

**PEMANFAATAN PEKTIN KULIT BUAH KLUWIH
(*Artocarpus camansi*) DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN
DARI CANGKANG KUPANG (*Corbula faba*) DAN
PLASTICIZER GLISEROL SEBAGAI PEMBUATAN
PLASTIK *BIODEGRADABLE***

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh :

Hafi Nur Habiba

H91218043

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Hafi Nur Habiba

NIM : H91218043

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul: **“PEMANFAATAN PEKTIN KULIT BUAH KLUWIH (*Artocarpus camansi*) DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN DARI CANGKANG KUPANG (*Corbula faba*) DAN PLASTICIZER GLISEROL SEBAGAI PLASTIK *BIODEGRADABLE*”**. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 14 Januari 2023

Yang menyatakan,


Hafi Nur Habiba
NIM H91218043

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

**PEMANFAATAN PEKTIN KULIT BUAH KLUWIH (*Artocarpus camansi*) DENGAN
PENAMBAHAN KITOSAN DARI CANGKANG KUPANG (*Corbula faba*) DAN
PLASTICIZER GLISEROL SEBAGAI PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE***

Diajukan oleh :

Hafi Nur Habiba
NIM : 1191218043

Telah diperiksa dan disetujui

Di Surabaya

Dosen Pembimbing Utama



Eva Agustina, M.Si.
NIP : 198908302014032008

Dosen Pembimbing Pendamping



Hanik Faizah, M.Si.
NIP : 201409019

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Hafi Nur Habiba ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 11 Januari 2023

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I



Eva Agustina, M.Si.
NIP 198908302014032008

Penguji II



Hanik Faizah, M.Si.
NIP 201409019

Penguji III



Saiku Rokhim, M.KKK.
NIP 19861221201431001


Penguji IV



Ika Mustika, M.Kes.
NIP 198702212014032004

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya




Hani Hamdani, M. Pd
507312000031002

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI



UIN SUNAN AMPEL
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Hafi Nur Habiba
NIM : H91218043
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
E-mail address : habibahafi14@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PEMANFAATAN PEKTIN KULIT BUAH KLUWIH (*Artocarpus camansi*) DENGAN

PENAMBAHAN KITOSAN DARI CANGKANG KUPANG (*Corbula jaba*) DAN

PLASTICIZER GLISEROL SEBAGAI PEMBUATAN PLASTIK BIODEGRADABLE

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 28 Januari 2023

Penulis

(Hafi Nur Habiba)

ABSTRAK

Pemanfaatan Pektin Kulit Buah Kluwih (*Artocarpus camansi*) dengan Penambahan Kitosan dari Cangkang Kupang (*Corbula faba*) dan Plasticizer Gliserol sebagai Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Indonesia menjadi penyumbang sampah terbesar di dunia kedua. Hal tersebut dikarenakan seringnya penggunaan plastik konvensional yang memiliki sifat sulit terdegradasi. Salah satu cara alternatif dalam meminimalisir penumpukan limbah plastik, yakni dengan penggunaan plastik *biodegradable* (bioplastik). Bioplastik terbuat dari bahan organik yang dapat menciptakan film dengan rantai kimia yang pendek, sehingga lebih mudah terdegradasi. Pada penelitian ini dilakukan isolasi pektin pada kulit kluwih sebagai pembentuk film bioplastik dan zat adiktif digunakan *plasticizer* gliserol dan isolasi kitosan pada cangkang *C. faba*. Tujuan dilakukannya penelitian ini yakni, untuk mengetahui pengaruh perlakuan variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (5 gr, 10gr, 15 gr) dengan variasi rasio zat adiktif gliserol : kitosan cangkang kupang (1:1, 2:1, 1:2), terhadap parameter uji karakterisasi uji ketahanan air, uji biodegradabilitas, uji mekanik (kuat tarik dan elongasi), dan uji FTIR. Pengujian analisis SPSS menggunakan Kruskal Wallis dilakukan pada uji mekanik bioplastik (kuat tarik dan elongasi). Hasil penelitian yang telah dilakukan yakni, ketahanan air berkisar 23%-63%, kuat tarik 9,64 MPa-24,54 MPa, elongasi 0,03%-0,13%, dan biodegradabilitas dalam waktu 15 berkisar 70%-91%, dan uji FTIR menangkap adanya gugus N-H, -OH, C-H, C≡C, C=O, dan C-C

Kata kunci : Bioplastik, Kulit Kluwih (*A. camansi*), Cangkang Kupang (*C. faba*)

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

Utilization of Pectin from Kluwih Peel (*Artocarpus camansi*) with the Addition of Chitosan from Kupang Shells (*Corbula faba*) and Glycerol Plasticizer for Making Biodegradable Plastics

Indonesia is the second largest contributor of waste in the world. This is due to the frequent use of conventional plastics which are difficult to degrade. One alternative way to minimize the accumulation of plastic waste is by using biodegradable plastic (bioplastic). Bioplastics are made from organic materials which can create films with short chemical chains, making them more easily degraded. In this research, pectin was isolated from breadfruit peel as a bioplastic film former and the additive substance used was glycerol plasticizer and chitosan wasolate from *C. faba* shell. The purpose of this study was to determine the effect of varying the concentration of kluwih peel pectin (5 gr, 10 gr, 15 gr) with variations in the ratio of the additive substance glycerol: chitosan shell of kupang (1:1, 2:1, 1:2), on parameters characterization test, water resistance test, biodegradability test, mechanical test (tensile strength and elongation), and FTIR test. SPSS analysis testing using Kruskal Wallis was carried out on the mechanical test of bioplastics (tensile strength and elongation). The results of the research that has been carried out namely, water resistance ranges from 23% -63%, tensile strength 9.64 MPa - 24.54 MPa, elongation 0.03% -0.13%, and biodegradability within 15 ranges from 70% -91% , and the FTIR test captures the presence of N-H, -OH, C-H, C≡C, C=O, and C-C groups.

Keywords: Bioplastics, Kluwih peel (*A. camansi*), Kupang shell (*C. faba*)

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	9
1.5 Batasan Penelitian	9
1.6 Hipotesis Penelitian.....	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA	11
2.1 Kluwih (<i>Artocarpus camansi</i>).....	11
2.2 Pektin.....	13
2.3 Kerang Kupang Putih (<i>Corbula faba</i>).....	15
2.4 Gliserol.....	16
2.5 Bioplastik	17
2.6 Uji Kualitas Bioplastik	19
2.6.1 Uji Fisik Bioplastik.....	19
2.6.2 Uji Ketahanan Air (<i>Swelling</i>)	19
2.6.3 Uji Biodegradabilitas	20
2.6.4 Uji Mekanik Bioplastik	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Kluwih (<i>A. camansi</i>).....	11
Gambar 2.2 Daun Tanaman <i>A. camansi</i>	12
Gambar 2.3 Struktur Pektin	14
Gambar 2.4 Cangkang <i>Corbula faba</i>	16
Gambar 2.5 Struktur Molekul Gliserol	17
Gambar 4.1 Penampakan Fisik Buah Kluwih.....	36
Gambar 4.2 Literatur Penampakan Fisik Buah Kluwih.....	37
Gambar 4.3 Kulit kluwih dan Biji Buah Kluwih	37
Gambar 4.4 Literatur Kulit Buah Kluwih	38
Gambar 4.5 Serbuk Kulit Kluwih (<i>A. camansi</i>).....	40
Gambar 4.6 Skema Senyawa Protopektin menjadi Pektin dan Asam Pektat.....	41
Gambar 4.7 Endapan dan Serbuk Pektin Kulit <i>A. camansi</i>	43
Gambar 4.8 Abu Pektin Kulit Kluwih (<i>A. camansi</i>).....	45
Gambar 4.9 Mekanisme <i>Egg Box</i> LMP	48
Gambar 4.10 Cangkang <i>C. faba</i>	50
Gambar 4.11 Literatur Kerang <i>C. faba</i>	51
Gambar 4.12 Simplisia Cangkang Kerang Kupang (<i>C. faba</i>).....	52
Gambar 4.13 Reaksi Kimia Deproteinasi pada Proses Isolasi Kitin.....	54
Gambar 4.14 Reaksi Kimia Deasetilasi pada Proses Isolasi Kitosan.....	55
Gambar 4.15 Hasil Proses Isolasi Kitosan	56
Gambar 4.16 Abu Kitosan Cangkang <i>C. faba</i>	58
Gambar 4.17 Spektrum Kitosan Cangkang <i>C. faba</i>	60
Gambar 4.18 Hasil Fisik Bioplastik	64
Gambar 4.19 Persentase Ketahanan Air Bioplastik Kulit Kluwih.....	67
Gambar 4.20 Persentase Biodegradabilitas Bioplastik Pektin Kulit Kluwih.....	71
Gambar 4.21 Spektrum FTIR Bioplastik Pektin Kulit Kluwih.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Rancangan Kerja.....	23
Tabel 3.2 Tabel Pelaksanaan Penelitian.....	24
Tabel 3.3 Karakteristik Biopastik menurut SNI 7188.7:2016, dan ASTM 53336.....	35
Tabel 4.1 Jumlah Rendemen Isolasi Pektin Kulit <i>A. camansi</i>	43
Tabel 4.2 Standar Kadar Abu Pektin	45
Tabel 4.3 Standar Berat Ekuivalen Pektin	46
Tabel 4.4 Standar Kadar Metoksil Pektin.....	47
Tabel 4.5 Standar Asam Galakturonat Pektin	49
Tabel 4.6 Hasil Isolasi Kitosan Cangkang <i>C. faba</i>	56
Tabel 4.7 Standar Kadar Abu Kitosan.....	57
Tabel 4.8 Standar Kadar Air Kitosan	58
Tabel 4.9 Standar Derajat Deasetilasi Kitosan <i>C. faba</i>	59
Tabel 4.10 Karakteristik Fisik Hasil Bioplastik Kulit Kluwih berbagai Konsentrasi.....	66
Tabel 4.11 Persentase ketahanan air sampel dan standar baku.....	69
Tabel 4.12 Persentase Biodegradabilitas Sampel dan Standar Baku.....	74
Tabel 4.13 Kuat Tarik Bioplastik Pektin Kulit <i>A. camansi</i>	76
Tabel 4.14 Persen Elongasi Bioplastik Pektin Kulit <i>A. camansi</i>	79

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menduduki peringkat ke-3 dengan penyumbang sampah plastik terbanyak di dunia setelah China. (Tempo.co, 2021). Menurut Statistik Persampahan Indonesia Tahun 2021 Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) (2021), total timbunan sampah yang dihasilkan Indonesia per tahun mencapai 23 juta ton. Sampah yang tidak dikelola dengan baik mencapai 8 juta ton, dan penanganan sampah di Indonesia tahun 2021 hanya mencapai 48%. Sampah plastik menempati persentase tertinggi kedua yakni jenis sampah terbanyak dibuang ke lingkungan, hingga mencapai 18%. Komposisi sampah plastik dengan persentase tertinggi berdasarkan sumber sampahnya diperoleh dari rumah tangga dan pasar tradisional.

Plastik merupakan polimer sintesis melalui proses polimerisasi minyak bumi. Polimer sintesis tersusun dari molekul-molekul kecil atau disebut monomer hingga menjadi molekul yang lebih besar (makromolekul). Ratusan, ribuan, hingga jutaan ikatan molekul monomer dapat menyusun satu rantai polimer sintesis (Tunjungsari, 2019). Hal tersebut menyebabkan plastik konvensional dari polimer sintetis memiliki tingkat kestabilan tinggi dan rantai karbon yang panjang. Penguraian plastik pun membutuhkan waktu yang sangat lama (Melani *et al.*, 2017). Pada umumnya, plastik membutuhkan 20 hingga 100 tahun untuk terurai dalam tanah. Lamanya plastik terurai inilah menyebabkan penumpukan sampah plastik di lingkungan. Penumpukan sampah plastik terlalu lama akan menjadi ancaman yang serius bagi makhluk hidup, seperti halnya sampah plastik yang menumpuk pada tanah membuat kesuburan tanah semakin menurun. Sampah plastik dapat menghalangi sinar matahari hingga resapan air yang masuk ke dalam tanah, sehingga kesuburan menurun (Purwaningrum, 2016). Spesies-spesies darat maupun laut sering mengira sampah plastik adalah makanan bagi mereka. Labibah dan Triajie (2020)

dalam penelitiannya menemukan keberadaan mikroplastik pada ikan Swanggi di daerah pesisir Lamongan. Keberadaan mikroplastik pada tubuh biota ini menyebabkan kerusakan pada beberapa bagian tubuh ikan, hingga dapat mengurangi tingkat pertumbuhan. Daerah pesisir Pandeglang pula mengalami penurunan hasil tangkap ikan, dikarenakan sampah plastik terbawa ombak hingga ketengah laut. Sehingga komoditas ikan tangkap pun menghindari daerah tercemar sampah plastik atau mati dikarenakan mengonsumsi plastik berlebihan. *World Wide Fund for Nature (WWF)* menyatakan bahwa beberapa mamalia di laut telah terindikasi adanya plastik didalam tubuh. Hal tersebut berpengaruh pada kesehatan dari mamalia laut tersebut (Fathun, 2019). Penggunaan plastik dalam rumah tangga secara berlebihan juga dapat mengganggu kesehatan seperti kerusakan pada jaringan tubuh manusia dan pemicu kanker. Mainan anak-anak yang terbuat dari material plastik juga sangat berbahaya untuk kesehatan anak-anak. Anak-anak cenderung menggigit apapun yang ada pada genggamannya, hal tersebut dapat membuat mainan dari plastik sintetik terkikis dan potongan kecil plastik sangat berbahaya jika tertelan dikarenakan sifat toksik plastik (Seong Je *et al.*, 2017).

Permasalahan sampah yang terjadi mengakibatkan kerusakan pada ekosistem yakni sebagian besar dikarenakan oleh rendahnya kepedulian masyarakat terhadap lingkungan (Wibisono dan Dewi, 2014). Rendahnya kepedulian terhadap lingkungan, tidak mencerminkan bagaimana manusia sebagai Khalifah di bumi ini yang seharusnya melestarikan dan menjaga. Seperti yang dijelaskan pada Al-Qasas ayat 77, sebagai berikut :

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسِنَ اللَّهُ

إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Artinya : “Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah SWT kepadamu, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah SWT telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat

kerusakan di bumi. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan.” (QS. Al-Qasas: 77)

Ayat tersebut menjelaskan bahwa manusia di bumi haruslah berbuat baik dengan segala yang telah dianugerahkan Allah SWT. Salah satunya yakni menjaga bumi dari kerusakan. Sebagaimana dalam perspektif Islam bahwa manusia merupakan Khalifah di muka bumi atau yang bertanggung jawab atas muka bumi ini. Maka tindakan mengenai membuang sampah sembarangan dan tidak mengolahnya dengan baik sehingga menimbulkan pencemaran merupakan tindakan yang sangat buruk (Ilyas, 2016).

Pengolahan sampah yang telah dilakukan di negara ini yakni pembentukan Bank Sampah, pembuatan kompos dari sampah organik, dan peningkatan daur ulang. Terutama pengolahan sampah jenis plastik. Hal ini dilakukan untuk memusatkan perhatian pada dampak pencemaran (Mahyudin, 2017). Cara lain yang dapat meminimalisir pencemaran limbah plastik, yakni dengan penggunaan bioplastik yang lebih ramah lingkungan sebagai pengganti plastik sintetis. Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, bioplastik terbukti layak digunakan sebagai pengganti plastik sintetis (Je *et al.*, 2017; Barletta dan Gisario, 2020; Karande *et al.*, 2020). Pengaplikasian bioplastik di beberapa dekade ini sudah digunakan pada beberapa industri, seperti industri kemasan yang mana merupakan mata rantai industri paling penting dalam industri plastik, industri manufaktur, industri tekstil, industri medis, dan *bioplastic agricultural film*. Beberapa industri menyebutkan bahwa keuntungan penggunaan film bioplastik dikarenakan tingkat degradasi yang mudah, bahan baku *nontoxic*, mengurangi konsumsi minyak bumi, dan *low carbon emissions* (Liu *et al.*, 2019).

Bioplastik merupakan plastik yang mudah terurai oleh mikroorganisme hayati karena terbuat dari biopolimer. Berbeda dengan polimer sintesis, biopolimer merupakan polimer berbasis bio yang ramah lingkungan. Biopolimer pada umumnya berantai pendek sedangkan polimer berantai panjang karena poliimerisasi kimiawi minyak bumi (Agustin dan

Padmawijaya, 2016). Biopolimer yang dapat digunakan dalam pembuatan bioplastik, antara lain pati, lignin, selulosa, dan pektin. Biopolimer-biopolimer tersebut dapat bersumber dari hewan, bakteri, atau tumbuhan (Boutoom, 2008). Polimer yang sering digunakan dalam pembuatan bioplastik umumnya bersumber dari tumbuhan, dikarenakan mudah didapat dan terdapat banyak sumber dayanya (Kamsiati *et al.*, 2017). Biopolimer memiliki kemampuan membentuk film dikarenakan sifatnya yang mudah mengental. Beberapa penelitian menunjukkan keberhasilan penggunaan biopolimer (pati, pektin, selulosa dan sebagainya) yang bersumber dari tumbuhan dalam pembuatan bioplastik. Penelitian bioplastik pati umbi ganyong oleh Saputro dan Ovita (2017), menunjukkan hasil uji kuat tarik bioplastik yakni, 53,96 MPa sedangkan plastik sintetis sebesar 18,41 MPa. Pengujian biodegradabilitas hanya 5 hari lebih singkat, dibandingkan plastik sintetis yang mencapai 30 hari. Penelitian bioplastik selulosa kayu Jati (*Tectona grandis*) oleh Rohmawati *et al* (2020), memiliki nilai elongasi dan *tensile strenght* memenuhi standar, serta berhasil terdegradasi 56% setelah 30 hari masa inkubasi *soil-compost*. Hal ini menunjukkan bioplastik lebih unggul dari plastik sintetis yang sering digunakan masyarakat umum.

Namun, hasil penelitian bioplastik pati umbi ganyong oleh Saputro dan Ovita (2017) dan, bioplastik biopolimer selulosa jati oleh Rohmawati *et al* (2020), cenderung memiliki persen elongasi yang sangat rendah. Persen elongasi menunjukkan kemampuan film bioplastik untuk memanjang (Chodijah *et al.*, 2019). Bioplastik dengan persen elongasi yang tinggi menghasilkan kualitas elastis yang baik. Bahan dasar pembuatan film dapat mempengaruhi kohesi dari struktur bioplastik sehingga film membentuk elongasi (Syarifuddin dan Yunianta, 2015). Oleh karena itu, polimer sangat menentukan persen elongasi dalam pembuatan bioplastik. Polimer yang dapat menghasilkan persen elongasi yang tinggi yakni pektin. Pektin merupakan salah satu polisakarida kompleks dengan sifat asam dihubungkan dengan ikatan α -1,4 glikosidik (Tuhuloula *et al*, 2013). Menurut Sholekhawati dan Sedyadi (2020), pektin sebagai penyusun matriks dalam bioplastik memiliki sifat hidrofilik sehingga dapat

meningkatkan mobilitas molekul dalam pembentukan ikatan hidrogen, gerakan rantai dalam bioplastik pun semakin bebas dan elastisitas terbentuk. Selain dapat menghasilkan persen elongasi yang tinggi, pektin juga bersifat mudah terdegradasi oleh mikroorganisme ataupun cairan seperti air di alam terbuka (Firdaus, 2008). Beberapa penelitian bioplastik menunjukkan bahwa biopolimer pektin memiliki persen elongasi dan tingkat degradasi yang tinggi. Penelitian bioplastik pektin lidah buaya oleh Indriyanto *et al* (2014), memperoleh persen elongasi sebesar 11,43%, sedangkan uji biodegradabilitas mencapai 77,28% selama 6 hari pembedaman dalam tanah. Kemudian penelitian bioplastik pektin jeruk Bali oleh Syarifuddin dan Yuniarta (2015) persen elongasinya mencapai 53% pada konsentrasi pektin 30%. Rofikah *et al.*, (2014), menyebutkan pektin juga unggul dari segi warna dan tekstur. Bioplastik pektin memiliki tekstur yang lebih baik, halus dan stabil, dengan warna yang cenderung bening .

Biopolimer yang digunakan dalam beberapa penelitian bioplastik kebanyakan bersumber dari bahan pangan dengan angka pengonsumsiannya yang tinggi, seperti halnya umbi-umbian. Maka alternatifnya dapat menggunakan limbah kulit buah yang eksistensinya kurang diperhatikan dan pemanfaatannya masih minimum. Limbah kulit buah memiliki potensi yang cukup besar sebagai bahan pembuatan bioplastik dikarenakan memiliki kandungan pektin. Hasbullah (2001) menyatakan bahwa, pada umumnya pektin terdapat di hampir seluruh bagian tanaman, terutama pada kulit buah, yakni di dalam dinding sel primer. Beberapa penelitian bioplastik dari pektin kulit buah yakni dilakukan oleh Ningsih *et al.* (2019) dari kulit pisang kepok, bioplastik kulit buah naga oleh (Faculty of Environmental Sciences, University of Science, Vietnam National University, Ho Chi Minh city, Vietnam *et al.*, 2020), dan bioplastik kulit jeruk oleh Yaradoddi *et al.* (2021).

Salah satu kulit buah yang berpotensi dalam pembuatan bioplastik dan belum pernah dimanfaatkan dalam pembuatan bioplastik yakni limbah kulit kluwih. Kluwih (*Artocarpus camansi*) merupakan tanaman bergetah dengan buah yang mirip dengan sukun, akan tetapi buah

kluwih memiliki biji dan berkulit kasar (Novary, 1999). Jika diamati dari penelitian oleh Demsi *et al* (2019), pada suhu optimal, ekstraksi kulit kluwih dapat menghasilkan 40% pektin. Selain itu, kadar galakturonat dalam pektin kulit kluwih tergolong cukup besar, yakni 41,8% dari nilai minimum kadar galakturonat pektin menurut standar IPPA (2003) yakni sebesar 35%. Kadar galakturonat dapat menentukan sifat fungsional, tekstur, dan struktur pada pektin (Demsi *et al*, 2019).

Selain bahan biopolimer, kualitas plastik *biodegradable* salah satunya ditentukan oleh bahan adiktif yang ditambahkan, seperti kitosan dan *plasticizer*. Kitosan merupakan biopolimer alami yang terdiri dari unit N-asetil glukosamin (Kaimudin dan Leonupun, 2016). Kitosan bersumber dari kitin, dan keduanya secara umum memiliki struktur kimia yang sama. Perbedaan kitin dan kitosan yakni dari cincin molekul keduanya, Kitin memiliki gugus asetil (-CH₃-CO), dan kitosan memiliki gugus amina (-NH). Kitosan dapat diperoleh dari kitin dengan proses deasetilasi. Kedua senyawa tersebut bersifat *biodegradable*, akan tetapi kitosan memiliki rantai karbon yang lebih pendek daripada kitin, sehingga kitosan dapat terdegradasi lebih cepat (Pratiwi, 2014). Kitin maupun kitosan dapat bersumber dari beberapa jenis serangga, jamur, maupun kelompok crustacea. Akan tetapi, produksi kedua senyawa tersebut lebih banyak diperoleh dari cangkang spesies laut (Tobing *et al.*, 2011).

Salah satu cangkang spesies laut yang memiliki kandungan kitin cukup tinggi yakni cangkang kerang kupang putih (*Corbula faba*). Almufidah (2016) dalam penelitiannya menyatakan, *C. faba* memiliki kadar kitin sebesar 26,82% dalam cangkangnya. Bobot persentase yang cukup tinggi untuk memproduksi kitosan. Kupang putih keberadaannya melimpah dengan daya guna sangat kecil, sering ditemukan di pantai Sidoarjo, yakni di Sungai Kepetingan, dan Sungai Porong (Ambarwati dan Trijoko, 2011). *C. faba* hanya dikonsumsi dagingnya saja oleh masyarakat, sedangkan kulit spesies tersebut hanya menjadi limbah. Maka untuk pengoptimalan nilai guna, limbah cangkang *C. faba* dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan bioplastik.

Penambahan kitosan akan memperbaiki sifat mekanik dari bioplastik pektin. Penelitian oleh Hayati *et al* (2020), menguji pengaruh kitosan pada pembuatan bioplastik *Nata de Coco*. Penambahan kitosan berpengaruh dalam kuat tarik bioplastik pati talas, hingga mencapai 4,22 MPa dikomposisi 3,5 gram kitosan. Hal ini dikarenakan penambahan kitosan dapat membentuk interaksi rantai polimer dan peningkatan kecepatan viskoelastis pun terjadi, sehingga nilai kuat tarik meningkat (Pratiwi *et al*, 2016). Semakin banyak kitosan yang ditambahkan pada bioplastik, semakin besar nilai kuat tarik yang dihasilkan. Kurniasih dan Dwi (2009), menyatakan selain menambah kuat tarik bioplastik, sifat kitosan tidak beracun dan *biodegradable*, sehingga zat adiktif ini cocok sebagai bahan tambahan pembuatan bioplastik. Kitosan sering kali digunakan sebagai pengawet, anti bakteri, anti jamur, zat warna, hingga digunakan dibidang farmasi.

Penambahan kitosan membuat bioplastik memiliki kualitas kuat tarik yang baik, kemudian untuk memperoleh kualitas elongasi yang lebih baik pada bioplastik, maka diperlukan penambahan *plasticizer* gliserol. Zat adiktif ini efektif digunakan sebagai bahan pemlastis bioplastik. Gliserol bekerja dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan jarak antar molekul polimer pun semakin meningkat (Ningsih, 2015). Pada penelitian Lubis *et al* (2018), penambahan 30% gliserol pada bioplastik pati biji nangka, dapat meningkatkan persen elongasi sebesar 15,76%. Selain itu keunggulan lain gliserol yang dilaporkan Anggreani *et al* (2016) dalam penelitiannya, yakni bioplastik dengan tambahan gliserol tidak mudah rapuh saat pengujian pelipatan, dibandingkan *plasticizer* lainnya. Gliserol memiliki sifat tidak berbau, tidak berwarna, penampakan liquid sirup, dengan rasa manis, dan mudah larut (Ningsih, 2015).

Berdasarkan uraian diatas, masih ada beberapa penelitian bioplastik dengan bersumber pada bahan yang masih memiliki manfaat utama sebagai bahan pangan. Maka dalam penelitian ini, bioplastik dibuat dari limbah kulit kluwih dan limbah cangkang *C. faba* yang memiliki potensi yang baik dalam pembuatan bioplastik akan tetapi nilai gunanya

masih kurang diperhatikan. Ruang lingkup penelitian ini untuk mendapatkan formulasi terbaik dalam pembuatan plastik *biodegradable* dari kedua bahan tersebut dengan penambahan *plasticizer* gliserol, dan mengetahui keefektifan bioplastik dengan uji mekanik dan uji *biodegradable*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, diperoleh rumusan masalah, sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap hasil uji fisik?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap uji ketahanan air?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap uji biodegradabilitas?
4. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap uji mekanik (kuat tarik dan elongasi)?
5. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap uji FTIR pada plastik *biodegradable*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yakni :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan perbandingan kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap hasil uji fisik,
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan

- gliserol terhadap uji ketahanan air?
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap uji biodegradabilitas?
 4. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap uji mekanik (kuat tarik dan elongasi)?
 5. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap uji FTIR pada plastik *biodegradable*?

1.4 Manfaat Penelitian

Penulis berharap bahwa penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai pembuatan plastik mudah terurai dari limbah dapur kulit kluwih (*A. camansi*) dengan kitosan cangkang *C. faba* dan *plasticizer* gliserol, diharapkan dapat digunakan sebagai plastik alternatif pengganti plastik sintetis dengan sifat lebih ramah lingkungan.

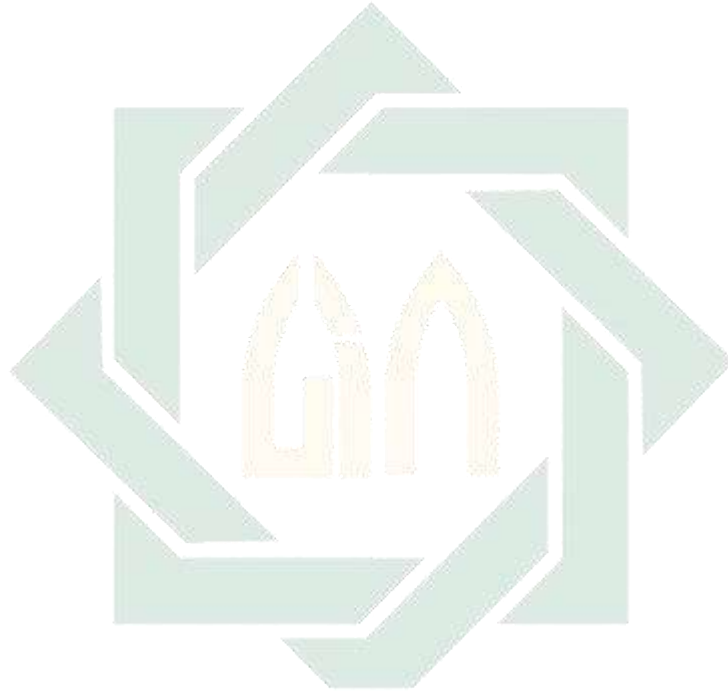
1.5 Batasan Penelitian

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, yakni sebagai berikut :

1. Penelitian ini membahas pengaruh perlakuan komposisi polimer pektin kulit kluwih, kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap karakteristik plastik *biodegradable* pektin kulit kluwih (*A. camansi*),
2. Peneliti menggunakan kulit kluwih (*A. camansi*) sebagai sumber pektin untuk pembuatan plastik *biodegradable*,
3. Zat adiktif yang ditambahkan pada penelitian ini, yakni kitosan dari cangkang *C. faba* dan *plasticizer* gliserol,
4. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini, yakni uji fisik, uji ketahanan air, uji *biodegradabilitas*, uji mekanik (uji kuat tarik, dan elongasi), dan uji FTIR.

1.6 Hipotesis Penelitian

Terdapat pengaruh variasi konsentrasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) dengan perbandingan kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol terhadap hasil uji fisik, uji ketahanan air, uji biodegradabilitas, uji mekanik, dan uji FTIR pada plastik *biodegradable*.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

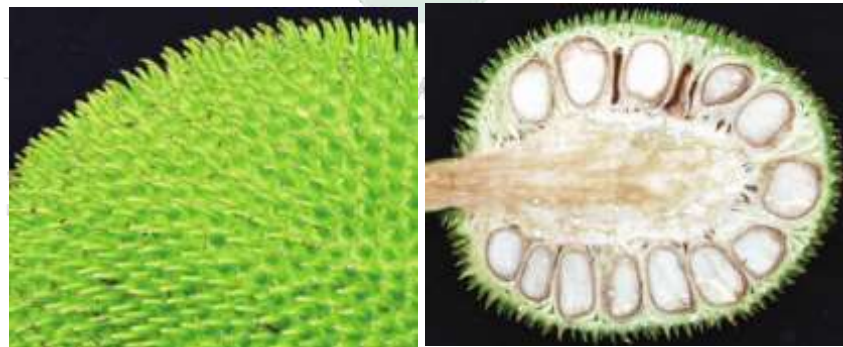
BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kluwih (*Artocarpus camansi*)

Artocarpus camansi atau dikenal masyarakat sebagai kluwih, pada umumnya tanaman tersebut tumbuh pada daerah tropis (Febriyanti *et al.*, 2018). Kluwih berkerabat dekat dengan sukun dan nangka. Berikut merupakan taksonomi tanaman kluwih oleh Ragone dan Elevitch (2006) :

Kingdom	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Class	: Dicotyledonaea
Ordo	: Urticales
Family	: Moraceae
Genus	: <i>Artocarpus</i>
Species	: <i>Artocarpus camansi</i>

Kluwih dikenal secara internasional dengan sebutan *breadnut*. Tanaman ini asli dari New Guinea, Indonesia, dan Filipina. Morfologi fisik buah kluwih (*A. camansi*) dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2.1 Buah Kluwih (*A. camansi*)
(Ragone dan Elevitch, 2006)

Kluwih (*Artocarpus camansi*) dan sukun (*Artocarpus altilis*) merupakan tanaman dengan varietas yang sama. Buah kluwih sendiri memiliki biji, akan tetapi buah sukun tidak memiliki biji (Angkasa dan Nazaruddin, 1994). Pohon kluwih dapat tumbuh hingga 10-15 m (33-50 ft) tingginya, dengan getah berwarna putih yang selalu terlihat disela-sela kayu. Tanaman kluwih memiliki akar tunggang dan tumbuh secara geotrop,

dengan bentuk akar bulat, berwarna coklat, dan mudah mengeluarkan getah (Pitojo, 2005). Buah kluwih (gambar 2.2) berbentuk lonjong atau bulat telur, memiliki diameter ± 12 cm. Kulit buah *A. camansi* (gambar 2.2) memiliki tekstur berduri yang runcing dengan warna hijau kusam hingga kuning kehijauan bila masak. Biji buah *A. camansi* (gambar 2.2) memiliki berat berkisar antara 7-9 gr, berwarna coklat dan mengkilap (Ragone dan Elevitch, 2006).



Gambar 2.2 Daun Tanaman *A. camansi*
(Zerega *et al.*, 2005)

Daun tanaman *A. camansi* memiliki ukuran panjang 51 cm hingga 60 cm, tebal dan kaku berwarna hijau tua pucat, serta mengkilat diatas. Tipe tulang daun menjari dengan pangkal bulat, dan ujung runcing (Ziralou dan Duha, 2020). Bunga dari tanaman diploid ini, merupakan tipe bunga berumah satu (*monoecious*) dengan bunga jantan dan betina masing-masing berada di ujung ranting dalam pohon yang sama. Tanaman *A. camansi* berasal dari New Guinea, pada umumnya tumbuh di dataran rendah, tepi sungai, dan hutan primer dan sekunder (Ragone dan Elevitch, 2006 ; Zerega *et al.*, 2005).

Tanaman kluwih memiliki banyak manfaat. Tidak hanya buahnya saja, daun kluwih juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bunga kluwih dapat dimanfaatkan sebagai obat pengusir nyamuk, sedangkan kayunya dimanfaatkan sebagai bahan perangkat rumah tangga (Pitojo, 2005). Masyarakat Indonesia kerap kali mengolah kluwih secara sederhana, yakni memanfaatkan daging buah dan bijinya sebagai sayur. Data yang dipaparkan oleh Depkes RI (2009) menyatakan bahwa buah kluwih

2.3 Kerang Kupang Putih (*Corbula faba*)

Corbula faba atau kupang putih kerap kali dikonsumsi dengan diolah menjadi makanan lontong kupang yang banyak digemari, dan sering ditemukan di warung pinggir pantai. Makanan olahan lainnya dari jenis kerang ini, yakni kerupuk kupang dan petis kupang (Pridyanti, 2018). Morfologi *C. faba* memiliki sepasang cangkang berbentuk cembung lateral dengan engsel dorsal, dan termasuk pada filum moluska atau hewan lunak. Kerang ini berwarna putih dan kehitaman. Semakin tua usia kerang kupang, maka semakin gelap warna cangkangnya. *C. faba* hidup berkoloni dan berhabitat di dasar perairan berlumpur. *C. faba* memiliki cangkang belah, insang yang berlapis-lapis seperti jala, berwarna putih, berbentuk oval, dan permukaan cangkang yang halus (Yuniar, 2019). Panjang cangkang *C. faba* 1 cm - 2 cm dengan lebar 5 mm – 12 mm. Tubuh di dalam cangkang spesies ini menempel dekat hinge ligament atau tepi kulit. *C. faba* memiliki bentuk kaki ditubuhnya yang disebut *pelecypoda* atau kaki kapak. (Prayitno dan Susanto, 2000). Berikut merupakan taksonomi dari *C. faba* menurut Clarkson (1979) :

Kingdom : Animalia
Filum : Mollusca
Class : Pelecypoda
Ordo : Villobransia
Family : Corbulidae
Genus : *Corbula*
Species : *Corbula faba*

C. faba tersebar keberadaannya di sepanjang pesisir Surabaya, Sidoarjo, Gresik, Pasuruan, dan Bangil. Rata-rata hasil tangkapan tiap harinya mencapai 375,6 kg (Sarah *et al.*, 2014). Menurut Prayitno dan Susanto (2000), *C. faba* pada umumnya hidup di kedalaman 5 mm dan menancap pada perairan berlumpur. Jika kondisi sedang surut, kerang ini akan mengubur dirinya lebih dalam pada lumpur untuk bertahan hidup. Umur hidup *C. faba* sangat singkat, kurang lebih hanya 24 jam. Cangkangnya akan menutup jika mati, sehingga tidak menimbulkan bau.

Berikut merupakan penampakan fisik cangkang *C. faba*, sebagai berikut :



Gambar 2.4 Cangkang *Corbula faba*
(Affandi *et al.*, 2009)

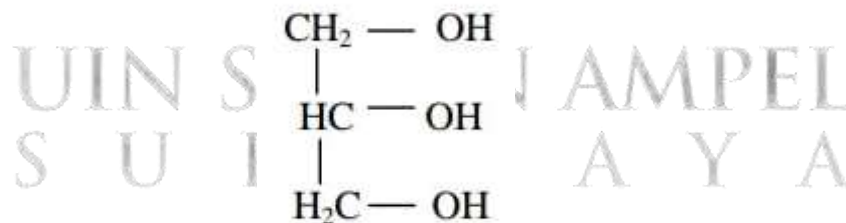
Daging kerang kupang memiliki kadar gizi yang tergolong cukup tinggi. *C. faba* memiliki persentase protein sebesar 10,85%, karbohidrat 1,02%, air 75,70%, lemak 2,68%, dan abu 3,09% (Prayitno dan Susanto, 2000). Akan tetapi kerap kali *C. faba* hanya dagingnya saja yang dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan makanan, dan cangkangnya sebagai campuran pakan ternak ataupun hanya dibuang dan menghasilkan limbah. Sedangkan, cangkang *C. faba* (gambar 2.3) memiliki kadar kitin yang tinggi sehingga rugi jika tidak dimanfaatkan dengan sebaik mungkin. Berdasarkan penelitian oleh Almufidah (2016), cangkang *C. faba* memiliki kadar kitin sebesar 26,82%, dan penelitian oleh Musyrofah dan Pestariati (2018), menunjukkan hasil persentase kadar kitin sebesar 22,32% dan 20,46% pada cangkang *C. faba*. Kitin tersebut dapat diolah menjadi kitosan melalui deasetilasi. Kitosan merupakan golongan polimer dari 2-amino-2-deoksi-D-glukosa. Senyawa ini dimanfaatkan sebagai pengawet makanan, kosmetik, pengolahan limbah, dan bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik (Mahatmanti *et al.*, 2010). Hartatik *et al.* (2014), dalam penelitiannya menyatakan, penambahan kitosan akan menambah nilai kuat tarik bioplastik, sehingga sifat mekanik bioplastik akan semakin meningkat.

2.4 Gliserol

Gliserol ($C_3H_8O_3$) atau 1,2,3-propanatriol merupakan senyawa dengan gugus hidroksil tiga buah, yang termasuk golongan alkohol. Gliserol merupakan produk samping dari produksi biodiesel. Gliserol akan dihasilkan sebanyak 12,5% dari kapasitas produksi industri biodiesel

(Wahyuni *et al*, 2016). Pagliaro dan Rossi (2008), menyatakan bahwa, senyawa ini tidak memiliki bau, tidak berwarna, teksturnya kental, dan memiliki rasa manis. Gliserol dapat dimanfaatkan pada industri makanan ataupun farmasi akan tetapi harus melalui proses pemurnian dengan destilasi. Pemanfaatan senyawa ini masih belum optimal sehingga nilai jualnya masih rendah (Prasetyo *et al*, 2012).

Gliserol tersedia dalam bentuk minyak, ester (gliserida) pada hewan, dan lemak nabati. Senyawa ini termasuk jenis *plasticizer* bersifat hidrofilik (suka air), penambah kepolaran, dan dapat larut dalam air ataupun etanol (Huri dan Nisa, 2014). *Plasticizer* sendiri merupakan susbtansi yang kerap kali dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. *Plasticizer* memiliki berat molekul yang rendah, sehingga mudah menyala pada jaringan protein dan masuk ke dalam matriks polimer. *Plasticizer* dalam bioplastik berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas dengan menurunkan intermolekuler disepanjang rantai polimer, dan gliserol merupakan *plasticizer* dari golongan poliol atau polihidrik alkohol (Ningsih, 2015). Rumus molekul gliserol dapat dilihat pada gambar 2.5, sebagai berikut:



Gambar 2.5 Struktur Molekul Gliserol
(Bergo dan Sobral, 2007)

2.5 Bioplastik

Bioplastik atau disebut sebagai plastik *biodegradable*, merupakan plastik yang terbuat dari biopolimer ramah lingkungan. Biopolimer merupakan polimer bersumber dari daya alam yang dapat diperbarui, seperti tanaman, hewan, maupun mikroorganismen dalam bentuk lemak, pati, ataupun gula (Dewi dan Yesti, 2018). Polimer tersusun atas pengulangan kesatuan molekul kecil yang disebut monomer, dan membentuk rangkaian

molekul panjang. Pada umumnya masyarakat menggunakan jenis polimer buatan untuk pembuatan plastik sintetik, yang mana berasal dari proses polimerisasi monomer (Dewi dan Yesti, 2018). Berbeda dengan pembuatan bioplastik yang terbuat dari biopolimer, yang mana bahan tersebut lebih ramah lingkungan, tak mengandung toksik, dan mudah terurai. Bahan seperti pati, pektin, dan selulosa, sering kali digunakan dalam pembuatan bioplastik (Agustin dan Padmawijaya, 2016).

Bioplastik memiliki fungsi yang sama dengan plastik sintetik pada umumnya, akan tetapi lebih mudah terurai oleh mikroorganisme. Jenis plastik ini hanya membutuhkan harian hingga mingguan untuk terurai sempurna (Coniwanti *et al*, 2014). Penggunaan dari bioplastik ditujukan untuk serat aplikasi dan kemasan. Saat ini permintaan bioplastik telah meningkat dengan pesat secara global. Pada tahun 2012 permintaan bioplastik mencapai satu milyar pon dan plastik *biodegradable* merupakan segmen terbesar dari bioplastik (Sarnacke dan Wildes, 2008). Oleh karena itu, banyak peneliti berbondong-bondong untuk bereksperimen dengan bahan-bahan terbarka dalam pembuatan bioplastik, yang berkualitas tinggi dan memiliki karakteristik mekanik yang bagus.

Pembuatan bioplastik pada umumnya, jika diperhatikan dari penelitian Maneking *et al* (2020), mencakup pencampuran bahan-bahan, seperti biopolimer dan zat adiktif, sesuai komposisi yang telah ditentukan. Kemudian proses pemanasan dan pengadukan bahan-bahan diatas api dengan suhu yang telah ditentukan, agar bahan-bahan lebih homogen dan terbentuk tekstur yang kental. Selanjutnya proses pencetakan dan pengeringan bioplastik. Setelah bioplastik telah terbentuk, dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya, yakni pengujian kualitas bioplastik.

Adapun beberapa contoh pengaplikasian bioplastik sebagai pengganti plastik sintesis antara lain, penelitian bioplastik *phycolloids* oleh Karande *et al*, (2020), yang diaplikasikan sebagai pengemas *edible* pada buah dengan variabel pembanding yakni film *polythene*. Hasil menunjukkan bahwa setelah di inkubasi, buah yang dikemas dengan bioplastik *phycolloids* hanya menunjukkan reaksi *browning*, sedangkan

buah yang dikemas dengan *polythene* menunjukkan reaksi *browning* dengan hifa jamur tumbuh dipermukaan buah. Bioplastik *phycocolloids* terbukti memiliki kerapatan yang lebih baik dibandingkan dengan film *polythene* sebagai *edible* film pada buah.

Pengaplikasian lain dilakukan oleh Seong Je *et al* (2017), yakni bioplastik filamen *polycarbonate* yang terbuat dari pati jagung diaplikasikan pada pembuatan mainan anak-anak melalui proses 3D *printing*. Pada uji *tensile strength* diketahui bahwa sampel dengan PC berbasis bio menunjukkan kekuatan tarik 67% lebih tinggi dibandingkan dengan variabel pembanding yakni PC yang terbuat dari minyak bumi. Kemudian penelitian oleh Barletta dan Gisario (2020), mengaplikasikan polimer PLA sebagai kemasan kapsul kopi yang ramah lingkungan.

2.6 Uji Kualitas Bioplastik

2.6.1 Uji Fisik Bioplastik

Analisis fisik bioplastik bertujuan untuk mengetahui karakteristik eksternal dari sampel bioplastik. Pengujian ini dilakukan untuk mengomparasikan pengaruh penambahan bahan penyusun bioplastik terhadap fisik eksternalnya. Uji fisik pada penelitian ini meliputi tekstur, warna, dan bau dari sampel. Pada umumnya, pektin yang terlalu tinggi menyebabkan jumlah polimer pada bioplastik semakin padat dan tebal, sehingga menyebabkan bioplastik bertekstur kaku (Iman *et al.*, 2021). Sama halnya dengan kitosan. Kitosan dapat menambah jumlah ikatan hidrogen pada bioplastik menyebabkan sampel lebih kuat dan kaku (Yustinah *et al.*, 2019). Sedangkan gliserol mampu menambah fisik elastis pada bioplastik, dikarenakan sifat hidrofiliknya dapat membuat jarak antar molekul bioplastik (Sinaga *et al.*, 2014).

2.6.2 Uji Ketahanan Air (*Swelling*)

Uji ketahanan air (*swelling*) bertujuan untuk mengetahui ikatan yang terjadi pada biopolimer serta keteraturan ikatannya dengan penambahan berat biopolimer karena proses pengembangan

(Safitri *et al*, 2016). Menurut Izaak *et al* (2020), uji daya serap air berfungsi untuk mengetahui kemampuan penyerapan air sampel. Bioplastik yang memiliki nilai daya serap tinggi yang mana berarti bioplastik tersebut mudah mengalami kerusakan (Jabbar, 2017).

Nur *et al* (2020) menjelaskan dalam penelitian bioplastiknya, bahwa faktor yang dapat memengaruhi nilai daya serap air, antara lain, suhu, ketebalan, dan kerapatan sampel. Sampel bioplastik yang tebal memiliki molekul penyusun semakin kompleks, maka laju perpindahan air pun semakin rendah (Mustapa *et al*, 2017). Selain itu, bahan adiktif yang ditambahkan seperti *plasticizer* juga dapat menambah kemampuan bioplastik untuk mengikat air lebih banyak. Bioplastik cenderung memiliki daya serap air lebih tinggi dibandingkan dengan plastik polimer sintesis. Hal ini dikarenakan polimer alami dari bioplastik, seperti pektin, pati, selulosa, dan sebagainya, memiliki sifat hidrofilik sehingga kemampuan daya serap pun meningkat (Nur *et al*, 2020).

2.6.3 Uji Biodegradabilitas

Biodegradabilitas merupakan kemampuan suatu komponen atau sampel terdegradasi oleh bantuan mikroorganisme (Fahnur, 2017). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses biodegradasi bioplastik menurut Sangale *et al* (2012), antara lain populasi agen pendegradasi, kelembapan, suhu, sinar matahari, pH, ketersediaan nutrisi, dan oksigen.

Terdapat banyak metode untuk melakukan uji biodegradasi bioplastik, salah satunya yakni dengan *soil burial test*. Metode uji biodegradasi tersebut, dilakukan dengan pemendaman sampel dalam media tanah dan mengamati pengurangan berat sampel setelah pemendaman tanah dalam jangka waktu yang ditentukan (Sawada, 1994). Uji biodegradabilitas bertujuan untuk mengetahui apakah sampel dapat terdegradasi dengan baik secara eksternal atau lingkungan terbuka (Hilwatullisan dan Hamid, 2019).

2.6.4 Uji Mekanik Bioplastik

Pengujian mekanik terhadap sampel bioplastik bertujuan untuk menganalisis karakteristik sifat mekanik bioplastik. Uji mekanik bioplastik pada umumnya, antara lain, uji kuat tarik, dan elongasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi sifat mekanik bioplastik yakni rasio bahan dasar pembuatan bioplastik, baik biopolimer dan *plasticizer*. Karakteristik sifat mekanik ditunjukkan pada perbedaan nilai kuat tarik, dan persen elongasi (Darni *et al*, 2017).

Kuat tarik merupakan uji mekanik bioplastik dengan melihat kemampuan bioplastik menahan beban hingga putus. Satuan kuat tarik ialah MPa (*megapascal*). Pengujian ini dilakukan menggunakan alat *tension testing* (Lailyningtyas *et al*, 2020). Pengujian ini pada umumnya dipengaruhi oleh variasi jenis *plasticizer* yang digunakan. Penambahan *plasticizer* cenderung akan menurunkan nilai kuat tarik. Hal ini dikarenakan *plasticizer* membuat bioplastik memiliki rantai karbon yang pendek (Nuriyah *et al*, 2018). Sebaliknya, penambahan bahan adiktif berupa kitosan akan meningkatkan nilai kuat tarik bioplastik (Pratiwi *et al*, 2016).

Elongasi yakni renggangan, yang mana merupakan perbandingan rasio pertambahan panjang dengan panjang sampel mula-mula akibat gaya tarik (Nuriyah *et al*, 2013). Uji elongasi juga dipengaruhi oleh faktor penambahan *plasticizer*. Proporsi *plasticizer* yang besar akan meningkatkan persen elongasi suatu bioplastik. *Plasticizer* yang ditambahkan pada bioplastik akan mengurangi sifat kekakuan dari polimer, sehingga persen elongasi pun meningkat (Maghfiroh, 2013).

Adapun kriteria nilai kuat tarik dan elongasi suatu bioplastik berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7188.7:2016 Kriteria ekolabel – Bagian 7 : Kategori produk tas belanja plastik dan bioplastik mudah terurai, nilai kuat tarik sebesar 24,7-302 MPa, dan elongasi sebesar 21-220% (Badan Standarisasi

Nasional, 2016).

2.6.5 Uji FTIR

FTIR merupakan suatu instrumen laboratorium yang sering digunakan dalam memprediksi struktur senyawa kimia dalam suatu sampel dengan menganalisa spektrum vibrasi molekul sampel. Pembacaan spektrum vibrasi molekul diketahui terdapat dua macam dalam FTIR, yakni metode transmisi dan metode reflektansi (Beasley *et al.*, 2014). Uji FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi dalam sampel bioplastik (Sabella, 2019). Selain itu uji FTIR dilakukan untuk mengomparasikan gugus fungsi bioplastik dengan gugus fungsi bahan penyusunnya (Iswarin, *et al.*, 2013).



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan selama penelitian dilakukan, antara lain, blender, ayakan 60 *mesh*, timbangan analitik, oven, corong *buchner*, loyang, kertas saring, pengaduk, *magnetic stirrer*, erlenmeyer, *beaker glass*, *hot plate*, cawan porselen dan cetakan bioplastik, dan baskom.

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian dilakukan antara lain, kulit kluwih (*A. camansi*), asam sitrat, etanol 96%, aquades, NaCL, indikator PP, cangkang kerang kupang putih (*C. faba*), NaOH, HCL, asam asetat, gliserol, dan media tanah.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini, yakni perlakuan variasi pektin kulit kluwih (*A. camansi*) (5 gr, 10 gr, 15 gr) dengan perbandingan kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol (1:1, 2:1, 1:2).

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dari penelitian ini, yakni hasil dari uji fisik, uji ketahanan air, uji biodegradabilitas, uji mekanik (kuat tarik, dan elongas), dan uji FTIR pada masing-masing kelompok.

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol dari penelitian ini adalah, yakni jenis biopolimer, alat (bentuk dan ukuran cetakan bioplastik), dan suhu (pada proses pembuatan dan pengeringan).

3.5 Prosedur Penelitian

Terdapat beberapa tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini, yaitu :

3.5.1 Identifikasi Buah Kluwih (*A. camansi*)

Prosedur identifikasi morfologi buah *Artocarpus camansi* atau kluwih yakni dengan mengamati secara langsung mulai dari kulit, daging, dan biji buah. Kemudian dilakukan studi komparasi morfologi dengan literatur *Artocarpus camansi* (breadnut) oleh Diane Ragone dalam buku *Traditional Trees of Pacific Island* oleh editor Craigh R. Elevitch (2006).

3.5.2 Isolasi Pektin

a. Preparasi Sampel Kulit Kluwih (*A. camansi*) (Febriyanti et al, 2018)

Kulit kluwih terlebih dahulu dikupas dari daging buah, kemudian dicuci bersih dengan air. Kemudian, kulit kluwih dipotong menjadi bagian yang lebih kecil dan di oven hingga kering. Kulit kluwih yang telah kering selanjutnya diblender hingga halus, dan diayak dengan ayakan 60 mesh. Hasil ayakan yang diperoleh berupa tepung kulit kluwih.

b. Ekstraksi Pektin (Demi et al., 2019)

Tepung kulit kluwih diekstraksi dengan pelarut asam sitrat 5% dengan perbandingan 1:50 (gram/mL) selama 120 menit dengan suhu 80-85°C. Hasil yang diperoleh disaring dengan corong *buchner*.

c. Pengendapan dan Pencucian Pektin (Akhmaludin dan Kurniawan, 2009)

Filtrat tepung kulit kluwih ditambahkan etanol 96% dengan perbandingan 1:1. Campuran tersebut didiamkan selama 24 jam. Endapan yang terbentuk kemudian disaring dengan kertas saring, dan dicuci dengan etanol 96%. Dilakukan berulang kali hingga etanol bekas pencucian berangsur-angsur jernih.

d. Pengeringan Pektin

Endapan pektin dikeringkan dalam pada suhu ruang.

Hasil merupakan pektin kering, dan pektin sudah dapat digunakan.

3.5.3 Karakterisasi Pektin

a. Kadar Abu

Penentuan kadar abu dilakukan dengan metode AOAC (2005). Cawan porselen dibersihkan, dan dikeringkan dalam oven selama 1 jam dengan suhu 105°C. Cawan kemudian didinginkan, dan ditimbang sebagai bobot wadah. Sebanyak 1,5 gram pektin dimasukkan ke dalam cawan porselen, kemudian dibakar di dalam *muffle furnace* selama 3 jam dengan suhu 600°C. Sampel didinginkan dan ditimbang. Kadar abu dapat dihitung dengan **persamaan 1**, sebagai berikut :

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

W1 = Bobot cawan + sampel setelah pemanasan

W2 = Bobot cawan

W = Bobot sampel awal

b. Penentuan Berat Ekuivalen (Antika *et al.*, 2017)

Nilai berat ekuivalen yang dihasilkan akan digunakan dalam perhitungan kadar asam galakturonat. Serbuk pektin ditimbang sebanyak 0,5 gr dan ditambahkan 4 mL etanol 96%. Setelah homogen, ditambahkan 1 gr NaCl yang dilarutkan dalam 100 mL aquadest, digojok dan ditambahkan fenolftalein sebanyak 6 tetes. Campuran diaduk kembali hingga homogen dan dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga warna berubah menjadi merah muda keunguan yang mana bertahan selama 30 detik. Nilai berat ekuivalen ditentukan dengan **persamaan 2**, sebagai berikut :

$$\text{Berat ekuivalen} = \frac{\text{bobot pektin (mg)}}{\text{mL NaOH} \times N \text{ NaOH}} \quad (2)$$

c. Kadar Metoksil (Ranggana, 1977)

Kadar metoksil juga digunakan dalam perhitungan kadar asam galakturonat yang dilakukan dengan menambahkan sebanyak 25 mL NaOH 0,25 N pada larutan penentu BE, dihomogenkan dan didiamkan dalam suhu ruang selama 30 menit dengan ditutup. Ditambahkan HCl 0,25 N sebanyak 25 mL dan fenolftalein selanjutnya dititrasi dengan NaOH 0,1 N hingga berubah warna merah muda. Kadar metoksil ditentukan dengan **persamaan 3**, sebagai berikut :

$$\text{Kadar metoksil (\%)} = \frac{\text{mL NaOH} \times 31 \text{ (BM)} \times \text{N NaOH} \times 100}{\text{bobot sample (mg)}} \quad (3)$$

d. Kadar Galakturonat (Ismail *et al.*, 2012)

Kadar galakturonat ditentukan dari perhitungan mEq (miliekivalen) NaOH dari penentuan BE dan kadar metoksil. Berikut merupakan persamaannya :

$$\text{Kadar galakturonat (\%)} = \frac{(\text{mEq A} + \text{mEq B}) \times 176 \times 100}{\text{bobot sample (mg)}} \quad (4)$$

Keterangan :

mEq A : miliekivalen NaOH untuk asam bebas

mEq B : miliekivalen NaOH untuk metoksil

3.5.4 Identifikasi Kerang Kupang Putih (*Corbula faba*)

Prosedur identifikasi morfologi buah *Corbula faba* atau kerang kupang putih yakni dengan mengamati secara langsung fisik cangkang kerang. Kemudian dilakukan studi komparasi morfologi berdasarkan literatur Kupang Putih (*Corbula faba*) dan Kupang Merah (*Musculista senhousia*) oleh Yunia (2019).

3.5.5 Isolasi Kitosan

a. Preparasi Cangkang Kupang Putih (*C. faba*) (Sikana *et al.*, 2016)

Cangkang *C. faba* dicuci hingga bersih dengan air mengalir, kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Cangkang *C. faba* yang telah kering, ditimbang dan dihaluskan, selanjutnya diayak dengan ayakan 60 mesh. Diperoleh serbuk cangkang *C. faba*.

b. Demineralisasi dan Deproteinasi (Wulandari, Puspitasari, *et al.*, 2020)

Demineralisasi (penghilangan mineral) dilakukan dengan serbuk cangkang ditambahkan dengan larutan HCL 1 N. Perbandingan serbuk dan pelarut 1:3 (gram/mL). Serbuk dan pelarut diaduk hingga homogen kemudian dipanaskan pada suhu 75°C selama 1 jam dengan *magnetic stirrer*. Larutan disaring kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral. Hasil dioven dengan suhu 60°C hingga kering kemudian ditimbang.

Deproteinasi (penghilangan protein) dilakukan dengan serbuk *C. faba* ditambahkan pelarut NaOH 3%. Perbandingan antara serbuk dan pelarut yakni, 1:3 (gram/mL). Di aduk hingga homogen, kemudian dipanaskan dengan suhu 80°C selama 1 jam dengan *magnetic stirrer*. Larutan disaring kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral, setelah itu dioven dengan suhu 60°C hingga kering dan ditimbang.

c. Deasetilasi Kitin (Wulandari, *et al.*, 2020)

Deasetilasi dilakukan dengan metode Knorr. Kitin yang diperoleh, ditambahkan pelarut NaOH 60%. Perbandingan kitin dan pelarut, yakni 1:20 (gram/mL). Campuran dipanaskan dengan suhu 95°C selama 1 jam dengan *magnetic stirrer*. Hasil deasetilasi disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Kemudian dioven pada suhu 60°C hingga kering dan ditimbang. Hasil yang diperoleh yakni kitosan, dan dapat digunakan untuk perlakuan

selanjutnya.

3.5.6 Karakterisasi Kitosan

a. Kadar Abu

Proses penentuan kadar abu dilakukan dengan metode AOAC (2005). Cawan porselen yang telah bersih, dikeringkan dalam oven selama 1 jam dengan suhu 105°C. Cawan kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit, dan ditimbang sebagai bobot wadah. Sebanyak 1,5-2 gram kitosan dimasukkan ke dalam cawan porselen, kemudian dibakar di dalam *muffle furnace* selama 3 jam dengan suhu 600°C. Sampel didinginkan dan ditimbang. Kadar abu dapat dihitung dengan **persamaan 5**, sebagai berikut :

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

W1 = Bobot cawan + sampel setelah pemanasan

W2 = Bobot cawan

W = Bobot sampel awal

b. Kadar Air (Rochmawati *et al.*, 2018)

Penentuan kadar air yakni dengan menimbang 0,5 gr kitosan, kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 100°C selama 1 jam. Setelahnya, kitosan didinginkan selama 30 menit, dan ditimbang. Kadar air pektin dihitung dengan **persamaan 6**, sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100\% \quad (6)$$

Keterangan :

A1 = Bobot awal kitosan

A2 = Bobot kitosan setelah pemanasan

c. Derajat Deasetilasi (Setha *et al.*, 2019)

Derajat deasetilasi diukur dengan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Sebanyak 1 gr kitosan ditambahkan KBr 1% dan dihaluskan. Kitosan dimasukkan ke dalam *sample holder* FTIR hingga bilangan gelombang dan persen *transmittance* muncul. Perhitungan mencari persen derajat deasetilasi (DD) menggunakan metode *base line*, yakni dengan mengukur puncak tertinggi dan mencatat garis yang diperoleh. Perhitungan DD dilakukan di nilai absorbansi 1655cm^{-1} dan 3450 cm^{-1} , **persamaan 7** sebagai berikut :

$$\%DD = \left[100 - \left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \times \frac{100}{1,33} \right) \right] \quad (7)$$

Untuk mencari A menggunakan **persamaan 8**, sebagai berikut :

$$A = \text{Log} \left(\frac{P_0}{P} \right) \quad (8)$$

Keterangan :

A_{1655} = Nilai absorbansi pada 1655 cm^{-1}

A_{3450} = Nilai absorbansi pada 3450 cm^{-1}

P_0 = Jarak antara garis dasar dan garis singgung

P = Jarak antara garis dasar dengan lembah terendah

1,33 = Rasio A_{1655}/A_{3450} pada %DD

3.5.7 Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan bioplastik, yakni dengan mendispersikan variasi konsentrasi pektin pada 100 mL aquades sebanyak pengulangan, diaduk, kemudian ditambahkan variasi konsentrasi kitosan, diaduk dan ditambahkan gliserol sesuai kelompok variasi konsentrasi, diaduk hingga homogen 2 jam pada suhu 80°C . Larutan bioplastik masing-masing kelompok dituang dalam plat cetakan, kemudian dikeringkan dalam oven selama 12-24 jam pada suhu 60°C (Ningsih *et al.*, 2019 ; Zuchrillah *et al.*, 2020).

3.5.8 Pengujian Bioplastik

Bioplastik pektin kulit kluwih (*A. camansi*) yang telah dicetak dan kering, selanjutnya diuji kualitasnya melalui uji fisik, uji ketahanan air, uji biodegradabilitas, uji mekanik (kuat tarik, dan elongasi), serta uji FTIR.

a. Uji Fisik

Bioplastik yang telah kering dikeluarkan dari cetaknya. Kemudian dilakukan analisis dengan menguji tekstur, warna, dan bau masing-masing sampel bioplastik.

b. Uji Ketahanan Air

Prosedur uji ketahanan air yakni digunakan untuk mengetahui ketahanan bioplastik pada air. Mula-mula sampel bioplastik akan ditimbang untuk mengetahui berat awal. Setelah itu, sampel direndam dengan *aquades* selama 10 menit. Setelah perendaman, sampel diangkat dan ditimbang berat akhirnya untuk mengetahui persen daya serap air (*swelling*), kemudian dilanjutkan dengan persen ketahanan air. Perhitungan menggunakan **persamaan 9** dan **persamaan 10**, sebagai berikut :

$$A = \frac{W1 - W0}{W0} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan :

A = penyerapan air (%)

W1 = berat akhir sampel setelah direndam (gr)

W0 = berat awal sampel sebelum direndam (gr)

$$\text{Ketahanan Air} = 100\% - A \quad (10)$$

c. Uji Biodegradabilitas

Tujuan dilakukan uji biodegradabilitas yakni untuk mengetahui apakah bioplastik dapat terdegradasi dengan baik secara eksternal atau lingkungan terbuka (Hilwatulisan dan Hamid, 2019). Penelitian ini menggunakan uji biodegradabilitas dengan

SNI 7188.7:2016. Sampel dipotong dengan ukuran panjang kali lebar 10×3, ditekan tombol *start* pada alat, sampel dijepit pada mesin penjepit, ditunggu sampel ditarik oleh alat hingga putus. *Output* dari alat akan membaca gaya yang diberikan hingga sampel terputus dan pertambahan panjang sampel. Pertambahan panjang diukur dari panjang mula-mula sebelum terputus (Rhim dan Wang, 2013). Persen elongasi dapat diketahui dengan **persamaan 13**, berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (13)$$

Keterangan :

ε = elongasi (%)

ΔL = (L-L₀) pertambahan panjang (nm)

L₀ = panjang mula-mula (nm)

f. Uji FTIR (*Fouier Transform Infra Red*)

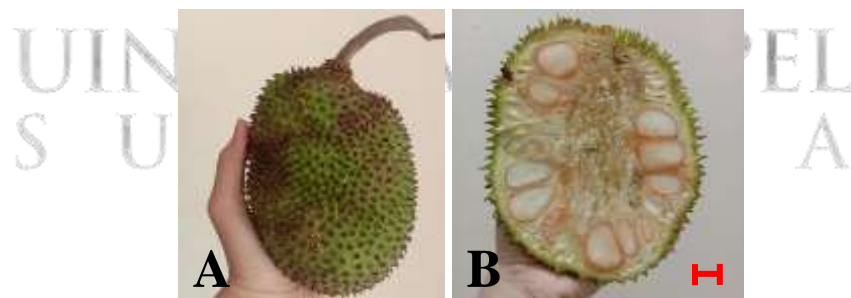
Tujuan dilakukan uji FTIR yakni untuk menganalisis gugus fungsi dari senyawa dalam bioplastik melalui spektrum IR (Satriawan dan Illing, 2017). Sampel yang dilakukan pengujian FTIR dalam penelitian ini yakni salah satu sampel bioplastik yang telah dilakukan uji mekanik sebelumnya dan memperoleh hasil paling bagus dari sampel lainnya. Prosedur yang dilakukan yakni dengan memotong sampel 4x4 cm kemudian diletakkan pada *set holder*. Diuji spektra gugus fungsi yang muncul di layar monitor (Firawansyah dan Hanum, 2019). Uji FTIR bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi yang terkandung pada bioplastik dan mengkompaasikan dengan gugus fungsi penyusun bioplastik. Perbedaan rasio komposisi dapat menghasilkan nilai absorbansi yang berbeda pula dari masing-masing gugus fungsi sehingga dapat dianalisis sifat mekaniknya (Iswarin et al., 2013).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Buah Kluwih

4.1.1 Identifikasi Buah Kluwih (*Artocarpus camansi*)

Identifikasi buah kluwih berdasarkan buku *Traditional Trees of Pacific Islands (Their Culture, Environment, and Use)* oleh Ragone dan Elevitch (2006). Tanaman kluwih memiliki nama ilmiah *Artocarpus camansi* Blanco, dalam bahasa Inggris disebut *breadnut*. Tanaman tersebut termasuk ke dalam famili Moraceae yakni sekeluarga dengan *mulberry* (Ragone dan Elevitch, 2006). Penampakan langsung buah kluwih yakni memiliki bentuk bulat hingga lonjong dengan panjang $\pm 13-14$ cm dan diameter ± 11 cm. Penampakan daging buahnya berwarna putih, dan putih kekuningan jika sudah matang dengan aroma yang manis (gambar 4.1). Hal ini sama seperti pernyataan Ragone dan Elevitch (2006), bahwa *A. camansi* memiliki panjang sekitar 13-20 cm dan diameter 7-12 cm dengan bentuk buah yang lonjong (Gambar 4.2).



Keterangan : 1 bar merah (1 cm)

Gambar 4.1 A. Penampakan Fisik Buah Kluwih Sebelum Dipotong, B. Panjang Buah Kluwih, C. Diameter Buah Kluwih (Dok. Pribadi, 2022).



Gambar 4.4 Referensi Kulit Buah Kluwih
(Ragone dan Elevitch, 2006)

4.1.2 Isolasi Pektin Kulit Buah Kluwih (*Artocarpus camansi*)

Sejatinya di dunia ini, Allah SWT menciptakan langit, bumi, dan seisinya dengan tujuan dan manfaat masing-masing. Sekecil apapun suatu hal yang Allah SWT ciptakan, tidaklah sia-sia. Seperti halnya tanaman dan buah-buahan, Allah SWT ciptakan semata-mata untuk menopang kebutuhan hidup manusia dan menunjukkan keberadaan Allah SWT Yang Esa. Sebagaimana yang Allah SWT firmankan dalam QS. An-Nahl (16) ayat 11 :

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ
فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya : “Dengan (air hujan) itu Dia menumbuhkan untuk kamu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir.” (QS. An-Nahl (16) ayat 11)

Penafsiran Muhammad Quraish Shihab (2001) dalam Tafsir Al-Mishbah, Allah SWT berfirman bahwa air yang turun dari langit dapat menumbuhkan biji-bijian menjadi tanaman dan menghasilkan berbagai macam buah-buahan. Kebesaran tersebut sesungguhnya sebagai bukti bahwa tiada Tuhan selain Allah SWT.

Allah SWT menciptakan segala isi di dunia paling utama ialah untuk beribadah kepada-Nya dan menunjukkan bahwa Allah adalah Dzat Maha Esa. Setiap yang Allah SWT ciptakan tidak sia-sia dan memiliki manfaatnya masing-masing. Tanaman hingga buah-buahan, segala sumber daya alam Allah SWT tundukkan untuk menopang kebutuhan hidup manusia. Hal tersebut, mengajarkan bahwa manusia sebagai ciptaan Allah SWT selain berkewajiban untuk mengimani-Nya, juga berkewajiban untuk melestarikan dan mengelola sumber daya yang telah ditundukkan Allah SWT untuk makhluk-Nya.

Berbagai macam tanaman yang diciptakan Allah dengan manfaat salah satunya yakni tanaman kluwih. Pemanfaatan tanaman dibutuhkan ilmu maupun pengalaman dengan dilakukannya eksperimen dan penelitian. Dalam tanaman kluwih, setelah diteliti lebih lanjut, setiap bagiannya memiliki manfaat seperti, terdapat kandungan flavonoid pada daun kluwih yang bermanfaat untuk kesehatan tubuh (Mariana *et al.*, 2013), biji kluwih mengandung pati yang dapat digunakan sebagai pengganti tepung terigu bebas gluten dan diketahui memiliki senyawa antioksidan yang tinggi (Fonsesca dan Kusmartono, 2020), serta kulit kluwih yang salah satunya tersusun atas senyawa polimer pektin (Febriyanti *et al.*, 2018). Pektin dalam kulit kluwih inilah dapat dikelola menjadi film plastik yang lebih ramah lingkungan (bioplastik), daripada penggunaan plastik konvensional. Bioplastik pektin lebih cepat terdegradasi pada lingkungan sehingga tidak bersifat merusak lingkungan.

Untuk mengisolasi pektin dari kulit kluwih, preparasi awal yakni mencuci dan mengeringkan kulit kluwih. Kemudian menghaluskannya hingga mendapatkan bubuk (simplisia) (gambar 4.5). Tujuan penghalusan simplisia yakni untuk memperluas kontak partikel padatan dengan pelarut menjadi lebih optimum. Proses ekstraksi pun berjalan semakin efektif dan efisien (Depkes RI, 1995).



Gambar 4.5 Serbuk Kulit Kluwih (*A. camansi*)
(Dokumentasi pribadi, 2022)

Simplisia kulit kluwih selanjutnya diekstraksi dengan asam sitrat 5% yang bertujuan untuk mendapatkan pektin. Pada dasarnya, pektin berbentuk protopektin. Sedangkan protopektin berada dalam bentuk garam-kalsium-magnesium pektinat yang sulit larut dalam air. Sehingga memerlukan proses hidrolisis menggunakan larutan asam menjadi senyawa turunannya yakni pektin yang dapat larut dengan air (Meyer, 1978). Larutan asam memiliki ion H^+ yang dapat menggantikan ion kalsium dan magnesium pada protopektin sehingga memutuskan ikatan pektin dengan selulosa pada simplisia (Devianti *et al.*, 2019). Wang *et al.* (2002) menjelaskan bahwa, ion kalsium pada umumnya berikatan dengan pektin dalam suatu jaringan tanaman untuk memperkuat dinding sel.

Dalam hidrolisis pektin, semakin tinggi pH dalam proses hidrolisis maka semakin banyak ion hidrogen yang menggantikan ikatan kalsium sehingga banyak pektin yang larut. Namun jika pH terlalu rendah proses hidrolisis tersebut menjadi kurang optimal. Sedangkan jika pH terlalu tinggi, membuat pektin yang dihasilkan tidak memiliki kualitas yang bagus, dikarenakan telah berubah menjadi asam pektinat yang sulit membentuk gel dan tidak larut dalam air (Maulana, 2015).

Langkah selanjutnya setelah proses ekstraksi, yakni penyaringan untuk memisahkan ampas dan filtrat pektin. Filtrat yang telah bebas ampas dilakukan proses pengendapan pektin menggunakan etanol 96%. Penambahan etanol 96% dalam proses pengendapan pektin, dapat mempengaruhi hasil *yield* pektin yang didapat. Hal ini dikarenakan, semakin tinggi konsentrasi pengendap yang ditambahkan akan mempercepat proses pengendapan dan semakin tinggi pula hasil rendemen pektin yang akan didapat (Lumbantoruan *et al.*, 2014). Peran etanol dalam pengendapan pektin yakni sebagai pendehidroksi. Etanol dinilai tidak terlalu berbahaya daripada jenis alkohol lainnya dan berperan juga sebagai pencegah kontaminasi pada pektin. Etanol pula digunakan pada proses pencucian pektin, mengingat pektin tidak dapat terdispersi oleh etanol. Selain itu, etanol dipilih dalam proses pencucian endapan pektin dikarenakan dapat menjaga warna pektin lebih bersih (Susilowati, 2013). Etanol yang memiliki bobot molekul rendah akan bercampur sempurna dengan molekul air melalui ikatan hidrogen, sehingga mengurangi molekul air yang mengelilingi senyawa pektin. Pektin pun dapat terkoagulasi atau mengendap ke atas (Arimpi dan Pandia, 2019).

Endapan pektin yang di dapat dalam penelitian ini, berwarna lebih putih dari filtrat dan sedikit kekuningan, serta menggumpal seperti jeli (gambar 4.7A dan 4.7B). Hal tersebut selaras dengan endapan pektin penelitian pendahulu oleh Rahmi dan Satibi (2014). Endapan pektin yang telah disaring, dicuci dengan etanol 96% akan memiliki warna yang lebih bersih lagi (gambar 4.7C), menandakan larutan dari ekstraksi berangsur-angsur hilang dari endapan.

Berdasarkan tabel 4.1, persentase rendemen pektin yang didapat lebih rendah dari hasil persentase rendemen oleh penelitian Demsi *et al.*, (2019), dengan persentase rendemen sebesar 30,13%. Akan tetapi rendemen dikatakan baik apabila bobot mencapai hasil >10% (Sunnah *et al.*, 2021). Hal tersebut menyatakan bahwa rendemen kulit kluwih yang didapatkan dalam penelitian ini masih memiliki hasil rendemen yang cukup baik dari segi persentase bobot.

Adapun hal-hal yang dapat memengaruhi hasil rendemen pektin yakni konsentrasi keasaman. Konsentrasi asam yang terlalu tinggi akan merusak pektin menjadi asam pektat dan membuat rendemen yang dihasilkan berkurang (Damanik dan Pandia, 2019), kemudian suhu dan waktu ekstraksi juga dapat memengaruhi hasil rendemen yang didapat. Penggunaan suhu tinggi dalam ekstraksi akan meningkatkan energi kinetik larutan, hal ini menyebabkan difusi pelarut pada sel jaringan pula semakin meningkat. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu ekstraksi dapat meningkatkan hasil rendemen yang didapat (Nurdjanah dan Usmiati, 2006). Akan tetapi ketiga pengaruh tersebut memerlukan percobaan lebih lanjut dan berulang untuk menemukan prosedur yang tepat, agar proses tidak merusak pektin. Hal ini dikarenakan sifat dan karakteristik pektin pada masing-masing buah berbeda-beda.

4.1.3 Karakterisasi Pektin Kulit Kluwih *A. camansi*

a. Kadar Abu Pektin

Fungsi pengujian kadar abu dalam penelitian ini ialah untuk mengetahui tingkat kemurnian pektin kulit kluwih. Kadar abu yakni residu dari bahan anorganik yang tertinggal saat pembakaran bahan organik serbuk pektin dalam *muffle furnace* (Damanik dan Pandia, 2019). Castillo *et al.* (2015) menyatakan bahwa, dalam pengujian kadar abu, semakin rendah persentase kadar abu dalam suatu bahan maka tingkat kemurnian semakin tinggi. Hasil kadar abu

ditetapkan oleh IPPA kadar asam galakturonat pada pektin disarankan minimal 35%.

4.2 Cangkang Kerang Kupang Putih (*C. faba*)

4.2.1 Identifikasi Cangkang Kerang Kupang Putih (*C. faba*)

Identifikasi berdasarkan buku dengan judul Kupang Putih (*Corbula faba*) dan Kupang Merah (*Musculista senhousia*), oleh Yuniar (2019). Kupang putih memiliki nama ilmiah *Corbula faba*. Dimasyarakat *C. faba* lebih terkenal dengan sebutan kupang beras. Hewan dengan filum moluska ini berhabitat di ekosistem perairan laut ataupun estuari. Habitat yang umumnya berlumpur dengan ombak yang tidak terlalu kuat. *C. faba* hidup berkoloni dan memiliki kemampuan adaptasi dengan lingkungan secara cepat (Yuniar, 2019).



Gambar 4.10 A. Cangkang *C. faba* kering, B. Kumpulan Cangkang *C. faba* basah (Dok. pribadi, 2023)

Penampakan langsung kerang *C. faba* memiliki cangkang belah berbentuk lonjong dengan panjang berkisar 1-1,5 cm dan lebar 0,5 cm. Cangkang *C. faba* berwarna putih buram, beberapa terdapat belang hitam, dan permukaannya sangat halus (Gambar 4.9A dan 4.9B). Hal ini sesuai dengan morfologi oleh Yuniar (2019), dalam bukunya menyebutkan, *C. faba* memiliki cangkang belahan dengan engsel dorsal yang dapat menutup, dan semakin tua umur *C. faba*, cangkang yang dimiliki semakin terlihat belang hitam (Gambar 4.10). Permukaan dari cangkang *C. faba* pun halus dan berbentuk lonjong atau agak bulat (Sulestiani *at al.*, 2021).



Gambar 4.11 Literatur Kerang *C. faba*
(Yuniar, 2019)

4.2.2 Isolasi Kitosan Cangkang Kerang Kupang Putih (*Corbula faba*)

Dalam pembuatan bioplastik, selain polimer seperti pektin, bahan organik lainnya salah satunya dapat memanfaatkan senyawa kitosan yang terdapat pada cangkang kerang kupang putih. Hal ini sebagaimana firman Allah SWT pada Surat An Nahl (16) ayat 14 :

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ

Artinya : “Dan Dia-lah, Allah yang menundukkan lautan (untukmu) agar kamu dapat memakan daripadanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur.” (Qs. An Nahl (16) ayat 14).

Berdasarkan Kitab Tafsir Ibnu Katsir (1991), pada ayat وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ Allah SWT memberitahu bahwa Dia telah menundukkan lautan agar mudah untuk diarungi, sebagai anugerah kepada hamba-Nya. Di dalamnya terdapat berbagai makhluk hidup laut, seperti ikan besar, ikan kecil, kerang-kerangan, dan lain sebagainya. Dalam ayat لَحْمًا yang memiliki arti ‘memakan’ yang dimaksud ialah daging daripada makhluk hidup laut. Allah SWT telah menjadikan daging-daging tersebut halal (baik yang mati atau yang

hidup). Sedangkan pada ayat **تَسْتَخَّرُ**, Allah SWT mengajak manusia sebagai makhluk ulul albab untuk mengoptimalkan seluruh potensi alam, baik darat maupun laut, dikarenakan Allah SWT menciptakan segalanya dengan manfaat.

Potensi laut yang dapat digali, salah satunya yakni kerang kupang putih (*C. faba*). Cangkang dari hewan moluska ini memiliki kandungan senyawa kitin yang dapat dimodifikasi dengan reaksi kimia menjadi kitosan. Kitosan merupakan zat adiktif yang dapat ditambahkan dalam pembuatan film bioplastik karena berpotensi untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik bioplastik yang serupa dengan kualitas plastik konvensional (Simamarta *et al.*, 2020).

C. faba dalam penelitian ini diperoleh dari pedagang kerang kupang di wilayah Candi, Sidoarjo. Preparasi awal dimulai dengan mencuci dan cangkang *C. faba* dengan air untuk menghilangkan lumpur yang menempel, kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari. Cangkang *C. faba* yang telah kering ditumbuk hingga hancur dan di ayak hingga mendapatkan serbuk halus (simplisia) berwarna putih (gambar 4.12).



Gambar 4.12 Simplisia Cangkang Kerang Kupang (*C. faba*)
(Dok. Pribadi, 2022)

Simplisia *C. faba* selanjutnya dilakukan proses demineralisasi dengan HCl. Demineralisasi bertujuan untuk mengeliminasi garam-garam anorganik seperti mineral pada cangkang *C. faba*. Mineral utama yang terkandung dalam cangkang *C. faba*

4.2.3 Karakterisasi Kitosan Cangkang Kerang Kupang Putih (*C. faba*)

a. Kadar Abu Kitosan

Pengujian kadar abu kitosan sebagai parameter kehadiran mineral yang masih tertinggal dalam kitosan. Hal tersebut dapat menunjukkan keberhasilan tahap demineralisasi pada isolasi kitosan. Semakin rendah persentase kadar abu kitosan, maka semakin tinggi kemurnian dan mutu kitosan (Zahiruddin *et al.*, 2008).

Tabel 4.7 Standar Kadar Abu Kitosan

Kadar Abu Kitosan Cangkang <i>C. faba</i>	Standar Baku
5%	5%

Keterangan : Standar baku berdasarkan Badan Standarisasi Nasional (2013)

Hasil kitosan cangkang *C. faba* yang diperoleh dalam penelitian ini yakni sebesar 5% (tabel 4.7). Persentase kadar abu tersebut sesuai dengan standar mutu berdasarkan SNI 7949-2013 (Badan Standarisasi Nasional, 2013), yakni disarankan 5%. Akan tetapi tidak memenuhi standar mutu oleh Protan Biopolimer yang disarankan sebesar <2% (Bustaman, 1989). Keberhasilan isolasi kitosan salah satunya dipengaruhi oleh agitasi (pengadukan) yang konstan saat proses isolasi. Hal ini menyebabkan panas menjadi rata sehingga reaksi pengikatan bahan yang tak dibutuhkan dalam kitin, seperti halnya mineral, dapat berjalan dengan sempurna (Hartati *et al.*, 2002). Proses pencucian juga merupakan salah satu pengaruh dalam hasil kadar abu. Pencucian yang benar hingga memperoleh pH normal dalam isolasi kitosan akan melepaskan mineral hingga terbuang bersama air (Zahiruddin *et al.*, 2008). Hasil fisik abu kitosan dapat dilihat pada gambar 4.16, sebagai berikut :

O-H. Gugus fungsi lain yang terdeteksi yakni C=C aromatik di panjang gelombang 1584 cm^{-1} . Pada daerah *fingerprint* terdeteksi gugus C-H alkana di panjang gelombang 1412 cm^{-1} . Serta panjang gelombang 1019 cm^{-1} merupakan gugus C-O. Hal ini hampir selaras dengan penelitian oleh Dompeipen (2017), gugus fungsi pada sampel kitosannya yakni terdapat gugus O-H, N-H, C-O, C=O, C-N. Akan tetapi penelitian tersebut masih memiliki gugus C=O, yang menunjukkan hasil kitosan kurang murni.

4.3 Pembuatan Film Bioplastik

Tujuan dari pembuatan bioplastik yakni selain memaksimalkan potensi daya alam yang telah Allah SWT ciptakan, pula sebagai upaya dalam meminimalisir kerusakan pada bumi. Bioplastik memiliki sifat yang lebih ramah lingkungan dikarenakan lebih mudah terurai dibandingkan dengan plastik konvensional. Sebagaimana yang telah diketahui, dewasa ini penggunaan plastik konvensional banyak menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan, baik darat maupun laut.

Plastik yang umumnya terbuat dari polimer turunan dari minyak bumi menghasilkan sifat yang sangat sulit terurai (Sumartono, 2019). Gunadi *et al.* (2020) menjelaskan, sifat plastik yang lama terdekomposisi menyebabkan penumpukan limbah dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Hal tersebut diperparah dengan sifat manusia yang terkadang tidak sadar akan lingkungan, dengan minimnya penanggulangan akan limbah plastik. Penumpukan limbah plastik yang semakin parah dapat berbahaya bagi lingkungan bahkan kesehatan makhluk disekitarnya. Kasus ini sebagaimana firman Allah SWT pada Surat Ar-Rum (30) ayat 41 :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya : Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan

yang benar) (QS. Ar-Rum (30) ayat 41)

Menurut Al-Mahalli dan As Suyuthi (2018) dalam Tafsir Jalalain, pada ayat *ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ* sebab kerusakan yang dimaksud yakni dikarenakan hujan yang telah terhenti sehingga tumbuhan semakin menipis. *وَالْبَحْرِ* (dan dilaut) yang dimaksud ialah negeri-negeri yang memiliki sungai yang luas dan banyak mengalami kekeringan. Ayat disebelahnya *بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ* menjelaskan bahwa, hal tersebut karena perbuatan maksiat para manusia sehingga Allah SWT memberikan hukuman. *لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ* (agar mereka kembali) yang dimaksud yakni hukuman yang diberikan oleh Allah SWT kepada hamba-Nya tersebut semata untuk mereka bertobat dari maksiat yang telah diperbuat.

Manusia sebagai khalifah di bumi senantiasa bertugas dalam menjaga dan melestarikan bumi. Merusak lingkungan adalah suatu tindakan yang mengurangi pahala. Bahkan konteks larangan merusak lingkungan pula diriwayatkan oleh Imam Malik dalam Kitab Al Muwathta, bahwa Khalifah Abu Bakar ra. saat akan berperang berwasiat,

وَإِنِّي مُوصِيكَ بِعَشْرٍ لَا تَقْتُلَنَّ امْرَأَةً وَلَا صَبِيًّا وَلَا كَبِيرًا هَرَمًا
وَلَا تَقْطَعَنَّ شَجَرًا مُثْمِرًا وَلَا تُخْرِبَنَّ عَامِرًا وَلَا تَعْقِرَنَّ شَاةً وَلَا بَعِيرًا إِلَّا
لِمَأْكَلَةٍ وَلَا تَحْرِقَنَّ نَحْلًا وَلَا تُفَرِّقَنَّهٗ وَلَا تَعْلَلَّ وَلَا تَجْبُنَّ

“Sungguh aku berwasiat kepadamu dengan sepuluh perkara: jangan sekali-kali kamu membunuh wanita, anak-anak dan orang yang sudah tua. Jangan memotong pohon yang sedang berbuah, jangan merobohkan bangunan, jangan menyembelih kambing ataupun unta kecuali hanya untuk dimakan, jangan membakar sarang lebah atau menenggelamkannya. Dan janganlah berbuat ghulul atau menjadi seorang yang penakut” (HR. Malik no. 271).

Khalifah Abu Bakar ra. berwasiat saat perang pun umat Islam harus mengedepankan untuk menjaga lingkungan. Merusak lingkungan pada hadis ini digambarkan sebagai memotong pohon, merobohkan

bangunan, membakar lebah atau menenggelamkannya. Dalam islam, merusak lingkungan dengan cara apapun sangat bertentangan dengan ajaran. Rusaknya lingkungan di bumi yang nyata pada saat ini, salah satunya yakni dikarenakan tidak lepasnya penggunaan plastik konvensional sehari-hari. Jenis sampah yang lebih mendominasi yakni keberadaan sampah plastik konvensional yang memang sulit terurai. Penumpukan sampah plastik dalam jangka waktu yang panjang dengan minimnya pengolahan yang dilakukan, berdampak buruk pada ekosistem baik darat maupun laut (Asia dan Arifin, 2017). Oleh karena itu bioplastik merupakan alternatif dari penggunaan plastik konvensional, yang mana bioplastik memiliki sifat yang lebih ramah lingkungan dengan bahan organik dan tidak berbahaya. Bioplastik dibuat untuk memanfaatkan potensi sumber daya alam sekaligus untuk menjawab permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh plastik konvensional. Pada penelitian ini, bioplastik dibuat dengan komposisi pektin kulit *A. camansi*, kitosan cangkang *C. faba*, dan plasticizer gliserol. Parameter yang dilakukan yakni uji fisik bioplastik, uji ketahanan air, uji biodegradabilitas, uji FTIR, dan uji mekanik (kuat tarik dan elongasi). Hasil parameter fisik bioplastik dapat dilihat sebagai berikut.

4.3.1 Fisik Bioplastik

Pektin kulit *A. camansi* pada penelitian ini, sebagai bahan utama pembentuk polimer bioplastik. Sedangkan penambahan zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* dan gliserol yakni sebagai bahan tambahan untuk mendukung terbentuknya bioplastik dengan kualitas eksternal dan internal yang baik. Analisis fisik bioplastik bertujuan untuk mengetahui pengaruh komponen penyusun bioplastik terhadap fisik eksternal bioplastik. Gambar 4.18 berikut menampilkan masing-masing fisik sampel bioplastik pektin kulit kluwih.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kelompok perlakuan dengan pektin paling rendah sebesar 5 gr (A1B1, A1B2, A1B3), rata-rata cenderung memiliki permukaan yang paling halus, yang mana berarti komposisi dengan 5 gr pektin memiliki homogenitas terbaik. Hal ini dikarenakan, komposisi pektin pada perlakuan tersebut telah sesuai dengan berat campuran, maka viskositas yang dihasilkan tidak terlalu tinggi sehingga tidak membutuhkan usaha lebih untuk berhomogen dengan molekul-molekul penyusun bioplastik lainnya (Setiani *et al.*, 2013).

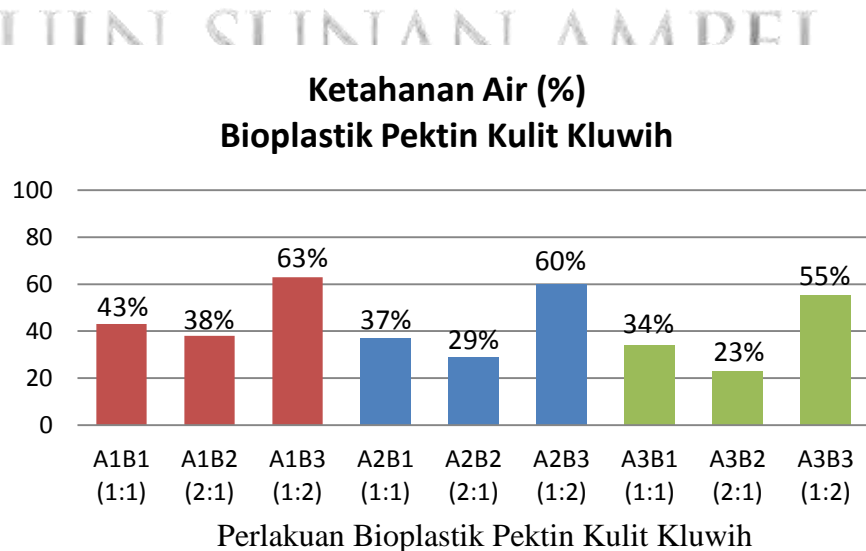
Pada kelompok perlakuan rasio zat adiktif gliserol lebih dominan daripada kitosan (A1B2, A2B2, A3B2), memiliki tekstur yang lebih lentur dibandingkan pada perlakuan lainnya. Penambahan konsentrasi gliserol yang tinggi cenderung meningkatkan elastisitas fisik bioplastik, dikarenakan kemampuan gliserol dalam mengurangi derajat ikatan hidrogen sehingga membuat jarak antar molekul penyusun bioplastik (Setyaningrum *et al.*, 2020), sehingga hasil bioplastik lebih lentur. Sedangkan pada kelompok perlakuan rasio zat adiktif kitosan cangkang *C. faba* lebih dominan daripada gliserol (A1B3, A2B3, A3B3), memiliki tekstur kaku dan lebih kasar. Penambahan kitosan yang tinggi menghasilkan bioplastik dengan ikatan rantai yang panjang sehingga sifat fisik yang dimiliki lebih kaku (Tanasale *et al.*, 2016).

Sifat fisik kaku tersebut didukung pula dengan penambahan pektin yang semakin meningkat. Ikhwal *et al.* (2014) menjelaskan bahwa, pektin yang semakin tinggi konsentrasinya maka menyebabkan viskositas pada larutan pula semakin tinggi dan interaksi antar matriks pada bioplastik semakin tinggi sehingga menyamakan peran dari gliserol. Maka dari itu, bioplastik yang dihasilkan kaku dan mudah patah. Hal tersebut dialami pada perlakuan A3B3.

4.3.2 Ketahanan Air Bioplastik

Analisis ketahanan air pada bioplastik bertujuan untuk mengetahui kemampuan sampel bioplastik dalam menahan air saat proses perendaman yang ditentukan dari penambahan berat sampel (Sumarni *et al.*, 2017). Ketahanan air digunakan sebagai parameter kualitas bioplastik. Bertambahnya berat sampel dikarenakan air yang digunakan dalam pengujian berdifusi ke dalam molekul bioplastik menghasilkan terjadinya proses pengembangan (Fahnur, 2017).

Secara general, pektin kulit *A. camansi* berpengaruh menurunkan persen ketahanan air bioplastik. Sama halnya dengan *plasticizer* gliserol. Hal ini dikarenakan keduanya memiliki sifat suka air yang mampu mengikat air dengan baik (Iman *et al.*, 2021). Sedangkan kitosan cangkang *C. faba* dapat berperan sebagai peningkatan persen ketahanan air, dikarenakan sifat tidak suka air yang dimiliki kitosan dapat menahan masuknya air pada molekul bioplastik (Hayati *et al.*, 2020). Hasil uji ketahanan air pada penelitian ini berkisar 23% hingga 63%. Persentase uji ketahanan air tertinggi berada pada perlakuan A1B3 dan terendah merupakan perlakuan A3B2. Persentase dapat dilihat pada gambar 4.16 sebagai berikut :



Gambar 4.19 Persentase Ketahanan Air Bioplastik Kulit Kluwih (Dok. pribadi, 2022)

Keterangan :

A1 : Pektin 5 gr

A2 : Pektin 10 gr

A3 : Pektin 15 gr

B1 : Gliserol : kitosan (1:1)

B2 : Gliserol : kitosan (2:1)

B3 : Gliserol : kitosan (1:2)

Gambar 4.19 menunjukkan, konsentrasi pektin yang semakin tinggi mempengaruhi persentase ketahanan air sampel. Irviani dan Nisa (2015) menjelaskan bahwa, pektin memiliki kemampuan mengikat air yang tinggi, sehingga molekul pada bioplastik cepat terjadinya pembengkakan dikarenakan terisi oleh volume air (tidak tahan air). Hal ini dikarenakan pektin memiliki sifat hidrofilik (suka air) (Rofikah *et al.*, 2014). Penurunan ketahanan air semakin signifikan dengan penambahan konsentrasi gliserol yang tinggi. Terbukti pada kelompok sampel bioplastik dengan rasio gliserol : kitosan 2:1 (A1B2, A2B2, A3B2) yakni penambahan gliserol paling dominan, cenderung menunjukkan persen ketahanan air yang lebih rendah dari rasio lainnya. Penambahan gliserol dapat menurunkan ikatan hidrogen pada antarmolekul sampel sehingga mengakibatkan jumlah ruang kosong (*free volume*) dalam ikatan bioplastik semakin banyak, sehingga terdapat celah untuk molekul air mudah masuk (Anggarini *et al.*, 2013). Maladi (2019) menjelaskan bahwa, gliserol memuat gugus O-H yang dapat mengabsorpsi air dengan mudah. Hal tersebut selaras dengan penelitian oleh Yudistirani *et al.* (2019), dihasilkan persen ketahanan air terendah yakni 27,1% pada perlakuan sampel bioplastik berkonsentrasi tinggi gliserol (20 mL), sedangkan persen tertinggi sebesar 39,9% berada pada perlakuan dengan rendah gliserol (10 mL). Maka dari hal tersebut, meningkatnya konsentrasi pektin kulit kluwih dan penambahan gliserol yang tinggi akan semakin menurunkan persen ketahanan air bioplastik.

Persentase ketahanan air yang menunjukkan kecenderungan meningkat yakni pada rasio zat adiktif gliserol : kitosan 1:2 (A1B3, A2B3, A3B3), yakni penambahan kadar kitosan yang lebih banyak dari gliserol. Meskipun pektin dan gliserol memiliki kemampuan mengikat

sehingga cepat rusak (Maulana, 2014). Secara keseluruhan kelompok perlakuan pada penelitian ini, sampel dengan penambahan kitosan yang semakin tinggi memiliki sifat menahan air lebih bagus dibandingkan dengan konsentrasi rendah kitosan. Semakin tinggi konsentrasi kitosan yang ditambahkan, maka kualitas bioplastik dalam menahan air lebih meningkat.

4.3.3 Biodegradabilitas Bioplastik

Uji biodegradabilitas pada penelitian ini yakni menggunakan metode *soil burial test*. Metode dilakukan dengan pemendaman sampel bioplastik dalam tanah dan pengamatan dilakukan secara berkala dalam jangka waktu yang ditentukan (Sisnayati *et al.*, 2019). Pada penelitian ini menggunakan jangka waktu selama 15 hari. Analisis biodegradabilitas pada bioplastik bertujuan untuk mengetahui kemampuan polimer sampel mengalami perubahan struktural dan pemotongan rantai polimer dikarenakan faktor mikroorganisme dan faktor lingkungan lainnya di dalam tanah (Ling Hii *et al.*, 2015). Selain itu komposisi penyusun bioplastik pula berpengaruh dalam persentase biodegradabilitas sampel. Penambahan pektin dapat meningkatkan laju biodegradasi dikarenakan kemampuannya dalam mengikat air sehingga bioplastik cepat terjadinya pembusukan, sama halnya dengan gliserol (Iman *et al.*, 2021). Berbanding terbalik dengan penambahan kitosan yang dapat menurunkan persen biodegradasi. Hal ini dikarenakan kitosan yang mampu merapatkan struktur pada matriks bioplastik sehingga tidak adanya ruang untuk air dalam tanah masuk (Setiani *et al.*, 2013; Windarti dan Hascaryo, 2022). Pada penelitian ini, secara keseluruhan dalam 15 hari sampel bioplastik terjadi kerusakan berkisar 70% hingga 91%, disajikan pada gambar 4.18, sebagai berikut :

mengikat air sehingga terjadilah proses dekomposisi menjadi biomassa CO₂ dan H₂O atau menjadi potongan yang lebih kecil. Kondisi tersebut juga memungkinkan untuk mikroba dalam tanah tumbuh pada bioplastik ber-air tinggi untuk melakukan pembusukan.

Hal ini dibuktikan pada perlakuan sampel dengan gliserol lebih tinggi dari kitosan rasio 2:1 (A1B2, A2B2, A3B2), grafik mengalami kenaikan yang signifikan, dan merupakan kelompok-kelompok perlakuan dengan persen biodegradabilitas tertinggi. Bahkan sampel dengan persen tertinggi berada pada kelompok pektin paling banyak (15 gr) dan rasio gliserol lebih tinggi (2 gr), yakni A3B2 dengan persentase sebesar 91%. Konsentrasi pektin + gliserol yang meningkat, mempercepat sampel bioplastik dalam proses penguraian.

Selaras dengan penelitian oleh Sisnayati *et al.*, (2019), mengenai bioplastik biji durian, menyatakan bahwa penambahan gliserol yang tinggi mempercepat terjadinya penyerapan air dalam tanah dan memungkinkan mikroorganisme akan tumbuh dan membantu dalam proses biodegradasi sampel bioplastik. Penelitian Sisnayati *et al.*, (2019), memperoleh persen kehilangan berat sampel pada hari ke-14, sebanyak 85% pada perlakuan 55% gliserol. Sedangkan gliserol 25% hanya mencapai ±25%.

Akan tetapi pada kelompok rasio zat adiktif gliserol dan kitosan 1:2 (A1B3, A2B3, A3B3), bentuk grafik cenderung semakin menurun. Persen biodegradabilitas terendah sebesar 70% berada pada kelompok perlakuan A1B3 dengan komposisi kitosan yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh penambahan kitosan yang meningkat. Kitosan memiliki sifat hidrofobik yang dapat menahan proses masuknya air dari tanah pada molekul polimer bioplastik, sehingga bioplastik tidak mudah terdekomposisi ataupun membusuk oleh mikroorganisme tanah (antimikroba). Maka dari itu, konsentrasi kitosan yang semakin tinggi, akan menurunkan persentase biodegradabilitas sampel

(Khasanah dan Maharani, 2015). Pernyataan ini selaras dengan penelitian bioplastik pektin lidah buaya oleh Indriyanto *et al.* (2014), bahwa persentase biodegradabilitas terbaik berada pada sampel bioplastik tanpa penambahan kitosan, dan dapat mencapai persen biodegradabilitas sebesar 77% dengan pembedaman selama 6 hari. Kemudian menurun pada perlakuan kitosan paling banyak (20 mL), hanya mencapai 40% selama 6 hari. Hal yang sama juga dialami pada penelitian Ikhsan *et al.* (2021), bahwa proses degradasi tercepat berada pada sampel tanpa penambahan kitosan dibandingkan sampel dengan kitosan. Bioplastik dengan 2 gr kitosan mencapai persen biodegradabilitas 18,68% pada hari ke-7, sedangkan sampel 0% kitosan, biodegradasinya lebih cepat 50,97% pada hari ke-7.

Sedangkan masih pada perlakuan dengan kitosan lebih banyak (1:2), pada kelompok A2B3 sempat naik 77% dibanding A1B3, seiring dengan penambahan konsentrasi pektin kulit kluwih yang meningkat. Hal ini disebabkan kembali karena pektin yang bersifat hidrofilik mampu menyerap air dalam tanah dan mengakibatkan kerusakan pada sampel. Walaupun persentase tidak terlalu signifikan naik, akibat terselimuti oleh koloid kitosan yang hidrofobik. Kemudian menurun kembali pada sampel A3B3 sebesar 75%, meskipun konsentrasi pektin yang ditambahkan semakin tinggi. Demikian terjadi tidak hanya berfokus pada faktor internal bioplastik, faktor eksternal pun menjadi akibat terjadinya proses degradasi. Seperti diantaranya, kondisi lingkungan degradasi (kelembapan, suhu, dan cahaya matahari), dan faktor penting lainnya yakni, aktivitas mikroorganisme (Indriyanto *et al.*, 2014). Faktor-faktor tersebut menjadi salah satu pendukung sampel bioplastik dapat terdegradasi. Tabel 4.12 berikut menyajikan persentase biodegradabilitas sampel dengan keterangan standar baku:

Tabel 4.12 Persentase Biodegradabilitas Sampel dan Standar Baku

Perlakuan	Persentase Biodegradabilitas	Keterangan Standar Baku
A1B1	82%	Memenuhi
A1B2	85%	
A1B3	70%	
A2B1	88%	
A2B2	90%	
A2B3	77%	
A3B1	88%	
A3B2	91%	
A3B3	75%	

Keterangan : Standar Baku berdasarkan ASTM 5336 persen biodegradabilitas 100% dalam 60 hari

Berdasarkan tabel 4.12, persentase biodegradabilitas tertinggi pada kelompok rasio gliserol dan kitosan 2:1, sebesar 91% pada perlakuan A3B2. Perlakuan tersebut pula menjadi persentase tertinggi biodegradabilitas bioplastik kulit kluwih dari keseluruhan perlakuan. Sedangkan pada rasio zat adiktif 1:1, berada di persentase pertengahan dan cenderung hampir sama seperti rasio zat adiktif 2:1. Menurut standard internasional ASTM 5336 kategori plastik, lama waktu yang dibutuhkan dalam penguraian plastik PLC dan PLA secara sempurna (100%), yakni selama 60 hari. Jika berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, secara keseluruhan kelompok perlakuan memperoleh kehilangan bobot 70% hingga 90% dalam waktu 15 hari saja. Maka dapat dinyatakan bahwa biodegradabilitas bioplastik kulit kluwih telah memenuhi standard internasional untuk biodegradabilitas plastik.

4.3.4 Uji Mekanik Bioplastik

a. Kuat Tarik Bioplastik

Pengujian kuat tarik pada bioplastik bertujuan untuk mengetahui kemampuan sampel bioplastik dalam menahan beban

hingga putus (Lailyningtyas *et al*, 2020). Pengaruh terkuat pada pengujian kuat tarik yakni terletak pada penambahan zat adiktif. Zat adiktif *plastizicer* pada umumnya dapat menurunkan kemampuan bioplastik dalam menahan beban maksimum (Nuriyah *et al*, 2018). Sedangkan zat adiktif berupa kitosan mampu meningkatkan nilai kuat tarik pada bioplastik (Pratiwi *et al*, 2016).

Zat adiktif kitosan dinilai memang dapat meningkatkan kuat tarik pada bioplastik. Hal tersebut dikarenakan kitosan yang juga merupakan jenis polimer, akan cepat membentuk ikatan rantai dengan molekul polimer pektin. Sehingga ikatan antar polimer tersebut menyebabkan proses *cross-linking* (anyaman) (Simamarta *et al.*, 2020). Setiani *et al*, (2013) menjelaskan bahwa, akibat dari *cross-linking* tersebut, semakin rapatnya struktur pada bioplastik kemudian membuat bioplastik menjadi semakin kuat dan sulit terputus. Nilai kuat tarik yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 9,89 MPa hingga 24,54 MPa. Perolehan nilai kuat tarik tertinggi berada pada kelompok perlakuan A3B1, dengan yang terendah berada pada kelompok perlakuan A2B3.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Tabel 4.13 Kuat Tarik Bioplastik Pektin Kulit *A. camansi*

Perlakuan Penelitian	Kuat Tarik (MPa)	Keterangan Standar Baku	Uji Kruskal Wallis
A1B1	13,79 ± 3,49	Tidak memenuhi	0,136
A2B1	21,09 ± 11,42	Tidak memenuhi	
A3B1	24,54 ± 12,01	Memenuhi	
A1B2	20,97 ± 1,19	Tidak memenuhi	
A2B2	10,41 ± 7,90	Tidak memenuhi	
A3B2	15,77 ± 1,23	Tidak memenuhi	
A1B3	18,67 ± 11,38	Tidak memenuhi	
A2B3	9,89 ± 5,36	Tidak memenuhi	
A3B3	18,61 ± 2,13	Tidak memenuhi	

Keterangan : Standar baku berdasarkan SNI 7188.7:2016 disarankan 24,7-302 MPa

Keterangan tabel :

- A1 : Pektin 5 gr
- A2 : Pektin 10 gr
- A3 : Pektin 15 gr
- B1 : Gliserol : kitosan 1:1
- B2 : Gliserol : kitosan 2:1
- B3 : Gliserol : kitosan 1:2

Pada penelitian ini menggunakan uji analisis Kruskal Wallis. Pengujian analisis untuk parameter kuat tarik memperoleh nilai sig >0,05 yang mana berarti, perlakuan bioplastik yang dilakukan pada penelitian ini, kurang memberi pengaruh secara nyata terhadap karakteristik kuat tarik. Walau pengaruh perlakuan, baik penambahan pektin dan zat adiktif, kurang berdampak pada karakteristik kuat tarik, akan tetapi dapat dilihat berdasarkan tabel 4.13, bahwa pemberian rasio gliserol : kitosan 1:1 (A1B1, A2B1, A3B1) memiliki rata-rata kuat tarik terbaik daripada perlakuan lainnya. Rasio tersebut menggunakan 1 gr kitosan dan sudah menunjukkan hasil maksimal dalam kualitas kuat tarik bioplastik. Penambahan konsentrasi kitosan 1 gr pada penelitian ini sudah dapat meningkatkan ikatan hidrogen pada matriks bioplastik, sehingga sampel bioplastik yang dihasilkan semakin kuat dan tidak mudah diputus (Coniwanti *et al.*, 2014). Kelompok dengan kuat tarik tertinggi berasal dari rasio 1:1, yakni A3B1 dengan rata-rata kuat

tarik sebesar 24,54 MPa. Angka kuat tarik tersebut sudah sesuai dengan standar SNI 7188.7:2016 untuk kategori produk tas belanja plastik dan bioplastik mudah terurai dengan syarat nilai 24,7-302 MPa.

Selain pengaruh kitosan, pada kelompok A3B1 juga merupakan kelompok dengan konsentrasi pektin paling tinggi. Peningkatan konsentrasi pektin tersebut pula mendukung tingginya nilai kuat tarik pada sampel bioplastik. Hal tersebut dikarenakan konsentrasi pektin yang tinggi dapat meningkatkan kekuatan gel sehingga matriks pada film bioplastik semakin kompak, dan menghasilkan kualitas kuat tarik yang tinggi (Syarifuddin dan Yunianta, 2015). Widyaningsih *et al.* (2012), menjelaskan pula bahwa, konsentrasi pektin yang optimal dapat membentuk susunan polimer yang kokoh sehingga kekuatan tarik intermolekul pada bioplastik semakin kuat. Selaras dengan penelitian *Edible Film Pektin Albedo Jeruk Bali* oleh Syarifuddin dan Yunianta (2015) bahwa, penambahan konsentrasi pektin jeruk bali paling tinggi (30%), dapat mencapai kuat tarik hingga 4,46 N/cm². Berbanding terbalik dengan penambahan pektin terendah (10%) hanya memperoleh 1,79 N/cm².

Sedangkan penambahan terlalu banyak kitosan, diketahui dapat menurunkan kualitas kuat tarik bioplastik. Kitosan yang terlalu banyak pada campuran bioplastik dapat menurunkan tingkat homogenitas. Hal tersebut dapat berakibat kurang meratanya distribusi molekul komposisi dari bahan penyusun bioplastik pada matriks polimer sehingga proses *cross-linking* tidak sempurna. Kuat tarik yang dihasilkan pun semakin menurun (Utami dan Widiarti, 2014). Bioplastik dengan konsentrasi kitosan semakin tinggi menghasilkan sifat bioplastik yang lebih kaku dan bertekstur kasar (Setiani *et al.*, 2013). Pernyataan tersebut selaras dengan hasil bioplastik penelitian ini, pada komposisi rasio gliserol : kitosan 1:2 (A1B3, A2B3, A3B3). Semakin banyak konsentrasi kitosan yang

ditambahkan, hasil kuat tarik yang dihasilkan semakin menurun berbanding terbalik dengan perlakuan rasio 1:1 (A1B1, A2B1, A3B1). Selaras pula dengan penelitian Agung dan Hidayati (2021), kuat tarik terbesar yang diperoleh mencapai 64,47 MPa dengan 1,5 gr kitosan, sedangkan pada kitosan paling rendah sebanyak 3,5 gr hanya memperoleh kuat tarik ± 30 MPa.

Pada rasio 2:1 zat adiktif gliserol lebih banyak (A1B2, A2B2, A3B2), jika dirata-rata menghasilkan kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok rasio 1:1 ataupun 1:2. Sesuai dengan pernyataan oleh Sinaga *et al.* (2014) bahwa, penambahan *plasticizer* gliserol mampu menghasilkan jarak antar molekul pada polimer bioplastik dan meningkatkan kelenturan, sehingga dapat menurunkan kuat tarik bioplastik. Hal tersebut dibuktikan oleh penelitian Fatnasari *et al.* (2018), sampel bioplastik dalam penelitian tersebut mengalami penurunan kuat tarik pada perlakuan yang semakin tinggi gliserol. Gliserol paling tinggi (25%) memperoleh kuat tarik hanya $0,07 \text{ N/mm}^2$, sedangkan perlakuan sedikit gliserol (10%), dapat mencapai $0,75 \text{ N/mm}^2$. Hasil kuat tarik dari penelitian oleh Yudistirani *et al.* (2019), pula menunjukkan bahwa semakin tinggi gliserol, kuat tarik yang diperoleh semakin menurun. Konsentrasi gliserol 10 mL dapat menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 7,3 MPa, sedangkan 20 mL gliserol hanya sebesar 6,5 MPa.

b. Persen Elongasi Bioplastik

Pengujian mekanik elongasi yakni perubahan panjang maksimum pada sampel hingga terputus (Pradana *et al.*, 2017). Persen elongasi pada umumnya dipengaruhi *plasticizer* gliserol yang mampu menambah kelenturan pada bioplastik. Hal ini dikarenakan gliserol memiliki berat molekul yang rendah, sehingga penambahan gliserol dapat meningkatkan jarak antar molekul pada bioplastik dan menghasilkan bioplastik yang lebih lentur (Anggarini *et al.*, 2013). Selain itu, pektin pula diketahui dapat berkontribusi dalam peningkatan persentase elongasi, hal ini dikarenakan pektin memiliki

digunakan konsentrasi dengan *range* 1-2 gr, yang mana konsentrasi tersebut belum dapat meningkatkan kualitas elastis pada bioplastik, terbukti dari hasil persen elongasi yang didapat sangatlah rendah. Setyaningrum *et al.* (2020) dalam penelitiannya menjelaskan, bahwa penambahan gliserol mampu meningkatkan elastisitas pada bioplastik. Akan tetapi penambahan gliserol yang terlalu sedikit kurang dapat meningkatkan elastisitas bioplastik. Selain *plasticizer* gliserol, bahan utama polimer pektin, yang juga sebagai pengaruh persen elongasi, pula belum mampu meningkatkan persen elongasi pada sampel bioplastik.

Hal tersebut juga diperkuat dengan hasil analisis Kruskal Wallis, yang memperoleh nilai sig $>0,05$, memiliki arti bahwa perlakuan bioplastik pada penelitian ini, secara nyata tidak berpengaruh terhadap persen elongasi bioplastik. Hal tersebut juga dialami oleh penelitian Bioplastik Pati Umbi Talas oleh Sinaga *et al.* (2014), bioplastik yang dihasilkan memiliki persen elongasi yang rendah tidak memenuhi standar SNI 7188.7:2016 dikarenakan penambahan gliserol yang terlalu sedikit. Nilai persen elongasi terendah yakni 14%.

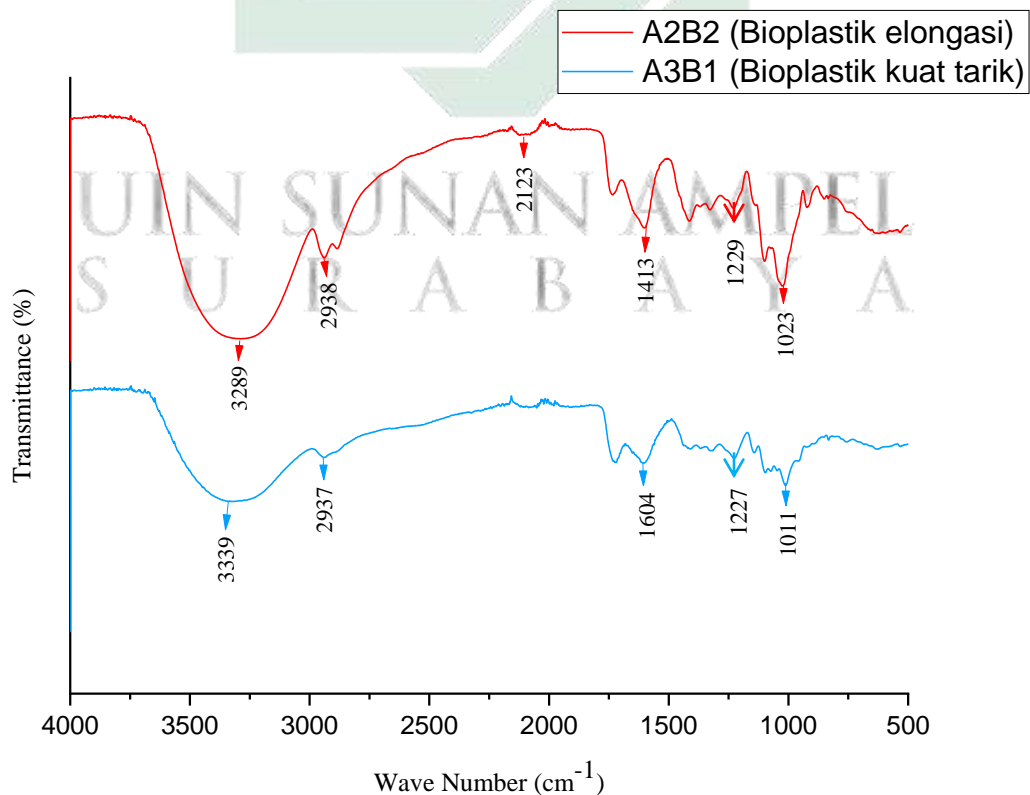
Meskipun hasil presentase yang didapat sangat rendah, akan tetapi dari nilai rata-rata pada tabel 4.11, kelompok perlakuan dengan gliserol lebih banyak (A1B2, A2B2, A3B2), memiliki rata-rata yang sedikit lebih tinggi daripada perlakuan yang lain. Hal ini selaras dengan pernyataan Anggarini *et al.* (2013), bahwa gliserol dapat meningkatkan kelenturan pada sampel, dikarenakan mampu meningkatkan jarak antar molekul penyusun bioplastik. Sedangkan rata-rata berdasarkan pengaruh pektin, kelompok perlakuan pemberian pektin 10 gr (A1B1, A2B1, A3B1) memiliki persentase elongasi tertinggi daripada perlakuan pemberian pektin lainnya. Hal tersebut dikarenakan pemberian pektin 10 gr masih terhomogen dengan baik untuk peningkatan elongasi, akan tetapi pemberian 15 gr pektin (A3B1, A3B2, A3B3) menurun, dikarenakan terlalu banyak bahan pektin yang ditambahkan, sehingga tidak dapat terhomogen dengan baik, maka dari itu pektin kurang berpengaruh dalam persen elongasi. Pernyataan

tersebut selaras dengan penjelasan Utami dan Widiarti (2014) bahwa, terlalu banyak bahan yang ditambahkan pada pembuatan bioplastik dapat menurunkan homogenitas saat pencampuran bahan penyusun bioplastik.

Sekalipun demikian, nilai elongasi masih jauh dari standar baku yang ditetapkan. Untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat internal dan eksternal yang bagus, memang membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mencapai komposisi paling optimum dalam pembuatan bioplastik.

4.3.5 Uji FTIR Bioplastik

Analisis gugus fungsi dilakukan dengan spektroskopi FTIR sebagai karakterisasi kimia pada bioplastik pektin kulit kluwih. Uji FTIR dalam penelitian ini berdasarkan sampel terbaik dalam segi mekanik dari bioplastik tersebut. Masing-masing sampel terbaik yakni uji kuat tarik, pada perlakuan A3B1, dan elongasi pada A2B2. Spektra FTIR sampel dapat dilihat pada gambar 4.17, sebagai berikut.



Gambar 4.21 Spektrum Bioplastik A3B1 dan A2B2
(Dok. Pribadi, 2022)

Berdasarkan gambar 4.18, terdeteksinya pita serapan yang menunjukkan gugus N-H tumpang tindih dengan gugus -OH yakni A3B1 dan A2B2 masing-masing pada panjang gelombang 3339 cm^{-1} dan 3289 cm^{-1} . Antara spektrum keduanya terjadi pelebaran pada ruas area panjang gelombang. Hal tersebut dikarenakan gugus -OH yang semakin bertambah seiring dengan penambahan pektin yang semakin tinggi pada A3B1. Pada panjang gelombang 2900 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H *stretch*, yang merupakan gugus fungsi dari zat adiktif kitosan maupun gliserol. Daerah panjang gelombang 2100 cm^{-1} terdeteksi adanya rantai pendek $\text{C}\equiv\text{C}$. Gugus fungsi C=O karbonil terdeteksi pada kedua sampel pada panjang gelombang 1600 cm^{-1} . Pada daerah *finger print*, adanya serapan yang menunjukkan C-O ester baik pada A3B1 dan A2B2. Masing-masing terjadi pergeseran 1227 cm^{-1} dan 1229 cm^{-1} . Serta terdeteksinya gugus fungsi C-C dengan panjang gelombang yang terjadi pergeseran antara kedua sampel, A3B1 terdeteksi pada panjang gelombang 1011 cm^{-1} dan A2B2 bergeser pada panjang gelombang 1023 cm^{-1} . Pada penelitian ini, gugus fungsi yang terdeteksi semuanya merupakan golongan dari gugus fungsi senyawa organik, yakni gabungan dari gugus fungsi spesifik yang dimiliki oleh komposisi penyusun bioplastik. Baik pektin maupun kedua zat adiktif.

Gugus fungsi yang terdapat pada bioplastik kulit *A. camansi* pada penelitian ini, selaras dengan pernyataan (Wardah dan Hastuti, 2015) bahwa, senyawa organik pada bioplastik umumnya memiliki gugus fungsi O-H, N-H, C-H, $\text{C}\equiv\text{C}$, C-O. Sedangkan menurut Darni *et al.*, (2014) menjelaskan bahwa, tanda dari bioplastik yang mudah terdegradasi yang memiliki gugus fungsi -OH (karboksil), C=O (karbonil), dan C-O (ester).

BAB V PENUTUP

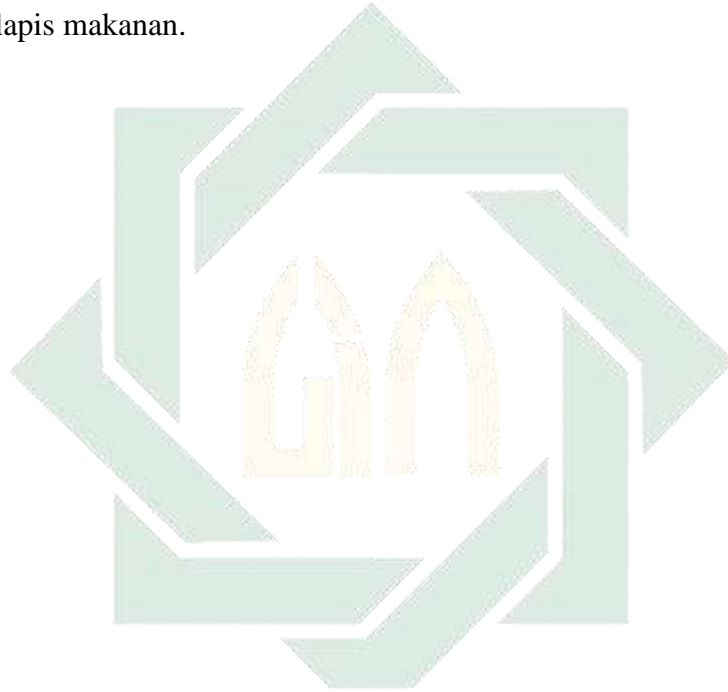
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada uji fisik, bioplastik dengan tinggi kitosan *C. faba* dan pektin kulit *A. camansi* lebih memiliki tekstur yang kaku. Sedangkan bioplastik dengan tinggi gliserol sampel yang dihasilkan lebih lentur dan fleksibel. Sampel terbaik pada karakteristik fisik yakni, A1B1, A1B2, dan A2B2 dengan tekstur lentur halus,
2. Pada uji ketahanan air, pengaruh semakin tinggi konsentrasi pektin kulit *A. camansi* dan gliserol dapat menurunkan ketahanan air, sedangkan semakin tinggi kitosan *C. faba*, sampel bioplastik lebih mampu dalam menahan air. Sampel terbaik pada karakteristik ketahanan air tertinggi yakni, A1B3 sebesar 63% akan tetapi belum memenuhi standar SNI 7818:2014,
3. Dalam parameter mekanik kuat tarik bioplastik, semakin tinggi konsentrasi kitosan dan pektin kulit *A. camansi*, kuat tarik makin tinggi. Sampel terbaik pada karakteristik kuat tarik yakni, A3B1 sebesar 24,54 MPa. Sedangkan uji elongasi, hasil cenderung sangat rendah dan tidak memenuhi standar baku, dikarenakan konsentrasi *plasticizer* dinilai kurang optimum. Akan tetapi perlakuan gliserol lebih banyak terlihat lebih tinggi persen elongasinya daripada perlakuan lain. Sampel terbaik pada karakteristik elongasi yakni, A2B2 sebesar 0,20%,
4. Pada uji FTIR terdeteksinya gugus fungsi NH, -OH, C-H, C≡C, C=O, C-O, dan C-C, telah sesuai dengan gugus fungsi pada bahan-bahan organik dalam pembuatan bioplastik,
5. Pada uji biodegradabilitas, semakin tinggi pektin kulit *A. camansi* dan gliserol yang ditambahkan mendukung peningkatan degradasi sampel bioplastik. Sedangkan penambahan kitosan yang semakin tinggi, memperlambat sampel terdegradasi. Sampel terbaik pada karakteristik biodegradabilitas yakni, A3B2 telah kehilangan bobot mencapai 91% hanya dalam waktu 15 hari.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya pengujian lebih lanjut terhadap konsentrasi optimum antara variasi konsentrasi pektin kulit *A. camansi* dan rasio zat adiktif gliserol dan kitosan cangkang *C. faba* untuk mendapatkan hasil parameter ketahanan air dan mekanik yang lebih baik.
2. Hasil dari bioplastik penelitian ini lebih tepat jika diaplikasikan sebagai film pelapis makanan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Ab'ror, Rizqi Wildan, Chamisijatin, Lise, Waluyo, Lud, Hindun, Iin, dan Setyawan, Dwi. 2019. Pengaruh Gliserol terhadap Sifat Mekanik Bioplastik Pati Kulit Pisang Raja (*Musa paradisiaca* L.). *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. 26 Januari 2019, Universitas Kristen Satya Wacana.
- Agung, Kahfidatu Irvanda, dan Hidayati, Agung. 2021. Pembuatan Bioplastik dari Pati Onggok dan Kitosan: Efek Massa Kitosan. *Prosiding SNST ke-11 Tahun 2021*. Semarang, Universitas Wahid Hasyim
- Agustin, Yuana Elly, dan Padmawijaya, Karsono Samuel. 2016. Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif. *Jurnal Teknik Kimia*. 10(2):40-48.
- Agustina, Sri, Swantara, Made Dira, dan Suartha, I Nyoman. 2015. Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*. 9(2):271-278.
- Agustina. 2005. Pengaruh Blanching, Natrium Klorida dan Natrium Metabisulfit terhadap Sifat Fisikokimia dan Fungsional Tepung Biji Kluwih (*Artocarpus communis* G. Forst). *Skripsi*. Jember, Universitas Jember.
- Akhmaludin, dan Kurniawan, A. 2009. *Pembuatan Pektin dari Kulit Kakao dengan Cara Ekstraksi*. Semarang, Universitas Diponegoro.
- Al-Mahalli, Jalaluddin, dan As-Suyuthi, Jalaluddin. 2018. *Tafsir Jalalain*. Indonesia, Gudang Penerbit.
- Almufidah, R. D. L., 2016. Pemanfaatan Serbuk Kulit Kupang sebagai Bahan Pengawet Alami Ikan Mujair. *Skripsi*. Surabaya, Poltekkes Kemenkes Surabaya.
- Ambarwati, R., dan Trijoko. 2011. Morphological Characters of Suspension Feeder Bivalve *Potamocorbula faba* (Bivalvia: Corbulidae). *Proceeding of International Conference of Biological Science 2011*. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.

- Anggarini, Fetty, Latifah, dan Miswadi, Siti Sundari. 2013. Aplikasi *Plasticizer* Gliserol pada Pembuatan Plastik *Biodegradable* dari Biji Nangka. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 2(3):173-178.
- Anggreani, Yuni, Sulistiawati, Farida, dan Astria, Dwi Nur. 2016. Pengaruh Plasticizer Gliserol dan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Penutup Luka Kitosan-Tripolifosfat yang Mengandung Asiatikosida. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 14(1):128-134.
- Angkasa, dan Nazaruddin, Syah. 1994. *Sukun dan Kluwih*. Jakarta, Penebar Swadaya.
- Antika, Sella Rindi, dan Kurniawati, Puji. 2017. *Isolasi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Nanas: Prosiding Seminar Nasional Kimia FMIPA Unesa*. Surabaya, 7 Oktober 2017.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2005. *Official Methode of Analysis*. AOAC Arlington.
- Arimpi, Ayu, dan Pandia, Setiaty. 2019. Pembuatan Pektin dari Limbah Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*) dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik menggunakan Pelarut Asam Sulfat (H_2SO_4). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 8(1):18-24.
- Asia, dan Arifin, Muh. Zainul. 2017. Dampak Sampah Plastik bagi Ekosistem Laut. *Pojok Ilmiah*. 14(1):44-48.
- Augustina, Venitalitya A. S., Nugraha, Dian Ika, dan Wirawan, Sang Kompiang. 2018. Pengaruh Rasio Isopropil Alkohol terhadap *Recovery* dan Karakteristik Serbuk Pektin dari Kulit Kakao. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 7(2):1-5.
- Badan Standarisasi Nasional. 1991. *SNI 01-2238-1991: Wood and Non Wood: Test Methods for Pectin*. Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 7949-2013: Kitosan–Syarat Mutu dan Pengolahan*. Dewan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *Kriteria Ekolabel – Bagian 7 : Kategori Produk Tas Belanja Plastik dan Bioplastik Mudah Terurai (SNI 7188.7:2016)*. Jakarta, Departemen Perindustrian.

- Barletta, M., dan Gisario, A. 2020. Laser Sealing of PLA-based Compostable Coffee Capsules. *Optics and Laser Technology*. 133(10):103-108.
- Beasley, M. M., Baterlink, E. J., Tailor, L., dan Miller, R. M. 2014. Comparison of Transmission FTIR, ATR, and, DRIFT Spectra: Implications for Assesment of Bone Bioapatite Diagnosis. *Journal of Archeological Science*. 46(1):16-22.
- Bergo, P., dan Sobral, P. J. 2007. *Effect of Plasticizer of Phsycal Properties of Pigsaw Gelatin Films*. 21:1285-1289
- Bourtoom, T. 2008. Edible Film and Coatings: Characteristics and Properties. *Food and Feed Research*. 15(3):237-248
- Brejnholt, Sarah M. 2010. *Pectin: Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Sussex, Blackwell Publishing Ltd.
- Bustaman, S. 1989. Studies on Degradation and Extraction of Chitin and Chitosan from Prawn Shells. *Thesis*. The Department of Mechanical, The Queen's University.
- Cahyono, E. 2015. Produksi Glukosamin dengan Metode Hidrolisis Bertekanan sebagai Bahan Penunjang Kesehatan Sendi. *Tesis*. Bogor, Institut Pertanian Bogor.
- Chodijah, S., A., Husaini, Zaman, M., dan Hilwatulisan. 2019. Extraction of Pectin from Banana Peels (*Musa paradiasica* Fomatypica) for Biodegradable Plastic Films. *Journal of Physics: Conference Series*. 2nd Forum in Research, Science and Technology, 30-31 October 2018. Palembang, Indonesia.
- Clarkson, E. N. K. 1979. *Invertebrata Palaentology and Evolution*. Londong, Champan and Hall.
- Coniwanti, P., Laila, L., dan Alfira, M. R. 2014. Pembuatan Film Plastik *Biodegradable* dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*. 20(4):22-30.
- Damanik, Delvia Ariska, dan Pandia, Setiaty. 2019. Ekstraksi Pentin dan Limbah Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*) dengan Metode Ekstraksi Gelombang Ultrasonik menggunakan Pelarut Asam Klorida (HCl). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 8(2):85-89.

- Darni, Yuli, Sitorus, T. M., dan Hanif, M. 2014. Produksi Bioplastik dari Sorgum dan Selulosa secara Termoplastik. *Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 10(2):55-62.
- Darni, Yuli, Hasyanah, Ridho, Lismeri, Lia, dan Utami, Herti. 2016. Pengaruh Konsentrasi *Plasticizer* Gliserol terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Berbasis Pati Sorgum. *Seminar Nasional Riset dan Industri*. Bandar Lampung, Indonesia.
- Darni, Yuli, dan Utami, Herti. 2009. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*.
- Demi, Reski Putriani, Ruslan, Rahim, Erwin Abd., dan Ys., Hardi. 2019. Ekstraksi Pektin pada Kulit Buah Kluwih (*Artocarpus camansi* Blanko) pada Berbagai Suhu dan Konsentrasi Asam Sitrat. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*. 5(1):100-108.
- Departemen Kesehatan RI. 1995. *Farmakope Indonesia* Edisi IV, 551, 713. Jakarta.
- Devianti, Vika Ayu, Dwi, Rosita, dan Darmawan, Rizky. 2019. Pengaruh Metode Ekstraksi terhadap Mutu Pektin dari Kulit Pisang Raja Nangka. *Jurnal Kimia Riset*. 4(2):170-179.
- Dewi, Asiska Permata, dan Yesti, Yulia. 2018. Pemanfaatan Limbah Plastik menjadi Kemasan Ramah Lingkungan serta Uji Biodegradasinya. *Journal of Pharmacy & Science*. 1(2):17-26.
- Dompeipen, E. J. 2017. Isolation and Identification of Chitin and Chitosan from Windu Shrimp (*Penaeus monodon*) with Infrared Spectroscopy. *Majalah BIAM*. 13(1):31-41.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2010. Scientific Opinion on The Safety of Chitin-Glucan as a Novel Food Ingredient. *European Food Safety Authority*. 8(7):1-17.
- Fahnur, Mardiana. 2017. Pembuatan, Uji Ketahanan dan Struktur Mikro Plastik *Biodegradable* dengan Variasi Kitosan dan Konsentrasi Pati Biji Nangka. *Skripsi*. Makassar, Universitas Islam Negeri Alauddin.

- Fatnasari, Anjani, Nocianitri, Komang Ayu, dan Suparthana, I Putu. 2018. Pengaruh Konsentrasi Gliserol terhadap Karakteristik *Edible Film* Pati Umi Jalar (*Ipomea batatas* L.). *Scientific Journal of Food Technology*. 5(1):27:35.
- Fauzan, Ahmad, Risnandar, Tiara Devita, Anisa, Vira Rizki, dan Sihombing, Rony Pasonang. 2022. Karakteristik Kadar Metoksil dan Kadar Asam Galakturonat pada Ekstrak Pektin dari Kulit Jeruk Manis Pacitan pada Suhu 90°C. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Semester*. Bandung, 13-14 Juli 2022.
- Febriyanti, Yesy, Razak, Abd. Rahman, dan Sumarni, Ni Ketut. 2018. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Buah Kluwih (*Artocarpus camansi* Blanco). *KOVALEN*. 4(1):60-73.
- Febriyanti, Yesy, Razak, Abd. Rahman, dan Sumarni, Ni Ketut. 2018. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Kulit Buah Kluwih. *KOVALEN*. 4(1):60- 73.
- Firawansyah, M. Hasan, dan Hanum, Latifah. 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 (JIMPK)*. 4(1):1-9.
- Firdaus, F. 2008. Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan dari Pati, Asam Polilaktat dan Khitosan dengan Pemlastik Gliserol. *Tesis*. Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada.
- Fitriani, V. 2003. Ekstraksi dan Karakteristik Pektin dari Kulit Jeruk Lemon (*Citrus medica* var. Lemon). *Skripsi*. Bogor, Institut Pertanian Bogor.
- Fitria, Vita. 2013. Karakteristik Pektin Hasil Ekstraksi dari Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* ABB). *Skripsi*. Jakarta, UIN Syarif Hidayatul Jakarta.
- Food Chemicals Codex. 1996. *IV Monographs*. Washington DC, National Academy Press.
- Fonsesca, Angela Lurdes, dan Kursmartono, Bambang. 2020. Pembuatan Tepung Kluwih (*Artocarpus camansi*) sebagai Substitusi Tepung

- Terigu dalam Pembuatan Brownies Kukus. *Jurnal Inovasi Proses*. 5(2):57-62.
- Gazala, K., Masodi, F. A., Masarat, H. D., Rayees, B., dan Shoib, M. W. 2017. Extraction and Characterization of Pectin from Two Apple Juice Concentrate Processing Plants. *International Food Research Journal*. 24(2):594-599.
- Ghasemzadeh, R. 2008. Application of Edible Coating for Improvement of Quality and Shelf-life of Raisins. *World Applied Science Journal*. 3(1):82-87.
- GRAS. 2012. *Chitoclear Shrimp-derived Chitosan: Food Usage Conditions for General Recognition of Safety*. Iceland (IL) : GRAS.
- Gunadi, R. Andi Ahmad, Parlindungan, Doby Putro, Santi, Apri Utami Parta, Aswir, Aburahman, Adi. 2020. Bahaya Plastik bagi Kesehatan dan Lingkungan. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*. Universitas Muhammadiyah Jakarta, 7 Oktober 2020.
- Hanum, F., Irza, M., D., Kaba, dan Martha, A. T. 2012. Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(2):68-75.
- Hariyati, M. N. 2006. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Limbah Proses Pengolahan Jeruk Pontianak (*Citrus mobilis* var. *microcarpa*). *Skripsi*. Bogor, Institut Pertanian Bogor.
- Hartatik, Yunita Dwi, Nuriyah, Lailatin, Iswarin. 2014. Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik. *Physics Student Journal*. 2(1):90-94.
- Hasbullah. 2001. *Teknologi Tepat Guna Agroindustri Kecil Sumatera Barat- Pektin Jeruk*. Jakarta, Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatera Barat.
- Hayati, Kholisoh, Setyaningrum, Claudia Candra, dan Fatimah, Siti. 2020. Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Limbah *Nata de Coco* dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*. 4(1):9-14.

- Bahan Alternatif Pembuatan Bioplastik. *Thesis*. Jakarta, Politeknik Negeri Jakarta.
- Indriyanto, Irfan, Wahyuni, Sri, dan Pratjojo, Winarni. 2014. Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Lidah Buaya. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3(2):168-173.
- IPPA (*International Pectins Procedures Association*). 2003. *What is Pectin?* Diakses November 2018. <http://www.ippa.info/historyofpektin.htm>.
- Ismail, Norazelina Sah Mohd., Nazaruddin, Hani, Norziah Mohd., dan Meon, Zainudin. 2012. Extraction and Characterization of Pectin from Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) using Various Extraction Conditions. *Sains Malaysiana*. 41(1):41-45.
- Iswarin, S. J., Nuriyah, L., dan Sriwilujeng, A. I. 2013. Hubungan Gugus Fungsi Plastik Biodegradabel Metil Akrilat dan Pati Garut terhadap Sifat Mekaniknya. *NATURAL B*. 2(2):178-183.
- Izaak, Franklin Donald, Rauf, Fentje A., dan Lumintang, Romels. 2013. Analisis Sifat Mekanik dan Daya Serap Air Material Komposit Serat Rotan. *Jurnal Hasil Riset*. 1(2):1-12.
- Jabbar, Uhsnul Fatimah. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum Tuberosum*, L.) *Skripsi*. Makassar, UIN Alauddin Makassar.
- Jambeck, Jenna, R., Andrady, A., Geyer, R., Narayan, R., Perryman, M., Siegler, T., Wilcox, C., Lavender Law. 2015. Plastic Waste Inputs from Land Into The Ocean. *Science*. 347:768-771.
- Kaimudin, Marni, dan Leonupun, Maria F. 2016. Karakterisasi Kitosan dari Limbah Udang dengan Proses Bleaching dan Deasetilasi yang Berbeda. *Majalah BIAM*. 12(1):1-7.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). POTENSI PENGEMBANGAN PLASTIK BIODEGRADABLE BERBASIS PATI SAGU DAN UBIKAYU DI INDONESIA / The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>

- Karande, Avanti P., Patil, Sneha M., Gurav, Mahananda B., Mhetre, Mahadev S., Fundipalle, Sandip S., dan Potdar. 2020. Production and Characterization of Bioplastic from Phycocolloids. *International Journal for Research in Applied Science and Biotechnology*. 7(5):89-92.
- Katsir, Ibnu. 1991. *Tafsir Ibnu Katsir*, Jilid III. Beirut, Daarul Jiil
- Khasanah, Lailatul, dan Maharani, Dina Kartika. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kitosan-ZnO/Alumina sebagai Agen Antibakteri pada Kain Katun. *UNESA Journal of Chemistry*. 4(2):94-99.
- Khiong, Khie, Ratnawati, Hana, Soeng, Sylvia, Sugeng, Sri Utami, Angelie, Elsa, dan Nasser, Michelle. 2008. *Efek Immunomodulator Buah Merah (Pandanus conoideus Lam.) terhadap Berat Limpa, Jumlah, dan Proliferasi Limfosit pada Mencit (Mus Musculus) Dalur DDY yang Diinduksi Colitis dengan DSS*. Disampaikan dalam KONAS XII dan PIN PAAI (Perhimpunan Ahli Anatomi Indonesia) Jakarta, 20-21 Juni 2008).
- Kotz, J., Treichel, P., dan Townsend, J. 2008. *Chemistry and Chemical Reactivity*. Singapore, Brooks/Cole Cengage Learning.
- Krisnadi, R., Handarni, Y., dan Udyani, K. 2019. Pengaruh Jenis Plasticizer terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Bekatul Padi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*. 100:125-130.
- Krisnayanti, dan Syamsudin. 2013. Pengaruh Suhu Ekstraksi Kulit Buah Pepaya dengan Pelarut HCL 0,1 N pada Pembuatan Pektin. *KONVERSI*. 2(2):47-56.
- Kurniasih, M., dan Dwi, Kartika. 2009. *Aktivasi Antibakteri Kitosan terhadap Bakteri S. aureus*. Banyumas, Universitas Jenderal Soedirman.
- Labibah, Wizarotul, dan Triajie, Haryo. 2020. Keberadaan Mikroplastik pada Ikan Swangi (*Priacanthus tayenus*), Sedimen Air Laut di Perairan Pesisir Brondong, Kabupaten Lamongan. *Juvenil*. 1(3):351-358.
- Lachman, L., Lieberman, A. H., dan Kanig, L. J. 1996. *Teori dan Praktek Farmasi Industri*, Edisi III. Jakarta, UI Press.
- Lailyningtyas, Dyah Iswatun, Lutfi, Musthofa, dan Ahmad, Ary Mustofa. 2020. Uji Mekanik Berbahan Pati Umbi Ganyong (*Canna edulis*) dengan

- Variasi Selulosa Asetat dan Sorbitol. *Jurnal Keteknika Pertanian Tropis dan Biosistem*. 8(1):91-100.
- Li, Wai Chin, Fok, Lincoln, dan Tse, Hung Fat. 2016. Plastic Waste in The Marine Environment: A Review of Sources, Occurrence an Effects. *Science of The Total Environmental*. 566-567:333-349.
- Liu, F., Li, J., dan Zhang, X. L. 2019. Bioplastic Producion from Wastewater Sludge and Application. *The 5th International Conference on Water Resource and Environment (WRE 2019)*, 16-19 Juli 2019. Makau, Macau University of Science and Technology.
- Maghfiroh, Sumarni, Woro, dan Susantyo, Eko Budi. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Kitosan Termodifikasi PVA dan Sorbitol. *Indonesia Journal of Chemical Science*. 2(1):1-6.
- Mahatmanti, F. Widhi, Sugiyo, Warlan, dan Sunarto, Wisnu. 2010. Sintesis Kitosan dan Pemanfaatannya sebagai Anti Mikrobia Ikan Segar. *Unnes Journal*. 8(2):101-111.
- Mahyudin, Rizqi Puteri. 2017. Kajian Permasalahan Pengelolaan Sampah dan Dampak Lingkungan di TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 3(1):66-74.
- Maladi, Irham. 2019. Kulit Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil, Alkohol dan *Bio-compatible* Zink Oksida. *Skripsi*. Jakarta, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Maneking, Engellita, Sangian, Hanny Frans, dan Tongkukut, Seni Herlina Julta. 2020. Pembuatan dan Karakteristik Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan *Plasticizer* Gliserol. *Jurnal MIPA*. 9(1):23-27.
- Mariana, Lilik, Andayani, Yayuk, dan Gunawan, Erin Ryantin. 2013. Analisis Senyawa Flavonoid Hasil Fraksinasi Ekstrak Diklorometana Daun Kluwih (*Artocarpus camansi*). *Chemistry Progress*. 6(2):50-55.
- Maulana, Syukron. 2015. Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Limbah Kulit Pisang Uli (*Musa paradisiaca* L. AAB). *Skripsi*. Jakarta, UIN Syarif Hidayatullah.
- Melani, A., Herawati, N., & Kurniawan, A. F. (2017). *BIOPLASTIK PATI UMBI TALAS MELALUI PROSES MELT*. 2(2), 15.

- Purnavita, Sari. Subandriyo, Dyionisius Yoga, dan Anggraeni, Ayu. 2020. Penambahan Gliserol terhadap Karakteristik Bioplastik dari Komposit Pati Aren dan Glukomanan. *Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*. 16(1):19-25.
- Purwaningrum, Pramiati. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *JTL*. 8(2):141-147.
- Radhiyattullah, A. N. Indriyani, M. Hendra, dan S. Ginting. 2015. Pengaruh Berat Pati dan Volume Plasticizer Gliserol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Pati Kentang. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(3):35-9.
- Ragone, Diane, dan Elevitch, Craig R.. 2006. *Traditional Trees of Pacific Islands (Their Culture, Environment, and Use)*. Hawaii, Permanent Agriculture Resources (PAR).
- Rahayu, L. H., dan Purnavita, S. 2017. Optimasi Pembuatan Kitosan dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *REAKTOR*. 11(1):45-49.
- Rahmi, Siti Chairunnisa Aulia, dan Satibi, Loekman. 2014. Pengaruh Waktu Ekstraksi Kulit Buah Pisang Kepok dengan Pelarut HCl 0,1 N pada Pembuatan Pektin. *KONVERSI*. 3(2):47-53.
- Rhim, J. W., dan Wang, L. F. 2013. Mechanical and Water Barrier Properties of Agar/Carrageenan/Konjac Glucomannan Ternary Blend Biohydrogel Films. *Carbohydr. Polym.* 96(2):71-81.
- Ristianingsih, Y., Nata, I. F., Anshori, D. S., dan Putra, I. P. A. 2014. Pengaruh Konsentrasi HCL dan pH pada Ekstraksi Pektin dari Albedo Durian dan Aplikasinya pada Proses Pengentalan Karet. *Konversi*. 3(1):30-34.
- Ristianingsih, Yuli, Nata, Iryanti Fatyasari, Anshori, Dian Sylvana, dan Putra, I Putu Andhika. 2014. Pengaruh Konsentrasi HCl dan pH pada Ekstraksi Pektin dari Albedo Durian dan Aplikasinya pada Proses Pengentalan Karet. *Konversi*. 3(1):30-34.
- Rochmawati, Zuni Nur, Nabila, Faradina, Ainurrohmah, Cicik. 2018. Karakteristik Kitosan yang Diisolasi dari Cangkang Internal Cumi-

- Kerupuk di Kecamatan Mulyorejo Kota Surabaya (Kajian Proporsi Air Rebusan dengan Tepung Tapioka dan Konsentrasi NaHCO_3). *Thesis*. Malang, Universitas Brawijaya.
- Sarnacke, Phil, dan Wildes, Stephen. 2008. *Disposable Plastics, Consumer Disposable Agricultural Films*. Michigan, Omni Tech International.
- Satriawan, dan Illing, Ilmiati. 2017. Uji FTIR Bioplastik dari Limbah Ampas Sagu dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Jurnal Dinamika*. 8(2):1-13.
- Sawada, H. 1994. Field Testing of Biodegradable Plastic and Polymer. *Elsevier Journal of Science*. 12(2):32-40.
- Sisnayati, Hatina, Surya, Rahmi, Ani. 2019. Pengaruh Aditif Bawang Putih terhadap Karakteristik dan Biodegradasi Bioplastik dari Biji Durian. *Jurnal Ilmiah "TEKNIKA"*. 6(1):56-67.
- Seong Je, Park, Ji Eun, Lee, Jean Ho, Park, Min Young, Lyu, Keun, Park, Myung Sool, Koo, Sun Chul, Jin, Ki Yong, Kim, dan Yong, Son. 2017. FDM 3D Printing of Environmental Friendly and High Strength Bio-based PC Filaments for Baby Toys. *Elastomers and Composites*. 52(2):99-104.
- Setha, Beni, Rumata, Fitriani, dan Silaban, Bernita br. 2019. Karakteristik Kitosan dari Kulit Udang Vaname dengan menggunakan Suhu dan Waktu yang Berbeda dalam Proses Deasetilasi. *Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(3):498-507.
- Setiani, W., Sudiarti, T., dan Rahmidar, L. 2013. Preparation and Characterization of Edible Films from Polunlend Pati Sukun-Kitosan. *Valensi*. 3(2):100-109.
- Shihab, Muhammad Quraish. 2001. *Tafsir Al-Mishbah*. Jakarta, Lentera Hati.
- Sholekhawati, dan Sedyadi, Endaruji. 2020. Pengaruh Penambahan Pektin Kulit Jeruk Bali terhadap Sifat Mekanik Bioplastik Pati Garut. *Gontor AGROTECH Science Journal*. 6(3):369-391.
- Sikana, Arina M., Ningsih, Nur F., Saputri, Miftahul R., Wandani, Shelly A.T., Ambarwati, R. Pemanfaatan Limbah Cangkang Kupang sebagai Sumber Kitin dan Kitosan. *Sains dan Matematika*. 4(2):50-54.
- Stevens, M. P. 2001. *Kimia Polimer*. Jakarta, Pradnya Paramita.

- Sinaga, Rinaldi Febrianto, Ginting, Gita Minawarisa, Ginting, M. Hendra, dan Hasibuan, Rosdanelli. 2014. Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan saat Putus Bioplastik dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 3(2):19-24.
- Simamarta, Esmeralda Oktaviani, Hartiati, Amna, dan Harsojuwono, Bambang Admadi. 2020. Karakteristik Komposit Bioplastik dalam Variasi Rasio Pati Umbi Talas (*Xanthosoma sagittifolium*) – Chitosan. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*. 5(2):75-80.
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). 2021. Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah. Diakses pada November 2021. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Stefunny, Zaharah, Titin Anita, dan Harlia. 2016. Sintesis, Karakterisasi dan Aplikasi Kitosan dari Cangkang Udang Wangkang (*Penaeus orientalis*) sebagai Koagulan dalam menurunkan Kadar Bahan Organik pada Air Gambut. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 5(3):52-59.
- Suarsa, I Wayan. 2016. *Analisis Gugus Fungsi pada Bensin dengan Spektrofotometri Infra Merah*. Bali, Universitas Udayana.
- Setijawati, Dwi, Yahya, dan Ersyah, Dinda. 2021. Pengaruh Derajat Deasetilasi Kitosan dengan Perlakuan Alkali Berbeda terhadap Kualitas *Edible Film*. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 5(2):267-284.
- Sudarmadji, Slamet, Haryono, Bambang, dan Suhardi. 2003. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta, Liberty.
- Sulestiani, Aniek, Pangestu, Moch. Astral, Agustin, Titiek Indhira, dan Wahyuningtyas, Reny. 2021. *Wirausaha Kupang*. Surabaya, Unitomo Press.
- Sulihono, A., Tarihoran, B., dan Agustina, T. E. 2012. Pengaruh Waktu, Temperatur, dan Jenis Pelarut terhadap Ekstraksi Pektin dari Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima*). *Jurnal Teknik Kimia*. 18(4):1-8.
- Sulistiyani, Priyambodo, Erfan, dan Yogantari, Larasti. 2015. Purifikasi Silika dari Pasir Vulkanik Gunung Merapi sebagai Bahan Baku Fotovoltaik. *Jurnal Sains Dasar*. 4(2):122-127.

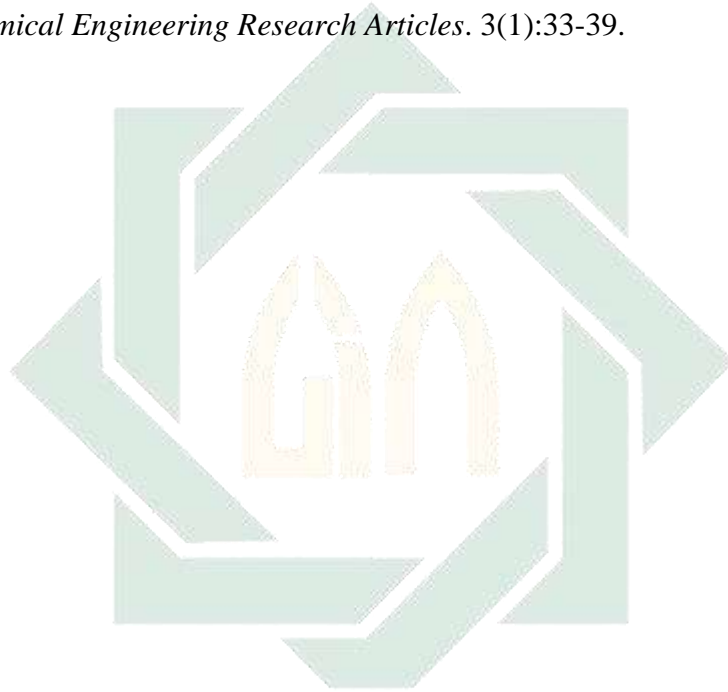
sampah Sembarangan dan Menentukan Lokasi TPA di Dusun Deles Desa Jagonayan Kecamatan Ngablak. Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan. 3(1):21-27.

- Widyaningsih, Senny, Kartika, Dwi, dan Nurhayati, Yuni Tri. 2012. Pengaruh Penambahan Soritol dan Kalsium Karbonat terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Molekul. 7(1):69-81*
- Winarti, Ariesta, Aprilia, dan Salamah, Ella. 2008. Karakteristik Mutu dan Kelarutan Kitosan dari Ampas Silase Kepala Udang Windu (*Penaeus monodon*). *Buletin Teknologi Hasil Perikanan. 11(2):140-151.*
- Windari, Nadila Nur Rahma, Fauziah, Siti Isnaini, Juniar, Anisya Eka, dan Purnomo, Tarzan. 2019. Biobakterisida Kitosan Cangkang Kerang Darah sebagai Anti Bakteri *Ralstonia solanacearum*. *Proceeding Biology Education Conference, 4-5 November 2019. Indonesia.*
- Wulandari, W. T., Nurzaman, Pratita, A. T. K., & Idacahyati, K. (2020). Pengaruh Variasi Konsentrasi NaOH Terhadap Nilai Derajat Deasetilasi Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis L*): The Effect of NaOH Concentration on The Value of The Deacetylation Degree of Chitosan from Green Mussels Shell Waste (*Perna viridis L*). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia, 6(3), 171–176.*
- <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i3.15277>
- Wulandari, W. T., Puspitasari, R., & Aprilia, A. Y. (2020). Antioxidant Activity of Chitosan from the Waste of Green Mussels Shell (*Perna Viridis L*). *The Proceedings of the 2nd Bakti Tunas Husada-Health Science International Conference (BTH-HSIC 2019)*. 2nd Bakti Tunas Husada-Health Science International Conference (BTH-HSIC 2019), Tasikmalaya, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.200523.010>

- Yaradoddi, J. S., Banapurmath, N. R., Ganachari, S. V., Soudagar, M. E. M., Sajjan, A. M., Kamat, S., Mujtaba, M. A., Shettar, A. S., Anqi, A. E., Safaei, M. R., Elfasakhany, A., Siddiqui, M. I. H., & Ali, M. A. (2021). Bio-based material from fruit waste of orange peel for industrial applications. *Journal of Materials Research and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.016>
- Yudistirani, Sri Anastasia, Susanty, dan Deddy, Reva. 2019. Pengaruh Variasi Konsentrasi Gliserol dari Minyak Jelantah terhadap Nilai Uji Tarik Bioplastik dari Pemanfaatan Limbah Kulit Ari Kacang Kedelai. *Jurnal Konversi*. 8(1):55-60.
- Yuniar, Is. 2019. *Kupang Putih (Corbula faba) & Kupang Merah (Musculista senhousia) KUPANG Bentos Habitat Asli Pantai Surabaya Timur*. Surabaya, Hang Tuah Press.
- Yustinah, Noviyanti, Sri, Hasyim, Ummul Habibah, dan Syamsudin. 2019. Pengaruh Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dari Rumput Laut *Gracia* sp. dengan Pemplastis Sorbitol. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Jakarta, Diadakan pada 16 Oktober 2019.
- Zahiruddin, Winarti, Aprilia Ariesta, dan Salamah, Ella. 2008. Karakteristik Mutu dan Kelarutan Kitosan dari Ampas Silase Kelapa Udang Windu (*Penaeus monodon*). *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 11(2):140-151.
- Zahiruddin, Winarti, Erungan, Anna C., dan Wiraswanti, Ira. 2008. Pemanfaatan Karagenan dan Kitosan dalam Pembuatan Bakso Ikan Kurisi (*Nemipterus memtophorus*) pada Penyimpanan Suhu Dingin dan Beku. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 11(1):40-52.
- Zerega, Nyree, Ragone, Diane, Motley, Timothy. 2005. Systematics and Species Limits of Breadfruit (*Artocarpus*, Moraceae). *Systematics Botany*. 30(3):603-615.

Ziralou, Yan Piter Basman, dan Duha, Markus. 2020. Diversity Study of Fruit Producer Plant in Nias Islands. *Jurnal Inovasi Penelitian*. 1(4):683-694.

Zuchrillah, Daril Ridho, Pudjiastuti, Lilly, Puspita, Niniek Fajar, Hamzah Afan. 2020. Karakteristik Biokomposit *Edible Film* dari Campuran Kitosan dan Pektin Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*). *Chemical Engineering Research Articles*. 3(1):33-39.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A