

**IDENTIFIKASI DAYA HAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI
(*Escherichia Coli*) PADA PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI
PATI KULIT PISANG KEPOK (*Musa Paradisiaca linn*)
DIKOMBINASI DENGAN TITANIUM DIOKSIDA (TiO_2)
SEBAGAI PENYALUT MAKANAN**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

AQBAR WILMULDA

NIM. 190704004

Mahasiswa program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry



PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY

BANDA ACEH

2022 M/1444 H

LEMBARAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI DAYA HAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI
(*Escherichia Coli*) PADA PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI
PATI KULIT PISANG KEPOK (*Musa Paradisiaca linn*)
DIKOMBINASI DENGAN TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂)
SEBAGAI PENYALUT MAKANAN**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry
Sebagai Salah Satu Persyaratan Penulisan Skripsi
Dalam Ilmu Kimia

Oleh:

AQBAR WILMULDA

NIM. 190704004

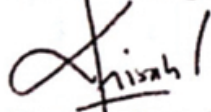
**Mahasiswa program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry**

Disetujui Oleh:

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Pembimbing I,



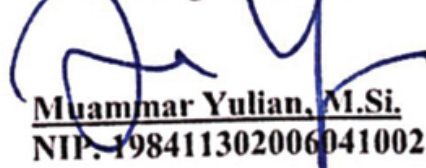
Dr. Khairun Nisah, M.Si.
NIP. 197902162014032001

Pembimbing II,



Muammar Yulian, M.Si.
NIP. 198411302006041002

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Muammar Yulian, M.Si.
NIP. 198411302006041002

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI

**IDENTIFIKASI DAYA HAMBAT PERTUMBUHAN BAKTERI
(*Escherichia Coli*) PADA PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI
PATI KULIT PISANG KEPOK (*Musa Paradisiaca linn*)
DIKOMBINASI DENGAN TITANIUM DIOKSIDA (TiO_2)
SEBAGAI PENYALUT MAKANAN**

SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Kimia

Pada Hari/Tanggal: Rabu/16 Desember 2022
22 Jumaidil Awal 1444

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



Dr. Khairun Nisah, M.Si.
NIP. 197902162014032001

Sekretaris,



Muammar Yulian, M.Si.
NIP. 198411302006041002

Penguji I,



Muslem, M.Sc.
NIP. 199006062020121011

Penguji II,



Muhammad Ridwan Harahap, M.Si
NIP. 198611272014031003

Mengetahui

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry



Dr. If. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aqbar Wilmulda

NIM : 190704004

Program Studi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Identifikasi Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri (*Escherichia Coli*) Pada Plastik *Biodegradable* Dari Pati Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca Linn*) Dikombinasi Dengan Titanium Dioksida (TiO_2) Sebagai Penyalut Makanan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiat terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya dan telah ditemukan bukti yang dapat dipertanggung jawabkan dan memang benar adanya bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenakan sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 16 Desember 2022

Yang menyatakan,



Aqbar Wilmulda
NIM. 190704004

ABSTRAK

Nama : Aqbar Wilmulda
NIM : 190704004
Program Studi : Kimia
Judul : Identifikasi Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri
(*Escherichia Coli*) Pada Plastik Biodegradable Dari Pati
Pisang Kepok (*Musa Paradisiacal Inn*) Dikombinasi
Tanggal Sidang : 14 Desember 2022
Tebal Skripsi : 56 Lembar
Pembimbing I : Dr. Khairun Nisah, M.Si.
Pembimbing II : Muammar Yulian, M.Si.
Kata Kunci : Plastik *Biodegradable*, Kulit Pisang, Titanium Dioksida
(TiO₂)

Plastik *biodegradable* merupakan plastik biopolimer yang terbuat dari bahan dasar pati, yang dapat dengan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga dapat menjadi alternatif pengganti plastik yang tersedia secara komersial. Pati kulit pisang berpotensi sebagai bahan baku sintesis plastik *biodegradable* dengan penambahan gliserin dan logam titanium dioksida (TiO₂) sebagai antibakteri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan kecepatan degradasi plastik *biodegradable* dengan kombinasi titanium dioksida sebagai penyalut makanan. Dalam penelitian ini, dilakukan dua variasi sintesis plastik *biodegradable* dikombinasi dengan TiO₂ (0 gr dan 0,5 gr). Karakteristik dan pengujian meliputi analisa FTIR (*Fourier Transformed Infrared*) analisa SEM EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*), uji biodegradasi, uji serapan air dan uji aktivitas bakteri. Sifat plastik *biodegradable* dikombinasi dengan TiO₂ dengan persentase ketahanan air 98,97%, laju degradasi 20 hari dengan penguraian massa 21,26% dan mempunyai diameter zona hambat aktivitas bakteri 6,41 mm. Plastik *biodegradable* yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi gugus fungsinya menggunakan FTIR dengan gugus C-O (eter), O-H, C-H yang menandakan bahwa bahan bioplastik tersebut sangat mudah untuk terdegradasi karena struktur senyawa merupakan senyawa organik.

ABSTRACT

Name : Aqbar Wilmulda
NIM : 190704004
Study Program : Chemistry
Title : Identification of Bacterial (*Escherichia Coli*) Growth Inhibition on Biodegradable Plastics from Kepok Banana Starch (*Musa Paradisiacal linn*) Combination With Titanium Dioxide (TiO₂) As a Food Coating
Session Date : 14 December 2022
Thesis Thickness : 56 Sheets
Advisor I : Dr. Khairun Nisah, M.Si.
Advisor II : Muammar Yulian, M.Si
Keywords : Biodegradable Plastic, Banana Peel, Titanium Dioxide (TiO₂)

Biodegradable plastic is a biopolymer plastic made from starch, which can be easily degraded by microorganisms so that it can be an alternative to commercially available plastics. Banana peel starch has potential as raw material for synthetic biodegradable plastics with the addition of glycerin and titanium dioxide metal (TiO₂) as antibacterial. The purpose of this study was to determine the growth activity of Escherichia coli bacteria and the rate of degradation of biodegradable plastics in combination with titanium dioxide as a food coating. In this study, two synthetic variations of biodegradable plastic combination with TiO₂ (0 gr and 0.5 gr) were carried out. Characteristics and tests include FTIR (Fourier Transformed Infrared) analysis, SEM EDX (Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray) analysis, biodegradation test, water absorption test and bacterial activity test. The properties of biodegradable plastic combination with TiO₂ with a percentage of water resistance of 98.97%, a degradation rate of 20 days with mass decomposition 21,26% and a diameter of the zone of inhibition of bacterial activity of 6.41 mm. The resulting biodegradable plastics were then characterized by their functional groups using FTIR with the C-O (eter), O-H, C-H groups which indicated that the bioplastic material was very easy to degrade because the structure of the compound is an organic compound.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur ke hadirat Allah *Subhannahu Wata'ala* yang telah menganugerahkan Al-Qur'an sebagai *huda li an-nas* (petunjuk bagi seluruh manusia) dan *rahmatan li 'al-alamin* (rahmat bagi segenap alam), sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad *Shallallahu 'Alaihi wasallam* beserta keluarganya, para sahabatnya dan seluruh umatnya yang selalu *istiqomah* hingga akhir zaman. Penulis dalam kesempatan ini mengambil judul skripsi "*Identifikasi Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri (Escherichia Coli) Pada Plastik Biodegradable Dari Pati Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiaca Linn) Dengan Kombinasi Titanium Dioksida (TiO₂) Sebagai Penyalut Makanan*".

Penulisan skripsi bertujuan untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap terakhir pada Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan untaian doanya selama ini, semua pihak yang telah membantu membuat dan menyelesaikan skripsi, penulis juga mendapatkan banyak pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berarti. Oleh karena itu, tak lupa pula ucapan terimakasih penulis kepada:


1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Muammar Yulian, M.Si., selaku Ketua Prodi Kimia dan sebagai Dosen Pembimbing Kedua Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Ibu Dr. Khairun Nisah, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Pertama Skripsi Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Muslem, M.Sc., selaku Dosen Penguji Pertama Skripsi Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

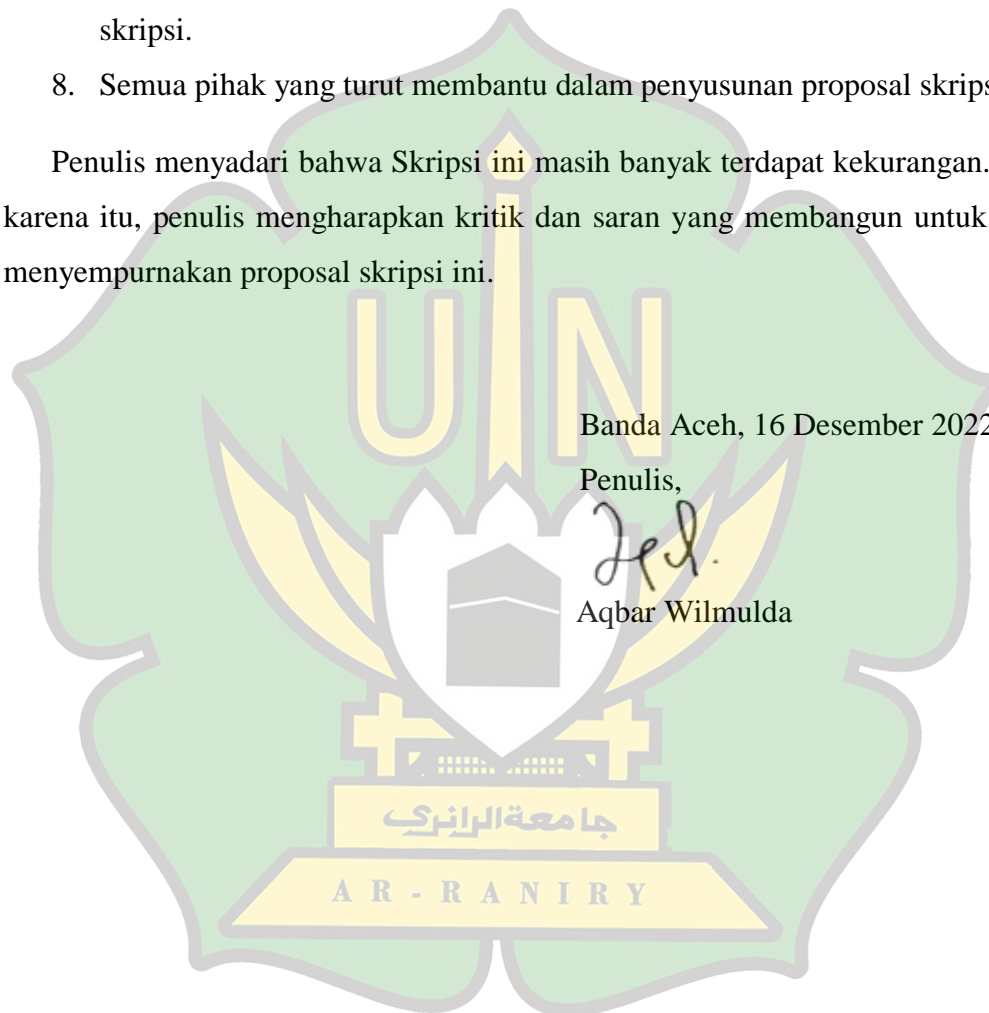
5. Bapak Muhammad Ridwan Harahap, M.Si., selaku Dosen Penguji Kedua Skripsi Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Seluruh Ibu/Bapak Dosen dan Staff di Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
7. Semua teman-teman seperjuangan angkatan 2019 yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama penulis membuat dan menyelesaikan skripsi.
8. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk lebih menyempurnakan proposal skripsi ini.

Banda Aceh, 16 Desember 2022

Penulis,


Aqbar Wilmulda



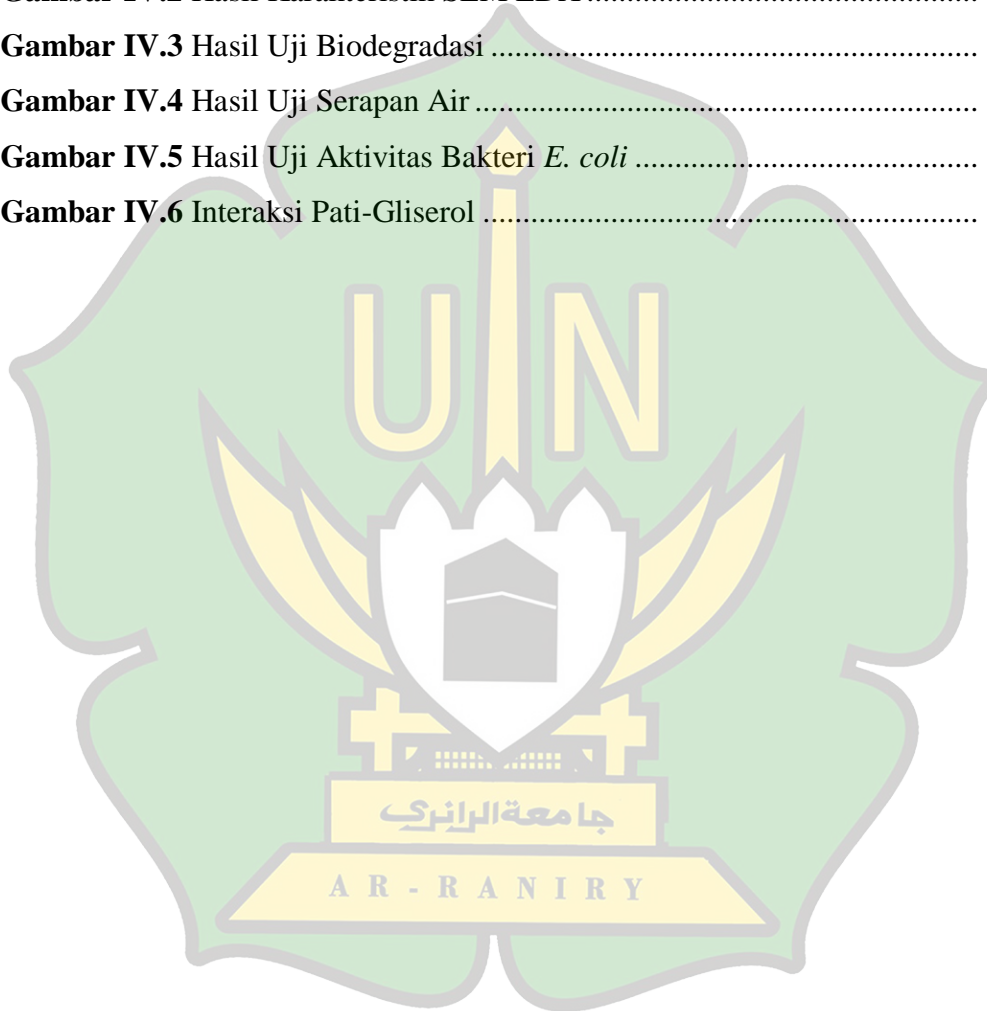
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Manfaat Penelitian	3
I.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Kulit Pisang.....	4
II.2 Pati.....	4
II.3 Gliserol.....	7
II.4 Logam TiO ₂	8
II.5 Plastik <i>Biodegradable</i>	10
II.6 Karakteristik Plastik <i>Biodegradable</i>	12
II.6.2 Analisis Spektrofotometer FTIR	12
II.6.3 Analisis Spektrofotometer SEM EDX.....	13
II.7 Uji Plastik <i>Biodegradable</i>	15
II.7.1 Hasil Uji Biodegradasi	14
II.7.2 Hasil Uji Serapan Air	15
II.7.3 Hasil Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri <i>E. coli</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
III.1 Waktu dan Tempat.....	17
III.2 Alat dan Bahan	17
III.3 Prosedur Kerja	17

III.4 Karakteristik Plastik <i>Biodegradable</i>	18
III.4.1 Analisis Spektrofotometer FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>) .	18
III.4.2 Analisis Spektrofotometer SEM EDX	18
III.5 Uji Plastik <i>Biodegradable</i>	19
III.5.1 Uji Biodegradasi	19
III.5.2 Uji Serapan Air	19
III.5.3 Uji Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri <i>E.coli</i>	19
III.6 Alur Metode.....	20
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	21
IV.1 Hasil Penelitian.....	21
IV.1.1 Hasil Sintesis Plastik <i>Biodegradable</i>	21
IV.1.2 Hasil Analisis Spektrofotometer FTIR	22
IV.1.3 Hasil Analisis Spektrofotometer SEM EDX.....	23
IV.1.4 Hasil Uji Biodegradasi.....	25
IV.1.5 Hasil Uji Serapan Air.....	25
IV.1.6 Hasil Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri <i>E. coli</i>	26
IV.2 Pembahasan.....	26
IV.2.1 Hasil Ekstrak Pati dan Sintesis Plastik <i>Biodegradable</i>	26
IV.2.2 Hasil Analisis Spektrofotometer FTIR	28
IV.2.3 Hasil Analisis Spektrofotometer SEM EDX.....	29
IV.2.4 Hasil Uji Biodegradasi.....	30
IV.2.5 Hasil Uji Serapan Air.....	30
IV.2.6 Hasil Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri <i>E. coli</i>	31
BAB V PENUTUP	33
V.1 Kesimpulan.....	33
V.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	40

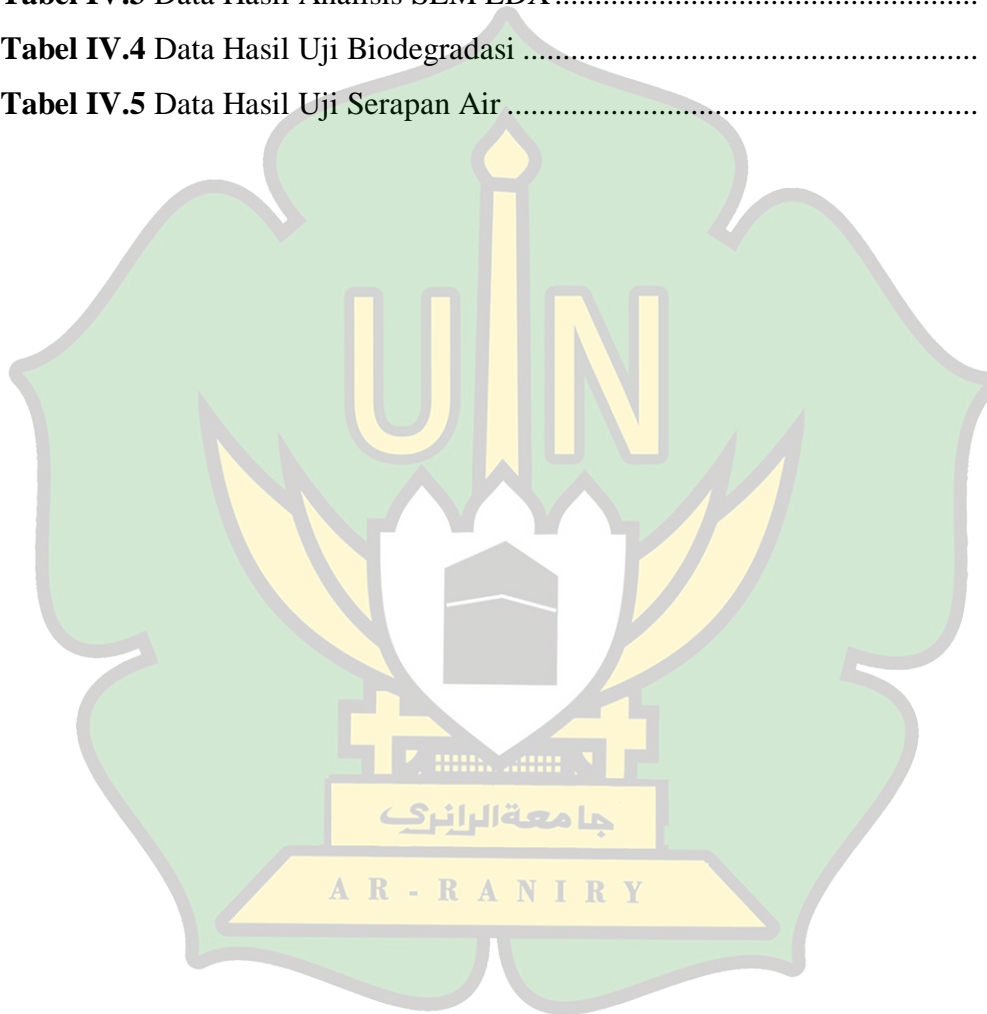
DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Struktur Pati.....	6
Gambar II.2 Struktur Gliserol	7
Gambar II.3 Struktur Logam Titanium Dioksida.....	10
Gambar III.1 Bagan Alir Uji Karakteristik Plastik <i>Biodegradable</i>	20
Gambar IV.1 Hasil Karakteristik FTIR	22
Gambar IV.2 Hasil Karakteristik SEM EDX	24
Gambar IV.3 Hasil Uji Biodegradasi	25
Gambar IV.4 Hasil Uji Serapan Air	25
Gambar IV.5 Hasil Uji Aktivitas Bakteri <i>E. coli</i>	26
Gambar IV.6 Interaksi Pati-Gliserol	27



DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Kandungan Senyawa Dalam Kulit Pisang	5
Tabel II.2 <i>Plasticizer</i> dan Kompatibilitas	8
Tabel II.3 Frekuensi Vibrasi Inframerah.....	13
Tabel IV.1 Data Hasil Sintesis Plastik <i>Biodegradable</i>	21
Tabel IV.2 Analisis Gugus Fungsi Plastik <i>Biodegradable</i>	23
Tabel IV.3 Data Hasil Analisis SEM EDX.....	24
Tabel IV.4 Data Hasil Uji Biodegradasi	25
Tabel IV.5 Data Hasil Uji Serapan Air	25



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi polimer plastik telah membawa banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Bahan sintesis plastik merupakan bahan dengan struktur molekul yang sangat kompleks, sehingga menyulitkan mikroorganisme untuk menguraikan plastik akibatnya dapat mencemari dan merusak lingkungan. Plastik banyak digunakan dalam industri makanan sebagai alat pengemasan makanan karena keuntungannya sebagai berikut: transparan, *fleksibel*, ringan, tahan air dan tidak korosif (Hidayati, 2021). Plastik kemasan dapat menjadi wabah penyakit karena plastik dapat tercemari oleh bakteri patogen yang dapat tumbuh dan berkembang biak selama masa simpan produk makanan sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia (Nisah, 2017).

Penelitian tentang plastik *biodegradable* menjadi salah satu solusi dari masalah di atas yang terus dikembangkan selama dua dekade terakhir. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dikembangkan dari bahan baku terbarukan seperti minyak nabati, aneka tepung (tepung jagung, tepung kentang, tepung biji nangka, tepung tapioka, tepung beras, gluten gandum), selulosa dan polimer yang dihasilkan oleh aktivitas mikroba (Maryuni, 2018).

Pati merupakan bahan yang umum digunakan untuk sintesis plastik *biodegradable*. Sumber pati terdapat pada buah-buahan dan umbi-umbian seperti singkong, ubi jalar, sagu, jagung, pisang dan cempedak (Santoso *et al*, 2019). Pisang memiliki kapasitas produksi yang cukup besar sebagai bahan pangan, namun pemanfaatan kulitnya kurang memadai. Hal ini memungkinkan kulit pisang dapat digunakan sebagai sumber pati alternatif, semakin banyak orang menyukai pisang, semakin banyak pula limbah kulit pisangnya. Oleh karena itu, produksi plastik *biodegradable* dari pati kulit pisang perlu dipertimbangkan sebagai solusi pengurangan sampah. Maka pada saat ini penggunaan plastik, sebagai kemasan memberikan tantangan agar plastik bisa tahan terhadap bakteri dan secara alami terdegradasi oleh mikroorganisme sehingga tidak menyebabkan pencemaran lingkungan. Dalam hal ini, usaha peneliti merencanakan penambahan logam titanium dioksida (TiO_2) pada plastik *biodegradable*.

Logam titanium dioksida (TiO_2) memiliki efek pengoksidasi yang kuat pada protozoa. Studi lain juga menunjukkan bahwa fotokatalis TiO_2 dapat menghambat pertumbuhan sel bakteri patogen seperti *E. coli*, *Staphylococcus Aureus* dan *Bacillus Subtilis* (Rilda *et al*, 2010). Pengaruh proses oksidasi oleh TiO_2 dapat mengganggu membran sel bakteri dan menghambat aktivitas bakteri tersebut. Hal ini dapat menyebabkan bakteri mati dan membusuk sendiri. Kelebihan TiO_2 dibandingkan dengan material semikonduktor lainnya adalah tidak bersifat toksik, harga yang relatif lebih murah, stabilitas kimia yang sangat baik, stabilitas termal yang cukup tinggi, aktivitas fotokatalitik yang tinggi, kemampuannya dapat digunakan berulang kali tanpa kehilangan aktivitas katalitiknya (Rohman, 2015) dan tidak bersifat aglomerasi/agregasi dibandingkan dengan logam zink oksida (ZnO) (Eddy *et al*, 2016).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Nisah (2018) dengan menggunakan gliserol pada pembuatan plastik *biodegradable* dari batang rubik untuk menyelidiki pengaruh daya toksisitas terhadap pertumbuhan bakteri *E. coli*. Hasil dari penelitian ini terlihat *plasticizer* ditemukan zona hambat sehingga *plasticizer* ini tidak mempunyai indikasi sifat antiseptik terhadap bakteri *E. coli*. Berdasarkan latar belakang diatas, maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan logam titanium dioksida (TiO_2) pada plastik *biodegradable* dari pati kulit pisang kepok untuk menentukan daya hambat pertumbuhan bakteri *E. coli* sebagai penyalut makanan.

I.2 Rumusan Masalah

Bakteri *Escherichia coli* adalah bakteri yang kemungkinan dapat ditemukan pada makanan. Namun belum ada kajian mengenai identifikasi daya hambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dari plastik *biodegradable* dengan kombinasi titanium dioksida (TiO_2). Oleh karena itu pertanyaan yang akan dijawab pada penelitian ini adalah

1. Apakah plastik *biodegradable* dengan kombinasi titanium dioksida dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* sebagai penyalut makanan

2. Berapa lama laju degradasi plastik *biodegradable* dengan kombinasi titanium dioksida

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui aktivitas pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* terhadap plastik *biodegradable* dengan kombinasi titanium dioksida sebagai penyalut makanan dan untuk mengetahui kecepatan degradasi plastik *biodegradable* dengan kombinasi titanium dioksida

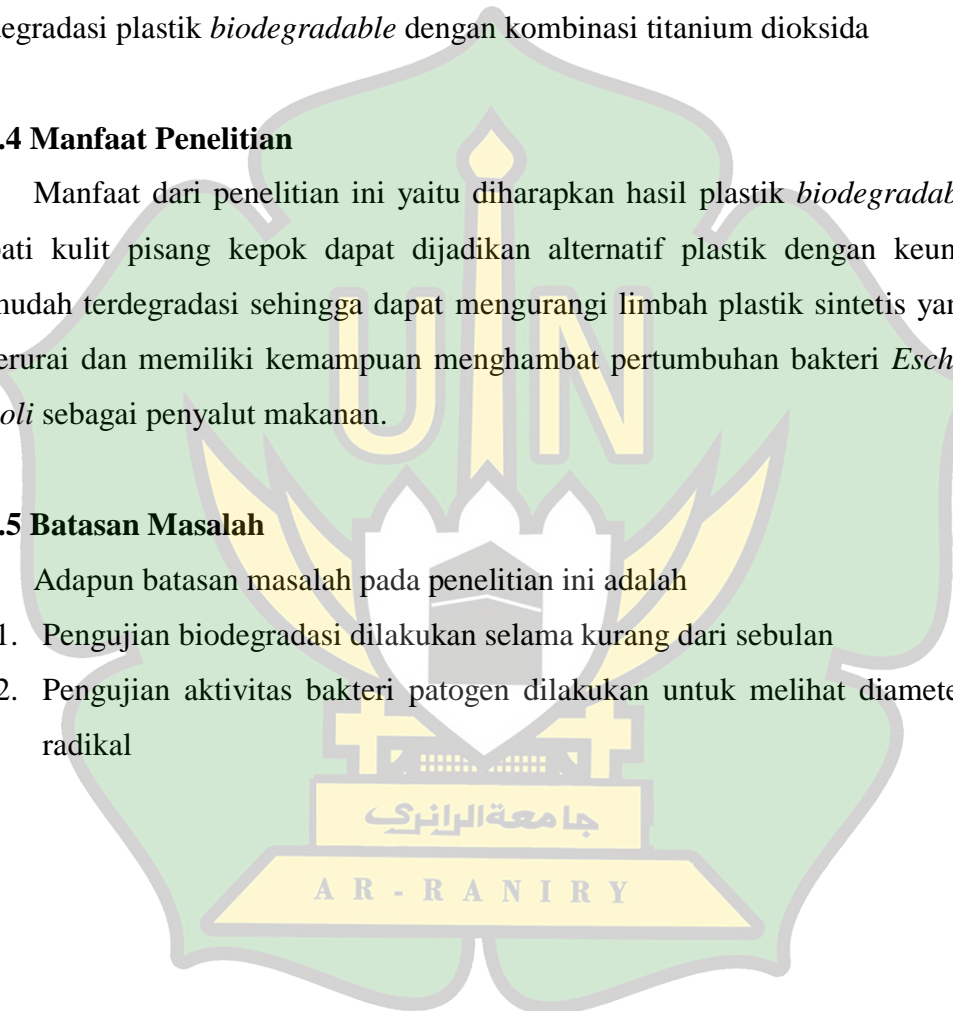
I.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan hasil plastik *biodegradable* dari pati kulit pisang kepok dapat dijadikan alternatif plastik dengan keunggulan mudah terdegradasi sehingga dapat mengurangi limbah plastik sintesis yang sulit terurai dan memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* sebagai penyalut makanan.

I.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah

1. Pengujian biodegradasi dilakukan selama kurang dari sebulan
2. Pengujian aktivitas bakteri patogen dilakukan untuk melihat diameter zona radikal



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kulit Pisang

Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan tanaman yang mudah tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Pisang merupakan buah yang paling banyak diproduksi di dunia setelah jeruk. Pisang memiliki nilai bergizi yang tinggi dan mudah dicerna, sebagai ilustrasi, pisang membutuhkan waktu sekitar 105 menit untuk dicerna tubuh, sedangkan apel membutuhkan waktu 210 menit. Di Indonesia, ada berbagai jenis pisang, yaitu pisang susu, pisang mas, pisang ambon, pisang, pisang kepok dan pisang tanduk. Pemanfaatan buah pisang sebagai bahan makanan akan menghasilkan limbah kulit pisang. Limbah kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan plastik *biodegradable* (Purbasari *et al*, 2020). Pisang (*Musa paradisiaca*) juga merupakan salah satu buah yang populer di Indonesia karena mudah ditemukan dan harganya terjangkau. Total produksi dan konsumsi pisang Indonesia pada tahun 2018 sebesar 7,3 juta ton dan 59.912 kg/orang/tahun (BPS, 2018). Hal ini akan berdampak pada banyaknya limbah kulit pisang.

Pisang kepok (*Musa paradisiaca linn*) memiliki rasa yang enak dan sering digunakan sebagai makanan olahan seperti pisang goreng, pisang setengah matang, pisang sale, keripik pisang dan lain-lain, namun kulit pisang masih belum banyak dimanfaatkan (Rustanti, 2018), padahal kulit pisang juga memiliki kandungan gizi yang baik antara lain protein, lemak dan pati hingga 8,6%; 13,1%; dan 10,32% (Yosephine *et al.*, 2012 dan Dewati *et al*, 2008).

Kulit pisang merupakan bagian dari limbah pertanian yang kini melimpah dan harganya sangat murah. Limbah kulit pisang membentuk sekitar 30% dari berat seluruh buah mentah. Kulit pisang kaya akan karbohidrat, selulosa, vitamin, protein dan berbagai mineral. Saat ini limbah kulit pisang dibuang di tempat terbuka dan dapat menimbulkan masalah lingkungan (Nurdyansyah *et al*, 2018).

Pohon pisang merupakan tanaman yang tumbuh di daerah tropis. Kulit pisang mengandung banyak senyawa yang dapat dimanfaatkan. Tabel II.1 Kandungan pati pada kulit pisang cukup tinggi yaitu 12,8%. Pada penelitian ini pati pada kulit

pisang akan digunakan sebagai bahan pengikat sehingga mengurangi limbah dan meningkatkan nilai ekonomis kulit pisang.

Tabel II.1 Kandungan Senyawa Dalam Kulit Pisang

Senyawa	Kandungan (g/100 g berat kering)
Protein	8,6
Lemak	13,1
Pati	12,8
Abu	15,3
Serat Total	50,3

(Sumber: Yosephine *et al*, 2012)

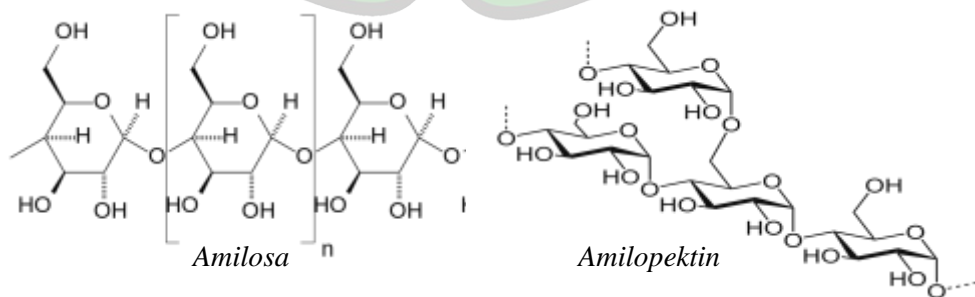
II.2 Pati

Plastik *biodegradable* dapat didefinisikan sebagai plastik yang berasal dari sumber daya alam terbarukan. Penggunaan plastik *biodegradable* sebagai bahan kemasan seharusnya menjadi salah satu cara untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh plastik konvensional. Bahan yang dapat digunakan untuk memproduksi plastik *biodegradable* adalah polisakarida, protein dan lemak. Salah satu sifat plastik *biodegradable* yang menjadi kelemahan adalah sifatnya yang getas atau tidak *fleksibel* seperti plastik konvensional. Sifat rapuh plastik *biodegradable* dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan pelembut atau *plasticizer*. *Plasticizer* biasanya berukuran molekul kecil sehingga dapat memperbaiki dan mengubah struktur molekul polimer menjadi lebih *fleksibel* serta mencegah terbentuknya rongga dan retakan pada matriks polimer. Gliserol dan sorbitol merupakan *plasticizer* yang banyak digunakan pada plastik *biodegradable* dari polisakarida (Purbasari *et al*, 2020).

Pati adalah bahan baku yang paling menarik untuk pengembangan dan produksi plastik *biodegradable*. Pati disimpan di berbagai tanaman sebagai partikel mikroskopis. Pati benar-benar *biodegradable* dibawah kondisi lingkungan yang berbeda. Pati dapat dihidrolisis menjadi glukosa oleh mikroorganisme atau enzim dan kemudian diubah menjadi karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O) (Putri *et al*, 2019).

Pati adalah simpanan karbohidrat utama pada tanaman. Pati disimpan sebagai butiran semi-kristal yang tidak larut dalam jaringan penyimpanan (sereal, umbi-umbian, akar) dan pada tingkat yang lebih rendah di sebagian besar jaringan tanaman vegetatif. Pati tersusun dari senyawa amilosa dan amilopektin, amilosa pada dasarnya adalah senyawa tidak bercabang [α 1-4, yang menghubungkan glukosa] sedangkan amilopektin ialah yang membentuk rantai yang bercabang [α 1-6] glukosa yang tersusun dalam struktur bercabang tinggi. Kadar air butiran pati asli sekitar 10%. Amilosa dan amilopektin merupakan 98-99% dari berat kering butiran asli dengan sisanya berupa sejumlah kecil lipid, mineral dan fosfor dalam bentuk fosfat menjadi hidroksil glukosa. Granula pati berkisar dalam ukuran (diameter 1-100) dan bentuk (poligonal, bulat, *lenticular*) dan dicirikan oleh kandungan molekul amilopektin, struktur penyerapan amilopektin, dan kristalinitas (Copeland *et al*, 2008)

Pati terbentuk secara alami dalam sel tumbuhan dalam bentuk butiran individu. Partikel-partikel ini dapat dilihat sebagai sebagian kristal dan sebagian yang lain dalam struktur polimer amorf. Kristalinitas granula pati yang umum terutama dikaitkan dengan rantai molekul amilopektin dalam granula, sementara amilosa berbentuk polimer amorf yang didistribusikan secara acak diantara kelompok amilopektin. Selama memasak atau memproses pati pada suhu tertentu biasanya menjadi gelatin. Pembengkakan yang *irreversibel* atau bahkan pembengkakan granula pada pati. Degradasi granula pati tergantung pada tingkat keparahan pengobatan yang diterapkan. Perilaku pati tergelatinisasi selama pendinginan dan penyimpanan yang biasa disebut sebagai retrogradasi, sangat menarik bagi para ilmuwan (Abd Karim *et al*, 2000).

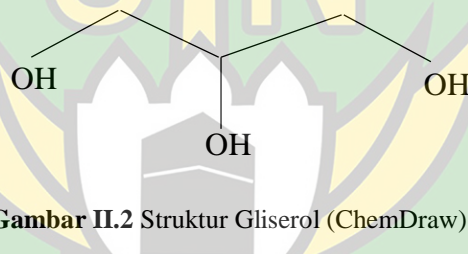


Gambar II.1 Struktur Pati

II.3 Gliserol

Gliserol merupakan salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan karena cukup efektif dalam mereduksi ikatan hidrogen internal, sehingga akan meningkatkan jarak antar molekul. Gliserol adalah *plasticizer* hidrofilik, sehingga cocok untuk resin hidrofobik seperti pati. Untuk itu perlu ditentukan kondisi optimal rasio glukomanan terbaik terhadap pati kelapa sawit dan jumlah gliserol untuk menghasilkan plastik *biodegradable* dengan sifat ketahanan air, kekuatan tarik dan elongasi yang baik pada akhir proses tarik (Purnavita *et al*, 2020).

Gliserol adalah komponen utama dari semua minyak dan lemak, dalam bentuk ester yang disebut gliserol. Sebuah molekul trigliserida terdiri dari satu molekul gliserol yang terikat pada tiga molekul asam lemak. Gliserol memiliki banyak aplikasi dalam pembuatan produk rumah tangga, industri dan farmasi. Saat ini, nama gliserol mengacu pada senyawa kimia murni komersial yang dikenal sebagai gliserin (Melani *et al*, 2017).



Gambar II.2 Struktur Gliserol (ChemDraw)

Gliserin ($C_3H_8O_3$) adalah *plasticizer* yang paling umum digunakan dalam produksi. Plastik *biodegradable* menggunakan mikroalga seperti terlihat pada Tabel II.2. Gliserol membuat makromolekul semakin tersedia untuk proses degradasi fleksibilitas dan ekstensibilitas menyebabkan produk kaya akan fase dan peningkatan perpanjangan. Kemampuan *plasticizer* gliserol, asam oktanoat, dan 1,4-butanediol oleh gluten gandum dan mikroalga sebagai pengisi, hal ini dijelaskan dalam penelitian Ciapponi *et al*. (2019). Setelah berbagai tes telah menunjukkan bahwa gliserin dan 1,4-butanediol dapat dapat diimplementasikan dalam proses *plasticizer* secara efisien berdasarkan permeabilitasnya terhadap air (Cinar *et al*, 2020).

Tabel II.2 *Plasticizer* dan Kompatibilitas

<i>Plasticizer</i> dan Kompatibilitas	Rumus Kimia
Gliserin	$C_3H_8O_3$
Asam Oktanoat	$C_8H_{16}O_2$
1,4-butanediol	$C_4H_{10}O_2$
EG	$C_2H_6O_2$
CMC	-

(Sumber : Cinar *et al*, 2020)

Kompatibilitas dalam dua senyawa antara senyawa polimer kompatibel dengan polimer target lain yang digunakan untuk menggabungkan dua polimer (Biron *et al*, 2016). Kompatibilitas proses meningkatkan kekuatan mekanik biopolimer yang bersifat heterogen, dari berbagai jenis *compatibilizer* seperti campuran maleat anhidrida dan karet etilena/propilena dapat digunakan Polietilen-co-glisidil metakriloil karbamat dan dietil suksinat yang dicangkokkan (Gozan *et al*, 2018).

II.4 Logam TiO_2

Titanium (Ti) merupakan unsur yang paling melimpah (0,63%) di kerak bumi dan hanya dilampaui oleh O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K dan Mg dalam kelimpahan unsur. Titanium dioksida juga dikenal sebagai Titania (TiO_2), dapat terbentuk dalam tiga polimorf yaitu anatase, rutil dan brookite yang merupakan bahan oksida logam multifungsi. Sejak awal abad ke-20, bahan TiO_2 telah digunakan secara komersial sebagai aditif tabir surya dan pigmen pemutih. Penerapan bahan TiO_2 umum ini terutama diuntungkan dari sifat fisik dan kimia dasarnya seperti indeks bias tinggi, penyerapan sinar UV yang kuat, stabilitas kimia yang sangat baik dan karakteristik tanah subur. Pada tahun 1972, Fujishima dan Honda menemukan bahwa pemisahan air terjadi pada elektroda TiO_2 di bawah iradiasi ultraviolet (UV). Karya perintis ini segera membangkitkan minat ahli kimia dan upaya besar telah dicurahkan untuk mencari bahan TiO_2 yang telah menghasilkan berbagai aplikasi yang menjanjikan mulai dari fotovoltaiik, fotokatalisis dan teknik pembersihan sendiri hingga sensor dan optik/elektrokromatografi. Material TiO_2

umumnya merupakan komponen dasar yang paling banyak digunakan dalam berbagai aplikasi dan sifat material TiO₂ sangat menentukan efektivitas aplikasi serta kondisi kerjanya saat kita menggunakannya. Oleh karena itu, penataan bahan TiO₂ yang cermat untuk mengoptimalkan sifat/fungsi dan lebih memahami korelasi struktur-fungsi-fungsi diaktifkan (Juan Su *et al*, 2020).

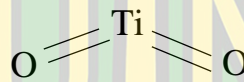
Titanium Dioksida (TiO₂) merupakan material yang memiliki beberapa keunggulan antara lain sifat optik yang baik, tidak beracun, inert, aktivitas fotokatalitik yang baik, biaya rendah, berlimpah, tidak larut dalam air, semikonduktor pada jarak pita lebar celah, luas permukaan besar, fotosensitif, ramah lingkungan, stabilitas mekanik yang tinggi, sifat dielektrik, biokompatibilitas, kekuatan termal yang tinggi dan stabilitas kimia yang tinggi. Sifat unik ini juga dapat ditingkatkan dengan merancang TiO₂ dengan ukuran partikel, kristalinitas, morfologi, kemurnian, komposisi dan dispersi yang berbeda. Dengan keunggulan tersebut, TiO₂ banyak diaplikasikan seperti:

1. Zat warna dalam industri kertas dan pelapis plastik
2. Penjernih air
3. Hasilkan hidrogen dari pemutusan ikatan air
4. Bahan yang mampu meregenerasi sendiri
5. Digunakan dalam penguraian senyawa organik
6. Digunakan dalam penguraian senyawa beracun
7. Bersihkan dan desinfeksi permukaan material
8. Aditif dalam banyak aplikasi senyawa
9. Sensor (Rahman *et al*, 2014).

Penggunaan material komposit polimer organik-anorganik banyak digunakan dalam pengembangan material dan material baru. Sensitivitas selulosa terhadap bakteri disebabkan oleh struktur porinya yang khas, yang mampu mempertahankan kadar air dan merupakan tempat yang ideal untuk pertumbuhan bakteri. Oksida logam TiO₂ dan ZnO sangat cocok sebagai agen antibakteri karena ekonomis, memiliki stabilitas mekanik yang baik, stabilitas termal, menyerap sinar ultraviolet (UV), memiliki efek fotokatalitik, dan memiliki luas permukaan yang besar. Selanjutnya, kedua bahan tersebut telah diakui oleh

banyak negara sebagai bahan fungsional yang aman dan tidak beracun (Puspita Sari *et al*, 2022).

Salah satu nano-partikel terpenting yang telah diawetkan dan menarik perhatian besar karena sifatnya yang unik adalah titanium dioksida (TiO_2). Serbuk TiO_2 memiliki sifat optik, dielektrik dan katalitik yang mengarah ke aplikasi industri sebagai zat pewarna, pengisi, bantuan katalis dan fotokatalis. Selain itu, nano-partikel TiO_2 juga efektif karena selain bersifat tunggal, nano-partikel TiO_2 juga telah dikombinasikan dengan logam lain dalam bentuk nano-komposit, seperti nano-partikel Ag, dan ditemukan efek antibakterinya yang relatif lebih baik dibandingkan saat TiO_2 dalam bentuk murni. Paduan logam atau nano-material logam/oksida logam, khususnya nano-material TiO_2/Ag , akan disintesis terutama dengan metode sol-gel (Tinentang *et al*, 2021).



Gambar II.3 Struktur Logam Titanium Dioksida (*ChemDraw*)

II.5 Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* merupakan salah satu zat pembentuk film *biodegradable* yang dapat terurai secara alami dengan bantuan bakteri, jamur, alga atau mengalami hidrolisis dalam larutan air. Plastik *biodegradable* juga dikenal sebagai bioplastik merupakan jenis plastik yang dapat didaur ulang oleh alam karena dapat terurai secara alami melalui aksi mikroorganisme. Plastik *biodegradable* memiliki kegunaan yang sama dengan plastik konvensional, tetapi bahan baku untuk produksinya sebagian besar atau seluruhnya berasal dari bahan yang ramah lingkungan, sehingga lebih mudah diperoleh, diregenerasi dan didaur ulang (Najih, 2018).

Plastik *biodegradable* atau bioplastik terdiri dari dua kata yaitu *bios* artinya hidup dan *degradable* artinya terurai. Oleh karena itu plastik *biodegradable* secara alami bisa terurai di lingkungan. Bahan ini dapat terurai dalam senyawa yang berbobot molekul rendah dengan aksi gabungan agen fisika-kimia dan mikroorganisme di alam sehingga terdekomposisi menjadi CO_2 dan H_2O . Plastik

konvensional membutuhkan waktu lama untuk terurai sekitar 50 tahun, sedangkan plastik *biodegradable* dapat terdegradasi 10 hingga 20 kali lebih cepat (Sihaloho, 2011). Proses biodegradasi polimer dapat terjadi secara aerobik atau anaerob. Dalam keadaan aerobik, beberapa mikroorganisme menggunakan oksigen sebagai akseptor elektron terakhir. Sedangkan dalam keadaan anaerob tanpa memerlukan oksigen, beberapa mikroorganisme menggunakan akseptor elektron terakhir seperti Nitrat (NO_3^-), Sulfur (S), Karbon dioksida (CO_2), Besi III (Fe^{3+}), dan fumarat (Fadlilah dan Shovitri, 2014).

Komponen dasar plastik *biodegradable* berasal dari selulosa, kitin, kitosan atau pati yang terdapat pada tumbuhan dan beberapa polimer lainnya yang terdapat pada sel tumbuhan dan hewan. Plastik *biodegradable* dibagi menjadi tiga kategori, yaitu *biodegradable film*, *biodegradable coating* dan enkapsulasi. *Biodegradable coating* adalah jenis plastik yang menutupi produk secara langsung, sedangkan pada *biodegradable film* pembentukannya tidak secara langsung melainkan sebagai pelapis. Enkapsulasi adalah kemasan *biodegradable* yang berfungsi mengangkut zat flavor dalam bentuk serbuk. Membran *biodegradable* berfungsi sebagai penghambat transmisi uap, penghambat pertukaran gas, pencegahan kehilangan aroma, pencegahan perpindahan lemak, penambah sifat fisik dan pembawa aditif (Najih, 2018).

Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang ramah lingkungan karena mudah diurai oleh mikroorganisme dibandingkan dengan plastik konvensional. Plastik *biodegradable* memiliki kegunaan yang sama seperti konvensional. Plastik *biodegradable* adalah jenis plastik yang hampir seluruhnya terbuat dari bahan terbarukan dan mudah terdegradasi oleh tanah. Plastik *biodegradable* dapat dibuat dari bahan polimer alam seperti pati, selulosa, galaktomanan dan lain-lain. Kopro kering mengandung 61% galaktomanan. Galaktomanan adalah polimer organik yang mengandung unit *manopyronic* dan *galactopyranose*. Galaktomanan memiliki kemampuan untuk membentuk film, sehingga berpotensi besar sebagai bahan baku produksi plastik *biodegradable* (Sari *et al*, 2019).

Penggunaan plastik *biodegradable* memiliki banyak manfaat lingkungan, seperti potensi emisi karbon dan GRK (gas rumah kaca) yang lebih rendah, biaya energi yang lebih rendah dalam proses produksi, limbah yang lebih sedikit, dan

keamanan yang jauh lebih aman bagi lingkungan. Plastik *biodegradable* juga memiliki keunggulan dalam hal sifat material, seperti permeabilitas uap air yang jauh lebih tinggi daripada plastik standar, rasa kurang berminyak, kemampuan cetak yang baik, lebih lembut dan lebih taktil. Cara produksi plastik *biodegradable* bisa berbeda untuk setiap bahan dan karakteristik yang digunakan (Ramadhan *et al*, 2020).

Plastik ramah lingkungan atau plastik *biodegradable* mengacu pada kemampuan bahan untuk terurai menjadi karbon dioksida dan air. Dimana mekanisme yang dominan adalah aksi enzim mikroba dapat diukur dengan uji standar selama periode waktu tertentu. Produksi plastik *biodegradable* dapat membantu meringankan krisis energi dan mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap bahan bakar fosil (Jabbar, 2017).

Salah satu bahan dasar yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah pati yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, baik dari bagian daging buah, umbi, maupun kulit buah. Kampeerappun *et al* (2007) dalam Hardjono, 2016 telah menghasilkan komposit plastik *biodegradable* dari pati singkong yang mampu menghasilkan performansi yang cukup baik yaitu memiliki ketahanan hingga suhu 100°C.

II.6 Karakteristik Plastik *Biodegradable*

II.6.1 Analisis Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*)

Spektroskopi inframerah adalah salah satu teknik spektroskopi serapan yang menggunakan sinar inframerah dari spektrum elektromagnetik untuk menghasilkan spektrum yang representatif dari senyawa. Seperti teknik spektroskopi lainnya, teknik ini dapat digunakan untuk menentukan kandungan pada suatu sampel (Ardiansyah *et al*, 2011).

Spektroskopi IR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan penggunaannya banyak digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik. Prinsip spektroskopi IR didasarkan pada interaksi antara tingkat energi yang beresilasi. Getaran atom-atom yang terikat dalam suatu molekul dengan cara menyerap radiasi gelombang elektromagnetik IR (Jabbar, 2017).

Molekul yang menyerap radiasi elektromagnetik IR dalam keadaan vibrasi tereksitasi akan meningkatkan amplitudo vibrasi atom-atom yang berikatan. Ketika molekul kembali ke keadaan dasar, energi yang diserap hilang dalam keadaan termal. Penyerapan radiasi inframerah tergantung pada jenis ikatan molekul. Jika jenis ikatan yang dimiliki oleh suatu molekul berbeda atau berbeda, maka penyerapan radiasi infra merah pada panjang gelombang yang berbeda (Supratman *et al*, 2006).

Penyerapan energi yang berbeda dapat dipengaruhi oleh perubahan momen dipol. Penyerapan energi lemah ketika ikatan nonpolar, misalnya ikatan C-H atau C-C, sedangkan penyerapan lebih kuat ketika ikatan polar, misalnya ikatan O-H, N-H dan C=O. Ikatan molekul dapat berosilasi (getaran di tempat). Ada dua jenis osilasi, peregangan dan lentur. Osilasi lentur terjadi saat ikatan memanjang atau memendek sepanjang tautan, sedangkan osilasi lentur menyebabkan sudut ikatan bertambah atau berkurang. Ikatan serapan suatu molekul dapat menyerap lebih dari satu panjang gelombang tergantung dari frekuensi penyerapan energinya (Supratman *et al*, 2006).

Getaran ini juga bisa disebut getaran fundamental. Menurut Darni, *et al* (2014) plastik *biodegradable* ditandai dengan munculnya *peak* serapan fungsi karbonil (C=O), ester (C-O) dan karboksilat (-OH) dalam pengujian menggunakan FTIR (*Fourier Transform-Infrared*). Gugus fungsi tersebut akan diidentifikasi pada tingkat absorbansi tertinggi seperti terlihat pada Tabel II.3 (Najih, 2018).

Tabel. II.3 Frekuensi Vibrasi Inframerah

Jenis Ikatan	Gugus Fungsi	Kelompok Senyawa	Rentang Frekuensi (cm ⁻¹)
Ikatan Tunggal	N-H dan OH	Amina dan Alkohol, Fenol	3200-3600
	O-H	Asam Karboksilat	2500-3000
	C-O	Ester dan Eter	1080-1300
	C-H	Alkana	2850-2960
Ikatan Rangkap	C=O	Ester	1735-1750
	C=C	Alkena	1630-1690
	O=Ti=O	Titanium Dioksida	400-1050*

(Sumber: Fatimah Jabbar, 2017 dan *Slamet K *et.al* 2016)

II.6.2 Analisis SEM EDX (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray*)

Analisis SEM dilakukan untuk mengetahui karakteristik morfologi dan topologi plastik *biodegradable*. Dalam hal ini terlihat pada rongga-rongga yang terbentuk dari pencampuran bahan-bahan dari pati kulit pisang kepok dengan titanium dioksida. Informasi dari analisis ini memberikan gambaran tentang degradasi polimer (Nisah, 2018).

SEM EDX (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray*) digunakan untuk mengamati sampel dengan ukuran yang kecil dengan perbesaran yang cukup tinggi. SEM menggunakan berkas elektron, media vakum, dan berbagai aditif seperti spektrometer sinar-X, detektor elektron hamburan balik, tahap pemanasan/pendinginan/peregangan dan perangkat semikonduktor. berkas elektron yang dipancarkan dari elektron gun difokuskan pada permukaan sampel melalui lensa elektron. Jumlah elektron yang mencapai permukaan sampel pada permukaan sampel merupakan selisih antara total elektron yang dipancarkan dengan total elektron yang terblokir oleh celah pada jalur berkas. Jumlah yang mengenai sampel per satuan luas ditentukan oleh diameter probe elektron. Elektron adalah partikel yang bermuatan negatif, sehingga interaksi elektron-sampel juga merupakan interaksi *Coulomb*. Ketika berkas elektron mengenai sampel tersebut kemudian dihamburkan oleh atom-atom di dekat lapisan permukaan sampel akan menyebabkan elektron berubah arah dan kehilangan sebagian energinya, ketika elektron merambat pada sebuah materi maka arah gerak elektron dipengaruhi oleh berbagai penghalang dan mengikuti lintasan di bawah pengaruh berbagai rintangan (hamburan berganda). Jika elektron dengan energi yang sama mengenai permukaan sampel, beberapa elektron dipantulkan ke arah yang berlawanan dan sisanya diserap oleh sampel. Jika volume sampel cukup tipis maka elektron dapat melewatinya (elektron yang ditransmisikan) (Nursamsur, 2015).

II.7 Uji Plastik *Biodegradable*

II.7.1 Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan mengamati seberapa rusak plastik *biodegradable* tersebut. Kerusakan plastik *biodegradable* dapat dilihat dengan berkurangnya massa plastik *biodegradable* saat ditimbun di tanah kompos. Uji biodegradasi dilakukan untuk menentukan seberapa tahan plastik *biodegradable* terhadap dekomposisi di dalam tanah. Dalam penelitian ini, uji biodegradasi menggunakan tanah dan kompos untuk menguraikan sampel plastik *biodegradable*. Untuk mendegradasi sampel plastik *biodegradable*, sampel plastik *biodegradable* dikubur di dalam tanah dan kompos serta diamati perubahan massa sampel plastik *biodegradable* hingga benar-benar terurai (Najih, 2018).

II.7.2 Uji Daya Serap Air

Sifat ketahanan air plastik *biodegradable* ditentukan oleh uji pengembangan, khususnya persentase pengembangan plastik *biodegradable* dengan adanya air. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan adanya ikatan dalam polimer dan derajat atau keteraturan ikatan dalam polimer, yang ditentukan dengan menambahkan persen berat polimer setelah mengembang. Difusi molekul pelarut kedalam polimer menghasilkan gel berbentuk kubah. Ketahanan air dari plastik *biodegradable* ditunjukkan dengan rendahnya tingkat pengembangan plastik *biodegradable* ketika ditambahkan TiO_2 . Prosedur pengujian ketahanan air pada sampel plastik *biodegradable* adalah sebagai berikut: massa awal sampel yang akan diuji ditimbang (W_0), kemudian akuades dituang ke dalam wadah (botol/gelas/mangkuk) lalu dimasukkan sampel plastik *biodegradable* ke dalam wadah. Setelah 10 detik, keluarkan dari wadah dengan air suling, timbang sampel (W) yang direndam dalam labu. Masukkan kembali sampel ke dalam wadah, keluarkan sampel setiap 10 detik, timbang sampel. Lanjutkan dengan cara yang sama sampai diperoleh massa sampel akhir yang konstan. Air yang diserap oleh sampel dihitung dengan rumus:

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan:

W_0 = berat sampel kering

W = berat sampel basah.

Kemudian persentase air yang diserap dihitung sesuai dengan perhitungan berikut untuk mendapatkan persentase ketahanan air. Tahan air = 100% - persentase air yang diserap (Fatimah Jabbar, 2017).

II.7.3 Uji Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri

Escherichia coli atau biasa disingkat *E. coli* adalah salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif. Pada umumnya bakteri ini diketahui terdapat secara normal dalam alat pencernaan manusia dan hewan. Keberadaannya di luar tubuh manusia menjadi indikator sanitasi makanan dan minuman apakah pernah tercemar oleh kotoran manusia atau tidak. Keberadaan *E. coli* dalam air atau makanan juga dianggap memiliki korelasi tinggi dengan ditemukannya bibit penyakit (patogen) pada pangan. Dalam persyaratan mikrobiologi *E. coli* dipilih sebagai indikator tercemarnya air atau makanan karena keberadaan bakteri *E. coli* dalam sumber air atau makanan merupakan indikasi terjadinya kontaminasi tinja manusia. Adanya *E. coli* menunjukkan suatu tanda praktek sanitasi yang tidak baik karena *E. coli* bisa berpindah dengan kegiatan tangan ke mulut atau dengan pemindahan pasif lewat makanan, air, susu dan produk-produk lainnya. *E. coli* yang terdapat pada makanan atau minuman yang masuk kedalam tubuh manusia dapat menyebabkan gejala seperti kolera, disentri, gastroenteritis, diare dan berbagai penyakit saluran pencernaan lainnya (Nurwanto *et al*, 2007).

Pengujian antibakteri dilakukan dengan metode *disc diffusion* (*tes Kirby-Bauer*). Ose steril dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi suspensi bakteri kemudian dioleskan pada media NA. Setelah olesan bakteri mengering, kemudian penyalut dicetak sebesar kertas cakram diletakkan dibagian tengah cawan petri, diinkubasi pada suhu 37⁰C selama 48 jam. Aktivitas antibakteri dinyatakan positif apabila terbentuk zona hambat berupa zona bening di sekeliling penyalut (Nisah, 2018).

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai dengan selesai, dilaksanakan pada Laboratorium Kimia Multifungsi Universitas Islam Ar-Raniry

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas beker besar (*Pyrex*), gelas ukur 25 mL (*Duran*), gunting, *hotplate merk* DLAB MS-H280-Pro, *magnetic stirrer*, neraca analitik merk KERN ABJ, batang pengaduk, spatula, batang ose, cawan petri, spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*) merk *PerkinElmer type Spectrum two* dan SEM EDX (*Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray*) merk *Phenom Desktop ProXL*

III.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit pisang kepok, gliserol, akuades, serbuk titanium dioksida (TiO_2), medium NA dan bakteri *E. coli*

III.3 Prosedur Kerja

III.3.1 Ekstrak Pati Dari Kulit Pisang Kepok

Ekstraksi pati dilakukan mengikuti metode Jabbar (2017) dengan sedikit modifikasi. Kulit pisang segar dicuci bersih menggunakan air mengalir lalu dikeringkan kemudian ditimbang sebanyak 400 gram. Selanjutnya dihaluskan menggunakan blender dengan penambahan akuades untuk mempermudah penghancuran dengan menggunakan perbandingan kulit pisang dan akuades (400 gram : 200 mL). Bubur kulit pisang disaring menggunakan kain kasa dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL. Filtrat didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk endapan, kemudian endapan dipisahkan dari supernatan.

Endapan yang terbentuk dikeringkan menggunakan oven pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam. Endapan yang kering diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh.

III.3.2 Sintesis Plastik *Biodegradable*

Pembuatan larutan plastik *biodegradable*, dilakukan dengan cara mencampurkan larutan pati 10% (b/v) dengan gliserol sebanyak 25% dari berat pati ke dalam larutan pati yaitu sebanyak 2,5 mL. Kemudian ditambahkan 0,5 gram titanium dioksida. Setelah itu, larutan plastik *biodegradable* dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80°C dengan putaran 600 rpm selama 25 menit. Campuran plastik *biodegradable* dicetak diatas pelat kaca. Selanjutnya dikeringkan dengan dijemur selama 2 hari. Lembaran plastik *biodegradable* selanjutnya diuji dan dikarakterisasi yang meliputi uji biodegradasi, uji penyerapan air, uji daya hambat pertumbuhan bakteri *E. coli*, analisis morfologi menggunakan SEM EDX dan analisis gugus fungsi menggunakan alat FTIR (Jabbar, 2017).

III.4 Karakteristik Plastik *Biodegradable*

III.4.1 Analisis Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Plastik *biodegradable* yang dihasilkan dianalisis menggunakan *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR) merk PerkinElmer type *Spectrum two* untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada plastik *biodegradable*. Hasil analisis ini berupa *peak* yang menunjukkan gugus-gugus penyusun plastik *biodegradable* pada rentang daerah serapan tertentu.

III.4.2 Analisis *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray* (SEM EDX)

Struktur morfologi plastik *biodegradable* dianalisis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray* (SEM EDX) dengan kamera komputer. Tujuan menganalisis plastik *biodegradable* menggunakan SEM EDX dengan kamera komputer adalah untuk mengetahui struktur morfologi atau tekstur dari permukaan plastik *biodegradable* dari pati kulit pisang kepok dengan kombinasi titanium dioksida (TiO_2).

III.5 Uji Plastik *Biodegradable*

III.5.1 Uji Biodegradasi

Pengujian biodegradasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu plastik *biodegradable* terhadap proses penguraian di tanah. Pada penelitian ini uji biodegradasi menggunakan tanah dan kompos untuk mendegradasi sampel plastik *biodegradable*. Sampel plastik *biodegradable* dipendam didalam tanah kompos dan dilakukan pengamatan perubahan massa sampel. Sampel plastik *biodegradable* dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm. Kemudian sampel dipendam didalam tanah dan kompos. Pengamatan secara periodik dengan interval waktu tertentu untuk mengetahui pengurangan massa plastik *biodegradable*. Pengamatan dilakukan dengan mencatat pengurangan massa plastik *biodegradable* sampai > 20% .

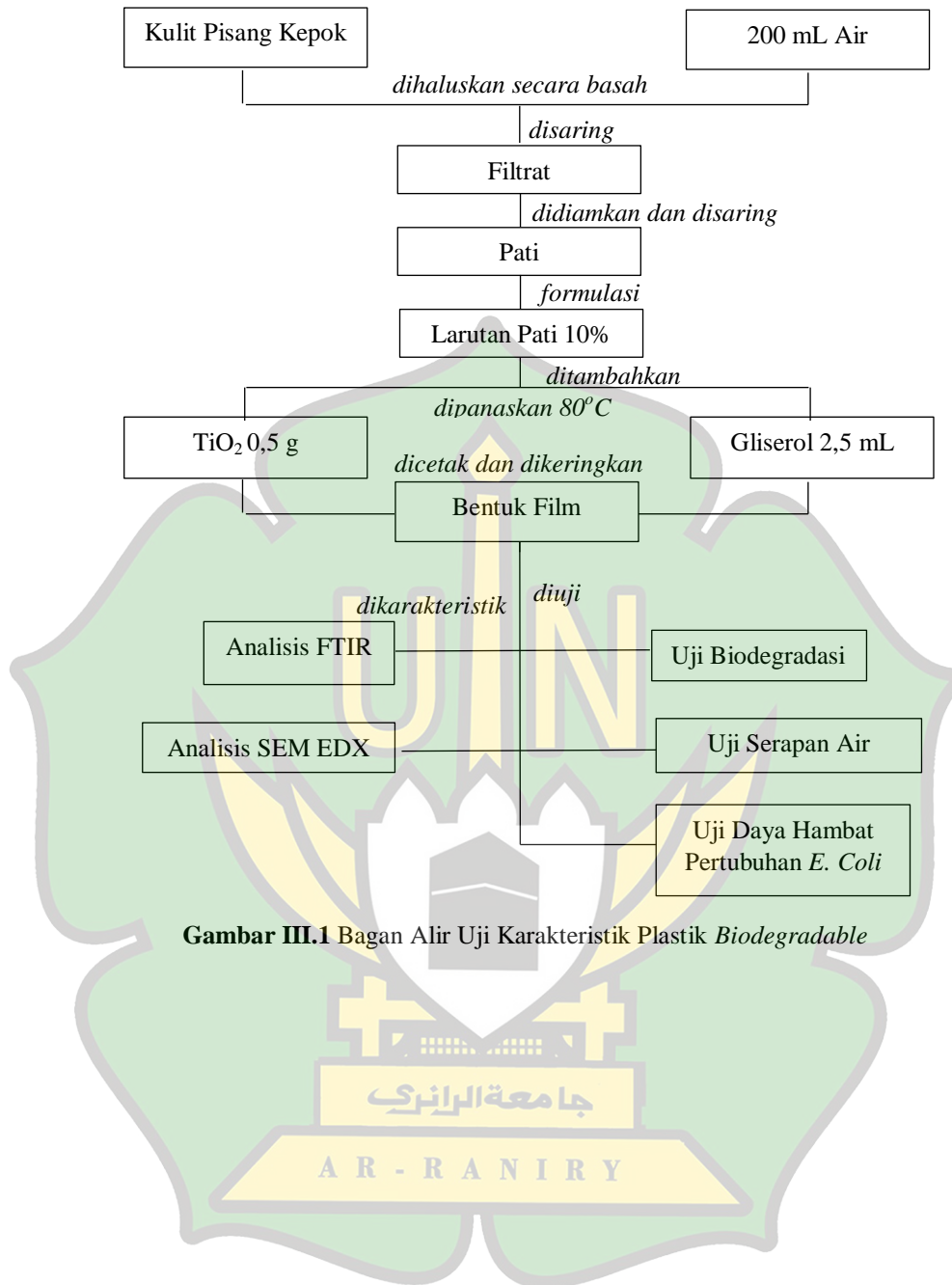
III.5.2 Uji Daya Serap Air

Pengujian ketahanan air plastik *biodegradable* dilakukan dengan cara merendam plastik *biodegradable* dalam air selama 24 jam, dimana nilai ketahanan didapatkan dari perhitungan rumus persentase ketahanan air berdasarkan bobot sebelum dan bobot setelah perendaman

III.5.3 Uji Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri *E. Coli*

Pengujian efektivitas plastik *biodegradable* terhadap pertumbuhan aktivitas bakteri *E. coli* dilakukan dengan mengukur diameter zona radikal pertumbuhan bakteri di sekitar area plastik *biodegradable*.

III.6 Alur Metode



Gambar III.1 Bagan Alir Uji Karakteristik Plastik *Biodegradable*

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan yaitu ekstraksi pati dari kulit pisang kepok (*Musa Paradisiaca Linn*), sintesis plastik *biodegradable* dan karakteristik serta uji plastik *biodegradable*. Adapun hasil sintesis plastik *biodegradable* dan karakteristik plastik *biodegradable* sebagai berikut:

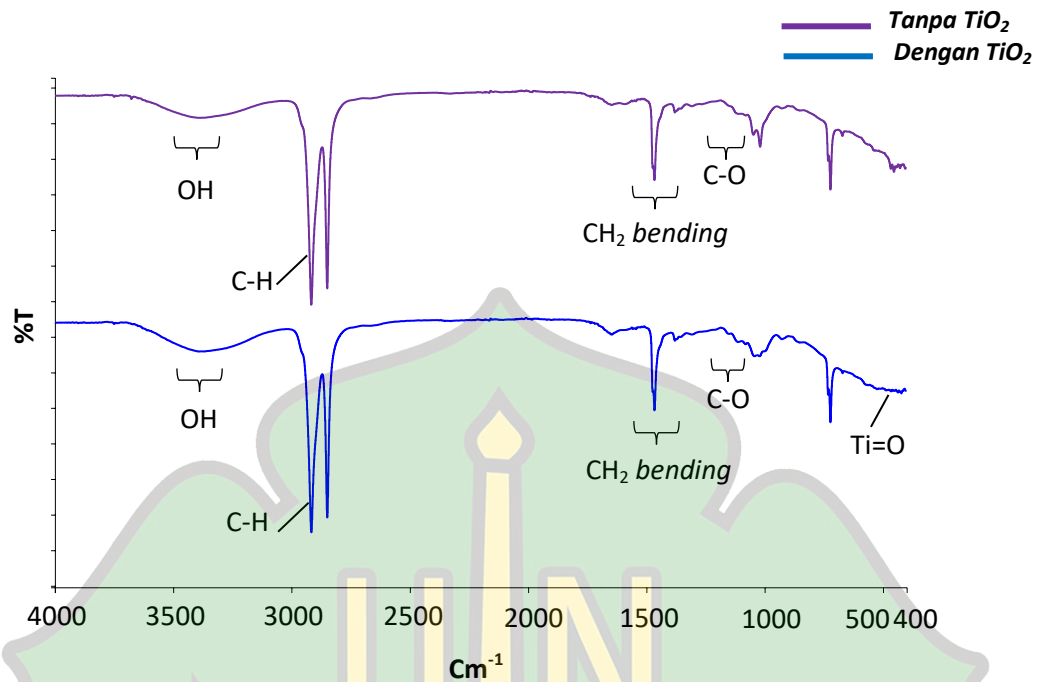
IV.1.1 Hasil Sintesis Plastik *Biodegradable*

Proses pembuatan plastik *biodegradable* terdiri dari penyiapan alat dan bahan seperti timbangan, *magnetic stirrer*, gelas kimia, dan juga plat kaca. Untuk bahan yang dipersiapkan yaitu pati kulit pisang kepok, gliserol dan logam TiO_2 . Larutan pati 10% dihomogenkan dengan gliserol sebagai bahan *plasticizer* dengan formulasi 2,5 mL dan digunakan 0,5 gram TiO_2 sebagai material agen bakteri kemudian distirrer selama 25 menit pada suhu $80^{\circ}C$. Selanjutnya larutan plastik *biodegradable* dituang diatas plat kaca dan dijemur selama 2 hari (Jabbar, 2017).

Tabel IV.1 Data hasil sintesis plastik *biodegradable*

<i>Sampel</i>	<i>Komposisi</i>			<i>Hasil</i>
	<i>Pati</i> %	<i>Gliserol</i> (mL)	<i>TiO₂</i> (gr)	
1	10	2,5	0,5	
2	10	2,5	0,5	

IV.1.2 Hasil Analisis Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)



Gambar IV.1 Hasil Karakteristik FTIR

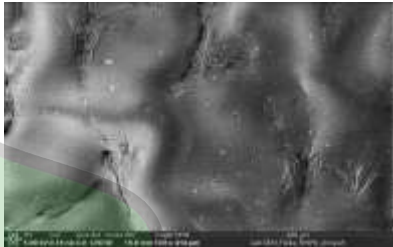
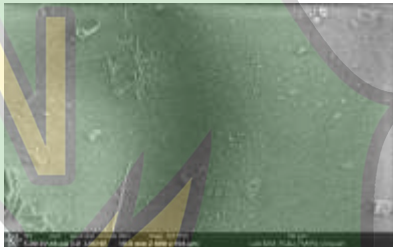
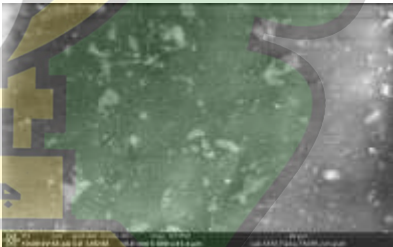
Berdasarkan hasil serapan FTIR plastik *biodegradable* diatas, didapatkan *peak* yang dapat dilihat pada Tabel IV.2 di bawah ini:

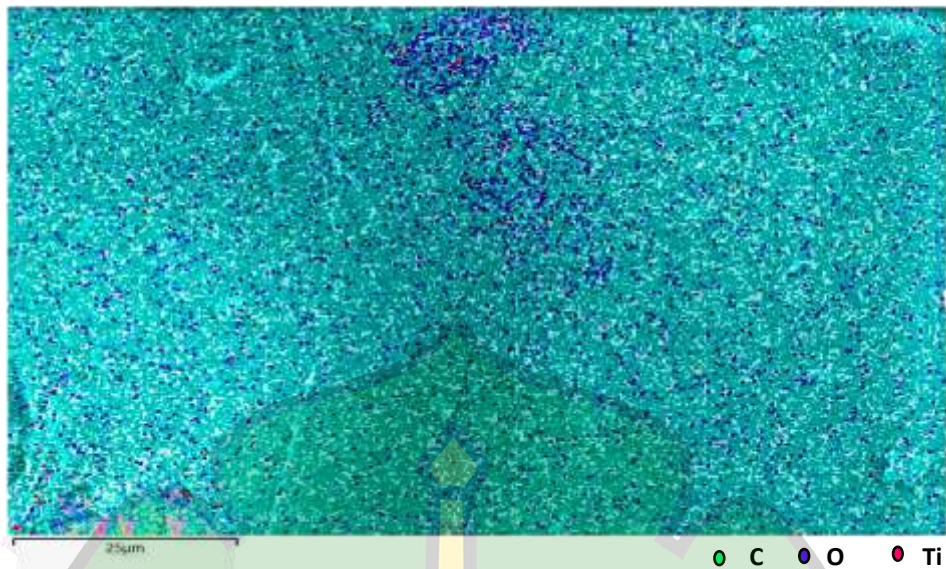
Tabel IV.2 Analisis gugus fungsi plastik *biodegradable*

Kode Sampel	Panjang Gelombang (cm-1)	Transmitan (%)	Gugus Fungsi
Tanpa TiO ₂	3391,75	91,13	OH
	2916,00	31,67	C-H
	2848,72	36,89	
	1129,93	95,19	C-O
	1463,89	71,31	CH ₂ bending
	450,60	73,92	-
Dengan TiO ₂	3391,83	88,98	OH
	2915,94	31,52	C-H
	2848,51	36,25	
	1129,93	94,35	C-O
	1463,67	70,27	CH ₂ bending
	450,60	-	Ti=O

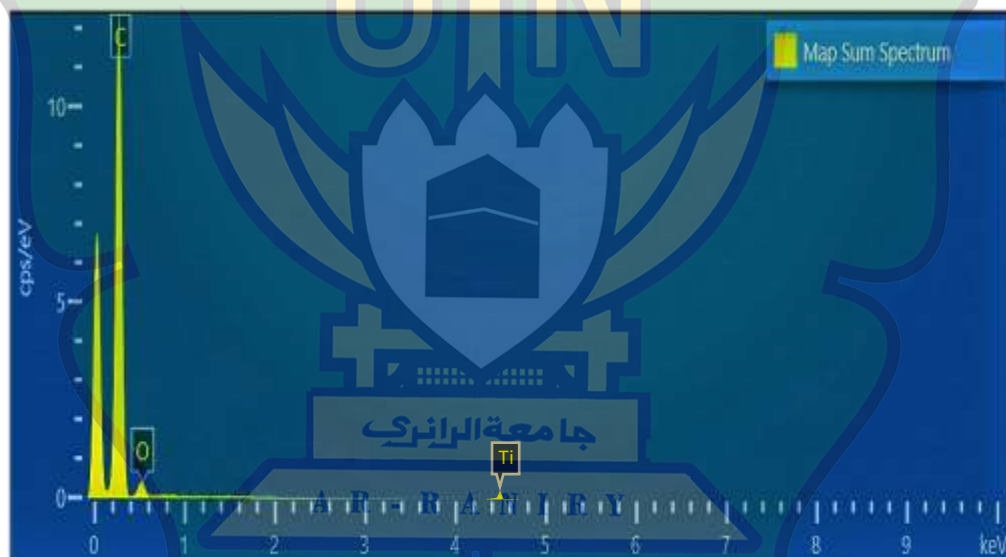
IV.1.3 Hasil Analisis *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray* (SEM EDX)

Tabel IV.3 Data hasil analisis SEM EDX

Kode Komposisi	Perbesaran	Hasil SEM
	500x	
D-TiO ₂	2000x	
	5000x	



Gambar IV.2 Sebaran material TiO_2 pada plastik *biodegradable*



Gambar IV.3 Hasil analisis EDX

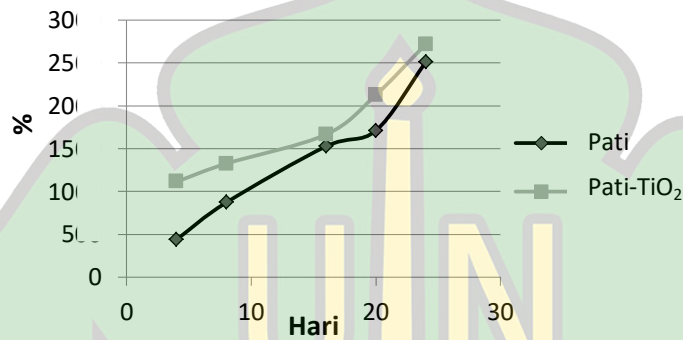
Tabel IV.4 Data hasil analisis material

Element	Atomic%	Weight%
C	95.4	93.3
O	3.8	5.0
Ti	0.8	1.8

IV.1.4 Hasil Uji Biodegradasi

Tabel IV.5 Data hasil uji biodegradasi

Sampel	Bahan			Lama terdegradasi >20% (hari)
	Pati %	Gliserol (mL)	TiO ₂ (gr)	
1	10	2,5	-	24
2	10	2,5	0,5	20

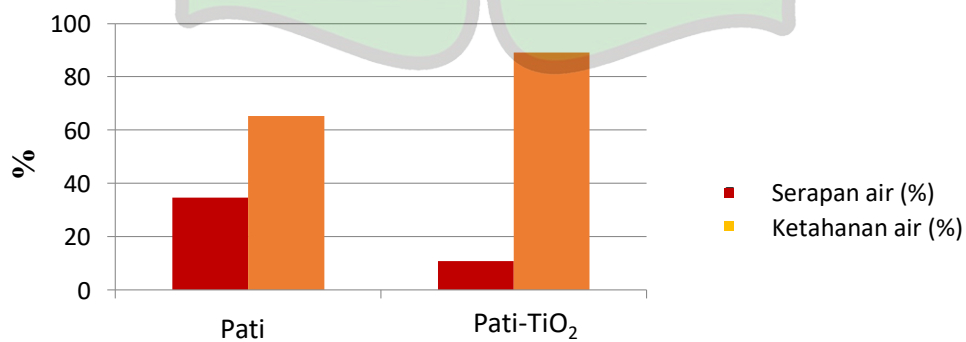


Gambar IV.4 Hasil uji biodegradasi

IV.1.5 Hasil Uji Serapan Air

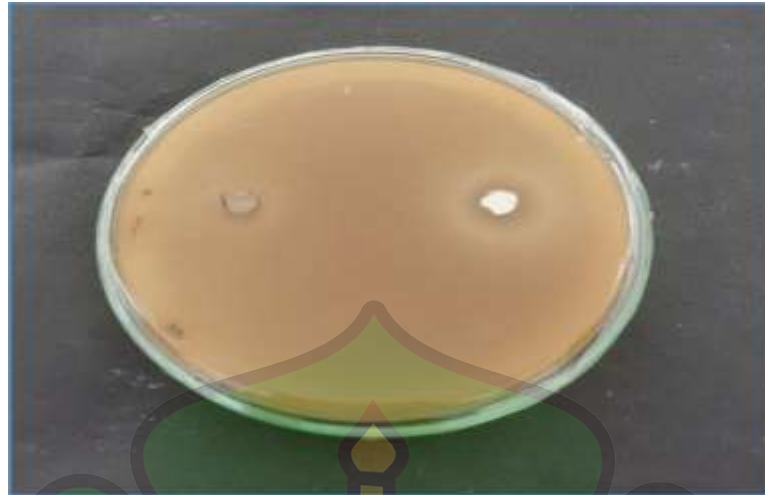
Tabel IV.6 Data hasil uji serapan air

Sampel	Bahan			W ₀ (gr)	W (gr)	Ketahanan Air (%)
	Pati %	Gliserol (mL)	TiO ₂ (gr)			
1	10	2,5	-	0,5033	0,5934	82,1
2	10	2,5	0,5	0,5037	0,5089	98,97



Gambar IV.5 Hasil uji serapan air

IV.1.6 Hasil Uji Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri *E. coli*



Gambar IV.6 Hasil uji aktivitas bakteri *E. coli*

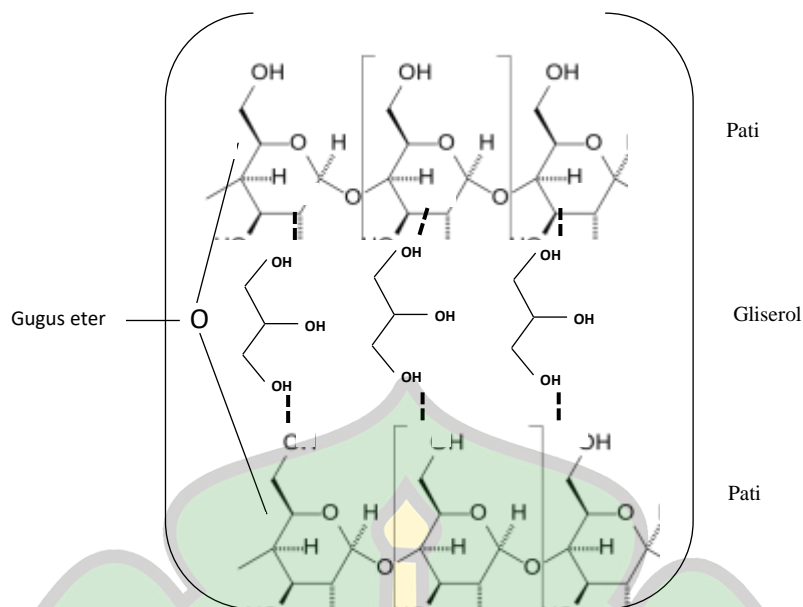
IV.2 Pembahasan

IV.2.1 Hasil Ekstrak Pati dan Sintesis Plastik *Biodegradable*

Bahan awal pembuatan plastik *biodegradable* pada penelitian ini adalah pati dari limbah kulit pisang kepok. Limbah kulit pisang kepok yang digunakan berasal dari pedagang gorengan di Kopelma Darussalam Kecamatan Syiah Kuala Kota Banda Aceh. Pati dari limbah kulit pisang kepok diperoleh dengan metode ekstraksi *glue milling* dengan pelarut air menggunakan blender. Air (H_2O) digunakan karena memiliki sifat polar yang membuatnya tidak kompatibel dengan pati yang bersifat non-polar. Pelarut ini sangat efektif digunakan untuk ekstraksi pati karena pati memiliki struktur kristal granular yang tidak larut dalam air pada suhu kamar. Setelah itu, dilakukan pengeringan untuk mengurangi kadar air pada pati sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri, khamir dan kapang serta memungkinkan pati disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama (Jabbar, 2017). Pati yang dihasilkan diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk memisahkan pengotor dan mendapatkan ukuran pati yang seragam. Jumlah total pati yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 49,3301 gram dari 400 gram limbah kulit pisang kepok. Persentase pati dalam 400 gram limbah kulit pisang kepok adalah 0,493301%, hal ini sesuai dengan literatur Yosephine *et al*, 2012

Pati yang diperoleh dari limbah kulit pisang diolah menjadi plastik *biodegradable* dengan menambahkan gliserol sebagai bahan *plasticizer* dan serbuk titanium dioksida (TiO_2) sebagai bahan penguat dan agen antibakteri, selain sebagai bahan penguat dan agen antibakteri titanium dioksida (TiO_2) juga mempunyai manfaat untuk memperbagus sifat organoleptik suatu plastik *biodegradable*. Pati limbah kulit pisang kepek digunakan karena memiliki sifat seperti plastik (termoplastik) dan murah serta mudah didapat. Apalagi menurut Nisah (2018), keunggulan plastik *biodegradable* dari pati dapat dengan mudah dihancurkan secara alami atau mikrobiologis. Pada tabel IV.1 menunjukkan perbedaan warna plastik *biodegradable* tanpa TiO_2 dan plastik *biodegradable* dengan TiO_2 , perbedaan warna ini menunjukkan logam TiO_2 berinteraksi dengan pati, hal ini sesuai dengan literature Mohar *et al*, 2013 yang menyatakan bahwa titanium dioksida sebagai pigmen warna superior (warna putih).

Sintesis plastik *biodegradable* dengan campuran pati dan titanium dioksida menghasilkan plastik *biodegradable* bersifat keras dan juga kaku, sehingga plastik *biodegradable* dapat dengan mudah patah. Menurut Cengristitama dan Gita Afifah Wulanda (2021), tingkat kerapuhan plastik *biodegradable* dapat diperbaiki dengan menambahkan *plasticizer*. Oleh sebab itu gliserol sangat sesuai sebagai bahan campuran sintesis plastik *biodegradable* karena memiliki sifat yang sama dengan pati dan mudah larut dalam air. Selain itu, gliserol sering digunakan sebagai *plasticizer* dalam produksi plastik *biodegradable* karena kemampuannya untuk dispersi molekul dalam struktur pati. Hal ini sesuai dengan penelitian Krochta dan Mulder, 1997 dalam (Maladi, 2019) yang menjelaskan bahwa proses plastisasi terjadi karena dispersi molekul *platicizer* dalam fase polimer dan jika *plasticizer* memiliki gaya interaksi dengan polimer maka proses dispersi maka akan berlangsung dalam skala molekular sehingga membentuk larutan polimer-*plasticizer* yang kompatibel. Sifat fisik dan mekanik dari polimer-*plasticizer* yang kompatibel ini merupakan fungsi dari distribusi sifat komposisi *plasticizer* dari setiap komponen dalam sistem. Interaksi ikatan hidrogen antara pati-gliserol dapat dilihat pada Gambar IV.6



Gambar IV.6 Interaksi Pati-Gliserol

Pada sintesis plastik *biodegradable*, campuran pati dipanaskan sampai suhu 80°C selama 25 menit. Sejalan dengan penelitian Jabbar (2017), suhu ini merupakan suhu gelatinisasi yang baik. Suhu gelatinisasi dianggap sebagai suhu dimana fase granula pati berubah dari keadaan semi kristal menjadi amorf. Proses pemanasan menyebabkan kelarutan pati semakin meningkat akibat suspensi pati yang semakin tinggi karena amilosa telah mengalami depolimerisasi. Hal ini menciptakan molekul amilosa yang lebih sederhana, yaitu terdapat rantai lurus yang pendek sehingga larut dengan baik dalam air. Amilosa merupakan komponen pati dengan rantai lurus dan larut dalam air (Haryanti *et al.*, 2014). Kehadiran amilosa juga membuat struktur plastik *biodegradable* sangat kompak.

IV.2.2 Hasil Analisis Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Analisis sampel dengan FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi pada plastik *biodegradable*. Spektrum FTIR plastik *biodegradable* dengan campuran pati-glislerol (tanpa TiO₂) dan plastik *biodegradable* dengan campuran pati-glislerol-TiO₂ (dengan TiO₂) dapat ditunjukkan pada Gambar IV.1

Gambar IV.1 menunjukkan hasilnya. analisa karakterisasi FTIR, sampel tanpa TiO₂ memiliki *peak* yang menunjukkan adanya gugus fungsi dari karakteristik pati-glislerol. Spektrum hasil analisis FTIR menunjukkan adanya

gugus hidroksil OH pada daerah serapan $3391,75 \text{ cm}^{-1}$. Didukung dengan penampakan gugus C-O yang terikat pada ester dengan luas serapan $1129,93 \text{ cm}^{-1}$ yang muncul di area *fingerprint* dengan intensitas sedang akibat terbentuknya interaksi pati dengan gliserol. Kehadiran dua gugus fungsi ini menciptakan plastik *biodegradable* yang dapat terdegradasi. Sesuai dengan penelitian Darni dan Utami (2010) yang menyatakan adanya gugus fungsi eter karbonil (C=O) dalam plastik *biodegradable* menyebabkan plastik *biodegradable* masih bisa terdegradasi dikarenakan eter yang bersifat polar dapat larut dalam air.

Pada sampel dengan TiO_2 , plastik *biodegradable* dengan campuran pati-gliserol- TiO_2 terdapat pergeseran peak yang sangat signifikan pada luas serapan $450,60 \text{ cm}^{-1}$ di daerah *fingerprint* dengan intensitas yang sangat kecil. Hal ini menunjukkan adanya gugus TiO_2 pada polimer plastik *biodegradable*. Intensitas yang sangat kecil disebabkan oleh massa atom titanium yang besar sehingga serapan yang muncul pada bilangan gelombang sangat rendah atau tidak tajam, hal ini sejalan dengan hasil penelitian Yuwono (2011) yang menyatakan bahwa pita absorpsi pada rentang $400-900 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan karakteristik vibrasiregang ikatan Ti-O-Ti dengan intensitas pita absorpsi Ti-O-Ti yang lemah. Sehingga dilakukan analisis *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray* (SEM EDX) untuk mengetahui interaksi TiO_2 pada polimer plastik *biodegradable* dengan lebih akurat.

IV.2.3 Hasil Analisis *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray* (SEM EDX)

Table IV.3 untuk menunjukkan bahwa plastik *biodegradable*- TiO_2 memiliki morfologi permukaan pori-pori yang kecil, ini menandakan kerapatan partikel lebih besar. Terlihat juga adanya retakan pada sampel (crack) yang diakibatkan proses teknik penuangan yang kurang baik. Sebaran material TiO_2 pada plastik *biodegradable* sangat merata hal ini ditunjukkan pada Gambar IV.2. Berdasarkan hasil EDX tersebut dapat diketahui bahwa di dalam kandungan komposit plastik *biodegradable*- TiO_2 terdapat komponen O sebesar 5,0 %, Ti sebesar 1,8 %, dan C sebesar 95,4%

IV.2.4 Hasil Uji Biodegradasi

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan mengamati derajat degradasi plastik *biodegradable* tersebut. Kerusakan plastik *biodegradable* dapat dilihat dari hilangnya massa plastik *biodegradable* saat tertimbun didalam tanah kompos. Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui ketahanan plastik *biodegradable* terhadap proses degradasi di dalam tanah. Dalam penelitian ini, uji biodegradasi menggunakan tanah dan kompos untuk mendegradasi sampel plastik *biodegradable*. Untuk mendegradasi sampel plastik *biodegradable*, maka sampel dikubur di dalam tanah atau kompos dan diamati perubahan massa sampel plastik *biodegradable* sampai benar-benar terdegradasi. Sampel plastik *biodegradable* yang diperoleh memiliki waktu degradasi minimal 20 hari dan maksimal 24 hari dengan penguraian massa sebanyak > 20%. Waktu degradasi tercepat ialah 20 hari untuk plastik *biodegradable* sampel ke-2 dengan komposisi pati (10%), gliserol (2,5 mL) dan TiO₂ (0,5 g), sedangkan waktu degradasi terlama untuk plastik *biodegradable* sampel 1 adalah 24 hari dengan komposisi pati (10%) dan gliserin (2,5 mL). Hal ini sesuai dengan literatur Sutardjo *et al* 2015, yang menyatakan bahwa material titanium dioksida dapat mendegradasi senyawa organik dan mereduksi senyawa anorganik sehingga terdekomposisi menjadi komponen-komponen sederhana dan lebih aman. Proses degradasi terjadi dalam keadaan anaerob, dimana pati dapat terdekomposisi menjadi gas metana (CH₄) oleh mikroorganisme (Fadlilah dan Shovitri, 2014).

IV.2.5 Hasil Uji Daya Serap Air

Uji penyerapan air dilakukan untuk menentukan berapa banyak air yang dapat diserap oleh suatu plastik *biodegradable*. Jumlah air yang diserap akan mempengaruhi umur simpan makanan plastik *biodegradable*. Material titanium dioksida dalam plastik *biodegradable* membuat plastik bersifat hidrofobik. Plastik *biodegradable* yang digunakan untuk penyimpanan makanan memiliki daya serap air yang rendah dan ketahanan air yang tinggi, sehingga sulit pecah dan cocok penyalut makanan.

Uji ketahanan air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan air sampel plastik *biodegradable*. Ketahanan air merupakan parameter penting untuk

sifat-sifat plastik *biodegradable*. Semakin banyak daya serap air pada suatu plastik *biodegradable*, semakin tinggi pula tingkat kerusakan plastik *biodegradable*. Sebaliknya jika daya serap air rendah maka daya tahan airnya akan tinggi, sehingga degradasi plastik *biodegradable* di dalam air akan melambat dan bertahan dalam jangka waktu yang lama. Pada penelitian ini sampel plastik *biodegradable* yang dihasilkan memiliki nilai daya ketahanan air yang berbeda-beda. Dimana sampel pertama, plastik *biodegradable* dengan campuran pati (10%) dan gliserol (2,5 mL) memiliki nilai ketahanan air 82,1%, sedangkan nilai ketahanan air pada plastik *biodegradable* dari campuran pati (10%), gliserol (2,5 mL) dan TiO₂ (0,5 gr) diperoleh yaitu 98,97%,

Keberadaan keberadaan material titanium dioksida menyebabkan nilai ketahanan airnya semakin besar. Menurut penelitian Rahmat *et al* (2014), titanium dioksida yang dijadikan bahan plastik *biodegradable* akan menurunkan tingkat kelembaban plastik *biodegradable*, karena titanium dioksida tidak larut dalam air. Pada penelitian ini nilai ketahanan air plastik *biodegradable* paling tinggi yaitu campuran pati (10%), gliserol (2,5 mL), TiO₂ (0,5 gr) sehingga sangat baik untuk dijadikan plastik *biodegradable*, semakin tinggi nilai ketahanan air suatu bioplastik maka kualitas plastik semakin baik sehingga daya tahan produk yang akan dikemas semakin lama pula. Di sisi lain, semakin rendah daya tahan plastik terhadap air, semakin besar degradasi dan kelarutan plastik dalam air, serta semakin pendek umur simpan produk makanan yang dikemas (Sri Wahyuni, 2018).

IV.2.6 Hasil Uji Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri *E. coli*

Disiapkan suspensi *E. coli* sejumlah $1,5 \times 10^8$ sel sebanyak 10 mL dengan larutan standar Mc Farland. Suspensi kultur *E. coli* kemudian dioleskan ke seluruh cawan petri yang sudah diisi oleh media NA yang dipadatkan. Lapisan plastik *biodegradable* dengan ukuran 1 cm² diletakkan di tengah cawan petri dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 28 jam. Kemudian diamati zona bening yang terbentuk untuk mengetahui daya hambat pertumbuhan bakteri *E. coli*. Dari data pengamatan menunjukkan bahwa zona hambat ditemukan pada plastik

biodegradable dikombinasi dengan TiO_2 dengan diameter 6,41 mm. Oleh karena itu, TiO_2 ini memiliki sifat antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri *E. coli*.



BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Plastik *biodegradable* dikombinasi dengan titanium dioksida (TiO_2) dapat menghambat aktivitas bakteri *Escherichia coli* dengan diameter zona radikal yang terbentuk 6,41 mm
2. Laju degradasi plastik *biodegradable* dikombinasi dengan titanium dioksida (TiO_2) selama 20 hari dengan penguraian massa 21,26%

V.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan yaitu dilakukan pengujian kekuatan mekanik untuk mengetahui nilai kuat tarik dan persen elongasi plastik *biodegradable* serta perlu dilakukan analisis FTIR pada plastik *biodegradable* yang telah melalui uji biodegradasi agar dapat diketahui perubahan serapan gugus fungsi yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Karim, Norziah M.H., and Seow C.C., 2000. Methods For the Study Of Starch Retrogradation. *Food Chemistry*. Vol 9 (36)
- Ardiansyah, Ryan. 2011. *Pemanfaatan Pati Umbi Garut Untuk Pembuatan Plastik Biodegradable*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2018. Statistik Konsumsi Pangan 2018. Jakarta:SUSENAS.<http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/StatistikPertanian/2018/Konsumsi/StatistikKonsumsiPanganTahun2018/files/assets/basic-html/page84.html>
- Biron, M. Recycling. 2016. The First Source of Renewable Plastics. In *Industrial Applications of Renewable Plastics*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, pp. 67–114. ISBN 9780323480666).
- Cinar S.O., Chong K.Z., Kucuker M.A., Wiczorek N., Cemgis U., and Kuchta K., 2020 Bioplastic Production from Microalgae: A Review *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
- Cengristitama dan Gita Afifah W. 2021. Variasi Penambahan Kitosan Dalam Pembuatan Bioplastik Dari Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah. *TEDC*. Vol 15(1)
- Copeland L., Blazek J., Salman H., Tang M.H., 2008. Form and Functionality of Starch. *Food Hydrocolloids*
- Darni dan Utami. 2010. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal rekayasa kimia dan lingkungan*. Vol 7(4)
- Darnas, Yeggi & Anas, Adian & Hasibuan, M. 2020. Pengendalian Air Lindi Pada Proses Penutupan TPA Gampong Jawa Terhadap Kualitas Air Sumur. *Jurnal Serambi Engineering*.

- Dewati, R., 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Bahan Baku Pembuatan Ethanol*. Skripsi UPN "Veteran" Jatim.
- DiGregorio, B.E. 2009. Biobased Performance Bioplastic: *Mirel Chem Biol*. 16
- Eri Maryuni, A., Mangiwa S., dan Dewi K.W., 2018. Karakterisasi Bioplastik Dari Karaginan Dari Rumput Laut Merah Asal Kabupaten Biak Yang Dibuat Dengan Metode Blending Menggunakan Pemplastis Sorbitol. *AVOGADRO Jurnal Kimia*, Vol. 2(1)
- Fadlilah, Fiki Rahmah dan Maya Shovitri. 2014. Potensi Isolat Bakteri Bacillus dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol 3(2)
- Gozan, M., Noviasari, C. 2018. The Effect of Glycerol Addition as Plasticizer in Spirulina Platensis Based Bioplastic; Dianursanti, M., Ed.; E3S Web of Conferences; *EDP Sciences: Bali, Indonesia*
- Hardjono, Suharti P.H., Permatasari D.A., dan Sari V.A., 2016. Pengaruh Penambahan Asam Sitrat Terhadap Karakteristik Film Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata Balbisiana Colla*). *JBAT*. Vol. 5 (1)
- Haryanti P., Setyawati R., dan Wicaksoni R. 2014. Pengaruh Suhu dan Lama Pemanasan Suspensi Pati Serta Konsentrasi Butanol Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati Tinggi Amilosa Dari Tapioka. *AGRITECH*. Vol. 34(3)
- Hidayati N., Rahayu P., Rachman R.N., dan Anggraini H., 2021. Pengaruh Penambahan Zat Pemplastik Gliserol Terhadap Sifat Mekanik pada Pembuatan Bioplastik dari Kitosan - Umbi Porang (*Amorphophallus Muelleri Blume*). *Jurnal Teknologi*. Vol. 9(1)
- Jabbar, F. U. 2017. *Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (Solanum tuberosum. L)*. Skripsi: Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Alauddin Makassar

- Juan Su, Zou X., and Chen J.S., 2020. Self -Modification of Titanium Dioxide Materials By Ti^{3+} and/or Oxygen Vacancies: New Insights Into Defect Chemistry Of Metl Oxides. *RSC Advances*
- M. Abdul Zaky, Rini P dan Ali R. 2021. Pengolahan Bioplastik Dari Campuran Gliserol, CMC dan Karagenan. *Journal Of Marine Research*. Vol 10(3)
- Manekinga E., Sangiana H. F., dan Tongkukuta, S.H.J., 2020. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol. *Jurnal MIPA*. Vol. 9(1)
- Meladi, I. 2019. *Pembuatan Bioplasti Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot Utilissima) Dengan Penguat Selulosa, Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan Bio-Compatible Zink Oksida*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta
- Melani A. Herawati N., dan Kurniawan A. F., 2017. Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation (Kajian Pengaruh Jenis Filler, Konsentrasi Filler dan Jenis Plasticiezer). *Distilasi*, Vol. 2(2)
- Mohar M.T, Fatmawati D dan Sasongko S.B (2013). Pembuatan Pigment Titanium Dioksida (TiO_2) Dari Ilmenite (Fetio,) Sisa Pengolahan Pasir Zircondenganproses Becher. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. Vol. 2(4)
- Najih, I. 2018. *Sintesis Plastik Biodegradable Berbahan Kitosan, Arang Manggis dan Minyak Sereh*. Skripsi: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang
- Nisah, K. 2018. Sintesis Dan Karakteristik Batang Tanaman Rubik (*Calotropis Gigantea*) Sebagai Matriks Plastik Biodegradable. *Lantanida Journal*, Vol. 6 No. 1
- Nisah, K. 2017. Uji Toksisitas Dari Penyalut Layak Makan Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon sagu*). *Jurnal Biotik*. Vol. 5(1)

- Nurdyansyah, F. 2018. Optimasi Fermentasi Asam Laktat oleh *Lactobacillus Casei* Pada Media Fermentasi yang Disubstitusi Tepung Kulit Pisang. *Al-Kauniyah: Journal of Biology*, Vol. 11(1)
- Nursamsur D.A. 2015. *Karakteristik Struktur Mikro Lapisan NiCoCrAlY Pada Substrat Hastelloy C-276*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Nurwanto. 2007. *Tata Laksana Higiene Hidangan, Keracunan Hidangan dan Jenis Bakteri*, <http://www.ihsmakassar.com>. (access 1 Oktober 2022).
- Purbasari, A. 2020. Sifat Mekanis Dan Fisis Bioplastik Dari Limbah Kulit Pisang: Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Pemplastis. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, Vol. 42(2): 66-73
- Purnavita S., Subandriyo D.Y., dan Anggraeni A. 2020. Penambahan Gliserol terhadap Karakteristik Bioplastik dari Komposit Pati Aren dan Glukomanan. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*. Vol. 16(1):19-25
- Puspita Sari, J., Martoprawiro M.A., dan Mahendra P. 2022. Pengaruh Penambahan Agen Antibakteri TiO Dan ZnO Pada Film Komposit Selulosa/Poli(Vinil Alkohol). *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, Vol. 10(1)
- Putri, R. G. 2019. Karakterisasi Bioplastik dari Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) dan Pati Singkong dengan Penambahan Pati Biji Alpukat. *Risenologi (Jurnal Sains, Teknologi, Sosial, Pendidikan dan Bahasa)*. Vol. 4(2)
- Ramadhan MO dan Handayani MN. 2020. Potensi limbah makanan sebagai bahan bioplastik untuk mempromosikan kelestarian lingkungan: Review. *Seri: Ilmu dan Teknik Material*, Vol. 9(8)
- Rilda Y, Dharma A, Arief S, Alief A, Shaleh B. 2010. Efek Dpoing Aktivitas Fotokatalitik dari TiO₂ Untuk Inhibisi Bakteri Patogenik. *Makara Sains*, 14 (1), 7-14.

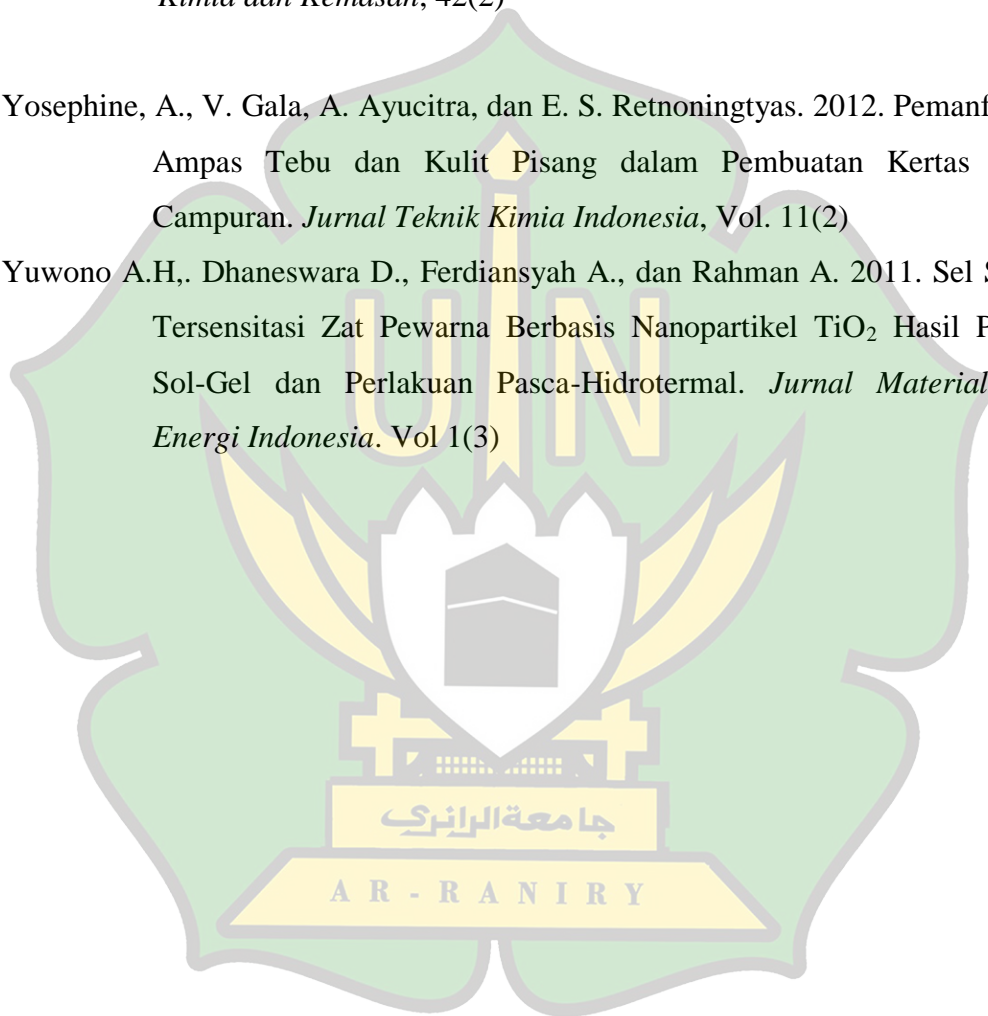
- Rosariawari F, Masduki A, Hadi W. 2012. Proses Fotokatalisis Untuk Penyisihan *E. coli* dengan Kombinasi TiO₂, Karbon Aktif dan Sinar UV. *J. Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4 (1).
- Rustanti M. E., 2018. *Potensi Kulit Pisang Kepok Kuning (Musa paradisiaca l) sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Es Krim*. Skripsi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Santoso, A., Ambalinggi W., dan Niawanti H., 2019. Pengaruh Rasio Pati Dan Kitosan Terhadap Sifat Fisik Bioplastik Dari Pati Biji Cempedak (*Artocarpus champeden*). *Jurnal Chemurgy*, Vol. 3(2)
- Sari N., Mairisya M., Kurniasari R., dan Purnavita S. 2019. Bioplastik Berbasis Galaktomanan Hasil Ekstraksi Ampas Kelapa Dengan Campuran Polyvinyl Alkohol. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*. Vol. 15(2): 71-78
- Sihaloho, Eva B. 2011. *Evaluasi Biodegradabilitas Plastik Berbahan Dasar Campuran Pati dan Polietilen Menggunakan Metode Enzimatis, Konsorsia Mikroba dan Pengomposan*, Skripsi. Depok: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Sriwahyuni. 2018. *Pembuatan Bioplastik Dari Kitosan Dan Pati Jagung Dengan Menggunakan Gkutaraldehyd Sebagai Pengikat Silang*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar
- Supratman, Unang. 2006. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Suryanto H., Wahyuningtyas, N.E., Wanjaya R., Puspitasari P., dan Sukarni S. 2016. Struktur Dan Kekerasan Bioplastik Dari Pati Singkong. *Seminar Nasional Terapan Teknologi (SeNTerTek)*
- Rahman T., Fadhlulloh M.A., Nandiyanto A.B.D., dan Mudzakir A. 2014. Sintesis Titanium Diokasida Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*, Vol. 5(1)

Tinentang H., Aritonang H.F., dan Koleangan H.S.J., 2021. Sintesis Nanokomposit Nata De Coco/Tio /Ag dan Efektivitasnya Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri Escherichia coli dan *Staphylococcus aus. Chem. Preurog*, Vol. 14(1)

Warsiki E., Setiawan I., dan Hoerudin. 2020 Sintesa Komposit Bioplastik Pati Kulit Singkong-Partikel Nanosilika dan Karakterisasinya. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 42(2)

Yosephine, A., V. Gala, A. Ayucitra, dan E. S. Retnoningtyas. 2012. Pemanfaatan Ampas Tebu dan Kulit Pisang dalam Pembuatan Kertas Serat Campuran. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, Vol. 11(2)

Yuwono A.H., Dhaneswara D., Ferdiansyah A., dan Rahman A. 2011. Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna Berbasis Nanopartikel TiO₂ Hasil Proses Sol-Gel dan Perlakuan Pasca-Hidrotermal. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*. Vol 1(3)



LAMPIRAN

Lampiran I. Contoh Perhitungan

I.1 Uji Biodegradasi

Rumus

$$\% \text{ Penguraian massa} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\%$$

Sampel 1 (tanpa TiO₂)

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-4} &= \frac{0,5073 - 0,4849}{0,5073} \times 100\% \\ &= 4,41\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-8} &= \frac{0,5073 - 0,4630}{0,5073} \times 100\% \\ &= 8,73\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-16} &= \frac{0,5073 - 0,4298}{0,5073} \times 100\% \\ &= 15,27\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-20} &= \frac{0,5073 - 0,4205}{0,5073} \times 100\% \\ &= 17,11\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-24} &= \frac{0,5073 - 0,3801}{0,5073} \times 100\% \\ &= 25,07\% \end{aligned}$$

Sampel 2 (dengan TiO₂ 0,5 gr)

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-4} &= \frac{0,5037 - 0,4475}{0,5037} \times 100\% \\ &= 11,15\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-8} &= \frac{0,5037 - 0,4369}{0,5037} \times 100\% \\ &= 13,26\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-16} &= \frac{0,5037 - 0,4198}{0,5037} \times 100\% \\ &= 16,65\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-20} &= \frac{0,5037 - 0,3966}{0,5037} \times 100\% \\ &= 21,26\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Penguraian massa hari ke-24} &= \frac{0,5037 - 0,3668}{0,5037} \times 100\% \\ &= 27,17\% \end{aligned}$$

<i>Penguraian massa (%)</i>					
<i>Bahan</i>	<i>Hari ke-4</i>	<i>Hari ke-8</i>	<i>Hari ke-16</i>	<i>Hari ke-20</i>	<i>Hari ke-24</i>
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Sampel 1	4,41	8,73	15,27	17,11	25,07
Sampel 2	11,15	13,26	16,65	21,26	27,17

Sampel	Hari ke-1	Hari ke-4	Hari ke-8	Hari ke-16	Hari ke-20	Hari ke-24
<i>Tanpa TiO₂</i>						
<i>Dengan TiO₂</i>						

1.2 Uji Daya Serap Air

$$\% \text{ Penyerapan air} = \frac{\text{massa sampel basah} - \text{massa sampel kering}}{\text{massa kering}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Ketahanan air} = 100\% - \% \text{ Penyerapan air}$$

Sampel 1 (tanpa TiO₂)

$$\begin{aligned} \% \text{ Penyerapan air} &= \frac{0,5934 - 0,5033}{0,5033} \times 100\% \\ &= 17,90\% \end{aligned}$$

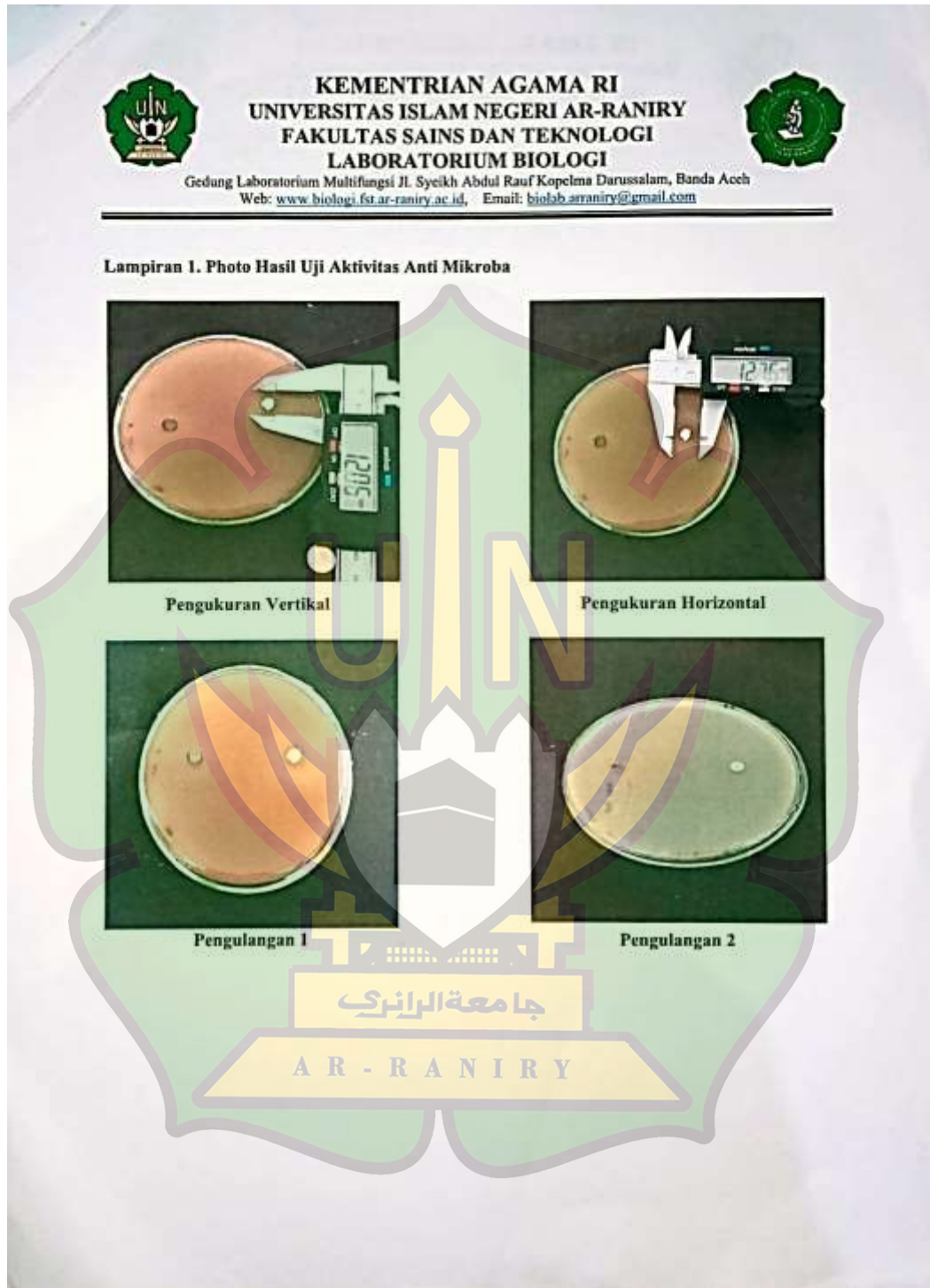
$$\begin{aligned} \% \text{ Ketahanan air} &= 100\% - 17,90\% \\ &= 82,1\% \end{aligned}$$

Sampel 2 (dengan TiO₂ 0,5 gr)

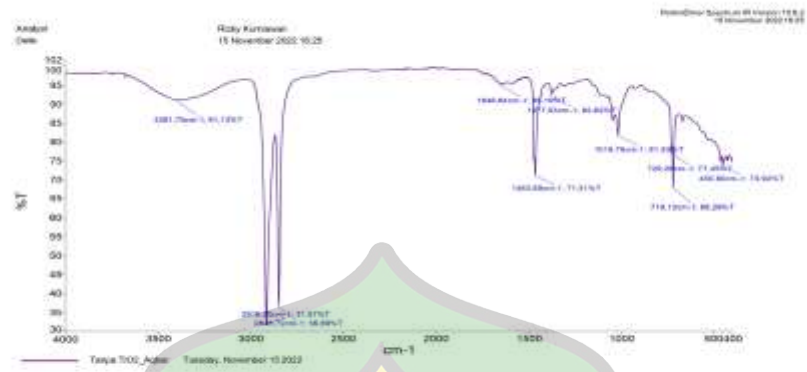
$$\begin{aligned} \% \text{ Penyerapan air} &= \frac{0,5089 - 0,5037}{0,5037} \times 100\% \\ &= 1,03\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Ketahanan air} &= 100\% - 1,03\% \\ &= 98,97\% \end{aligned}$$

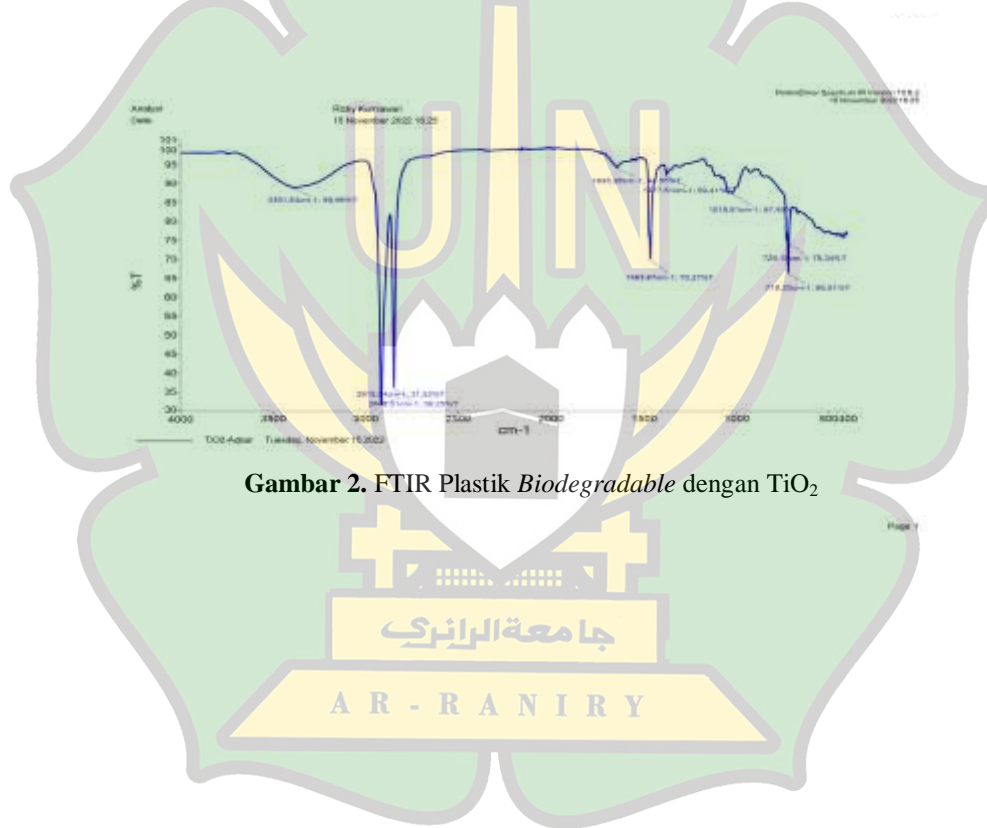
I.3 Uji Aktivitas Bakteri



I.4 Analisa FTIR



Gambar 1. FTIR Plastik *Biodegradable* tanpa TiO₂



Gambar 2. FTIR Plastik *Biodegradable* dengan TiO₂

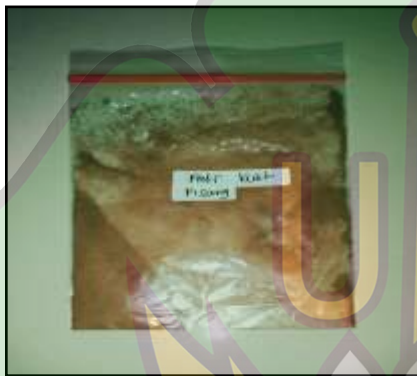
Lampiran II. Penelitian



Gambar 1. Kulit pisang kepok



Gambar 2. Gliserol



Gambar 3. Pati pisang kepok



Gambar 4. Logam TiO₂

