

**PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL DAN *CARBOXY METHYL
CELLULOSE* (CMC) TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE
FILM* BERBASIS SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

(Skripsi)

Oleh

Marza Yulia Herdina

1914051060



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL DAN *CARBOXY METHYL CELLULOSE* (CMC) TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Oleh

Marza Yulia Herdina

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL DAN *CARBOXY METHYL CELLULOSE* (CMC) TERHADAP KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Oleh

MARZA YULIA HERDINA

Biodegradable film sebagai alternatif kemasan ramah lingkungan dapat dibuat dari bahan baku selulosa. Serat tandan kosong kelapa sawit memiliki kandungan selulosa sebesar 45,95% yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan *biodegradable film*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh dari penambahan konsentrasi gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) serta interaksi antar keduanya terhadap karakteristik *biodegradable film* yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) secara faktorial yang terdiri dari dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah gliserol dengan kode (G) yang terdiri dari tiga konsentrasi yaitu 0,8% (G1), 1% (G2), dan 1,2% (G3) dan faktor kedua adalah *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dengan kode (C) yang terdiri dari tiga konsentrasi yaitu 1,5 (C1), 2,5% (C2), dan 3,5% (C3). Data hasil pengamatan kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan laju transmisi uap air diolah menggunakan analisis sidik ragam kemudian dilakukan uji lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh yang berbeda nyata terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit. Perlakuan terbaik dengan total nilai rata-rata perhitungan prioritas sebesar 0,352 terdapat pada perlakuan gliserol 0,8% dan CMC 2,5% bernilai kuat tarik 2,053 MPa, persen pemanjangan 12,659%, ketebalan 0,189 mm, dan laju transmisi uap air 4,140 gr/m²/24 jam. Selain itu, *biodegradable film* ini memiliki masa ketahanan suhu ruang selama 21 hari dan masa terurai pada biodegradabilitas selama 28 hari.

Kata kunci : selulosa, tandan kosong kelapa sawit, *biodegradable film*, gliserol, *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)

ABSTRACT

THE EFFECT OF GLYCEROL AND CARBOXY METHYL CELLULOSE (CMC) ADDITION ON BIODEGRADABLE FILM CHARACTERISTICS BASED ON OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCH CELLULOSE

By

MARZA YULIA HERDINA

Biodegradable film as an alternative to environmentally friendly packaging can be made of cellulose raw materials. Oil palm empty fruit bunch fiber has a cellulose content of 45.95% which can be utilized in making biodegradable films. This study aims to determine the effect of the addition of glycerol and Carboxy Methyl Cellulose (CMC) concentrations and the interaction between the two on the characteristics of the biodegradable film produced. This study used a factorial Completely Randomized Block Design (CRBD) calculation method consisting of two factors and three replicates. The first factor was glycerol with code (G) consisting of three concentrations, namely 0.8% (G1), 1% (G2), and 1.2% (G3) and the second factor was Carboxy Methyl Cellulose (CMC) with code (C) consisting of three concentrations, namely 1.5 (C1), 2.5% (C2), and 3.5% (C3). Data from the observation of tensile strength, percent elongation, thickness, and water vapor transmission rate were processed using analysis of variance and then further tested with the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% level. The results showed a significantly different effect on the characteristics of biodegradable film based on oil palm empty fruit bunch cellulose. The results showed a significantly different effect on the characteristics of biodegradable film based on palm oil empty fruit bunch cellulose. The best treatment with a total average value of priority calculation of 0.352 is in the glycerol 0.8% and CMC 2.5% treatment with a tensile strength of 2.053 MPa, percent elongation of 12.659%, thickness of 0.189 mm, and water vapor transmission rate of 4.140 gr/m²/24 hours. In addition, this biodegradable film has a room temperature resistance period of 21 days and a biodegradability period of 28 days.

Keywords : cellulose, oil palm empty fruit bunch, biodegradable film, glycerol, Carboxy Methyl Cellulose (CMC)

Judul : **PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL
DAN CARBOXY METHYL CELLULOSE
(CMC) TERHADAP KARAKTERISTIK
BIODEGRADABLE FILM BERBASIS
SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA
SAWIT**

Nama Mahasiswa : **Marza Yulia Herdina**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914051060**

Program Studi : **Teknologi Hasil Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Zulferivenni, M.T.A.

NIP. 19620207 199010 2 001

Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si.

NIP. 19881104 201903 2 014

**2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**

Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.

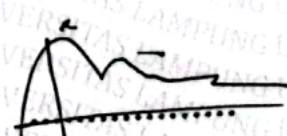
NIP. 19721006 199003 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

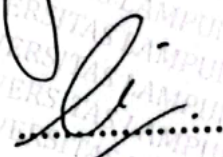
Ketua

Ir. Zulferiyenni, M.T.A.



Sekretaris

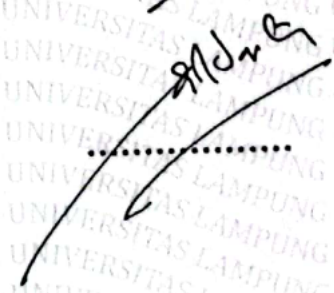
Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si.



Penguji Bukan

Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 19641118 198902 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Desember 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Marza Yulia Herdina, NPM 1914051060.

Dengan ini menyatakan, bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain 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, 19 Desember 2023

Pembuat pernyataan



METERAI
TEMPEL
79BFBKX539757674

Marza Yulia Herdina

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pada tanggal 01 Juli 2002 dan dibesarkan oleh pasangan Bapak Nurdin Abdilah bersama Ibu Sri Herawati di Metro Pusat, Lampung. Penulis selesai menempuh pendidikannya di SD Negeri 3 Metro Pusat pada tahun 2014, lalu di SMP Negeri 1 Metro pada tahun 2017, dan menempuh jalur akselerasi/percepatan (masa sekolah hanya dua tahun) di SMA Negeri 1 Metro pada tahun 2019. Penulis melanjutkan menempuh pendidikan tinggi di program studi Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung yang lulus tes seleksi melalui jalur SBMPTN pilihan pertama pada tahun 2019. Pada masa pandemi, penulis mendapatkan beasiswa di tahun 2020 berupa bantuan uang kuliah dari Lembaga BAZNAS (Badan Amil Zakat Nasional) Provinsi Lampung, lalu mendapatkan beasiswa lainnya berupa bantuan uang saku dari Paguyuban Beasiswa KSE (Karya Salemba Empat) Universitas Lampung selama dua tahun.

Beberapa prestasi yang diraih oleh penulis yaitu hibah pendanaan proposal PKM-K (Program Kreativitas Mahasiswa Kewirausahaan) dan lolos ke tahap PIMNAS (Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional) 34 pada tahun 2021 di Universitas Sumatera Utara. Penulis mendapatkan hibah pendanaan tiga proposal PMW (Program Mahasiswa Wirausaha) tingkat Universitas Lampung pada tahun 2022 (satu proposal di bidang makanan) dan 2023 (dua proposal di bidang makanan serta industri kreatif). Selanjutnya, penulis mendapatkan prestasi lainnya berupa juara 1 poster dan juara 2 LKTIN (Lomba Karya Tulis Tingkat Nasional) Bidang Penanganan Narkoba oleh Universitas Negeri Medan pada tahun 2021 serta juara 3 Esai Bidang Kesehatan Tingkat Nasional oleh Universitas Lampung pada Tahun 2021.

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim. Alhamdulillah rabbil 'alamin. Atas izin Allah *Subhanahu wa ta'ala*, penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Pengaruh Penambahan Gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) Terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* Berbasis Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian di Universitas Lampung. Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A. selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian.
3. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A. selaku dosen pembimbing pertama sekaligus Dosen Pembimbing Akademik atas ketersediaannya untuk memberikan bimbingan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai.
4. Ibu Diki Danar Tri Winanti, S.T.P., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua atas ketersediaannya untuk memberikan bimbingan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini hingga selesai.
5. Ibu Dr. Dewi Sartika, S.T.P., M.Si. selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis agar penyusunan skripsi ini menjadi lebih baik.
6. Bapak Nurdin Abdilah dan Ibu Sri Herawati selaku kedua orang tua yang tiada henti memberikan dukungan baik secara finansial dan semangat bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.

7. Teman-teman seperbimbingan akademik Ibu Zulferiyenni yaitu Sela Julita Maulida Melvina Putri, Renita Affanti, Yusuf Eko Prasetyo, dan Citra Alifiani atas bantuannya berupa saran dan arahan selama penelitian di laboratorium serta proses penyusunan skripsi.
8. Teman-teman angkatan 2019 Jurusan Teknologi Hasil Pertanian atas segala informasi, doa, dukungan, serta kebersamaannya selama lebih dari 4 tahun di Univeristas Lampung.
9. Diriku sendiri atas semangat dan keyakinan untuk bisa menyelesaikan skripsi ini meskipun banyak sekali hal berat yang harus dilalui dan mengalami ketertinggalan dari teman-teman lainnya. *Insy Allah* berkah ilmu dan gelar yang didapatkan. Semoga setelah lulus kuliah S1, penulis dapat melanjutkan pendidikan S2 di dalam atau luar negeri dengan beasiswa dan tercapai segala impiannya hingga menjadi orang yang sukses dunia dan akhirat. *Aamiin ya rabbal'alamiin*.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat ilmu dan informasi yang berguna baik bagi penulis sendiri dan para pembaca sekalian.

Bandar Lampung, Desember 2023

Marza Yulia Herdina

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Kerangka Pemikiran	3
1.4. Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Biodegradable Film</i>	5
2.2. Karakteristik <i>Biodegradable Film</i>	6
2.3. Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit	7
2.4. Gliserol	8
2.5. <i>Carboxy Methyl Cellulose (CMC)</i>	9
III. METODE PENELITIAN	10
3.1. Tempat dan Waktu	10
3.2. Bahan dan Alat	10
3.3. Metode Penelitian	11
3.4. Pelaksanaan Penelitian	11
3.4.1. Pembuatan Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit	11
3.4.2. Proses Delignifikasi Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit	13

3.4.3. Proses <i>Bleaching</i> Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit	13
3.4.4. Pembuatan <i>Biodegradable Film</i> Tandan Kosong Kelapa Sawit	15
3.5. Pengamatan	15
3.5.1. Kuat Tarik	16
3.5.2. Persen Pemanjangan	16
3.5.3. Ketebalan	17
3.5.4. Laju Transmisi Uap Air	17
3.5.5. Ketahanan Terhadap Suhu Ruang	17
3.5.6. Biodegradabilitas	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Kuat Tarik	19
4.2. Persen Pemanjangan	21
4.3. Ketebalan	24
4.4. Laju Transmisi Uap Air	26
4.5. Ketahanan Suhu Ruang	28
4.6. Biodegradabilitas	31
4.7. Penentuan Perlakuan Terbaik	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1. Kesimpulan	35
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik mutu bioplastik sesuai standar JIS 2-1707 (<i>Japanesse Industrial Standart</i>) dan <i>Moderate Properties</i>	6
2. Konsentrasi gliserol dan <i>Carboxy Methyl Cellulose</i> (CMC)	11
3. Rekapitulasi penentuan perlakuan terbaik	34
4. Data analisis kuat tarik	42
5. Uji kesamaan ragam data (<i>barlett's test</i>) kuat tarik	42
6. Analisis ragam terhadap kuat tarik	43
7. Uji lanjut BNT terhadap kuat tarik	43
8. Data analisis persen pemanjangan	44
9. Uji kesamaan ragam data (<i>barlett's test</i>) persen pemanjangan	44
10. Analisis ragam terhadap persen pemanjangan	45
11. Uji lanjut BNT terhadap persen pemanjangan	45
12. Data analisis ketebalan	46
13. Uji kesamaan ragam data (<i>barlett's test</i>) ketebalan	46
14. Analisis ragam terhadap ketebalan	47
15. Uji lanjut BNT terhadap ketebalan	47
16. Data analisis laju transmisi uap air	48
17. Uji kesamaan ragam data (<i>barlett's test</i>) laju transmisi uap air	48
18. Analisis ragam terhadap laju transmisi uap air	49
19. Uji lanjut BNT terhadap laju transmisi uap air	49
20. Skor metode AHP (<i>Analitycal Hierarchy Process</i>)	50
21. Data awal penentuan prioritas	50
22. Data normalisasi parameter prioritas	50

23. Data awal penentuan prioritas pada parameter kuat tarik	51
24. Data normalisasi perlakuan prioritas pada parameter kuat tarik	51
25. Data awal penentuan perlakuan prioritas pada parameter persen pemanjangan	52
26. Data normalisasi perlakuan prioritas pada parameter persen pemanjangan	52
27. Data awal penentuan perlakuan prioritas pada parameter ketebalan	52
28. Data normalisasi perlakuan prioritas pada parameter ketebalan	53
29. Data awal penentuan perlakuan prioritas pada parameter laju transmisi uap air	53
30. Data normalisasi perlakuan prioritas pada parameter laju transmisi uap air	53
31. Penentuan perlakuan terbaik	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tandan kosong kelapa sawit	7
2. Struktur kimia senyawa selulosa	8
3. Struktur kimia senyawa gliserol	9
4. Struktur kimia senyawa CMC	9
5. Diagram alir pembuatan serbuk halus TKKS	12
6. Diagram alir pemisahan selulosa TKKS	13
7. Diagram alir pemurnian selulosa pulp TKKS	14
8. Diagram alir pembuatan <i>biodegradable film</i> TKKS	15
9. Grafik linear hasil perhitungan uji lanjut BNT taraf 5% (0,086) terhadap pengamatan kuat tarik <i>biodegradable film</i>	19
10. Grafik linear hasil perhitungan uji lanjut BNT taraf 5% (0,872) terhadap pengamatan persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	22
11. Grafik linear hasil perhitungan uji lanjut BNT taraf 5% (0,024) terhadap pengamatan ketebalan <i>biodegradable film</i>	25
12. Grafik linear hasil perhitungan uji lanjut BNT taraf 5% (1,327) terhadap pengamatan laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	27
13. Kenampakan visual semua perlakuan <i>biodegradable film</i>	29
14. Kenampakan beberapa flok dan gelembung pada permukaan <i>film</i>	30
15. Pengamatan visual <i>biodegradable film</i>	30
16. Pengamatan keutuhan <i>biodegradable film</i>	31
17. Persiapan bahan baku TKKS	55
18. Pemetongan TKKS	55
19. Penimbangan TKKS	55
20. Pengovenan TKKS	55

21. Pengecilan ukuran TKKS	55
22. Penggilingan TKKS	55
23. Pengayakan serat TKKS	56
24. Penimbangan serbuk TKKS	56
25. Proses delignifikasi serbuk TKKS	56
26. Pencucian pulp TKKS hingga pH netral	56
27. Proses <i>bleaching</i> pulp TKKS	56
28. Pencucian selulosa TKKS hingga pH netral	56
29. Pemanasan bahan <i>biodegradable film</i>	57
30. Penuangan bahan ke permukaan plat kaca	57
31. Pengeringan cetakan <i>film</i>	57
32. <i>Biodegradable film</i>	57
33. Pengamatan kuat tarik dan persen pemanjangan	57
34. Pengamatan ketebalan	57
35. Pengamatan laju transmisi uap air	58
36. Pengamatan ketahanan suhu ruang	58
37. Pengamatan pengujian biodegradabilitas	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil pengamatan kuat tarik <i>biodegradable film</i>	42
2. Hasil pengamatan persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	44
3. Hasil pengamatan ketebalan <i>biodegradable film</i>	46
4. Hasil pengamatan laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	48
5. Perhitungan penentuan perlakuan terbaik	50
6. Dokumentasi pelaksanaan penelitian <i>biodegradable film</i> berbasis selulosa TKKS	55

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Tahun 2021, Indonesia menempati posisi kedua dunia sebagai negara penyumbang sampah ke laut sebesar 68,5 juta ton. Sebanyak 17,7% atau 12,124 juta ton dari total sampah yang dihasilkan merupakan jenis sampah plastik. Semua jenis sampah plastik membutuhkan masa penguraian selama 50-200 tahun (Marzuki dkk., 2018). Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya dalam mengurangi penggunaan plastik dengan mengembangkan alternatif kemasan berupa *biodegradable film* yang ramah lingkungan. *Biodegradable film* adalah jenis kemasan dengan fungsinya yang mirip plastik konvensional namun mudah terurai secara alami di lingkungan. Menurut Fransisca (2013), kelebihan *biodegradable film* yaitu terbuat dari bahan baku alam ramah lingkungan dan meminimalisir penggunaan bahan kimia dalam pembuatannya.

Biodegradable film dibuat dari bahan baku terbarukan (*renewable sources*) salah satunya yaitu selulosa. Selulosa berpotensi digunakan sebagai bahan baku kemasan *biodegradable film* karena bahan baku tersebut mudah ditemukan, sangat melimpah di alam, harga yang relatif lebih murah, serta mudah terurai di lingkungan. Salah satu sumber alam hasil pertanian yang dapat dimanfaatkan kandungannya adalah tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan hasil produk samping berupa limbah padat produk minyak dari pengolahan kelapa sawit mentah *Crude Palm Oil* (CPO). Menurut Septevani dkk. (2018), persentase limbah TKKS yang dihasilkan dari pengolahan yaitu sekitar 23% dari TKKS segar. Tandan kosong kelapa sawit memiliki

kandungan selulosa yang cukup tinggi sebesar 45,95%, hemiselulosa 16,49%, dan lignin 22,84% (Aini dkk., 2021).

Selulosa yang digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan *biodegradable film* memiliki sifat yang kuat, namun cenderung kaku. Akan tetapi hasil akhir yang diharapkan pada penelitian ini berupa lapisan *film* yang bersifat plastis serta kuat (Deepa *et al.* 2016). Oleh karena itu, diperlukan adanya penambahan bahan lain berupa *plasticizer* dan *stabilizer* dalam proses pembuatan *biodegradable film*. Jenis *plasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah gliserol. Menurut Mandasari dkk. (2017), fungsi gliserol sebagai *plasticizer* adalah untuk menurunkan sifat kekakuan pada bahan baku dengan menurunkan derajat pada ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak molekul dari polimer, sehingga akan diperoleh lapisan *film* yang plastis. Penggunaan gliserol yang semakin banyak akan berpengaruh terhadap nilai kuat tarik *film* yang dihasilkan, sehingga diperlukan adanya bahan tambahan lain berupa *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sebagai *stabilizer*. Fungsi *stabilizer* adalah meningkatkan kekentalan, memperbaiki tekstur dan meningkatkan kuat tarik pada *biodegradable film* (Mukuze *et al.* 2019). Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, adanya penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit.
2. Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit.
3. Mengetahui interaksi antara konsentrasi gliserol dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit.

1.3. Kerangka Pemikiran

Biodegradable film dapat terbuat dari bahan baku yang ramah lingkungan seperti serat selulosa. Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu selulosa tandan kosong kelapa sawit. Kandungan selulosa pada tandan kosong kelapa sawit sebesar 45,95% (Aini dkk., 2021). *Biodegradable film* berbasis selulosa akan menghasilkan *film* yang bersifat kaku, sehingga diperlukan adanya bahan tambahan lain berupa gliserol untuk memperoleh karakteristik *film* yang lebih plastis. Gliserol berfungsi sebagai *plasticizer* yang bersifat hidrofilik dan memiliki kemampuan dalam menurunkan sifat kekakuan akibat gaya intermolekuler pada sepanjang rantai polimernya, sehingga akan menghasilkan *film* yang plastis (Mandasari dkk., 2017).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hamzah *et al.* (2021) yaitu menggunakan bahan baku selulosa tandan kosong kelapa sawit dan gliserol sebanyak 1% menghasilkan nilai kuat tarik *film* sebesar 2,43 MPa. Penelitian lainnya yaitu Arifin (2021) menggunakan bahan baku selulosa batang jagung konsentrasi gliserol 1,5% dengan nilai kuat tarik 17,117 MPa dan Kustiyah dkk. (2023) menggunakan bahan baku selulosa ampas tebu dengan penambahan gliserol 0,5% bernilai kuat tarik 7,68 MPa. Bahan lain yang digunakan yaitu *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) yang berfungsi sebagai *stabilizer*. CMC berfungsi menjaga stabilitas interaksi yang terjadi antara komponen CMC, gliserol, selulosa, dan *aquades*. Hal tersebut akan memberikan pengaruh terhadap kekentalan pada larutan dan penguat pada *film* sehingga dapat meningkatkan nilai kuat tariknya.

Penelitian yang dilakukan oleh Satriyo (2012) yaitu penggunaan konsentrasi CMC sebanyak 1% pada bahan baku selulosa nanas menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 199,93 MPa. Selain itu, penelitian Affanti (2023) menggunakan selulosa eceng gondok dengan CMC sebanyak 2,5 % memiliki nilai kuat tarik sebesar 71,050 MPa dan penelitian Khumairoh (2016) menggunakan selulosa ampas rumput laut dengan konsentrasi CMC 3% menghasilkan nilai kuat tarik 123,23 MPa. Berdasarkan uraian tersebut, adanya penambahan antara konsentrasi

gliserol dan konsentrasi CMC diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik dari *biodegradable film* yang dihasilkan, terutama pada nilai kuat tarik *film*. Namun, belum banyak informasi yang diperoleh mengenai bagaimana pengaruh antara konsentrasi gliserol dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit ini dilakukan dengan menggunakan taraf penambahan konsentrasi gliserol (0,8%; 1%; dan 1,2%) dan konsentrasi CMC (1,5%; 2,5 %; dan 3,5%).

1.4. Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, maka hipotesis yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penambahan konsentrasi gliserol berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit.
2. Penambahan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) berpengaruh terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit.
3. Terdapat interaksi antara gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Biodegradable Film*

Biodegradable film merupakan lapisan *film* yang terbuat dari bahan organik, dapat didaur ulang (*recycle*) serta terdegradasi lebih cepat, sehingga tidak menimbulkan limbah berbahaya dan lebih ramah lingkungan. Pada kondisi dan jangka waktu tertentu, *biodegradable film* akan mengalami perubahan pada struktur kimianya dan sifat fisik *film* secara keseluruhan seperti keutuhan, warna, dan teksturnya karena adanya aktivitas mikroorganisme pengurai atau dekomposer di lingkungan. Hal tersebut disebabkan oleh komponen-komponen material polimer pada matriks *biodegradable film* yang memiliki berat molekul yang rendah dan berpengaruh terhadap proses degradasi menjadi fragmen-fragmen yang tidak beracun dan tidak meninggalkan residu di lingkungan (Akbar dkk., 2013). Selain itu, komponen-komponen organik yang terdapat pada *biodegradable film* akan memudahkan *film* untuk terurai sempurna oleh mikroorganisme pengurai atau dekomposer dalam jangka waktu yang lebih singkat dibandingkan kemasan plastik pada umumnya.

Bahan tambahan lain berupa komponen polimer sangat diperlukan pada proses pembuatan *biodegradable film* yang bertujuan untuk memodifikasi ikatan antarmolekul antara polimer pada matriks *biodegradable film*. Polimer yang tersusun pada *biodegradable film* dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *agro-polymers* yang bahan bakunya dari pati, selulosa, kitosan, dan protein. Sedangkan, untuk jenis *biodegradable* kimia berupa *polyesters* menggunakan bahan baku seperti *polyhydroxy-alkanoates* dan *polylactac acid*. Produk *biodegradable film* yang baik harus memenuhi beberapa karakteristik kemasan berdasarkan standar mutu bioplastik yang disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Karakteristik kemasan bioplastik sesuai standar JIS 2-1707 (*Japanese Industrial Standard*) dan *Moderate Properties*

No.	Karakteristik	JIS 2-1707 (Alamsjah dkk., 2015)	<i>Moderate Properties</i> (Haryati dkk., 2017)
1.	Kuat tarik	Min. 0,3923 MPa	1 - 10 MPa
2.	Persen pemanjangan	Min. 70 %	10 - 20 %
3.	Ketebalan	Maks. 0,25 mm	-
4.	Laju transmisi uap air	Maks. 7 gram/m ² /hari	-
5.	Biodegradasi	-	60 hari

2.2. Karakteristik *Biodegradable Film*

Karakteristik-karakteristik pada produk *biodegradable film* yaitu meliputi kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang, dan biodegradabilitas. Karakteristik kuat tarik yaitu suatu tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh matriks *biodegradable film* apabila diregangkan hingga sebelum matriks *film* tersebut rusak. Kerusakan tersebut dapat terjadi karena adanya tekanan berlebih sehingga menyebabkan perubahan struktur pada *film*. Nilai kuat tarik berhubungan erat dengan adanya penambahan konsentrasi *plasticizer*. Pada pengujian ketebalan, *film* dilakukan pengukuran dengan menggunakan suatu alat pengukuran yang memiliki tingkat akurasi hingga 0,001 mm. Ketebalan *biodegradable film* dapat dipengaruhi oleh adanya penambahan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*, karena CMC berfungsi sebagai pengental dalam pembuatan *biodegradable film*. Nilai ketebalan *film* akan memberikan pengaruh terhadap nilai laju transmisi uap air (Alamsjah dkk., 2015).

Persen pemanjangan yaitu suatu perubahan panjang maksimum yang terjadi pada saat perlakuan perenggangan *film* hingga terputus. Ada tiga faktor penting yang mempengaruhi nilai persen pemanjangan yaitu jenis dan konsentrasi bahan baku, serta konsentrasi *plasticizer* dalam pembuatan *biodegradable film*. Adanya penambahan *plasticizer* akan meningkatkan nilai persen pemanjangan, karena memberikan sifat plastis pada *biodegradable film*. Selanjutnya, karakteristik laju transmisi uap air sangat berhubungan dengan berapa lama umur simpan suatu

produk dapat bertahan. Hal tersebut dapat ditentukan melalui kemampuan daya tembus *film* oleh aktivitas difusi uap air dari lingkungan (Mirdayanti dkk., 2018). Karakteristik ketahanan suhu ruang pada *biodegradable film* dilakukan dengan memperhatikan perubahan yang terjadi pada kenampakan visual seperti keutuhan dan warna *film*. Selanjutnya, pengamatan terhadap karakteristik biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui lamanya masa degradasi suatu *film* dengan menempatkannya di dalam tanah hingga terurai secara sempurna (*soil burial test methode*).

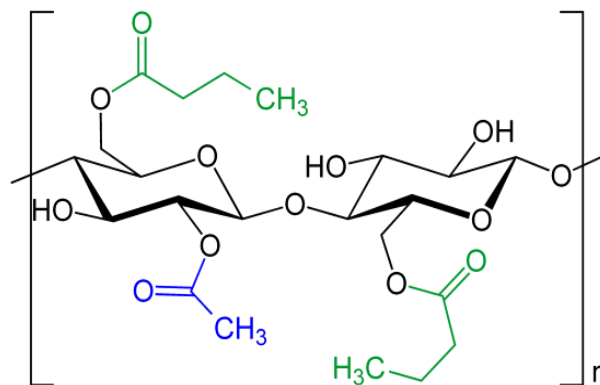
2.3. Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit

Industri perkebunan kelapa sawit mempunyai peranan yang sangat besar dan termasuk dalam komoditi unggulan di sektor perkebunan Indonesia. Menurut data Statistika Perkebunan Unggulan Nasional Tahun 2022, Indonesia sebagai produsen minyak sawit terbesar di dunia dengan total produksi yang dihasilkan sebesar 43.235.405 ton (Jamil dkk., 2022). Selain menghasilkan minyak sawit yang sangat melimpah, pada proses produksinya juga menghasilkan limbah sawit berupa tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah padat sebagai hasil samping dari proses pengolahan *Crude Palm Oil* (Gambar 1). Menurut Septevani dkk. (2018), persentase limbah tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan yaitu sekitar 23% dari pengelolaan tandan kelapa sawit segar.



Gambar 1. Tandan kosong kelapa sawit
Sumber : Pratiwi (2019)

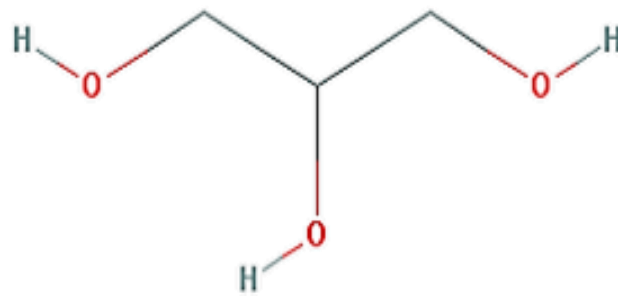
Limbah tandan kosong kelapa sawit mengandung serat selulosa sebesar 45,95% (Aini dkk., 2021). Selulosa merupakan salah satu komponen karbohidrat dengan karakteristik polimer berantai lurus pada monomer penyusunnya yang dihubungkan dengan ikatan- ikatan hidrogen (Gambar 2). Selulosa sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* tersedia sangat melimpah di alam, ramah lingkungan, serta biaya yang digunakan relatif murah. Selulosa memiliki sifat tidak larut pada bahan kimia yang bersifat alkali, karena antar (-OH) gugus hidroksil dalam rantai selulosanya terdapat ikatan hidrogen, kecuali jenis larutan asam kuat (Parente *et al.* 2022).



Gambar 2. Struktur kimia senyawa selulosa
Sumber : Parente *et al.* (2022)

2.4. Gliserol

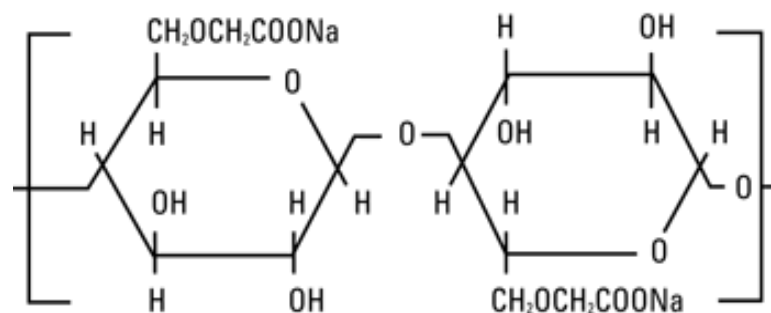
Gliserol merupakan produk hasil samping dari reaksi trans-esterifikasi pada produksi biodiesel yang termasuk dalam senyawa alkohol dengan tiga buah gugus hidroksil dan satu gugus hidroksil (Gambar 3). Gliserol memiliki kenampakan fisik berwarna bening, kental, tidak berbau, dan hidrofilik yaitu dapat larut dalam air (hidrofilik) serta berfungsi sebagai *plasticizer*. Salah satu jenis *plasticizer* dalam pembuatan *biodegradable film* adalah gliserol. Gliserol memiliki kelebihan yaitu cenderung efektif dalam mengurangi ikatan hidrogen internal, sehingga dapat memperbesar jarak antarmolekul pada matriks *film*. Selain itu, penambahan senyawa gliserol berfungsi dalam meningkatkan kelenturan *film* dan kemampuan untuk mengurangi nilai laju transmisi uap air (Lantara *et al.* 2019).



Gambar 3. Struktur kimia senyawa gliserol
Sumber : Lantara *et al.* (2019)

2.5. *Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) merupakan bahan turunan selulosa yang memiliki ciri berupa rantai yang lurus dan hidrofilik yaitu larut dalam air (Tasaso, 2015). Senyawa CMC banyak digunakan di berbagai bidang industri seperti deterjen, cat, keramik, tekstil, dan kertas. Selain itu, CMC sebagai *stabilizer* memiliki fungsi untuk meningkatkan kekentalan suatu campuran bahan hingga membentuk kekentalan tertentu. Senyawa ini bersifat tidak berwarna, tidak berbau, dan ramah lingkungan. Struktur ikatan kimia pada senyawa CMC yaitu berupa rantai polimer molekul selulosa dari uni-anhidroglukosa dengan substitusi antara ikatan gugus karboksil (-COOH) dengan ikatan tiga gugus hidroksil (-OH) (Gambar 4).



Gambar 4. Struktur kimia senyawa CMC
Sumber : Tasaso (2015)

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian dan Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, serta menggunakan Laboratorium di Teknik Mesin, Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera. Penelitian berlangsung pada bulan Mei – Juli 2023.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan baku utama pada pembuatan *biodegradable film* yaitu limbah tandan kosong kelapa sawit dengan umur panen ± 3 tahun yang diperoleh dari perkebunan sawit PTPN VII Bekri, Kabupaten Lampung Tengah. Bahan lain yang digunakan antara lain gliserol 99% teknis (Rofa Laboratorium Centre) sebagai *plasticizer*, *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) teknis (Koepoe-Koepoe) sebagai *stabilizer*, H_2O_2 50% teknis (Glatt Chemical), NaOH 98% teknis (Rofa Laboratorium Centre), NaCl 98% teknis (Rofa Laboratorium Centre), air bersih, *aquades*, silika gel, dan media pengurai berupa tanah.

Peralatan yang menunjang penelitian antara lain timbangan digital, *miller machine* model FCT-Z100, ayakan 80 *mesh*, penangas air, baskom, kain saring, termometer, gelas plastik, cawan plastik, isolasi, batang pengaduk, pH meter digital, *beaker glass*, gelas ukur, mikropipet, gunting, pisau kecil, plat kaca 20 x 20 cm, *Universal Testing Machine* (UTM) model Zwick Roell 1kN untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan, *Carbon Fiber Composites Digital Thickness Gauge*

untuk uji ketebalan, dan toples plastik besar sebagai wadah laju transmisi uap air.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode perhitungan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) secara faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama yaitu konsentrasi gliserol dengan kode (G) berupa 3 taraf yaitu 0,8% (G1), 1% (G2), dan 1,2% (G3). Selanjutnya, faktor kedua adalah konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dengan kode (C) juga berupa 3 taraf yaitu 1,5 (C1), 2,5% (C2), dan 3,5% (C3). Terdapat 9 perlakuan dengan 3 ulangan, sehingga total keseluruhan sebanyak 27 perlakuan (Tabel 2).

Tabel 2. Konsentrasi gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)

Konsentrasi gliserol (%)	Konsentrasi CMC (%)		
	C1 (1,5%)	C2 (2,5%)	C3 (3,5%)
G1 (0,8%)	G1C1	G1C2	G1C3
G2 (1%)	G2C1	G2C2	G2C3
G3 (1,2%)	G3C1	G3C2	G3C3

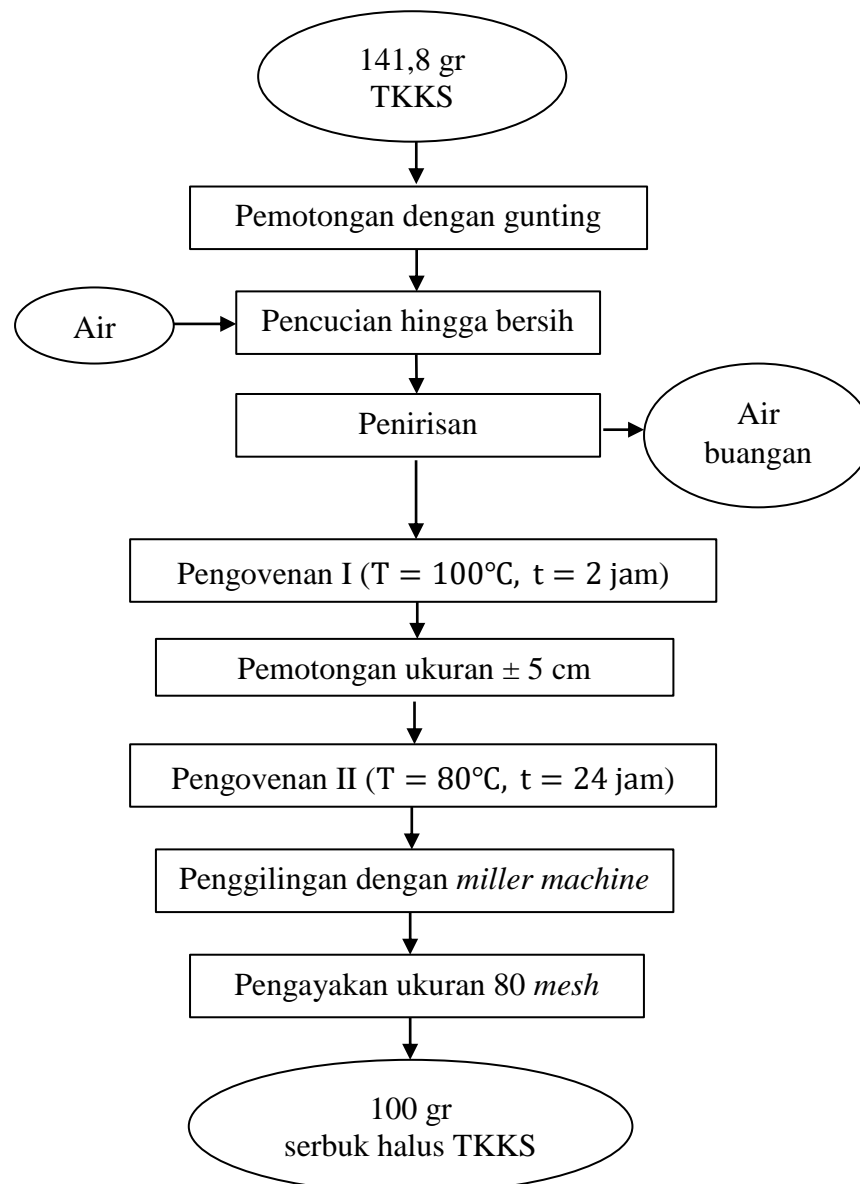
Data hasil pengamatan akan diuji analisis kesamaan ragam datanya dengan uji *Barlet*. Selanjutnya, dianalisis sidik ragamnya secara statistika dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) bertujuan mengetahui adanya pengaruh antar perlakuan. Jika data hasil pengamatan menunjukkan bahwa hasil F hitung lebih besar daripada F tabel, maka perlu adanya uji lanjut menggunakan Beda Nyata Terkecil (BNT) 5% yang diolah data tersebut pada *software Microsoft Excel*. Data lainnya disajikan dalam bentuk gambar dengan pembahasan secara deskriptif untuk pengamatan ketahanan pada suhu ruang dan biodegradabilitas.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pembuatan serbuk tandan kosong sawit merujuk pada metode Hamzah *et al.* (2021)-dengan modifikasi (Gambar 5). TKKS dipotong setiap bagian kuncupnya

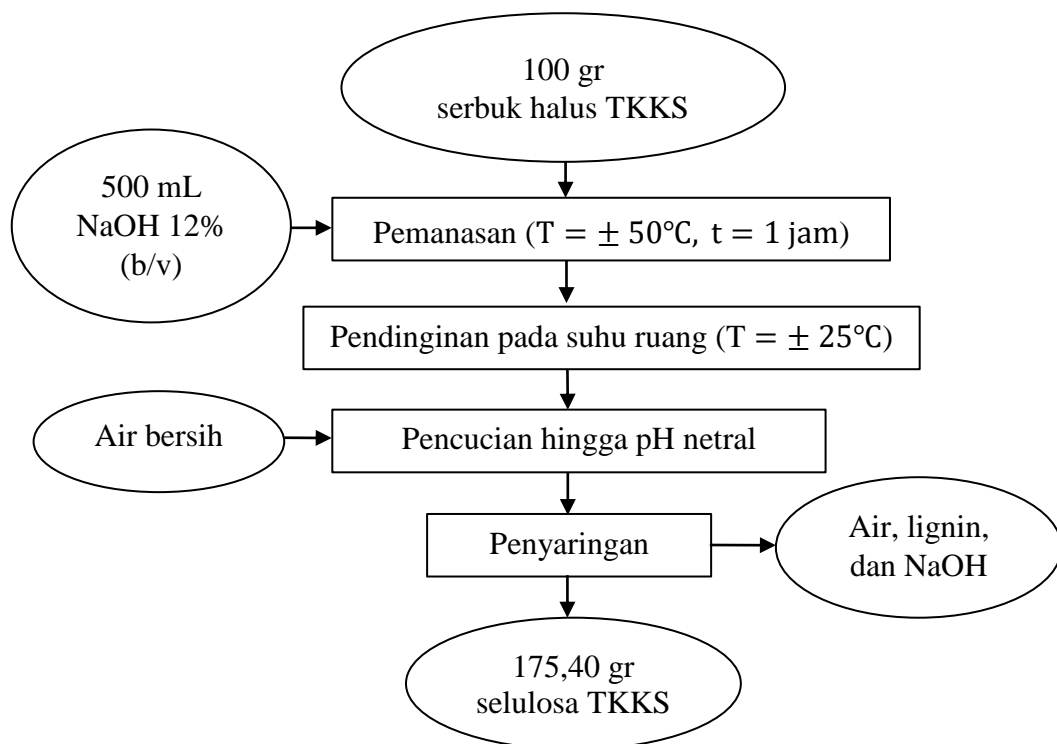
menggunakan gunting, lalu dilakukan pencucian menggunakan air bersih hingga tidak ada kotoran yang menempel dan ditiriskan. Selanjutnya, sebanyak 141,8 gr TKKS dikeringkan menggunakan oven di suhu 100°C selama 2 jam. Setelah itu, sampel tersebut dipotong hingga berukuran ± 5 cm, lalu dilakukan pengeringan kembali pada suhu 80°C selama 24 jam. Serat kering TKKS kemudian digiling menggunakan *miller machine* dan diayak dengan pengayakan sebesar 80 *mesh* hingga diperoleh serbuk halusanya.



Gambar 5. Diagram alir pembuatan serbuk halus TKKS
Sumber : Hamzah *et al.* (2021) dengan modifikasi

3.4.2. Proses Delignifikasi Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit

Proses delignifikasi serbuk TKKS merujuk pada metode Pratiwi dkk. (2016) dengan modifikasi (Gambar 6). Sebanyak 100 gr serbuk halus TKKS dipanaskan pada penangas air dengan menggunakan 500 mL larutan NaOH 12% (b/v) pada suhu $\pm 50^\circ\text{C}$ selama 1 jam. Kemudian, larutan tersebut didinginkan pada suhu ruang $\pm 25^\circ\text{C}$ dan dilakukan pencucian menggunakan air bersih hingga mencapai pH netral. Selanjutnya, larutan berisi serbuk TKKS disaring dengan kain saring hingga diperoleh selulosa TKKS yang masih berwarna cokelat.

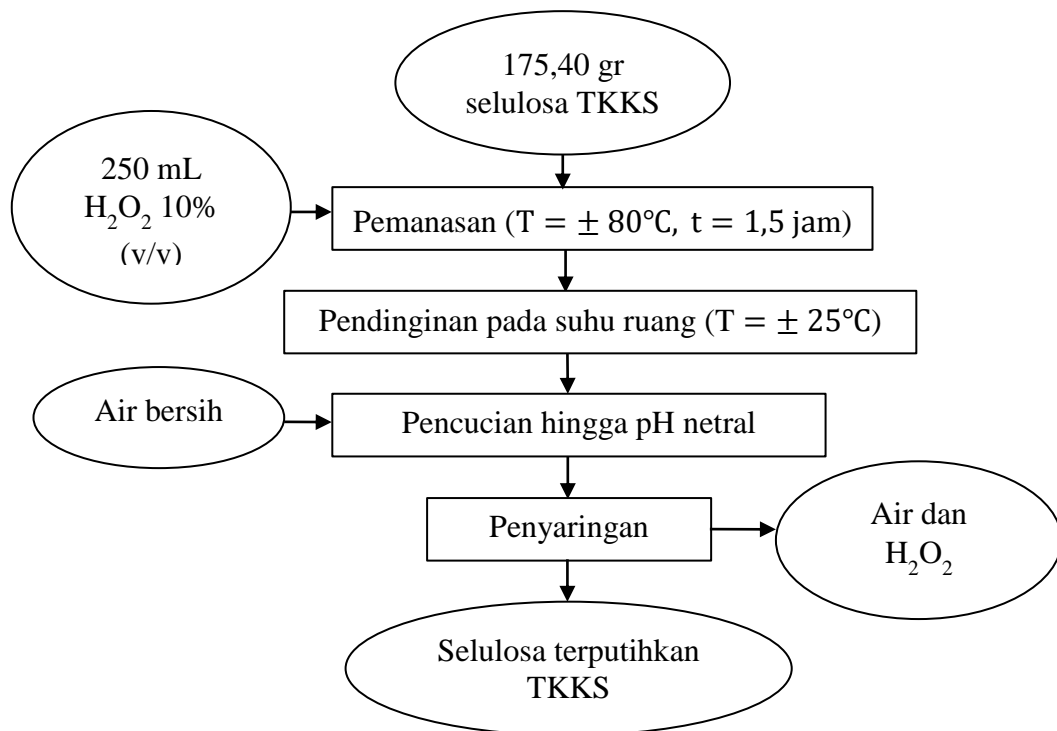


Gambar 6. Diagram alir proses delignifikasi serbuk TKKS
Sumber : Pratiwi dkk. (2016) dengan modifikasi

3.4.3. Proses Bleaching Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit

Proses *bleaching* serbuk TKKS merujuk pada metode Dewanti (2018) dengan modifikasi (Gambar 7). Sebanyak 175,4 gr selulosa TKKS dipanaskan pada penangas air menggunakan 250 mL larutan H_2O_2 10% (v/v) pada suhu $\pm 80^\circ\text{C}$ selama 1,5 jam. Kemudian, larutan didinginkan terlebih dahulu di suhu ruang $\pm 25^\circ\text{C}$ dan dicuci menggunakan air bersih hingga mencapai pH netral. Larutan

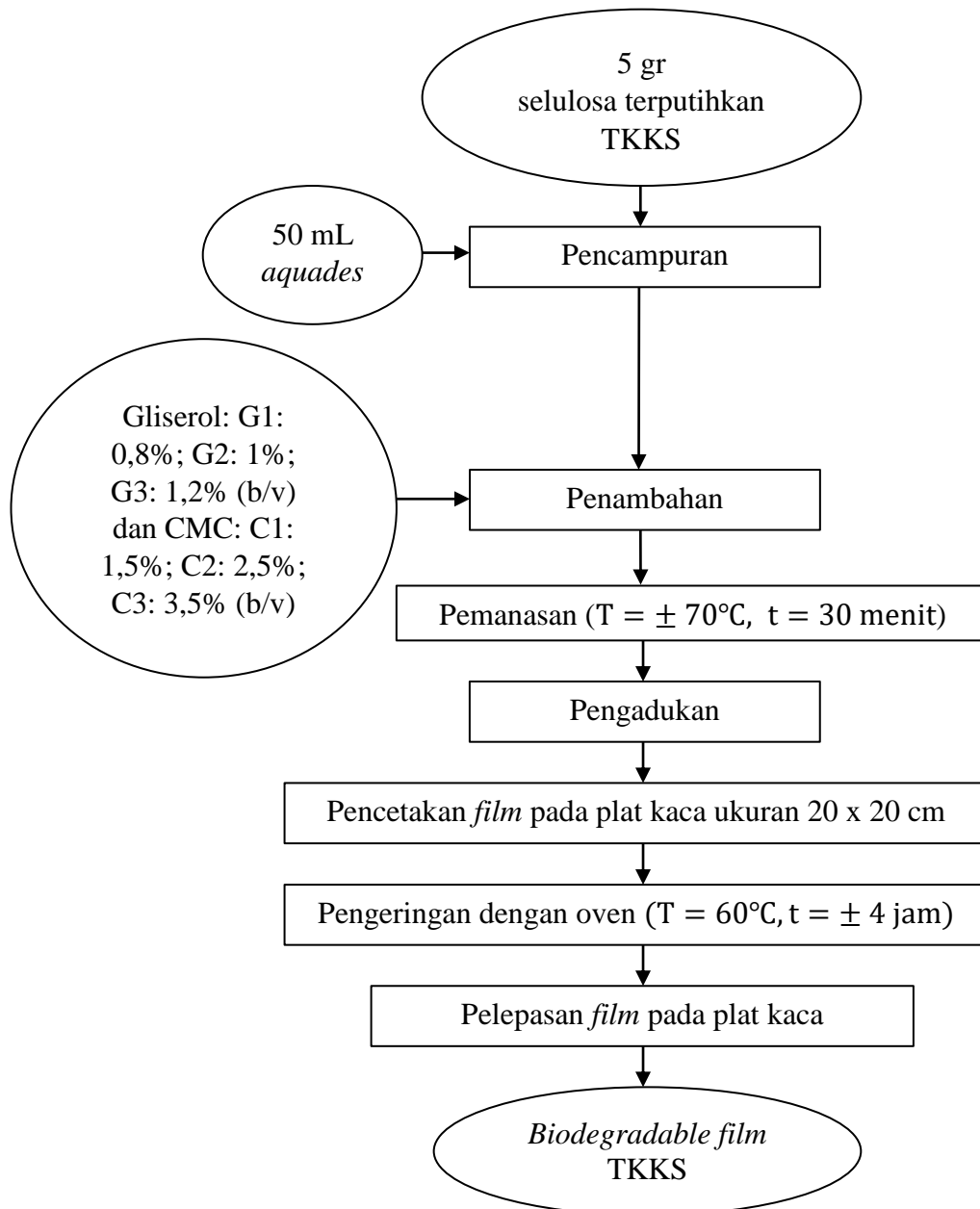
disaring dengan kain saring hingga diperoleh selulosa terputihkan TKKS yang berwarna kuning cerah.



Gambar 7. Diagram alir proses *bleaching* selulosa TKKS
Sumber : Dewanti (2018) dengan modifikasi

3.4.4. Pembuatan *Biodegradable Film* Tandan Kosong Kelapa Sawit

Proses pembuatan *biodegradable film* dari TKKS merujuk pada metode Hamzah *et al.* (2021) dengan modifikasi. Sebanyak 5 gr selulosa terputihan TKKS dicampurkan dengan 50 mL larutan *aquades*. Selanjutnya, masing-masing dari 5 gr selulosa tersebut ditambahkan dengan konsentrasi gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) sesuai perlakuan. Campuran larutan tersebut dipanaskan dengan penangas air pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit dan diaduk menggunakan batang pengaduk hingga homogen. Setelah proses pemanasan selesai, larutan tersebut dituangkan pada cetakan plat kaca berukuran 20 x 20 cm, lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama ± 4 jam.



Gambar 8. Diagram alir pembuatan *biodegradable film* TKKS
 Sumber : Hamzah *et al.* (2021) dengan modifikasi

3.5. Pengamatan

Beberapa pengamatan *biodegradable film* yang dilakukan yaitu meliputi kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang, dan biodegradabilitas.

3.5.1. Kuat Tarik

Pengamatan kuat tarik *biodegradable film* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera dengan menggunakan metode ASTM D638. Alat pengamatan yang digunakan yaitu *Universal Testing Machine* (UTM) model Zwick Roell. Sampel yang akan digunakan dalam pengamatan dipotong terlebih dahulu dengan ukuran 50 mm x 20 mm. Selanjutnya, mengkondisikan ruangan pengujian pada suhu ruang antara 18 – 28°C dan instron diatur pada kecepatan tarik 1 mm/menit dengan skala beban alat kurang dari 1 kN. Nilai kekuatan tarik pada *biodegradable film* dihitung menggunakan persamaan berikut.

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

Keterangan :

σ = kekuatan tarik (MPa)

F_{maks} = gaya tarik (N)

A = luas permukaan sampel (mm²)

3.5.2. Persen Pemanjangan

Pengamatan persen pemanjangan pada *biodegradable film* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera. Perhitungan persen pemanjangan dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) model Zwick Roell yang diukur nilainya setelah sampel tersebut robek pada saat pengujian kuat tarik. Sampel *film* diukur panjangnya setelah putus akibat penarikan (l_1). Persen pemanjangan yang terjadi pada *biodegradable film* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

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

Keterangan :

l_0 dan l_1 = panjang sampel *film* awal dan setelah putus (cm)

3.5.3. Ketebalan

Pengukuran ketebalan *biodegradable film* dilakukan dengan menggunakan alat *Carbon Fiber Composites Digital Thickness Gauge* dengan ketelitian hingga 0,001 mm. *Film* diukur ketebalannya pada 5 titik yang berbeda untuk memperoleh hasil yang akurat, lalu hasil pengukuran tersebut dilakukan perhitungan rata-rata (Nairfana dan Ramdhani, 2021).

3.5.4. Laju Transmisi Uap Air

Pengamatan laju transmisi uap air atau *Water Vapor Transmission Rate (WVTR)* dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dengan meletakkan sampel di atas mulut cawan plastik berdiameter dalam 9 cm dan kedalaman 1,5 cm dan diisi silika gel seberat 10 gram. Pada bagian tepi cawan ditutup dengan menggunakan isolasi, kemudian cawan tersebut diletakkan ke wadah toples berisi larutan NaCl 40% (b/v). Pengamatan dilakukan selama 24 jam dan terjadi proses difusi uap air melalui sampel tersebut lalu terserap oleh silika gel hingga terjadinya pertambahan berat pada silika gel, lalu dilakukan penimbangan. Perubahan berat pada sampel menunjukkan, bahwa terjadinya kecepatan difusi uap air yang melewati sampel. Pertambahan berat pada laju transmisi uap air kemudian dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Dewi dkk., 2021).

$$WVTR = \frac{W_1 - W_0}{t \times A}$$

Keterangan :

WVTR = nilai laju transmisi uap air (gr/m²/24 jam)

W₀ dan W₁ = berat silika gel awal dan akhir (gr)

t = waktu pengamatan (24 jam)

A = luas area sampel (m²)

3.5.5. Ketahanan Terhadap Suhu Ruang

Pengamatan ketahanan terhadap suhu ruang dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian,

Universitas Lampung dengan cara menyimpan sampel tersebut di atas plat kaca dengan pengkondisian suhu ruang $\pm 25^{\circ}\text{C}$. Pengamatan dilakukan setiap satu kali seminggu selama 3 minggu dengan mengamati perubahan yang terjadi pada beberapa parameter visual seperti kondisi permukaan, tekstur, dan warna sampel. Tujuan dilakukannya pengamatan ini adalah untuk mengetahui berapa lama masa ketahanan dan bagaimana kondisi sampel dengan penempatan suhu ruang dan waktu tertentu (Fransisca, 2013).

3.5.6. Biodegradabilitas

Pengamatan biodegradabilitas pada sampel dilakukan dengan menggunakan metode *soil burial test method* yaitu sampel ditimbun dalam media tanah dengan ketebalan 3 cm pada wadah gelas mineral plastik. Pengamatan uji biodegradabilitas dilakukan setiap satu kali seminggu dengan mengamati perubahan-perubahan fisik yang terjadi pada sampel. Tujuan dilakukannya pengamatan ini adalah untuk mengetahui bagaimana proses dan lamanya waktu bagi *biodegradable film* untuk terurai secara sempurna pada media tanah (Fiqinanti dkk., 2022).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

1. Penambahan konsentrasi gliserol berpengaruh nyata terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit dengan nilai tertinggi pada kuat tarik sebesar 2,753 MPa pada konsentrasi gliserol 0,8%, persen pemanjangan sebesar 21,158% pada konsentrasi gliserol 1,2%, ketebalan sebesar 0,315 mm pada konsentrasi gliserol 1,2%, dan laju transmisi uap air sebesar 7,272 gr/m²/24 jam pada konsentrasi gliserol 1,2%.
2. Penambahan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) berpengaruh nyata terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit dengan nilai tertinggi pada kuat tarik sebesar 2,753 MPa pada konsentrasi CMC 3,5%, persen pemanjangan sebesar 21,158% pada konsentrasi CMC 1,5%, ketebalan sebesar 0,315 mm pada konsentrasi CMC 3,5%, dan laju transmisi uap air sebesar 7,272 gr/m²/24 jam pada konsentrasi CMC 1,5%.
3. Terdapat interaksi antara konsentrasi gliserol dan konsentrasi *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik *biodegradable film* yang dihasilkan. Perlakuan terbaik dengan total nilai rata-rata perhitungan prioritas sebesar 0,352 terdapat pada perlakuan gliserol 0,8% dan CMC 2,5% bernilai kuat tarik 2,053 MPa, persen pemanjangan 12,659%, ketebalan 0,189 mm, dan laju transmisi uap air 4,140 gr/m²/24 jam. Selain itu, *biodegradable film* ini memiliki masa ketahanan suhu ruang selama 21 hari dan masa terurai pada biodegradabilitas selama 28 hari.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dari penelitian ini, yaitu :

1. Diperlukan adanya perbaikan pada proses pengecilan ukuran serat tandan kosong kelapa sawit sehingga diperoleh serbuk yang lebih halus dan homogen.
2. Diperlukan adanya upaya dalam meminimalisir menumpuknya flok-flok selulosa tandan kosong kelapa sawit dan gelembung-gelembung udara yang ada pada permukaan *film*, sehingga diperoleh sifat fisik *biodegradable film* dengan permukaan yang lebih baik.
3. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaplikasian *biodegradable film* berbasis selulosa tandan kosong kelapa sawit pada buah dan sayur.

DAFTAR PUSTAKA

- Affanti, R. 2023. *Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Serat Selulosa Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes (Mart) Solms) dengan Penambahan Gliserol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hlm.
- Aini, D. N., Hanifa, H., Mulfa, D. S., dan Linda, T. M. 2021. Pengaruh bioaktivator selulolitik untuk mempercepat pengomposan tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis jacq*). *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 6(1) : 1–7.
- Akbar, F., Anita, Z., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh waktu simpan *film* plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara*. 2(2) : 11-15.
- Alamsjah, M. A., Sudarno, S., dan Nurindra, A. P. 2015. Karakterisasi *edible film* dari pati propagul mangrove lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) dengan penambahan *carboxy methyl cellulose* (CMC) sebagai pemlastis. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 7(2) : 125–132.
- Anggraini, F. 2019. *Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Tebu (Saccharum officinarum L.) dengan Penambahan Gliserol dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 44 hlm.
- Arifin, M. 2021. Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat fisik dan kimia *edible film* dari selulosa batang jagung. *Journal of Food and Agricultural Product*. 1(1) : 7–15.
- Deepa, B., Abraham, E., Pothan, L. A., Cordeiro, N., Faria, M., and Thomas, S. 2016. Biodegradable nanocomposite films based on sodium alginate and cellulose nanofibrils. *Materials*. 9(1) : 1-11.
- Dewanti, D. P. 2018. Potensi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit untuk bahan baku bioplastik ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1) : 81-88.

- 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 Universitas Malikussaleh*. 10(1) : 61-67.
- 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 BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*. 11 (2) : 287-296.
- Epriyanti, N. M. H., Harsojuwono, B. A., dan Arnata, I. W. 2016. Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap karakteristik komposit plastik *biodegradable* dari pati kulit singkong dan kitosan. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 4(1) : 21-30.
- Fiqinanti, N., Zulferiyenni, Z., Susilawati, S., dan Nurainy, F. 2022. Karakteristik *biodegradable film* dari kombinasi bekatul beras dan selulosa sekam padi. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*. 1(2) : 283–293.
- Fransisca, D. 2013. Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap sifat fisik *biodegradable film* dari bahan komposit selulosa nanas. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*. 18(2) : 196–205.
- Gozali, T., Willy, P. W., dan Iqbal, R. 2020. Pengaruh konsentrasi CMC dan konsentrasi gliserol terhadap karakteristik *edible packaging* kopi instan dari pati kacang hijau (*vigna radiatal*). *Pasundan Food Technology Journal*. 7(1) : 1-9.
- Hamzah, F. H., Sitompul, F. F., Ayu, D. F., and Pramana, A. 2021. Effect of the glycerol addition on the physical characteristics of biodegradable plastic made from oil palm empty fruit bunch. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 10(3) : 239–248.
- Haryati, S., Rini, A. S., dan Safitri, Y. 2017. Pemanfaatan biji durian sebagai bahan baku plastik *biodegradable* dengan *plasticizer* giserol dan bahan pengisi CaCO₃. *Jurnal Teknik Kimia*. 1(23) : 1-8.
- Hufail, I. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Carboxy Metil Cellulose (CMC) dan Gliserol terhadap Karakteristik Edible film Bekatul Padi (Oryza sativa)*. (Skripsi). Universitas Pasundan Bandung. Bandung. 101 hlm.
- Indriyani, S. M. 2016. *Aplikasi Nanofiber Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Reinforcement Agent pada Komposit Thermoplastic Starch-Polivinil Alkohol (TPS-PVA)*. (Skripsi). IPB University. Bogor. 27 hlm.
- Jamil, A., Dikin, A., Widarto, H. T., Gartina, D., Sukriya, L. L., Zuraina, W. K., Pudjianto, E., Udin, A., Kurniawati, N., dan Magdalena, E. 2022. *Statistik perkebunan non unggulan nasional 2020-2022*. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta. 51 hlm.

- Julyaningsih, A. H., Yuliana, I., dan Binalopa, T. 2022. Penentuan perlakuan terbaik formulasi sari buah buni sebagai minuman fungsional menggunakan *analytic hierarchy process* (AHP). *Dewantara Journal Tech.* 3(1) : 5-9.
- Khumairoh, U. M. 2016. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Konsentrasi CMC terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Rumput Laut (Eucheuma cottonii)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 45 hlm.
- Kolopita, N. H. 2018. *Karakteristik Fisik, Mekanik, dan Mikrobiologi Edible Film Pati Jagung (Zea mays) yang Diinkorporasi dengan Ekstrak Antosianin Bunga Mawar*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 49 hlm.
- Kustiyah, E., Novitasari, D., Wardani, L. A., Hasaya, H., dan Widianoro, M. 2023. Pemanfaatan limbah ampas tebu untuk pembuatan plastik *biodegradable* dengan metode *melt intercalation*. *Jurnal Teknologi Lingkungan.* 24 (2) : 300-306.
- Lantara, D., Kalla, R., dan Asnawi, I. 2019. Produksi akrolein dengan proses degradasi menggunakan gelombang suara. *Journal of Chemical Process Engineering.* 4(2) : 97–102.
- Mandasari, A., Safitri, M. F., Perangin-Angin, E. R., Sunarwati, D., Safitri, W. D., dan Nasution, H. I. 2017. Karakterisasi uji kekuatan tarik (*tensile strenght*) *film* plastik *biodegradable* dari tandan kosong kelapa sawit dengan penguat zink oksida dan gliserol. *Journal of Einstein.* 5(2): 1-8.
- Marzuki, R. D., Sugito, R., dan Atmaja, T. H. W. 2018. Sampah anorganik sebagai ancaman di kawasan ekosistem hutan mangrove kuala langsa. *Jurnal Jeumpa.* 5(2) : 84–90.
- Mirdayanti, R., Wirjosentono, B., dan Marlianto, E. 2018. Analisis *edible film* dari campuran keratin dan pati jagung. *Jurnal Serambi Engineering.* 3(2) : 316-325.
- Muin, R., Anggraini, D., dan Malau, F. 2017. Karakteristik fisik dan antimikroba *edible film* dari tepung tapioka dengan penambahan gliserol dan kunyit putih. *Jurnal Teknik Kimia.* 23(3) : 191–198.
- Mukuze, S., Magut, H., and Mkandawire, F. L. 2019. Comparison of fructose and glycerol as plasticizers in cassava bioplastic production. *Advanced Journal of Graduate Research.* 6(1) : 41–52.
- Nairfana, I., dan Ramdhani, M. 2021. Karakteristik fisik *edible film* pati jagung (*zea mays l.*) termodifikasi kitosan dan gliserol. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan.* 7(1) : 91–102.

- Nurfauzi, S., Sutan, S. M., Argo, B. D., dan Djoyowasito, G. 2018. Pengaruh konsentrasi CMC dan suhu pengeringan terhadap sifat mekanik dan sifat degradasi pada plastik *biodegradable* berbasis tepung jagung. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 6(1) : 90-99.
- Parente, J. F., Sousa, V. I., Marques, J. F., Forte, M. A., and Tavares, C. J. 2022. Biodegradable polymers for microencapsulation systems. *Advances in Polymer Technology*. 2022 : 1-43.
- Permadi, I. 2019. *Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan CMC (Carboxy Methyl Cellulose) terhadap Karakteristik Biodegradable Film dari Sabut Kelapa Muda*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 56 hlm.
- Pudjiastuti, W. Listyarini, A., dan Rizki, M. I. 2013. Pengaruh laju transmisi uap air *polymer blend polibutilen suksinat* (PBS) dan *linear low density polyethylene* (LLDPE) terhadap umur simpan sup krim instan rasi. *Jurnal Kimia Kemasan*. 35(1) : 1-5.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., dan Barliana, M. I. 2016. Pemanfaatan selulosa dari limbah jerami padi (*oryza sativa*) sebagai bahan bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 3(3) : 83-91.
- Pratiwi, I. A. 2019. A study of EFB (empty fruit bunch) for fuel of Indonesian biomass boiler. *Ecology, Environment, and Conservation Paper*. 25 : 86-89.
- Rusli, A., Metusalach, S., dan Tahir, M. M. 2017. Karakterisasi *edible film* karagenan dengan pemlastis gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(2) : 219-229.
- Satriyo. 2012. *Kajian Penambahan Kitosan, Gliserol, dan Carboxy Methyl Cellulose terhadap Karakteristik Biodegradable Film dari Bahan Komposit Selulosa Nanas*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 50 hlm.
- Septevani, A. A., Burhani, D., dan Sudiyarmanto, S. 2018. Pengaruh proses pemutihan multi tahap serat selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Kimia dan Kemasan Pusat Penelitian LIPI*. 40(2) : 71-78.
- Setiawan, H., Faizal, R., dan Amrullah, A. 2015. Penentuan kondisi optimum modifikasi konsentrasi *plasticizer* sorbitol PVA pada sintesa plastik *biodegradable* berbahan dasar pati sorgum dan chitosan limbah kulit udang. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*. 13(1) : 29-38.
- Tasaso, P. 2015. Optimization of reaction conditions for synthesis of carboxy methyl cellulose from oil palm fronds. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 6(2) : 101-102.
- Zulferiyenni, Z., Marniza, dan Sari, E. N. 2014. Pengaruh konsentrasi gliserol dan tapioka terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis ampas rumput laut (*Eucheuma cottoni*). *Jurnal TIHP*. 19(3) : 257-273.