan ketahanan suhu ruang akan dibahas secara deskriptif. Perlakuan terbaik akan ditentukan berdasarkan nilai kuat tarik, nilai persen pemanjangan, dan nilai ketebalan biodegradable film.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Prosedur Pembuatan Pulp Daun Nanas

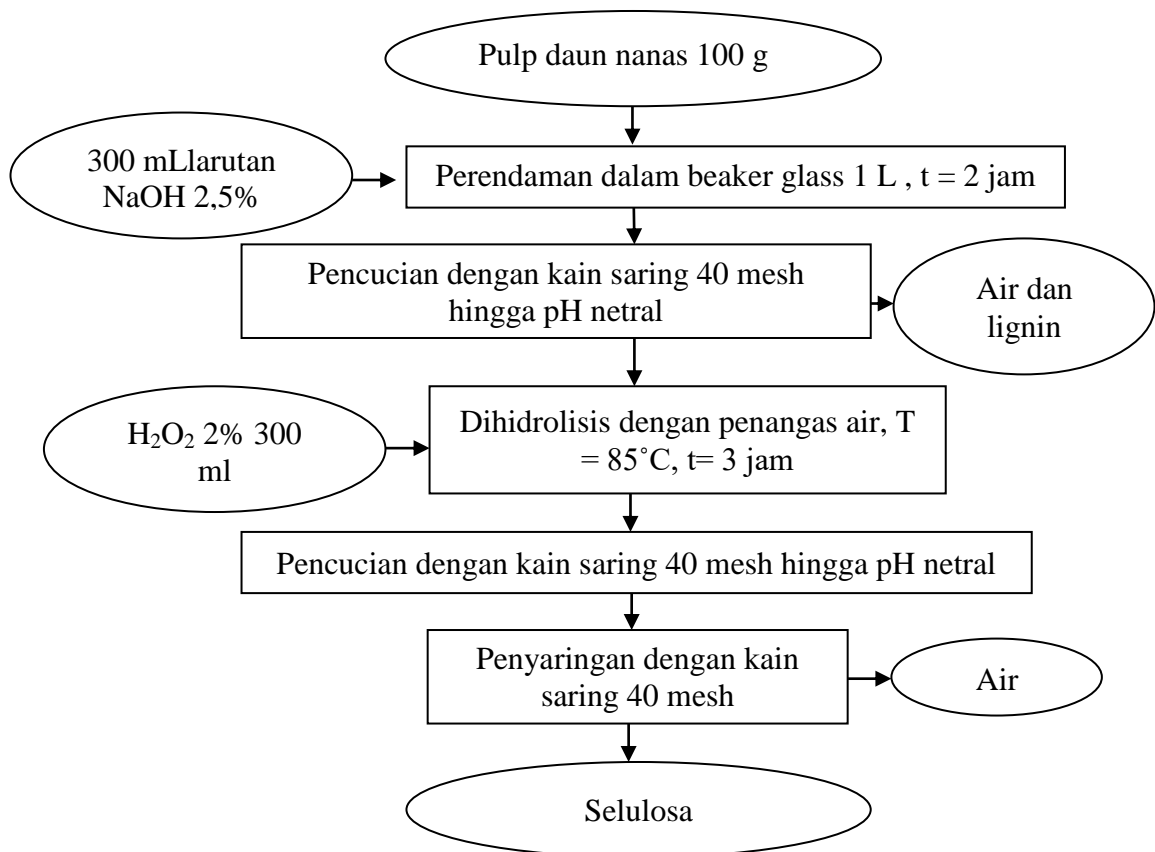
Pembuatan pulp daun nanas dimulai dengan mencuci daun nanas sebanyak 300 gram. Setelah itu dipotong kecil-kecil sebesar 1-2 cm, kemudian ditambahkan 600 ml air. Daun nanas dihaluskan sampai terbentuk pulp menggunakan blender selama 2 menit. Pulp daun nanas lalu disaring dan kemudian dicuci pada air mengalir dan diperas untuk memisahkan air dari pulp, prosedur dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir pembuatan pulp daun nanas

3.4.2. Prosedur Pemurnian Selulosa Daun Nanas

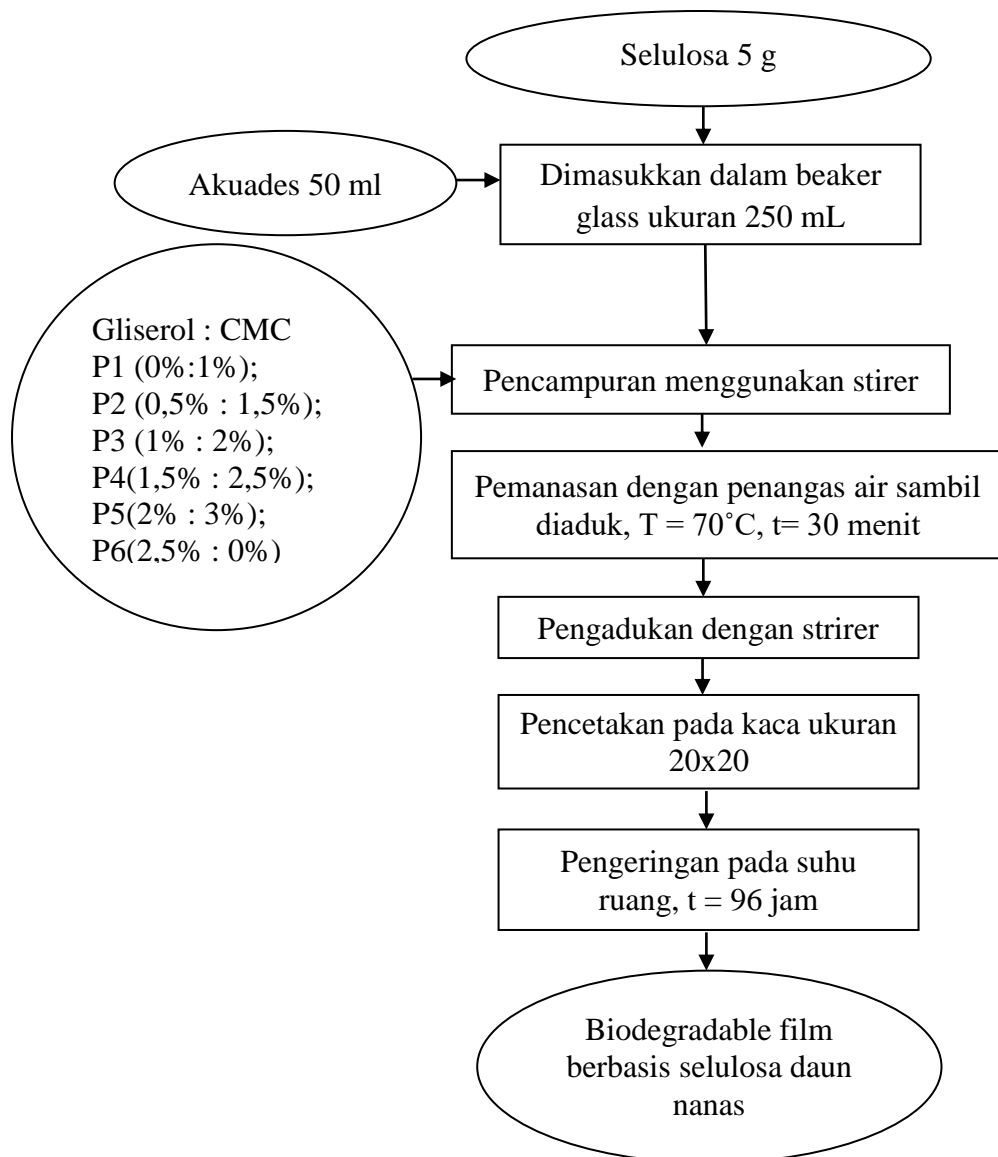
Pulp daun nanas akan masuk ke tahap pemurnian selulosa. Pulp daun nanas direndam dengan 300 mL NaOH 2,5% (b/v) selama 2 jam dengan suhu ruang 25°C. Setelah itu pulp daun nanas dicuci dengan air sampai pH dari pulp daun nanas menjadi netral. Kemudian, pulp daun nanas dihidriolisis dalam 300 mL larutan hidrogen peroksida 2% (v/v) selama 3 jam pada suhu 85°C menggunakan penangas air. Selulosa daun nanas dicuci kembali dengan air hingga pH netral, kemudian disaring dengan kain saring 40 mesh dan diperas, sehingga diperoleh selulosa yang lebih murni dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir pemurnian selulosa daun nanas
Sumber : Zulferiyenni dan Hidayati (2016, dimodifikasi)

3.4.3. Prosedur Pembuatan Biodegradable Film

Selulosa yang sudah dimurnikan akan diambil sebanyak 5 gram lalu ditambahkan aquades sebanyak 50 ml, serta gliserol dan CMC sesuai perlakuan. Bahan tersebut diaduk menggunakan batang pengaduk dan dipanaskan pada suhu 70°C selama 30 menit sambil diaduk lalu dicetak pada kaca dan dikeringkan dengan suhu ruang selama 96 jam dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir pembuatan biodegradable film selulosa daun nanas
Sumber : Hidayati (2019, dimodifikasi)

3.5. Pengamatan

Jenis-jenis pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah :

3.5.1. Uji Kuat Tarik

Kuat tarik adalah gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh film selama pengukuran berlangsung. Uji kuat tarik dilakukan dengan metode ASTM (1993). Pengujian kuat tarik film dilakukan di Laboratorium MIPA Kimia Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah Universal Testing Machine (UTM) yang dibuat oleh Orientec Co. Ltd dengan model UCT-5T. Lembaran sampel dipotong menggunakan dumbbell cutter dengan metode ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan dengan suhu 27°C, dengan kelembaban 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala load cell 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Keterangan :

t : kekuatan tarik (MPa)

Fmaks : gaya kuat tarik (N)

A : luas permukaan contoh (mm²)

3.5.2. Uji Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan dilakukan dengan metode ASTM (1993) dan diukur dengan Testing Machine MPY (Type: PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan). Sebelum dilakukan pengukuran disiapkan lembaran sampel film ukuran 2,5 x 15 cm dan dikondisikan di laboratorium dengan kelembaban (RH) 50% selama 48 jam. Instron diset pada initial grip separation 50 mm, crosshead speed 50 mm/menit dan loadcell 50 kg. Persen pemanjangan dihitung pada saat film pecah atau robek. Sebelum dilakukan penarikan, panjang film diukur sampai batas pegangan yang disebut panjang awal (l_0), sedangkan panjang film setelah penarikan disebut panjang setelah putus (l_1) dan dihitung persen pemanjangan dengan rumus yaitu :

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

Keterangan :

l_0 = panjang awal

l_1 = panjang setelah putus

3.5.3. Uji Ketebalan

Ketebalan film dilakukan dengan metode pengukuran. Biodegradable film diukur dengan digital caliper bermerk Krisbow ketelitian 0,01 mm pada 5 tempat yang berbeda. Kemudian hasil pengukuran dirata-rata. Menurut ketentuan JIS (Japanesse Industrial Standard) rata-rata ketebalan edible film yang baik adalah memiliki ketebalan kurang dari 0,25 mm (Putri, 2019).

3.5.4. Uji Permeabilitas Uap Air

Pengujian permeabilitas uap air dilakukan dengan memodifikasi metode yang dilakukan Wattimena dkk. (2016). Pengujian dilakukan meletakkan sampel film pada cawan yang berisi silika gel sebanyak 10 gr. Bagian tepi cawan dan film ditutup dengan wax, isolasi atau karet sebagai perekat. Cawan dan film ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam toples yang berisi larutan NaCl 40% (b/v) dan ditutup rapat. Pengamatan dilakukan selama 7-8 jam dan setiap jam cawan ditimbang. Perubahan berat menunjukkan kecepatan difusi uap air melewati film. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linear dan nilai permeabilitas uap air dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

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

Keterangan :

WPTR : nilai permeabilitas uap air (g/m² /hari).

3.5.5. Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang ada di dalam tanah untuk membantu proses degradasi yang disebut dengan teknik soil burial test (Hidayati dkk., 2019). Biodegradable film yang dihasilkan diuji sifat biodegradabilitasnya dengan cara dimasukkan ke dalam gelas plastik dan ditimbun dengan tanah hingga gelas penuh dan sampai sampel tertimbun dengan sempurna. Proses penimbunan ini dilakukan dengan pengamatan 1x7 hari sampai film mengalami proses penguraian sempurna.

3.5.6. Uji Ketahanan Terhadap Suhu Ruang

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung. Pengamatan uji ketahanan biodegradable film dilakukan dengan menyimpan sampel pada suhu ruang. Uji ketahanan biodegradable film dilakukan untuk mengetahui lama ketahanan biodegradable film yang dihasilkan pada suhu ruang dan dengan waktu tertentu. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali dengan melihat kenampakan visual biodegradable film seperti keutuhan, kondisi permukaan dan warna film (Fransisca, 2013).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa formulasi gliserol dan CMC yang terbaik dalam pembuatan biodegradable film berbasis selulosa daun nanas yaitu pada formulasi gliserol 1,5% dan CMC 2,5%. Formulasi gliserol 1,5% dan CMC 2,5% menghasilkan biodegradable film dengan nilai kuat tarik sebesar 113,52 MPa, nilai persen pemanjangan sebesar 12,71%, dan nilai ketebalan sebesar 0,18 mm. Biodegradable film berbasis selulosa daun nanas memiliki nilai permeabilitas uap air sebesar 24,03 (g/m²/jam), biodegradabilitas selama 5 minggu dan ketahanan terhadap suhu ruang selama 5 minggu tanpa ditumbuhi oleh jamur.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, saran yang diajukan adalah :

1. Perlu adanya penambahan filler pada biodegradable film berbasis selulosa daun nanas untuk mengurangi adanya flok yang timbul pada permukaan biodegradable film daun nanas.
2. Perlu dilakukan perbaikan pada prosedur pembuatan biodegradable film yaitu pada proses penghomogenan biodegradable film. Proses tersebut dapat menggunakan hot plate agar suhu yang digunakan tetap stabil dan mengurangi gumpalan CMC yang ditimbulkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N., Sholichah, E., Indrianti, N., dan Darmajana, D. A. 2018. Pengaruh Kombinasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible film dari Karagenan dan Lilin Lebah. *Jurnal Biopropal Industri*. 9 (1): 49-60.
- Akbar, F., Anita, Z., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(2): 11-15.
- Amaliyah, D. M. 2014. Pemanfaatan Limbah Kulit Durian (*Durio Zibethinus*) Dan Kulit Cempedak (*Artocarpus integer*) Sebagai Edible Film. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 6(1): 27-34.
- Anandito, R. B. K., Nurhartadi, E., dan Bukhori, A. 2013. Pengaruh Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Dasar Tepung Jali (*Coix Lacryma-Jobi L.*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 5(2):17-23.
- Annisa, R. 2015. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan CMC Terhadap Karakteristik Biodegradable Film dari Limbah Buah Melon (*Cucumis melo L.*). (Skripsi). Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 44 hlm.
- Apriliani, A.K., Hafsari, A. R., dan Yani Suryani. 2019. Pengaruh Penambahan Gliserol dan Kitosan Terhadap Karakteristik Edible Film dari Kombucha Teh Hijau (*Camelia sinesis L.*). *Proceeding Biology Education Conference*. 16(1): 275-279.
- Ariska R., dan Suyatna. 2013. Pengaruh Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Edible film dari Pati Bonggol Pisang dan Karagenan Dengan Plasticizer Gliserol. *Jurnal Teknosains Pangan*. 2(1): 1-10.
- Fitriasari, W., Nanang, M., dan Euis, H. 2019. *Selulosa: Karakteristik dan Pemanfaatannya*. LIPI Press. Jakarta. 166 hlm.
- Fransisca, D., Zulferiyenni., dan Susilawati. 2013. Pengaruh Konsentrasi Tapioka Terhadap Sifat Fisik *Biodegradable Film* dari Bahan Komposit Selulosa Nanas. *Jurnal Teknologi Industri dan hasil Pertanian*. 18(2): 196-205.
- Gozali, T., Wijaya, W. P., dan Rengganis., M. I. 2020. Pengaruh Konsentrasi CMC dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Packaging Kopi Instan Dari Pati Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*). *Pasundan Food Technology Journal*. 7(1): 1-9.

- Hasri, Syahrir, M., dan Pratiwi, D.E. 2021. Synthesis and Characterization of Bioplastics Made From Chitosan Combined Using Glycerol Plasticizer. *Indonesian Journal Of Fundamental Sciences*. 7 (2): 110-119.
- Hidayati, S., Zuidar, A. S., dan Ardiani, A. 2015. Aplikasi Sorbitol Pada Produksi Biodegradable Film dari Nata de Cassava. *Jurnal Reaktor*. 15 (3): 196-204.
- Hidayati, S., Zulferiyenni, dan Satyajaya, W. 2019. Optimasi Pembuatan Biodegradable Film Dari Selulosa Limbah Rumpun Laut *Eucheuma cottonii* Dengan Penambahan Gliserol, Kitosan, CMC dan Tapioka. *JPHPI*. 22(2): 340-354.
- Huri, D dan Nisa, F. C. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan ekstrak ampas kulit apel terhadap karakteristik fisik dan kimia edible film. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(4): 29-40.
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., dan Afifah, I. 2019. Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokristalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas. *Jurnal EduChemia*. 4(2): 185-195
- Ismaya, F. C., Fitrhriyah, N. H., dan Hendrawati, T. Y. 2021. Pembuatan dan Karakteristik Edible Film dari Nata de Coco dan Gliserol. *Jurnal Teknologi*. 13(1): 81-88.
- Juliani, D. Suyatma, N. E., dan Taqi, F. M. 2022. Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film Karagenan. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 1(1): 29-40.
- Katili, S., Harsunu, B. T., dan Irawan S. 2013. Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol Dan Komposisi Khitosan Dalam Zat Pelarut Terhadap Sifat Fisik Edible Film dari Khitosan. *Jurnal Teknologi*. 6(1): 29-38.
- Mamuaja, C, F. 2017. *Lipida*. Unsrat Press. Manado. 132 hlm.
- Mirdayanti, R., Wirjosentono, B., dan Marlianto, E. 2018. Analisis Edible Film dari Campuran Keratin dan Pati Jagung. *Serambi Engineering*. 3(2): 316-325.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan Karakterisasi Selulosa: Review. *Jurnal Sainika Unpam*. 1(2): 177-182.
- Natalia, M., Hazrifawati, W., dan Wicakso, D. R. 2019. Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik *Biodegradable*. *Jurnal EnviroScienteeae*. 15 (3): 357-364.
- Netty, S. 2013. Pengaruh Bahan Aditif CMC (Carboxy Methyl Cellulose) Terhadap Beberapa Parameter pada Larutan Sukrosa. *Jurnal Teknik Kimia ITENAS*. 1(1) : 78-84.

- Ningsih, E. P., Ariyani D., dan Sunardi. 2019. Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas L.*). *Indonesian Journal Chemical Res.* 7(1): 77-85.
- Nurfitriyani, R. 2022. Pengaruh Penambahan Gliserol dan *Carboxyl Methyl Cellulose* (CMC) Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Selulosa Kulit Kopi. (Skripsi). Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 36 hlm.
- Putri, C. I., Warkoyo., dan Siskawardani, D. D. 2022. Karakteristik Edible Film Berbasis Pati Bentul (*Colacasia esculenta (L) Schoott*) dengan Penambahan Gliserol dan Filtrat Kunyit Putih (*Curcuma zedoaria Rose*). *Food Technology and Halal Sciemce Journal.* 5(1): 109-124.
- Putri, R. D. A., Sulistyowati, D., dan Ardhiani, T. 2019. Analisis Penambahan Carboxymethyl Cellulose terhadap Edible Film Pati Umbi Garut sebagai Pengemas Buah Stroberi. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi.* 3(2): 77-83.
- Rusli, A., Metusalach, S., dan Tahir, M. M. 2017. Karakterisasi Edible Film Karagenan dengan Pmlastis Gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia.* 20 (2): 219-229.
- Saputra, M., dan Edy S. 2020. Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati Dengan Penambahan Katalis ZnO dan Stabilizer Gliserol. *Jurnal Pentana.* 01 (1) : 41-51.
- Sari, D. K., dan Sari, M. I. 2021. Karakteristik Karbon Aktif dari Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) Dengan Aktivator H₃PO₄ 1M. *Jurnal Teknik Patra Akademika.* 12(1): 51-56.
- Setiawan, A. A. Shofiyani dan Intan S. 2017. Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) sebagai Bahan Dasar Arang Aktif Untuk Adsorpsi Fe(II). *JKK.* 6(3): 66-74 hlm.
- Setyaningrum, A., Sumarni, N. K dan Hadi, J. 2017. Sifat Fisiko Kimia Edible Film Agar-Agar Rumput Laut (*Gracilaria sp.*) Tersubstitusi Gliserol. *Journal of Science and Technology.* 6(2): 136-143.
- Suryardri, H., Andriani, R., Aditya, M. G., dan Damris, M. 2020. Perbandingan Penambahan CMC Dan Sorbitol Dengan Penambahan Gelatin Dan Gliserol Terhadap Edible Film Yang Terbuat Dari Limbah Cair Tahu. *Chempublish Journal.* 5(2): 93-104.
- Unsa, K. L dan Paramastri, G. A. 2018. Kajian Jenis Plasticizer Campuran Gliserol dan Sorbitol Terhadap Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Pati Bonggol Pisang Sebagai Pengemas Buah Apel. *Jurnal Kompetensi Teknik.* 10(1): 35-47.

- Wattimena, D., Ega L., dan Polnaya, F. J. 2016. Karakteristik Edible Film Pati Sagu Alami dan Pati Sagu Fosfat dengan Penambahan Gliserol. *Agritech*. 36(3): 247-252.
- Yuliana, E. 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Biodegradable Film dari Nata De Cassava. (Skripsi). Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hlm.
- Zhao, G., dan Gaddam, R. R. 2023. *Handbook of Sodium-Ion Batteries Materials and Characterization*. Jenny Stanford Publishing. 764 hlm.
- Zulferiyenni, dan Hidayati S. 2016. Sifat Kimia Limbah Padat Rumput Laut Hasil Pemurnian Menggunakan H₂O₂ dan NaOH. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Negeri Lampung*. 141-14 hlm.