

**OPTIMALISASI PEMBUATAN *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS
KULIT PINANG (*Areca catechu L.*) DENGAN PENAMBAHAN PATI
KULIT KENTANG (*Solanum tuberosum L.*) DAN KITOSAN**

(Skripsi)

Oleh

**Siti Aisyah Amatullah
2014051034**



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

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF BIODEGRADABLE FILM PRODUCTION BASED ON ARECA NUT (*Areca catechu L.*) PEEL WITH THE ADDITION OF POTATO (*Solanum tuberosum L.*) PEEL STARCH AND CHITOSAN

By

SITI AISYAH AMATULLAH

Areca nut peel contains 34.18% cellulose which can be used as raw material in making biodegradable film. The purpose of this research is to determine the effect of addition of potato peel starch and chitosan, as well as their interaction to optimize the characteristics of biodegradable areca nut peel films. This research was arranged in a Complete Randomized Block Design with three replications. This research used two factors, the first factor is the concentration of potato peel starch of 1% (P1), 2% (P2), and 3% (P3), and the second factor is the concentration of chitosan of 0.5% (P1), 1% (P2), and 1.5% (P3). The data of tensile strength test, percent elongation, thickness, and water vapor transmission rate were analyzed using analysis of variance to determine the effect between treatments and the data were further processed using an Honestly Significant Difference Test at the 5% level. The data of biodegradability test and room temperature resistance test are presented in the form of images and discussed descriptively. The results of the research showed that there was an interaction between the addition of potato peel starch and chitosan, and had a significant effect on the results of tensile strength, percent elongation, thickness, and water vapor transmission rate. The addition of 3% (P3) potato peel starch and 0.5% (K1) chitosan produced a tensile strength value of 16.124 MPa, percent elongation value of 16.039%, thickness value of 0.25 mm, water vapor transmission rate value of 0.001689 g/m²/day. Biodegradable films can withstand room temperature for 8 weeks without growing any mold and decomposes in 2 weeks.

Key words: biodegradable film, areca nut peel cellulose, potato peel starch, chitosan

ABSTRAK

OPTIMALISASI PEMBUATAN *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS KULIT PINANG (*Areca catechu L.*) DENGAN PENAMBAHAN PATI KULIT KENTANG (*Solanum tuberosum L.*) DAN KITOSAN

Oleh

SITI AISYAH AMATULLAH

Kulit pinang mengandung selulosa sebesar 34,18% yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pati kulit kentang dan kitosan, serta interaksi keduanya untuk mengoptimalkan karakteristik *biodegradable film* kulit pinang. Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan tiga kali ulangan. Penelitian ini menggunakan dua faktor, faktor pertama yaitu konsentrasi pati kulit kentang sebanyak 1% (P1), 2% (P2), dan 3% (P3), serta faktor kedua yaitu konsentrasi kitosan sebanyak 0,5% (P1), 1% (P2), dan 1,5% (P3). Data nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan transmisi uap air di analisis sidik ragam untuk mengetahui pengaruh antar perlakuan dan diolah lebih lanjut dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Data pengujian biodegradabilitas dan ketahanan suhu ruang disajikan dalam bentuk gambar dan dibahas secara deskriptif. Hasil dari penelitian menunjukkan adanya interaksi antara penambahan pati kulit kentang dan kitosan, serta berpengaruh nyata terhadap hasil kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan laju transmisi uap air. Penambahan pati kulit kentang sebanyak 3% (P3) dan kitosan 0,5% (K1) menghasilkan nilai kuat tarik 16,124 MPa, nilai persen pemanjangan 16,039%, nilai ketebalan 0,25 mm, nilai laju transmisi uap air 0,001689 g/m²/hari. *Biodegradable film* dapat bertahan selama 8 minggu tanpa ditumbuhi jamur dan terurai dalam 2 minggu.

Kata kunci: *biodegradable film*, selulosa kulit pinang, pati kulit kentang, kitosan

**OPTIMALISASI PEMBUATAN *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS
KULIT PINANG (*Areca catechu L.*) DENGAN PENAMBAHAN PATI
KULIT KENTANG (*Solanum tuberosum L.*) DAN KITOSAN**

Oleh

Siti Aisyah Amatullah

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



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

Judul Skripsi : **OPTIMALISASI PEMBUATAN
BIODEGRADABLE FILM BERBASIS
KULIT PINANG (*Areca catechu L.*)
DENGAN PENAMBAHAN PATI
KULIT KENTANG (*Solanum tuberosum
L.*) DAN KITOSAN**


Nama Mahasiswa : **Siti Aisyah Amatullah**


Nomor Pokok Mahasiswa : 2014051034

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian


Fakultas : Pertanian




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


Ir. Susilawati, M.Si.
NIP. 19610806 198702 2 001

2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

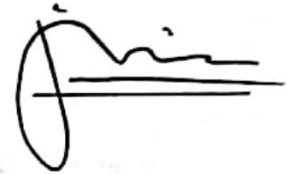

Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP. 19721006 199803 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

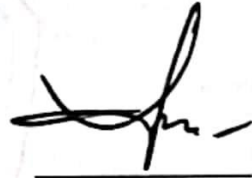
Ketua

: Ir. Zulferiyenni, M.T.A.



Sekretaris

: Ir. Susilawati, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof.-Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **09 Agustus 2024**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siti Aisyah Amatullah

NPM : 2014051034

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja keras saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari 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, 09 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan



Siti Aisyah Amatullah
NPM. 2014051034

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 26 Agustus 2002. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Herry Wardono dan Ibu Simparmin Br Ginting. Penulis memiliki dua abang bernama M. Atsil Maulana dan M. Hafizh Anbiya, serta seorang adik bernama Khodijah B. H. W.

Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 2 Rajabasa pada tahun 2014, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 8 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2017. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMA IT Baitul Jannah dan lulus pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di PT. Great Giant Pineapple, Lampung Tengah dan menyelesaikan laporan PU yang berjudul “Penerapan Sanitasi *Cleaning in Place* (CIP) Unit Evaporator pada Produksi *Pineapple Juice Concentrate* (PJC) di PT Great Giant Pineapple, Terbanggi Besar, Lampung Tengah. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Belu, Kota Agung Barat, Kabupaten Tanggamus pada bulan Januari 2023.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat, petunjuk, serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini telah mendapatkan banyak arahan, bimbingan, dan nasihat baik itu langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan 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, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A., selaku Dosen Pembimbing Pertama sekaligus Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, nasihat, arahan, dan motivasi kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dan saran kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan bimbingan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar Jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang telah memberikan ilmu dan wawasan kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Kedua orang tuaku Bapak Herry dan Ibu Simparmin, abangku (Maulana dan Hafizh), adikku Khodijah, serta keluarga besarku yang telah banyak memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, dan do'a yang selalu menyertai penulis selama proses melaksanakan perkuliahan dan menyelesaikan skripsi.

8. Sahabat-sahabatku Dinda, Rahma, Rika, Eka, dan Ayu yang telah memberikan bantuan, dukungan, semangat, canda tawa, dan kebersamaanya selama ini.
9. Teman-teman seperjuangan seperbimbingan Oka, Dinda, Irkhamna, dan Zuyyina yang telah membantu bertukar informasi dan menyemangati selama proses penulisan skripsi ini.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menjalani perkuliahan dan menyelesaikan skripsi.

Penulis berharap semoga Allah SWT. membalas segala kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 14 Agustus 2024
Penulis

Siti Aisyah Amatullah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Biodegradable Film</i>	6
2.2 Karakteristik <i>Biodegradable Film</i>	7
2.3 Tanaman Pinang.....	8
2.4 Selulosa	10
2.5 Kentang	11
2.6 Pati	13
2.7 Kitosan	13
III. METODOLOGI	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	15
3.3 Metode Penelitian	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.4.1 Prosedur Pembuatan Bubuk Kulit Pinang.....	16
3.4.2 Prosedur Pemurnian Selulosa Kulit Pinang	17
3.4.3 Prosedur Pembuatan Pati Kulit Kentang.....	18
3.4.4 Prosedur Pembuatan Larutan Kitosan.....	20
3.4.5 Prosedur Pembuatan <i>Biodegradable Film</i>	20
3.5 Pengamatan	21
3.5.1 Pengamatan Visual.....	21
3.5.2 Uji Kuat Tarik	22
3.5.3 Uji Persen Pemanjangan	22
3.5.4 Uji Ketebalan	23
3.5.5 Uji Laju Transmisi Uap Air	23
3.5.6 Uji Ketahanan Pada Suhu Ruang.....	24
3.5.7 Uji Biodegradabilitas	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Pengamatan Visual.....	25
4.2 Kuat Tarik	27
4.3 Persen Pemanjangan	29
4.4 Ketebalan	31
4.5 Laju Transmisi Uap Air (WVTR).....	33
4.6 Ketahanan Terhadap Suhu Ruang.....	35
4.7 Biodegradabilitas	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat <i>biodegradable film</i> menurut JIS Z 1707 dan SNI 7818:2014...	7
2. Interaksi pati kulit kentang dan kitosan	16
3. Hasil uji lanjut BNJ kuat tarik	27
4. Hasil uji lanjut BNJ persen pemanjangan	29
5. Hasil uji lanjut BNJ ketebalan faktor P	31
6. Hasil uji lanjut BNJ ketebalan faktor K	32
7. Hasil uji lanjut BNJ laju transmisi uap air	33
8. Data hasil pengujian kuat tarik <i>biodegradable film</i>	50
9. Uji homogenitas (<i>bartlett test</i>) kuat tarik <i>biodegradable film</i>	50
10. Analisis ragam kuat tarik <i>biodegradable film</i>	51
11. Uji BNJ terhadap kuat tarik <i>biodegradable film</i>	51
12. Data hasil pengujian persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	51
13. Uji homogenitas (<i>bartlett test</i>) persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	52
14. Analisis ragam persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	52
15. Uji BNJ terhadap persen pemanjangan <i>biodegradable film</i>	53
16. Data hasil pengujian ketebalan <i>biodegradable film</i>	53
17. Uji homogenitas (<i>bartlett test</i>) ketebalan <i>biodegradable film</i>	53
18. Analisis ragam ketebalan <i>biodegradable film</i>	54
19. Uji BNJ terhadap ketebalan <i>biodegradable film</i> faktor P	54
20. Uji BNJ terhadap ketebalan <i>biodegradable film</i> faktor K	54
21. Data hasil pengujian laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	55
22. Uji homogenitas (<i>bartlett test</i>) laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	55
23. Analisis ragam laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	56
24. Uji BNJ terhadap laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah pinang	9
2. Struktur selulosa.....	11
3. Kentang	12
4. Struktur kitosan.....	14
5. Diagram alir proses pembuatan bubuk kulit pinang	17
6. Diagram alir pemurnian selulosa dengan NaOH	18
7. Diagram alir pemurnian selulosa dengan H ₂ O ₂	18
8. Diagram alir pembuatan pati kulit kentang.....	19
9. Diagram alir pembuatan larutan kitosan	20
10. Diagram alir pembuatan <i>biodegradable film</i>	21
11. Pengamatan visual <i>biodegradable film</i> (a) perlakuan P1K1, (b) perlakuan P1K2, (c) perlakuan P1K3, (d) perlakuan P2K1, (e) perlakuan P2K2, (f) perlakuan P2K3, (g) perlakuan P3K1, (h) perlakuan P3K2, (i) perlakuan P3K3, (j) kontrol	25
12. Pengamatan ketahanan <i>biodegradable film</i> terhadap suhu ruang (a) minggu ke-1, (b) minggu ke-2, (c) minggu ke-3, (d) minggu ke-4, (e) minggu ke-5, (f) minggu ke-6, (g) minggu ke-7, (h) minggu ke-8, (i) kontrol minggu ke-5.....	35
13. Pengujian biodegradabilitas <i>biodegradable film</i> minggu ke-0, (b) minggu ke-1, (c) minggu ke-2.....	37
14. Buah pinang	56
15. Kulit pinang kering	56
16. Proses penghalusan kulit pinang	57
17. Bubuk kulit pinang.....	57
18. Proses perendaman bubuk kulit pinang dengan NaOH	57
19. Proses hidrolisis bubuk kulit pinang dengan H ₂ O ₂	57
20. Kulit kentang.....	57
21. Proses penghalusan kulit kentang	57
22. Pengendapan pertama pati kulit kentang	58
23. Pengendapan kedua pati kulit kentang.....	58
24. Pati kulit kentang	58
25. Pembuatan <i>biodegradable film</i>	58
26. Pencetakan pada <i>petri dish</i>	58
27. Pengeringan sampel dalam oven.....	58
28. Pelepasan sampel dari <i>petri dish</i>	59
29. Pengujian kuat tarik dan persen pemanjangan.....	59
30. Pengujian ketebalan	59

31. Pengujian laju transmisi uap air	59
32. Pengujian ketahanan suhu ruang	59
33. Pengujian biodegradabilitas	59

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Biodegradable film merupakan bahan kemasan yang terbuat dari bahan terbarukan (*renewable sources*) dan dapat terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme di lingkungan (Radtra dan Udjiana, 2021). Oleh karena itu, pembuatan *biodegradable film* dapat menjadi solusi untuk mengurangi limbah kemasan plastik yang sangat sulit untuk terurai. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) pada tahun 2023 menunjukkan bahwa terdapat sebanyak 18,6% timbunan sampah plastik di Indonesia, sehingga sampah plastik menjadi salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan (SIPSN, 2024). Berdasarkan hal tersebut, diperlukan bahan kemasan alternatif seperti *biodegradable film* yang terbuat dari bahan alami (Handayani dan Wijayanti, 2015).

Salah satu polimer alami yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah selulosa. Selulosa dapat membentuk hidrokoloid dalam sistem pelarut, sehingga dapat memperbaiki karakteristik *film* yang dihasilkan (Hidayati dkk., 2019). Salah satu sumber selulosa yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah kulit pinang. Buah pinang umumnya hanya digunakan bagian bijinya saja, sehingga menimbulkan banyaknya limbah kulit pinang. Limbah kulit pinang yang dihasilkan berkisar antara 60-80% dari keseluruhan berat buah (Amri dkk., 2017). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) produksi pinang di daerah Sumatera pada tahun 2019 sampai 2021 mencapai 26.168,23 ton (BPS, 2023). Jumlah limbah kulit pinang yang dihasilkan setelah dikonversikan dalam berat yaitu sekitar 15.700,94-20.934,58 ton. Limbah kulit pinang masih jarang dimanfaatkan dan umumnya hanya dibuang atau dibakar

sehingga dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan, yaitu polusi udara (Amri dkk., 2017). Pemanfaatan limbah kulit pinang sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* dapat memberikan kontribusi positif bagi lingkungan dan menambah nilai ekonomis dari limbah tersebut (Mostafa *et al.*, 2018).

Kulit pinang merupakan limbah yang potensial untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film* karena masih mengandung selulosa 34,18%, hemiselulosa 20,83%, dan lignin 31,6% (Chandra *et al.*, 2016). Julita dkk. (2023) telah melakukan penelitian terkait pembuatan *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang dengan penambahan gliserol 1% sebagai *plasticizer* dan CMC 3% sebagai *stabilizer* memperoleh hasil kuat tarik 71,87 MPa, persen pemanjangan 26,27%, ketebalan 0,32 mm, transmisi uap air 7,41 g/m²/hari, dan biodegradabilitas selama 28 hari. Hasil dari penelitian tersebut belum memenuhi JIS Z 1707 dari segi ketebalan dan transmisi uap air, serta masih terdapat flock pada permukaan *film* yang dapat menyebabkan penurunan kuat tarik dan elastisitas dari *film* yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu adanya bahan tambahan yang dapat mengoptimalkan karakteristik *biodegradable film* tersebut, diantaranya pati kulit kentang yang berfungsi sebagai bahan pengisi rongga pada *film* untuk meningkatkan sifat mekanik *film* (Wijaya, 2018). Serta penambahan kitosan untuk meningkatkan transmisi uap air dari *biodegradable film* yang dihasilkan.

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida yang dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan *biodegradable film* karena sifatnya yang mudah terurai (*biodegradable*), suka dengan air (hidrofilik), mudah diperoleh, dan murah (Hidayah dkk, 2015). Salah satu bahan pertanian yang mengandung pati adalah limbah kulit kentang. Limbah kulit kentang dapat mencapai 15-40% dari massa produk awal, tergantung pada varietas kentang dan metode pengupasan (Inez, 2021). Menurut Inez (2021) limbah kulit kentang di Indonesia dapat mencapai 500.000 ton per tahun dan belum banyak dimanfaatkan.

Pati merupakan bahan yang bersifat hidrofilik sehingga dapat menyebabkan resistensi *film* terhadap air rendah dan sifat penghalang terhadap uap air juga rendah (Apriyani dkk., 2020). Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penambahan bahan yang bersifat hidrofobik, seperti kitosan. Kitosan merupakan polisakarida turunan kitin yang mampu mengurangi kelembaban dan tahan terhadap air (Ikhsan dkk., 2021). Selain itu, kitosan juga mempunyai sifat antimikroba yang dapat menghambat tumbuhnya jamur pada *biodegradable film* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh sifat kitosan yang hidrofobik (tidak suka terhadap air) sehingga dapat menurunkan transmisi uap air dan menghambat pertumbuhan jamur (Hartatik dkk., 2014). Penelitian ini menggunakan kitosan dari cangkang udang yang sudah banyak tersedia. Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan pati kulit kentang dan kitosan terhadap karakteristik *biodegradable film* selulosa kulit pinang.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan pati kulit kentang terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang.
2. Mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang.
3. Mengetahui interaksi antara pati kulit kentang dan kitosan sehingga menghasilkan *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang yang optimal.

1.3 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan baku utama berupa selulosa kulit pinang dengan penambahan pati kulit kentang dan kitosan. Kandungan selulosa pada kulit pinang cukup tinggi, yaitu 34,18 (Chandra *et al.*, 2016). Kandungan selulosa yang cukup tinggi menjadikan kulit pinang berpotensi untuk menjadi bahan baku dalam pembuatan *biodegradable film*. Penelitian sebelumnya

yang dilakukan oleh Julita dkk. (2023) menggunakan selulosa kulit pinang sebagai bahan utama memperoleh perlakuan terbaik pada penambahan gliserol 1% dan CMC 3% yang menghasilkan kuat tarik 71,87 MPa, persen pemanjangan 26,27%, ketebalan 0,32 mm, permeabilitas uap air 7,41 g/m²/hari, biodegradabilitas selama 28 hari, dan adanya flok pada permukaan *film*. Hasil penelitian tersebut belum memenuhi JIS Z 1707, sehingga perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk dapat mengoptimalkan karakteristik *biodegradable film* tersebut. Salah satu bahan yang berpotensi dapat meningkatkan karakteristik *biodegradable film* tersebut adalah pati kulit kentang dan kitosan.

Salah satu sumber pati yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah kulit kentang. Kulit kentang masih mengandung pati yang cukup banyak, yaitu sekitar 25% (Javed *et al.*, 2019). Pati berpotensi dalam pembuatan *biodegradable film* karena adanya kandungan amilosa dan amilopektin. Pati kulit kentang memiliki kadar amilosa sekitar 21,04% dan amilopektin sekitar 78,96% (Niken dan Dicky, 2013). Semakin besar kadar amilopektin, maka nilai dari kuat tarik (*tensile strength*) dan persen pemanjangan (elongasi) *biodegradable film* semakin tinggi (Nisah, 2017). Menurut Apriani (2020) pati sebagai bahan pengisi mampu menutup rongga-rongga yang tidak terisi sempurna oleh selulosa, sehingga dapat menghasilkan *biodegradable film* yang lebih homogen dan tidak adanya rongga-rongga (flok) yang terbentuk. Hasil penelitian Fransisca dkk. (2013) penambahan pati dalam pembuatan *biodegradable film* dapat meningkatkan mekanisme *film* pada konsentrasi 1-4% dan menurun pada konsentrasi 5%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan pati hanya dapat meningkatkan karakteristik *film* pada taraf konsentrasi tertentu.

Kitosan dapat menurunkan transmisi uap air pada *biodegradable film* karena adanya interaksi antara gugus amino pada molekul kitosan dengan molekul air melalui ikatan hidrogen, sehingga dapat menyerap kelembaban di lingkungan sekitar dan mengurangi kandungan air yang berpindah sebagai uap (Wahyuningtyas, 2015). Hal ini dapat mencegah kelembaban masuk dan

menciptakan lingkungan yang lebih kering dalam kemasan *film*. Selain itu, kitosan juga dapat membentuk struktur polimer yang padat sehingga transmisi uap air menjadi terhambat (Ramadhani dkk., 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ekariski dkk. (2017) penambahan kitosan berpengaruh dalam menurunkan laju transmisi uap air seiring bertambahnya konsentrasi kitosan yang digunakan, yaitu menurun sebanyak 2,43 g/m²/hari pada konsentrasi kitosan 3%. Penelitian yang dilakukan oleh Iman (2021) menunjukkan bahwa penambahan kitosan pada konsentrasi 2% meningkatkan ketahanan air sampai 97,4%. Penambahan variasi kitosan pada penelitian Hartatik dkk. (2014) menunjukkan bahwa sifat hidrofobik kitosan dapat menurunkan transmisi uap air dan dapat berfungsi sebagai antimikroba. Oleh karena itu, pada penelitian pembuatan *biodegradable film* berbahan dasar kulit pinang menggunakan penambahan pati kulit kentang pada taraf 1%, 2%, dan 3%, serta penambahan kitosan pada taraf 0,5%, 1%, dan 1,5%.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Terdapat pengaruh pada penambahan pati kulit kentang terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang.
2. Terdapat pengaruh pada penambahan kitosan terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang.
3. Terdapat interaksi antara penambahan pati kulit kentang dan kitosan dalam mengoptimalkan karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Biodegradable Film*

Biodegradable film merupakan *film* atau lembaran yang dapat terdegradasi secara alami dengan bantuan mikroba. *Biodegradable* berasal dari kata *bio* (makhluk hidup), *degra* (terurai), dan *able* (dapat/bisa), yang berarti *biodegradable* adalah kemampuan suatu bahan untuk bisa terurai cepat dengan bantuan mikroorganisme (Pillay *et al.*, 2014). *Biodegradable film* berfungsi sebagai pembawa zat aditif, penghambat pertukaran gas, penghambat perpindahan uap air, pencegah perpindahan lemak, dan pencegah kehilangan aroma (Nurmilla dan Aprillia, 2021). *Biodegradable film* dibuat dengan tujuan untuk menciptakan suatu bahan kemasan yang berasal dari bahan terbarukan dan memiliki karakteristik seperti plastik pada umumnya, tetapi memiliki waktu degradasi yang lebih singkat sehingga meminimalkan resiko pencemaran lingkungan (Khoirunnisa dan Kadarohman, 2022). *Biodegradable film* yang terbuat dari bahan alami akan rusak dengan sendirinya dalam kondisi dan waktu tertentu. Hal tersebut disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, dan alga (Julita dkk., 2023).

Biodegradable film dapat dibuat dari dua bahan dasar, yaitu bahan petrokimia (*non-renewable resources*) dengan penambahan bahan aditif yang bersifat *biodegradable* dan bahan dari sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) seperti selulosa dan pati yang berasal dari tanaman dan protein yang berasal dari hewan (Pratiwi, 2016). *Biodegradable film* terdiri dari tiga komponen penyusun, yaitu hidrokoloid berupa polisakarida yang dapat diperoleh dari selulosa tanaman seperti pati, protein, alginat, gum, kitosan, ekstrak ganggang laut, dan lainnya. Kemudian lipida/lemak berupa asam lemak seperti gliserol atau *waxes* alami yang berperan sebagai *plasticizer* untuk memperbaiki elastisitas *film*

yang dihasilkan. Lalu komposit yang merupakan gabungan dua bahan yang berbeda, diantaranya gabungan hidrokoloid dengan hidrokoloid, lipida dengan lipida, atau hidrokoloid dengan 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).

2.2 Karakteristik *Biodegradable Film*

Karakteristik *biodegradable film* secara umum terdiri atas kuat tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan (*elongation*), transmisi uap air, ketebalan, ketahanan terhadap suhu ruang, dan biodegradabilitas. Berdasarkan JIS (*Japanese Industrial Standard*) dan SNI (Standar Nasional Indonesia) ada beberapa syarat karakteristik *biodegradable film* yang harus dipenuhi, yaitu sebagai berikut:

Tabel 1. Syarat *biodegradable film* menurut JIS Z 1707 dan SNI 7818:2014

Parameter	JIS	SNI
Kuat tarik	Min. 0,39 MPa	Min. 13,7 MPa
Transmisi uap air	Max. 7 g/m ² /hari	-
Ketebalan	Max. 0,25 mm	-
Persen pemanjangan	<10% buruk 10-50% baik >50% sangat baik	21-220%
Biodegradabilitas	-	>60% (7 hari)

Sumber: JIS Z 1707, 2019; BSN, 2014

Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan sebuah tegangan atau gaya maksimum yang mampu ditahan oleh *film* terhadap suatu bahan ketika *film* ditarik sebelum *film* putus atau rusak. Uji kuat tarik termasuk salah satu uji *stress-strain* yang dalam pengujiannya *film* akan ditarik menggunakan alat sampai bahan tersebut putus. Penarikan yang dilakukan terhadap bahan dapat memberikan gambaran bagaimana material tersebut mengalami pertambahan panjang dan reaksinya terhadap gaya yang diberikan (Purnomo, 2017). Berdasarkan *Japanese Industrial Standard* (JIS) standar kuat tarik *biodegradable film* yaitu min. 0,39 MPa atau 40

kgf/cm². Sedangkan standar kuat tarik berdasarkan SNI min. 13,7 MPa atau 139,74 kgf/cm² (SNI, 2014). Persen pemanjangan (*elongation*) adalah perubahan panjang maksimum yang terjadi pada saat peregangan hingga *film* terputus. Semakin tinggi nilai persen pemanjangan mengindikasikan bahwa *biodegradable film* yang dihasilkan semakin mampu menahan beban dan gaya tarik karena sifatnya yang tidak mudah putus (plastis) (Unsa dan Paramastri, 2018). Standar nilai persen pemanjangan berdasarkan JIS dikategorikan kurang baik jika kurang dari 10% dan dikategorikan sangat baik jika lebih dari 50%. Sedangkan dalam SNI menyatakan nilai persen pemanjangan berkisar antara 21-220% (SNI, 2014).

Laju transmisi uap air merupakan jumlah uap air yang melalui bahan pengemas dengan berpindah melewati pori-pori *biodegradable film*. Nilai transmisi uap air digunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas menggunakan *biodegradable film* (Mirdayanti dkk., 2018). Berdasarkan JIS, kemasan yang baik digunakan untuk makanan adalah yang memiliki nilai permeabilitas uap air maksimal 7 g/m²/hari. Ketebalan merupakan tebal *biodegradable film* yang dihasilkan setelah melewati proses pengeringan. Semakin tebal *biodegradable film* yang dihasilkan, maka semakin banyak uap air dan gas yang terhambat. Namun, jika *biodegradable film* terlalu tebal maka akan mempengaruhi penampakan dan persen pemanjangan. Standar ketebalan berdasarkan JIS adalah sebesar 0,25 mm. Karakteristik *film* lainnya yaitu biodegradabilitas yang dilakukan untuk mengetahui seberapa baik penguraian *biodegradable film* di dalam tanah. Tingkat biodegradabilitas kemasan akibat mikroorganisme dipengaruhi oleh bahan aditif, struktur molekul, sifat hidrofobik, dan struktur polimer bahan kemasan (Fahnur, 2017).

2.3 Tanaman Pinang

Pinang (*Areca catechu L.*) merupakan tanaman famili *Arecaceae* dengan tinggi sekitar 15-20 m yang memiliki batang dengan bentuk tegak lurus dan diameter lingkaran 15 cm. Buah pinang memiliki bentuk bulat telur dan panjang sekitar 3,5-7 cm, kulitnya berserabut dan jika sudah matang warnanya menjadi merah

oranye (Sari, 2019). Tanaman ini memiliki ciri daun majemuk menyirip dan tumbuh berkumpul di ujung batang membentuk mawar dengan pelepah daun berbentuk tabung sepanjang 80 cm, dan tangkai daun yang pendek. Di Indonesia tanaman pinang sudah banyak tersebar, yaitu pada dataran tinggi atau dataran rendah (Frida dkk., 2019).



Gambar 1. Buah pinang
Sumber: Silalahi, 2020

Klasifikasi dari tanaman pinang adalah sebagai berikut:

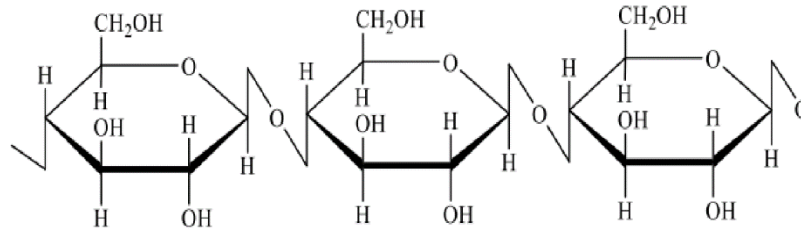
- Kerajaan : *Plantae*
- Divisi : *Magnoliophyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Kelas : *Liliopsida*
- Bangsa : *Arecales*
- Famili : *Areaceae/Palmae*
- Subfamili : *Arecoideae*
- Genus : *Areca*
- Spesies : *Areca catechu L.* (Sulasthia, 2017)

Tanaman pinang terdiri dari akar, batang, daun, buah, bunga, biji, dan pelepah. Bagian yang umum digunakan dari tanaman pinang adalah bijinya. Biji pinang mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan polifenol yang diketahui berkhasiat sebagai antimikroba, antivirus, antikarsinogenik, antiinflamasi, dan antialergi (Nurjannah dkk., 2018). Biji pinang memiliki rasa yang pahit dan pedas sehingga bersifat panas dan umumnya digunakan sebagai pewarna kain dan bahan makanan, kemudian batang pinang dapat digunakan

sebagai bahan bangunan. Bagian pelepah pinang dapat digunakan sebagai pembungkus makanan (pengganti *styrofoam*) dan mengandung senyawa larut air, lemak, serta pektin (Yernisa dkk., 2020). Selain itu, bagian kulit pinang mengandung senyawa polifenol yang dapat berpotensi sebagai antioksidan (Yulianis dkk., 2020). Kulit pinang juga mempunyai kandungan selulosa yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* (Julita dkk., 2023) dan *filler* untuk penguat dalam pembuatan *biodegradable film* (Tamiogy dkk., 2019).

2.4 Selulosa

Selulosa merupakan sumber daya alam yang melimpah di Indonesia karena berasal dari dinding sel tanaman yang dapat diperbaharui. Selulosa bisa diperoleh dari tanaman dan limbah pertanian seperti ampas tebu, ampas sago, kulit kakao, daun nanas, kulit pinang, dan lainnya. Selulosa merupakan jenis karbohidrat dengan struktur rantai lurus yang terdiri dari glukosa sebagai unit monomer dan unit-unit ini dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glikosida (Mulyadi, 2019). Selulosa merupakan polimer alam yang ramah lingkungan karena mudah terurai, biokompatibel, tidak beracun, dan dapat diperbaharui. Selulosa mempunyai ikatan yang kuat saat dalam fase kristal sehingga hanya sedikit enzim yang dapat mendegradasinya, tetapi selulosa tetap lebih mudah terdegradasi dibandingkan dengan bahan anorganik lainnya. Selulosa memiliki struktur kimia berulang dan stabil sehingga tidak mudah rusak. Selulosa memiliki tiga gugus hidroksil reaktif di setiap unit hidroglikosa dan jumlah gugus hidroksil ini mempengaruhi sifat selulosa seperti hidrofilik dan hidrofobik, kemampuan menyerap warna dan air, serta tingkat elastisitas. Banyak ikatan hidrogen pada selulosa membuatnya menjadi lebih kaku dan kurang larut dalam air (Hidayati dkk., 2015).



Gambar 2. Struktur selulosa
Sumber: Kunusa, 2017

Kandungan selulosa dalam serat pinang bervariasi tergantung pada bagian tanaman dan lokasi pertumbuhannya (Rahman dan Mahyudin, 2020). Kulit buah pinang terdiri dari 3 jenis kematangan, yaitu pinang muda memiliki kulit berwarna hijau, pinang matang memiliki kulit berwarna oranye, dan pinang tua memiliki kulit berwarna kecoklatan. Kandungan selulosa yang terdapat dalam ketiga jenis kulit pinang tersebut berbeda, sehingga nilai kuat tarik yang dihasilkan juga berbeda. Kulit pinang muda (hijau) memiliki nilai kuat tarik sebesar 147 MPa, kulit pinang matang (oranye) memiliki nilai kuat tarik sebesar 152 MPa, dan kulit pinang tua (kecoklatan) memiliki nilai kuat tarik sebesar 146 MPa. Rendahnya nilai kuat tarik pada kulit pinang muda disebabkan oleh serat yang terdapat dalam kulit pinang muda belum dewasa dan kurang berkembang. Sementara, rendahnya nilai kuat tarik pada kulit pinang tua disebabkan oleh adanya kerusakan pada serat akibat proses pengeringan dari matahari, serangan biologis, dan pelapukan pada kulit (Kusuma dkk., 2016).

2.5 Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum L.*) merupakan tanaman dikotil yang bersifat semusim, termasuk dalam famili *Solanaceae*, dan memiliki umbi batang yang dapat dimakan. Tanaman kentang berbentuk semak atau herba, batangnya berada di atas permukaan tanah, ada yang berwarna hijau, kemerah-merahan, dan ungu tua. Bagian bawah batangnya bisa berkayu sedangkan batang tanaman muda tidak berkayu sehingga tidak terlalu kuat dan mudah roboh. Kentang termasuk tanaman semusim karena hanya satu kali berproduksi dan setelah itu mati. Umur tanaman kentang berkisar antara 90-180 hari (Utami dkk., 2017).



Gambar 3. Kentang
Sumber: Koesmartaviani, 2015

Klasifikasi dari kentang adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Magnoliophyta</i>
Subkelas	: <i>Asteridae</i>
Ordo	: <i>Solanales</i>
Famili	: <i>Solanaceae</i>
Genus	: <i>Solanum</i>
Spesies	: <i>Solanum tuberosum L.</i> (Surbakti, 2020)

Kentang merupakan salah satu komoditas yang berlimpah di Indonesia, tetapi masyarakat umumnya lebih sering hanya mengkonsumsi bagian dagingnya (umbinya) dan membuang bagian kulitnya sehingga kulit kentang sering dianggap sebagai limbah. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) produksi kentang di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 1,3 juta ton dan meningkat menjadi 1,5 juta ton pada tahun 2022 (BPS, 2023). Tingginya produksi kentang secara tidak langsung akan berdampak pada peningkatan kehilangan dan limbah kentang itu sendiri. Menurut Pathak *et al.* (2018) kentang merupakan salah satu komoditas dengan tingkat kehilangan tertinggi yaitu sekitar 0,16 ton limbah padat dihasilkan dari per ton kentang yang diproses. Limbah kulit kentang umumnya masih mengandung pati sekitar 25% (Javed *et al.*, 2019). Kandungan pati dalam limbah kulit kentang dapat digunakan sebagai bahan pengisi rongga-rongga pada *biodegradable film*, sehingga dapat memperkecil pori-pori dan menghomogenkan *biodegradable film* (Wijaya, 2018).

2.6 Pati

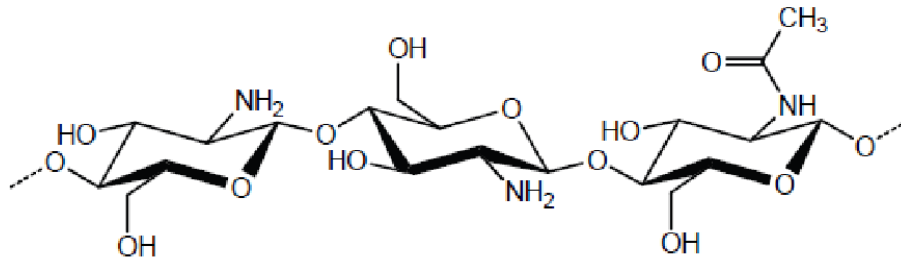
Pati merupakan salah satu jenis polisakarida yang terdapat dalam semua jenis tumbuhan, terutama dalam jagung, gandum, biji-bijian, umbi akar, padi, dan kentang. Pati dapat ditemukan dalam beberapa mikroorganisme dan sel-sel tumbuhan. Pati yang terdapat dalam sel-sel tumbuhan berbentuk butiran kecil dengan diameter hanya beberapa mikron (Riswan, 2020). Pati terdiri dari dua jenis polisakarida yang keduanya terbuat dari glukosa, terdiri dari unit glukosa α -D yang terhubung oleh ikatan α -1,4 glikosidik dan ikatan α -1,6 glikosidik pada rantai cabangnya. Dua jenis polisakarida glukosa ini disebut amilosa dan amilopektin (Lestari, 2022). Pati dapat digunakan sebagai bahan pembentuk *biodegradable film* yang dapat terurai secara alami, berbeda dengan plastik konvensional yang berasal dari minyak bumi, sehingga lebih ramah lingkungan (Coniwanti dkk., 2014).

Penggunaan pati dalam pembuatan *biodegradable film* telah menjadi alternatif untuk dapat mengurangi penggunaan plastik konvensional karena pati mempunyai sifat mekanis yang baik, biayanya lebih ekonomis, dan sumber dayanya berkelanjutan. Pati mengandung dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin yang memiliki peran berbeda dalam menghasilkan sifat pada *biodegradable film*. Amilopektin berkontribusi pada stabilitas *film*, sementara amilosa mempengaruhi kekompakannya (Pradana dkk., 2017). Kandungan amilosa yang tinggi dalam pati menghasilkan *film* yang elastis dan kuat. Hal ini terjadi karena struktur amilopektin memungkinkan terbentuknya ikatan hidrogen antara molekul glukosa, dan selama pemanasan amilopektin mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang mampu menangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat. Oleh karena itu, pati dengan kandungan amilopektin tinggi dapat menghasilkan *biodegradable film* yang kuat dan fleksibel (Nisah, 2017).

2.7 Kitosan

Kitosan adalah suatu polisakarida dengan rantai lurus yang tersusun dari β -(1-4)-D-glukosamin dan N-asetil-D-glukosamin. Kitosan dihasilkan dari ekstraksi

hewan bersisik keras, seperti udang dan kerang (*crustacea*). Kitosan diperoleh dari kitin dan memiliki struktur kimia yang serupa dengan kitin. Kitosan terdiri dari rantai molekul yang panjang dan memiliki berat molekul yang tinggi. Kitosan merupakan biopolimer hidrofobik yang memiliki sifat antimikroba, sekaligus dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik *film* dari pati (Putri dkk., 2021).



Gambar 4. Struktur kitosan
Sumber: Ilham, 2018

Kitosan merupakan suatu zat padat berwarna putih yang memiliki sifat tidak larut dalam alkali dan asam mineral, kecuali dalam kondisi tertentu. Kitosan paling mudah larut dalam larutan asam asetat 1%, asam format 10%, dan asam sitrat 10%. Namun, kitosan tidak dapat larut dalam asam piruvat, asam laktat, dan beberapa asam anorganik pada pH tertentu, meskipun setelah dipanaskan dan diaduk dalam jangka waktu yang cukup lama (Setiawan dkk., 2015). Kitosan merupakan polimer multifungsi karena mengandung tiga jenis gugus fungsi, yaitu asam amino, gugus hidroksil primer, dan gugus hidroksil sekunder sehingga kitosan mempunyai reaktivitas yang tinggi (Pala'langan dkk., 2017). Kitosan juga memiliki sifat antimikroba, sehingga penambahan kitosan dalam *biodegradable film* dapat berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri pada *film* dan mencegah tumbuhnya jamur. Selain itu, kitosan juga dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap air dari *film* yang dihasilkan. Semakin banyak kitosan yang digunakan, semakin baik sifat mekanik dan ketahanan terhadap air *film* tersebut (Raihan dkk., 2022).

III. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, serta Laboratorium Material Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Juli 2024.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah limbah kulit pinang matang (oranye) yang diperoleh dari petani di Kabupaten Pesawaran, kulit kentang yang diperoleh dari tempat penjual keripik kentang di Bandar Lampung, dan kitosan yang diperoleh dari toko online (Phy Edumedia). Bahan lain yang digunakan adalah gliserol 99% teknis, CMC teknis, NaOH 98% teknis, H₂O₂ 50% teknis, asam asetat 96% teknis, NaCl, silika gel, *aquades*, dan media pengurai berupa tanah.

Alat yang digunakan adalah timbangan digital, baskom, saringan *stainless* 80 dan 100 *mesh*, penangas air, kain saring, *miller machine FCT-Z100*, *aluminium foil*, *stopwatch*, pisau, batang pengaduk, oven, *pH meter digital*, termometer, *erlenmeyer*, *beaker glass*, gelas ukur, mikropipet, spatula, *petri dish* 15 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, serta toples plastik untuk wadah pengujian laju transmisi uap air dan biodegradabilitas.

3.3 Metode Penelitian

Perlakuan disusun secara faktorial 3 x 3 dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua faktor dan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi pati kulit kentang dengan kode (P) yang terdiri dari 3 taraf yaitu 1% (P1), 2% (P2), dan 3% (P3). Selanjutnya, faktor kedua adalah konsentrasi kitosan kulit udang dengan kode (K) yang terdiri dari 3 taraf yaitu 0,5% (K1), 1% (K2), dan 1,5% (K3). Kedua faktor selanjutnya dikombinasikan sehingga diperoleh 9 perlakuan dan total keseluruhan adalah 27 perlakuan. Interaksi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Interaksi pati kulit kentang dan kitosan

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

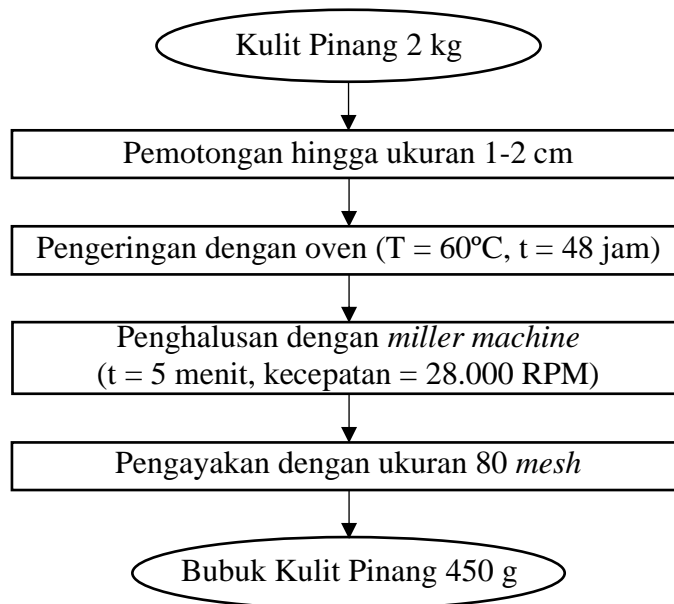
Pengamatan yang dilakukan ialah uji kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan transmisi uap air yang di analisis sidik ragam untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antar perlakuan. Hasil analisis sidik ragamnya diuji dengan uji *Bartlett* dan kemenambahan data diuji dengan uji *Tukey*. Kemudian data diolah lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Pengujian biodegradabilitas dan ketahanan pada suhu ruang disajikan dalam bentuk gambar dan dibahas secara deskriptif.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Prosedur Pembuatan Bubuk Kulit Pinang

Pembuatan bubuk kulit pinang dilakukan dengan menggunakan metode Julita dkk. (2023, yang dimodifikasi). Kulit pinang diambil sebanyak 2 kg, kemudian dipotong hingga sebesar 1-2 cm. Setelah itu, kulit pinang dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 48 jam. Kulit pinang yang telah kering

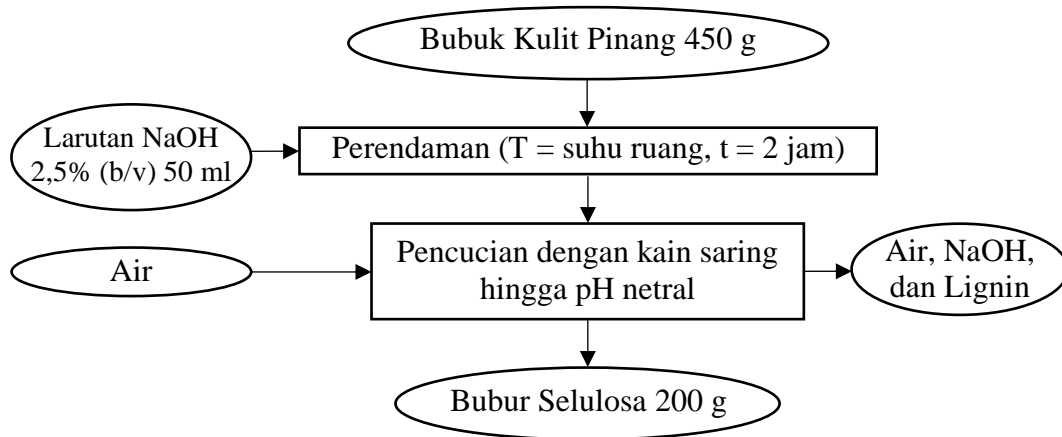
kemudian dihaluskan menggunakan *miller machine* selama 5 menit pada kecepatan 28.000 RPM. Setelah itu, bubuk kulit pinang yang dihasilkan diayak menggunakan saringan *stainless 80 mesh* untuk menghasilkan bubuk yang halus sebanyak 450 g. Prosedur pembuatan bubuk kulit pinang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir proses pembuatan bubuk kulit pinang
Sumber: Julita dkk. (2023, yang dimodifikasi)

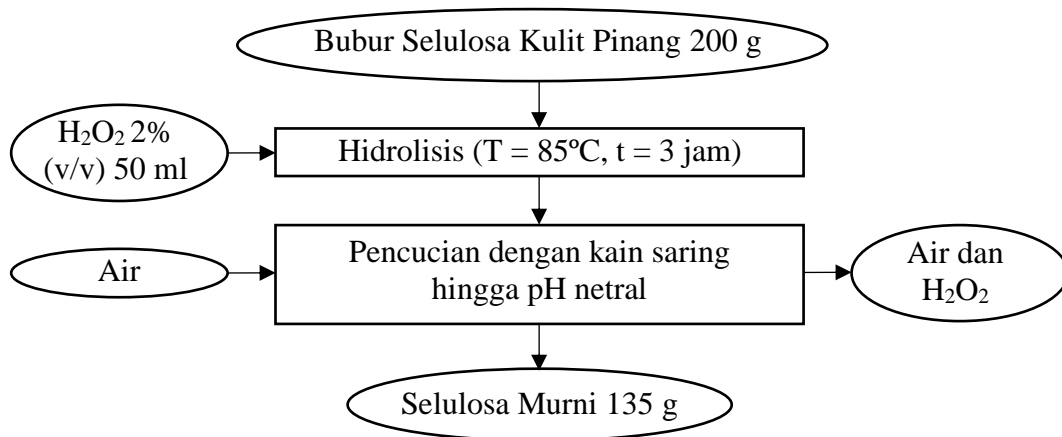
3.4.2 Prosedur Pemurnian Selulosa Kulit Pinang

Pemurnian selulosa kulit pinang dilakukan dengan menggunakan metode Julita dkk. (2023, yang dimodifikasi). Bubuk kulit pinang sebanyak 450 g direndam dalam NaOH 2,5% (b/v) selama 2 jam pada suhu ruang sambil ditutup dengan *aluminium foil*. Setelah itu, bubuk kulit pinang dicuci menggunakan air mengalir hingga pH netral dan diperoleh bubuk selulosa kulit pinang sebanyak 200 g. Prosedur pemurnian selulosa kulit pinang dengan NaOH dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir pemurnian selulosa dengan NaOH
Sumber: Julita dkk. (2023, yang dimodifikasi)

Pemurnian kedua dilakukan dengan menghidrolisis bubur selulosa yang diperoleh menggunakan larutan H_2O_2 2% (v/v) selama 3 jam pada suhu 85°C menggunakan penangas air sambil ditutup dengan *aluminium foil*. Selulosa kulit pinang yang diperoleh dicuci dengan air hingga *pH* netral, kemudian disaring menggunakan kain saring hingga diperoleh selulosa murni sebanyak 135 g. Prosedur pemurnian selulosa kulit pinang dengan hidrolisis H_2O_2 dapat dilihat pada Gambar 7.

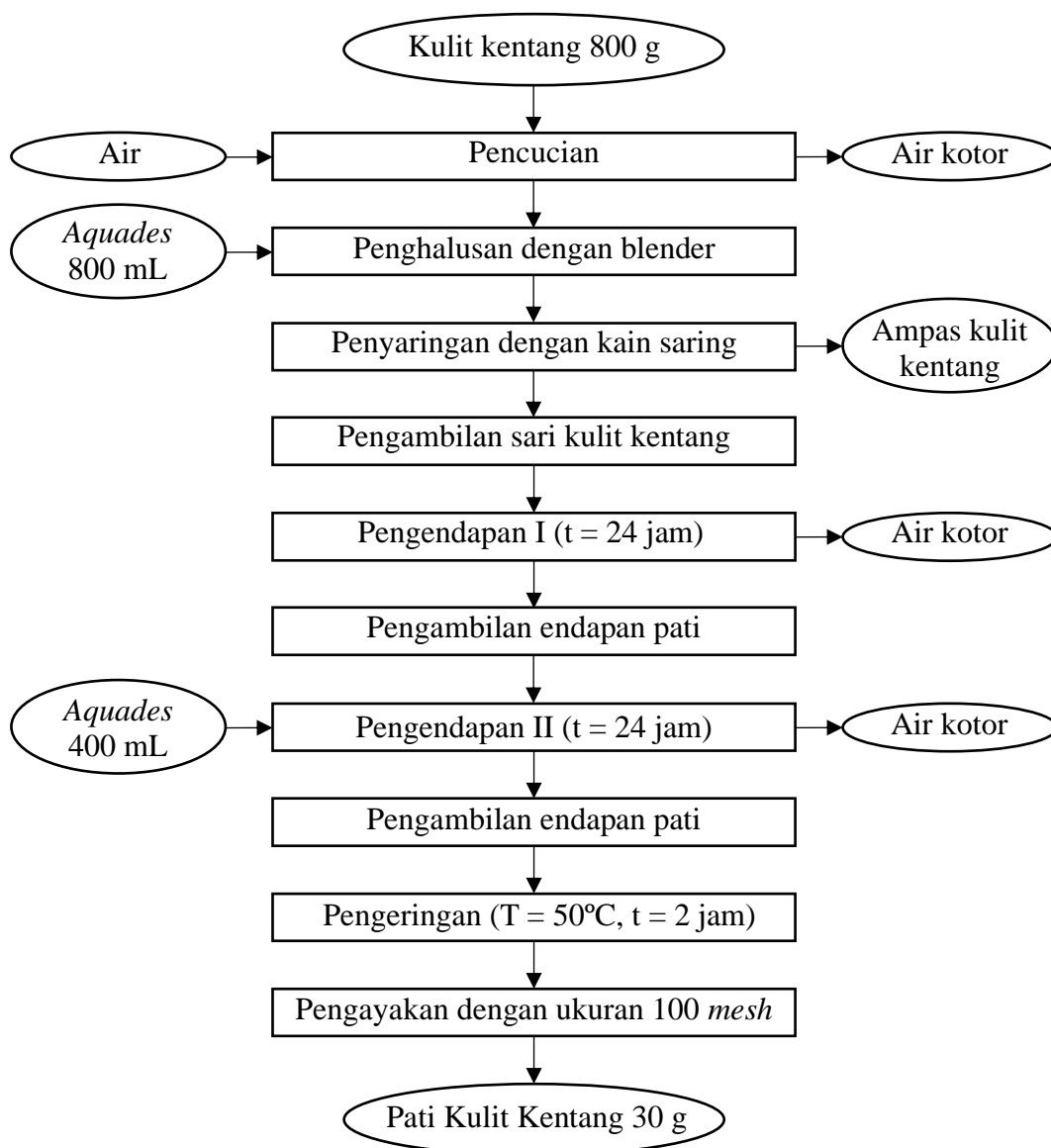


Gambar 7. Diagram alir pemurnian selulosa dengan H_2O_2
Sumber: Julita dkk. (2023, yang dimodifikasi)

3.4.3 Prosedur Pembuatan Pati Kulit Kentang

Pembuatan pati kulit kentang dilakukan dengan metode Nurlaila dan Purnomo (2020, yang dimodifikasi). Kulit kentang sebanyak 800 g dicuci, kemudian

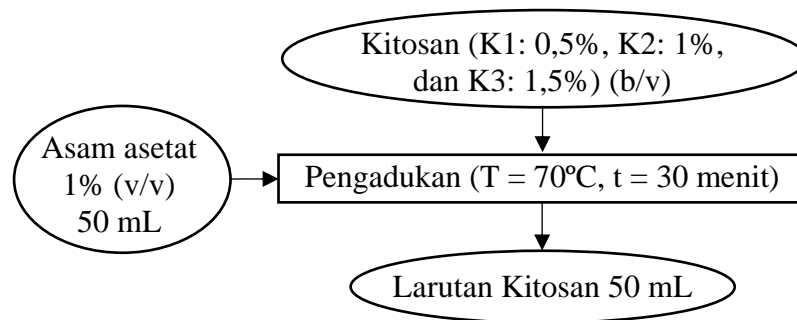
diblender dengan penambahan *aquades* sebanyak 800 mL. Setelah itu, bubur kulit kentang disaring menggunakan kain saring dan filtratnya dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1000 mL. Kemudian, filtrat didiamkan selama 24 jam sampai terdapat endapan. Airnya dibuang dan endapan ditambahkan kembali *aquades* 400 mL, lalu dibiarkan kembali selama 24 jam hingga terbentuk endapan kembali. Setelah itu, endapan dipisahkan dari airnya dan endapan dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C selama 2 jam. Selanjutnya, pati dihaluskan dan diayak menggunakan saringan *stainless* 100 *mesh*. Prosedur pembuatan pati dari kulit kentang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram alir pembuatan pati kulit kentang
Sumber: Nurlaila dan Purnomo (2020, yang dimodifikasi)

3.4.4 Prosedur Pembuatan Larutan Kitosan

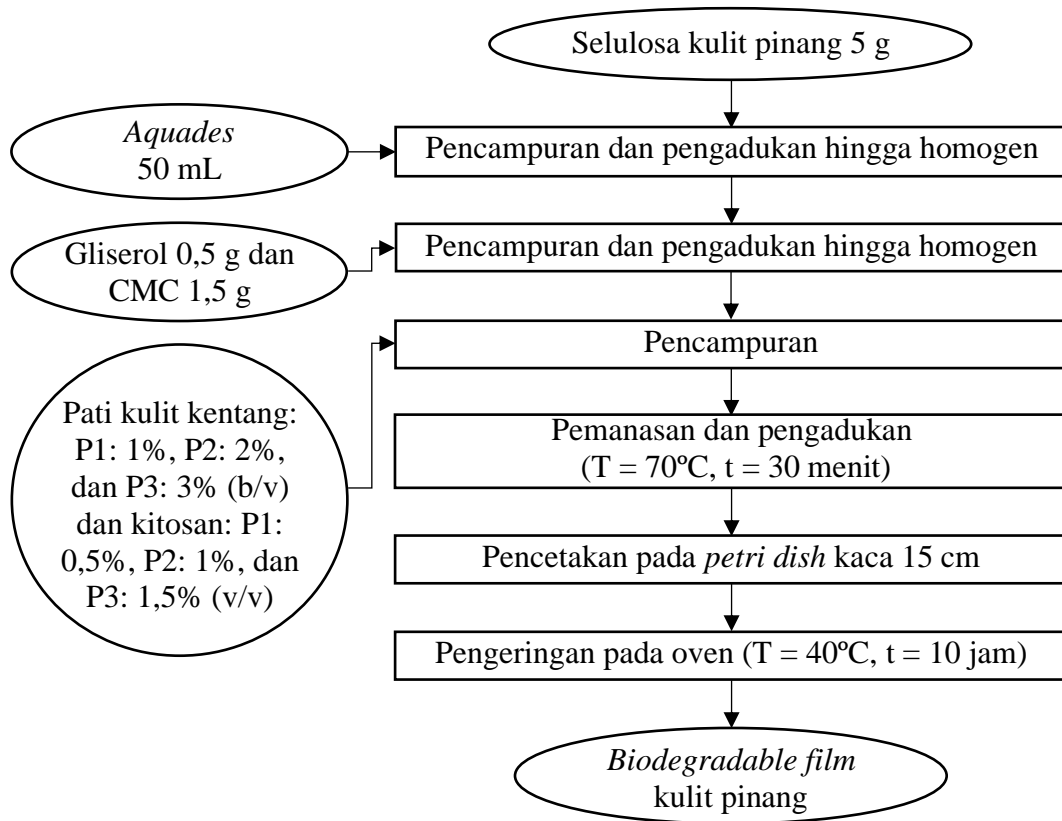
Pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan menggunakan metode Nurlaila dan Purnomo (2020, yang dimodifikasi). Kitosan sesuai perlakuan (K1: 0,5% (0,25 g), K2: 1% (0,5 g), dan K3: 1,5% (0,75 g)) (b/v) dilarutkan dalam asam asetat 1% sebanyak 50 mL dan diaduk selama 30 menit pada suhu 70°C sampai larutan homogen. Prosedur pembuatan larutan kitosan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir pembuatan larutan kitosan
Sumber: Nurlaila dan Purnomo (2020, yang dimodifikasi)

3.4.5 Prosedur Pembuatan *Biodegradable Film*

Pembuatan *biodegradable film* dilakukan dengan menggunakan metode Jabbar (2017). Selulosa kulit pinang 5 g dicampur ke dalam aquades 50 mL dan diaduk hingga homogen. Kemudian ditambahkan gliserol 0,5 g dan CMC 1,5 g. Lalu ditambahkan juga pati kulit kentang (P1: 1% (0,5 g), P2: 2% (1 g), dan P3: 3% (1,5 g)) (b/v) dan kitosan (K1: 0,5% (0,25 g), K2: 1% (0,5 g), dan K3: 1,5% (0,75 g)) (v/v). Semua bahan tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 70°C selama 30 menit sambil diaduk. Kemudian bahan dicetak pada *petri dish* 15 cm dan dikeringkan pada oven di suhu 40°C selama 10 jam. Setelah itu, sampel dilepas dari cetakan dan diperoleh *biodegradable film* kulit pinang. Prosedur pembuatan *biodegradable film* kulit pinang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir pembuatan *biodegradable film*
 Sumber: Jabbar (2017, dengan modifikasi)

3.5 Pengamatan

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

3.5.1 Pengamatan Visual

Pengamatan visual dilakukan dengan melihat penampakan *film* untuk mengetahui ada tidaknya flok pada *film* dan kehomogenan bahan dalam *film*. Sampel difoto dengan menggunakan kamera *casio exilim EX-ZS50*.

3.5.2 Uji Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik, jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung. Pengujian tersebut dilakukan dengan acuan yang ada pada *American Standard Testing and Material* (ASTM D-638-94) dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Prosedur pengujian dilakukan dengan cara sampel dipotong hingga berukuran 12 cm x 2 cm, kemudian sampel diletakkan pada alat UTM dan mesin akan menarik sampel hingga sampel mengalami kerusakan atau putus. Selanjutnya, akan didapatkan nilai gaya kuat tarik (σ) dan panjang setelah putus. Kondisi pengujian dilakukan pada suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 0,01 kN/menit, dan skala *load cell* 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dihitung menggunakan persamaan berikut (ASTM, 1995):

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

Keterangan:

- σ : Kekuatan tarik (MPa)
 F_{maks} : Gaya tarik (N)
 A : Luas permukaan contoh (mm²)

3.5.3 Uji Persen Pemanjangan

Pengujian persen pemanjangan dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian dilakukan dengan mengukur panjang sampel setelah putus akibat penarikan pada saat pengujian kuat tarik. Persen pemanjangan dihitung dengan persamaan berikut (ASTM, 1995):

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

Keterangan:

l_0 : Panjang awal *film*

l_1 : Panjang *film* setelah putus

3.5.4 Uji Ketebalan

Pengujian ketebalan dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Pengujian dilakukan menggunakan alat *Carbon Fiber Composites Digital Thickness Gauge* dengan ketelitian 0,01 mm. Pengujian dilakukan dengan mengukur ketebalan *film* pada lima titik bagian sampel yaitu atas kanan, atas kiri, tengah, bawah kanan, dan bawah kiri. Setelah itu, data yang diperoleh dirata-rata sehingga diperoleh ketebalan dari *film* yang dihasilkan (Ma'rifah, 2022).

3.5.5 Uji Laju Transmisi Uap Air

Pengujian laju transmisi uap air dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *gravimetri desiccant*. Sampel yang akan diuji diletakkan pada mulut cawan yang berbentuk lingkaran dengan diameter dalam 8 cm, diameter luar 9 cm, dan kedalaman 1,5 cm. Cawan kemudian diisi dengan *silica gel* sebanyak 10 g dan bagian tepi cawan ditutup menggunakan isolasi. Setelah itu, cawan diletakkan dalam wadah toples berisi larutan NaCl 40% (b/v). Pengujian dilakukan selama 24 jam lalu sampel ditimbang untuk mengetahui laju transmisi uap airnya. Pengujian ini mengalami proses difusi uap air melalui yang sampel sehingga *silica gel* yang ada dalam sampel mengalami penambahan berat. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier dan transmisi uap air dengan menggunakan persamaan (ASTM, 1993):

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

Keterangan:

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

W₀ : Berat awal (gram)

W : Berat akhir (gram)

A : Luas area *film* (m^2)

T : Waktu (jam)

3.5.6 Uji Ketahanan Terhadap Suhu Ruang

Pengujian ketahanan terhadap suhu ruang dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui lama ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang dan waktu tertentu. Pengujian dilakukan dengan cara menyimpan *biodegradable film* yang dihasilkan pada suhu ruang dalam rentang waktu tertentu. Pengamatan dilakukan setiap 1 minggu sekali. Parameter yang diamati yaitu penampakan *biodegradable film* secara visual, diantaranya kondisi permukaan, keutuhan, serta warna *biodegradable film* (Fransisca dkk., 2013).

3.5.7 Uji Biodegradabilitas

Pengujian biodegradabilitas dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Pengujian dilakukan untuk mengetahui proses dan lama waktu degradasi *biodegradable film* pada media tanah. Pengujian ini menggunakan tanah humus yang diperoleh dari gedung L Teknik Kimia, Universitas Lampung. Pengujian ini menggunakan metode *soil burial test* dengan cara sampel dimasukkan ke dalam toples berisi tanah dengan posisi sampel berada ditengah dan dibiarkan terkena udara di dalam ruangan laboratorium sambil diberi sedikit tetesan air setiap minggunya. Pengamatan dilakukan setiap seminggu sekali sampai sampel terurai sempurna dalam tanah (Yuliana, 2014).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan pati kulit kentang berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang.
2. Penambahan kitosan berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, persen pemanjangan, ketebalan, dan laju transmisi uap air *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang.
3. Terdapat interaksi antara pati kulit kentang dan kitosan dalam menghasilkan karakteristik *biodegradable film* yang sesuai dengan standar. Perlakuan yang paling sesuai dengan JIS Z 1707 adalah perlakuan dengan penambahan pati kulit kentang 3% dan kitosan 1%. Perlakuan tersebut menghasilkan *biodegradable film* dengan penampakan visual yang tidak ada flok, nilai kuat tarik 16,124 MPa, nilai persen pemanjangan 16,039%, nilai ketebalan 0,25 mm, nilai laju transmisi uap air 0,001689 g/m²/hari, terdegradasi selama 14 hari, dan tahan di suhu ruang selama 8 minggu tanpa ada pertumbuhan jamur.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan konsentrasi pati kulit kentang dan kitosan yang terbaik, untuk lebih meningkatkan nilai persen pemanjangan *biodegradable film* berbasis selulosa kulit pinang sehingga dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A., Priyanto, A., Ramadhan, F., dan Gustantia, Y. P. 2017. Potensi limbah tongkol jagung dan sabut buah pinang sebagai adsorben. *Prosiding 2th Celscitech-UMRI*, 2: 1-8.
- Apriani, Y. 2020. Pengaruh Penambahan Asam Palmitat Pada Karakteristik Edible *Film* dari Tepung Pati Biji Melinjo (*Gnetum gnemon L.*) Sebagai Penghambat Laju Transmisi Uap Air. (Skripsi). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. 88 hlm.
- Apriyani, S., Prasetya, A., dan Mujiharjo, S. 2020. Aplikasi pati kulit ubi kayu sebagai bahan baku *edible coating* dengan penambahan kitosan untuk memperpanjang umur simpan jeruk rimau gerga lebong (RGL) bengkulu. *Jurnal Agroindustri*, 10(1): 21-32.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1993. *Annual book of ASTM Standard E96-92*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 8 hlm.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1995. *Annual book of ASTM Standard D638-94*. American Society for Testing and Material. Philadelphia. 16 hlm.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. *Luas Tanaman dan Produksi Pinang Tanaman Perkebunan Rakyat menurut Kabupaten/Kota 2019-2021*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. *Produksi Tanaman Sayuran 2021-2022*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2014. *SNI-7818-2014 Kantong Plastik Mudah Terurai*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. 11 hlm.
- Budi, W. S. 2023. Analisis kandungan nitrogen, fosfor, kalium pada humus di tanah pada tempat penampungan sementara. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 14(1): 62-66.

- Budianto, A., Ayu, F., dan Johan, S. V., 2019. Pemanfaatan pati kulit ubi kayu dan selulosa kulit kacang tanah pada pembuatan plastik biodegradable. *Jurnal SAGU*, 18(2): 11-18.
- Chandra, J., George, N., and Narayanankutty, S. 2016. Isolation and characterization of cellulose nanofibrils from arecanut husk fibre. *Journal Carbohydrate Polymers*, 142: 158-166.
- Coniwanti, P., Laila, L., Alfira, M. R. 2014. Pembuatan *film* plastik *biodegradable* dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemlastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4): 22-30.
- Ekariski, D., Basito, dan Yudhistira, B. 2017. Studi karakteristik fisik dan mekanik *edible film* pati ubi jalar ungu dengan penambahan kitosan. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, X(2): 128-134.
- Elean, S., Saleh, C., dan Hindryawati, N. 2018. Pembuatan *film* biodegradable dari pati biji cempedak dan *carboxy methyl cellulose* dengan penambahan gliserol. *Jurnal Atomik*, 3(2): 122-126.
- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., and Kaur, A. 2013. Beneficial phytochemicals in potato. *Food Research International*, 50(2): 487-496.
- Fahnur, M. 2017. Pembuatan, Uji Ketahanan, dan Struktur Mikro Plastik *Biodegradable* dengan Variasi Kitosan dan Konsentrasi Pati Biji Nangka. (Skripsi). UIN Alauddin Makassar. Makassar. 108 hlm.
- Fathanah, U., Lubis, M. R., Nasution, F., and Masyawi, M. S. 2018. Characterization of bioplastic based from cassava crisp home industrial waste incorporated with chitosan and liquid smoke. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 334(1): 1-8.
- Firawansyah, Hasan, M., dan Hanum, L. 2019. Analisis bioplastik dari pati beras hitam (*Oryza sativa L. indica*)-kitosan menggunakan pemlastis *refined bleached deodorized palm oil* (RBDPO) sebagai bahan *edible film*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia*, 4(1): 1-9.
- Fiqinanti, N., Zulferiyenni., Susilawati., Nurainy, F. 2022. Karakteristik *biodegradable film* dari kombinasi bekatul beras dan selulosa sekam padi. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 1(2): 283-293.
- Fransisca, D., Zulferiyenni, dan Susilawati. 2013. Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap sifat fisik *biodegradable film* dari bahan komposit selulosa nanas. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 18(2): 196-205.

- Frida. E., Darnianti, dan Pandia J. 2019. Preparasi dan karakterisasi biomassa kulit pinang dan tempurung kelapa menjadi briket dengan menggunakan tepung tapioka sebagai perekat. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Quality*, 3(2): 2597-7261.
- Handayani, P. A. dan Wijayanti, H. 2015. Pembuatan *film* plastik *biodegradable* dari limbah biji durian (*Durio zibethinus Murr*). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1): 21-26.
- Hartatik, Y. D., Nuriyah, L., dan Iswarini. 2014. Pengaruh komposisi kitosan terhadap sifat mekanik dan *biodegradable* bioplastik. *Brawijaya Physics Student Journal*, 2(1): 1-4.
- Haryanti, P., Setyawati, R., dan Wicaksono, R. 2014. Pengaruh suhu dan lama pemanasan suspensi pati serta konsentrasi butanol terhadap karakteristik fisikokimia pati tinggi amilosa dari tapioka. *AGRITECH*, 34(3): 308-315.
- Hidayah, Betty, I., Neni, D., dan Endar, P. 2015. Pembuatan *biodegradable film* dari pati biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan penambahan kitosan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, 1-8.
- 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 padat rumput laut *Euचेuma cottonii* dengan penambahan gliserol, kitosan, CMC dan tapioka. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(2): 340-354.
- Hirata, Y., Nakagawa, H., Yamauchi, H., Kaneko, K., Hagihala, M., Yamaguchi, H., Ohmoto, C., Katsuno, N., Imaizumi, T., and Nishizu, T. 2023. Effect of starch retrogradation on molecular dynamics of cooked rice by quasi-elastic neutron scattering. *Food Hydrocolloids*, 141: 1-8.
- Humaira. 2012. Pengembangan Material Bioplastik dari *Blending* Tepung Konjac Glukomannan (KGM) dan Kitosan Menggunakan *Single Screw Extruder*. (Skripsi). Universitas Airlangga. Surabaya. 79 hlm.
- Ikhsan, M. H., Dewata, I., Nizar, U. K., dan Azhar, M. 2021. Pengaruh penambahan kitosan terhadap kuat tarik dan biodegradasi *edible film* dari pati bonggol pisang. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*, 2(1): 44-50.
- Ilham. 2018. Pengaruh pH dan Lama Fermentasi Kitosan dengan *Trichoderma Viride* Terhadap Produksi Glukosamin. (Skripsi). Universitas Brawijaya. Malang. 61 hlm.

- Iman, K. 2021. Pemanfaatan Pektin dan Kitosan dengan Penambahan *Plasticizer* Gliserol Sebagai Bahan Alternatif Pembuatan Bioplastik. (Skripsi). Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta. 83 hlm.
- Inez, M. F. 2021. Kehilangan dan Limbah Kentang di Sepanjang Rantai Pasok serta Potensi Valorisasinya. (Skripsi). Universitas Katolik Soegijapranata. Semarang. 78 hlm.
- Ismaya, F. C., Fithriyah, N. H., dan Hendrawati, T. Y. 2021. Pembuatan dan karakteristik *edible film* dari *Nata de Coco* dan gliserol. *Jurnal Teknologi*, 13(1): 81-88.
- JIS (Japanese Industrial Standard) Z 1707. 2019. *General Rules of Plastic Film for Food Packaging*. Japanese Standards Association. Tokyo. 9 hlm.
- Jabbar, U. F. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum tuberosum L.*). (Skripsi). UIN Alauddin Makassar. Makassar. 71 hlm.
- Javed, A., Ahmad, A., Shabbir, U., Nouman, M., and Hameed, A. 2019. Potato peel waste-its nutraceutical, industrial, and biotechnological applications. *AIMS Agriculture and Food*, 4(3): 807-823.
- Julita, S., Zulferiyenni, Sartika, D., dan Koesoemawardani, D. 2023. Pengaruh penambahan gliserol dan CMC (*carboxyl methyl cellulose*) terhadap karakteristik *biodegradable film* berbasis selulosa kulit buah pinang (*Areca catechu L.*). *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*, 2(2): 264-273.
- Khoirunnisa, F. dan Kadarohman, A. 2022. Dilema penggunaan plastik: kebutuhan dan keberlanjutan lingkungan (tinjauan aspek etika dalam perspektif aksiologi). *Jurnal Filsafat Indonesia*, 5(1): 9-16.
- Koesmartaviani, L. R. 2015. Peningkatan Kualitas dan Umur Simpan Kentang (*Solanum tuberosum L.*) Kupas dengan Pemberian *Edible Coating* dari Pektin Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao L.*). (Skripsi). Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Yogyakarta. 100 hlm.
- Kumar, S., Mukherjee, A., and Dutta, J. 2020. Chitosan based nanocomposite *films* and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives. *Trends in Food Science & Technology*, 97: 196-209.
- Kunusa, W. R. 2017. Kajian tentang isolasi selulosa mikrokristalin (SM) dari limbah tongkol jagung. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 12(1): 105-108.

- Kusuma, C. I. P., Suardana, N. P. G., dan Sugita, I. K. G. 2016. Analisis sifat fisik dan kekuatan tarik limbah serat *Areca catechu L.* sebagai *biofibre* pada komposit. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*, 697-702.
- Kusumawati, D. H. dan Putri, W. D. R. 2013. Karakteristik fisik dan kimia edible *film* pati jagung yang diinkorporasi dengan perasan temu hitam. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 1(1): 90-100.
- Langgori, J. A. P. dan Kistiani, E. B. E. 2021. Kandungan senyawa antioksidan pada biji, kulit buah, dan buah pinang *Cecropia blume*. *Prosiding Seminar Nasional Sains*, 2(1): 542-545.
- Lestari, F. 2022. Pemanfaatan Pati dan Selulosa dari Limbah Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca L.*) Sebagai Bahan Baku Bioplastik. (Skripsi). Politeknik Kesehatan Tanjungkarang. Lampung. 82 hlm.
- Luchese, C. L., Pavoni, J. M. F., Santos, N. Z. D., Quines, L. K., Pollo, L. D., Spada, J. C., and Tessaro. 2018. Effect of chitosan addition on the properties of *films* prepared with corn and cassava starches. *Journal Food Science Technology*, 55(8): 2963-2973.
- Ma'rifah, U. 2022. *Edible Film* Pati Beras Patah (*Oryza sativa*) dan Ekstrak Kunyit Putih (*Curcuma longa Linn*) Pada Cabai Merah Besar (*Capsicum annuum L. var. Taro*). (Skripsi). 154 hlm.
- Marliana, L. dan Achmad, N. T. F. 2021. Pengaruh variasi penambahan kitosan dan gliserol terhadap karakteristik plastik biodegradable dari pati ubi jalar. *Jurnal TEDC*, 15(2): 125-133.
- Mirdayanti, R., Wirjosentono, B., dan Marlianto, E. 2018. Analisis *edible film* dari campuran keratin dan pati jagung. *Serambi Engineering*, 3(2): 316-325.
- Moga, T., Montotolalu, R. I., Berhimpon, S., dan Mentang, F. 2018. Karakteristik fisik edible *film* dari karaginan dengan penambahan asap cair. *Journal of Aquatic Science & Management*, 6(1): 15-21.
- Mostafa, N., Farag, A., Abo-dief, H., and Tayeb, A. 2018. Production of biodegradable plastic from agricultural wastes. *Arab Journal Chemistry*, 11(4): 546-553.
- Muin, Roosdiana., Anggraini, Diah., dan Malau, Folita. 2017. Karakteristik fisik dan antimikroba edible *film* dari tepung tapioka dengan penambahan gliserol dan kunyit putih. *Jurnal Teknik Kimia*, 3(23): 191-198.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan karakterisasi selulosa. *Review: Jurnal Saintika Universitas Pamulang*, 1(2): 177-182.

- Mustapa, R., Restuhadi, F., dan Effendi, R. 2017. Pemanfaatan kitosan sebagai bahan dasar pembuatan edible *film* dari pati ubi jalar kuning. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian*, 4(2): 1-12.
- Nairfana, I. dan Ramdhani, M. 2020. Karakteristik fisik edible *film* pati jagung (*zea mays l*) termodifikasi kitosan dan gliserol. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 7(1): 91-102.
- Ningrum, R. S., Sondari, D., Purnomo, D., Amanda, P., Burhani, D., dan Rodhibilah, I. 2021. Karakterisasi edible *film* dari pati sagu alami dan termodifikasi. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 43(2): 95-102.
- Nisah, K. 2017. Study pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik *biodegradable* dengan *plastizicer* gliserol. *Jurnal Biotik*, 5(2): 106-113.
- Niken, A. H. dan Dicky, A. 2013. Isolasi amilosa dan amilopektin dari pati kentang. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3): 57-62.
- Nurjannah, N. R., Sudiarti, T., dan Rahmidar, L. 2020. Sintesis dan karakterisasi selulosa termetilasi sebagai biokomposit hidrogel. *Al-kimiya*, 7(1): 19-27.
- Nurlaila, F. dan Purnomo, Y. S. 2020. Pemanfaatan limbah kulit kentang sebagai pengisi (*filler*) pembuatan plastik *biodegradable*. *Jurnal EnviroUS*, 1(1): 1-8.
- Nurmilla, A. dan Aprillia, H. 2021. Karakteristik *edible film* berbahan dasar ekstrak karagenan dari alga merah (*Eucheuma spinosum*). *Jurnal Riset Farmasi*, 1(1): 24-33.
- Pala'langan, T. A., Sinardi, Iryani, A. S. 2017. Studi karakterisasi kitosan dari cangkang kepiting bakau (*Scylla olivacea*) sebagai penjernih air pada air sumur. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Teknik UNIFA*, 248-256.
- Pathak, P. D., Mandavgane, S. A., Puranik, N. M., Jambhulkar, S. J., dan Kulkarni, B. D. 2018. Valorization of potato peel: a biorefinery approach. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(2): 218-230.
- Pillay, V., Tsai, Y., Choonara, L., Toit, P., Kumar, G., Modi, D., Naidoo, L., Tomar, C., Tyagi, dan Ndesendo, K. 2014. A review of integrating electroactive polymers as responsive systems for specialized drug delivery applications. *Journal of Biomedical Materials Research*, 102(6): 2039-2054.
- Pradana, G. W., Jacob, A. M., dan Suwandi, R. 2017. Karakteristik tepung pati dan pektin buah pedada serta aplikasinya sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(3): 609-619.

- Pratiwi, D. 2016. Pemanfaatan selulosa dari limbah jerami padi (*Oryza sativa*) sebagai bahan bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3): 83-91.
- Pujawati, D., Hartiati, A., dan Suwariani, N. P. 2021. Karakteristik komposit bioplastik pati ubi talas-karagenan pada variasi suhu dan waktu gelatinisasi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(3): 277-287.
- Purnomo. 2017. *Material Teknik*. CV Seribu Bintang. Malang. 186 hlm.
- Putra, E. P. D. dan Saputra, H. 2020. Karakterisasi plastik biodegradable dari pati limbah kulit pisang muli dengan plasticizer sorbitol. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24(1): 29-36.
- Putri, M. D. Y., Fradela, Z. A., dan Wahyudi, B. 2021. Preparasi dan karakterisasi *edible film* dari pati talas kimpul dan kitosan. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*. 52-58.
- Radtra, A. H. A. dan Udjiana, S. 2021. Pembuatan plastik *biodegradable* dari pati limbah tongkol jagung (*Zea mays*) dengan penambahan *filler* kalsium silikat dan kalsium karbonat. *Distilat*, 7(2): 427-435.
- Rahman, A. dan Mahyudin, A. 2020. Pengaruh waktu ultrasonikasi terhadap sifat mekanik selulosa serat pinang. *Jurnal Fisika Universitas Andalas*, 9(3): 331-337.
- Raihan, M. A., Rahmatullah, Nurisman, E., Susmanto, P., dan Waristian, H. 2022. Pengaruh rasio pati:selulosa:kitosan terhadap karakteristik wujud fisik bioplastik dari serat kapuk. *Seminar Nasional AVoER XIV*, 1-4.
- Ramadhani, P. D., Supriyadi, Hendrasty, H. K., Laksana, E. M. B., dan Santoso, U. 2022. Karakteristik *edible film* aktif berbasis kitosan dengan penambahan ekstrak daun jati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 34(1): 1-12.
- Ren, L., Yan, X., Zhou, J., Tong, J., and Su, X. 2017. Influence of chitosan concentration on mechanical and barrier properties of corn starch/chitosan films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105(3): 1636-1643.
- Riswan. 2020. Optimasi Bioplastik Pati Biji Durian dengan Penambahan Nanoselulosa Kulit Durian dan Gliserol Terhadap Karakteristik Mekanik Menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Purwokerto. 41 hlm.
- Rozikhin., Zalfiatri, Y., Hamzah, F.H. 2020. Pembuatan plastik biodegradable dari pati biji durian dan pati biji nangka. *Chempublish Journal*, 5(2): 151-165.

- Sari, L. M. 2019. *Aktivitas Antioksidan dan Sitotoksitas Biji Pinang pada Karsinoma Sel Skuamosa Mulut*. Syiah Kuala University Press. Banda Aceh. 108 hlm.
- Setiawan, D. A., Argo, B. D., dan Hendrawan, Y. 2015. Pengaruh konsentrasi dan preparasi membran terhadap karakterisasi membran kitosan. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(1): 95-99.
- Silalahi, M. 2020. Manfaat dan toksisitas pinang (*Areca catechu*) dalam kesehatan manusia. *Jurnal Kesehatan Bina Generasi*, 11(2): 26-31.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). 2024. *Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. Jakarta.
- Sulasthia. 2017. Daya Hambat Ekstrak Etanol Sabut Pinang (*Areca catechu L.*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang. 36 hlm.
- Surbakti, Z. T. 2020. Efektivitas Pemberian Pupuk Organik Cair Buatan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum L.*) dari Planlet. (Skripsi). Universitas Quality. Medan. 41 hlm.
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah, dan Aprilia, S. 2019. Pemanfaatan selulosa dari limbah kulit buah pinang sebagai *filler* pada pembuatan bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 14(2): 63-71.
- Tan, Z., Yongjian, W., Hongying, W., Wanlai, Z., Yuanri, Y., and Chaoyun, W. 2016. Physical and biodegradable properties of mulching *films* prepared from natural fibers and biodegradable polymers. *Journal of Applied Sciences*, 6(147): 1-11.
- Ulyatri, Rizki, M., Mursyid, Rahmayani, I., Suseno, R., dan Nazarudin. 2002. Pengaruh konsentrasi minyak cengkeh terhadap karakteristik *edible film* dari pati singkong–kitosan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 11(2): 129-138.
- 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.
- Utami, G. R., Rahayu, M. S., dan Setiawan, A. 2017. Penanganan budidaya kentang (*Solanum tuberosum L.*) di Bandung, Jawa Barat. *Buletin Agrohorti*, 3(1): 105-109.
- Wahyuningtyas, M. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi *Film* Pati Kulit Ari Singkong/Kitosan dengan *Plasticizer* Asam Oleat. (Skripsi). Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 93 hlm.

- Wijaya, R. S., Rosiawari, F., dan Mulyadi, E. 2018. Plastik *biodegradable* dari limbah kerak nira. *Jurnal Envirotek*, 10(1): 20-27.
- Yernisa, E., Said, G., dan Syamsu, K. 2013. Aplikasi pewarna bubuk alami dari ekstrak biji pinang (*Areca catechu L.*) pada pewarnaan sabun transparan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 23(3): 190-198.
- Yuliana, E., 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik *Biodegradable film* dari *Nata De Cassava*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 57 hlm.
- Yulianis, Fitriani, E., dan Sanuddin, M. 2020. Penetapan kadar polifenol ekstrak dan fraksi kulit pinang (*Areca catechu L.*) dengan metode spektrofotometri UV-VIS. *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, 6(1): 170-178.
- Yustinah., Syamsudin, A., Solekhah, P. P., Novitasari, G. P., Nuryani, F., Djaeni, M., Buchori, L. 2023. Pengaruh jumlah kitosan dalam pembuatan plastik biodegradabel dari selulosa sabut kelapa dengan pemplastik gliserol. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, 7(2): 143-149.
- Zatalini, D. F., Hendradi, E., Drake, P., and Sari, R. 2023. The effect of chitosan and polyvinyl alcohol combination on physical characteristics and mechanical properties of chitosan-PVA-aloe vera *film*. *Pharmacy and Pharmaceutical Sciences Journal*, 10(2): 151-161.