

**PENGARUH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP AKTIVITAS
ANTIBAKTERI PADA PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI
BIJI DURIAN**

SKRIPSI

Oleh:
TANTINI
NIM. 16640028



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

**PENGARUH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP AKTIVITAS
ANTIBAKTERI PADA PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI
BIJI DURIAN**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**TANTINI
NIM. 16640028**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

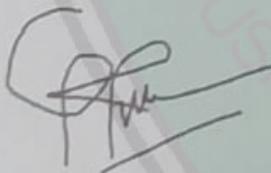
PENGARUH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP AKTIVITAS
ANTIBAKTERI PADA PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI
BIJI DURIAN

SKRIPSI

Oleh:
Tantini
NIM. 16640028

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada tanggal: 18 November 2020

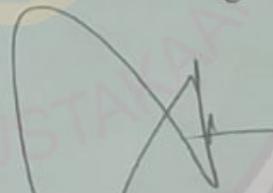
Pembimbing I



Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009

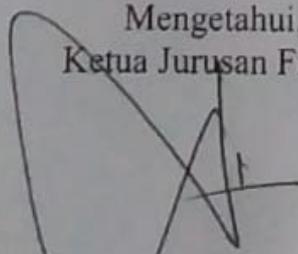
Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si

NIP. 19650504 199003 1 003

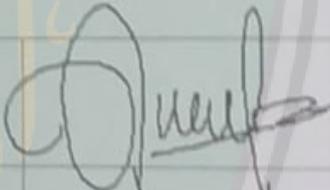
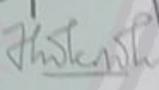
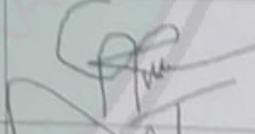
HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN ZnO TERHADAP AKTIVITAS
ANTIBAKTERI PADA PLASTIK *BIODEGRADABLE* DARI
BIJI DURIAN

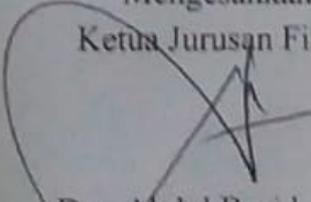
SKRIPSI

Oleh:
Tantini
NIM. 16640028

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 16 Desember 2020

| | | |
|----------------------|---|---|
| Penguji Utama : | <u>Dr. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001 |  |
| Ketua Penguji : | <u>Utia Hikmah, M.Si</u> NIDT.19880605 20180201 2 242 |  |
| Sekretaris Penguji : | <u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009 |  |
| Anggota Penguji : | <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003 |  |

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika


Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tantini
NIM : 16640028
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains Dan Teknologi
Judul Penelitian : Pengaruh penambahan ZnO terhadap aktivitas antibakteri pada plastik *biodegradable* dari biji durian

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 21 Desember 2020

Yang Membuat Pernyataan



Tantini

NIM. 16640028

MOTTO

Jika Anda mendidik seorang laki-laki, maka seorang laki-laki itu akan terdidik.
Tapi jika Anda mendidik seorang perempuan, maka satu generasi akan terdidik.

(Brigham Young)

*“Always be yourself no matter what they say and never be anyone else even if
they look better than you”*



HALAMAN PERSEMBAHAN

Rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikanku nikmat dengan kekuatan serta kemudahan yang telah Engkau berikan. Sehingga, skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu tertimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Dari hati terdalam kupersembahkan karya sederhana ini kepada

Ke dua orang tua ku,

Untuk Bapak Katimun dan Ibu Marinem, saya haturkan terimakasih atas semua pengorbanan, do'a, kerja keras, dan kasingsayang yang telah kalian beri tiada henti.

Kakak dan Saudara ku,

Untuk kak Pardi, mas kharisma, mbk Keke terimakasih atas semua dukungan dan kasih sayang yang kalian beri.

Dosen Fisika UIN Malang,

Untuk Ibu Erna Hastuti, M.SI, Drs. Abdul basid. M.Si, segenap dosen dan ketua jurusan Fisika, saya haturkan terimakasih atas semua bimbingan, kerja keras, dan pengajaran yang telah kalian amalkan.

Sahabat-sahabat ku,

Untuk Umi Aniatul Jannah, Zilfi Wirdatul Mauliya, Endah Sri Puji H, Shabiatur Rhokimah, Ervin Cahya Ningtyas, Dyah Ayu Rachmia, terimakasih atas semua kerinduan tawa dan bahagia, cintadan kasih selama ini.

Sahabat-Sahabat Material,

Untuk Antoni gondo, Dini Mahya, Mifta, Khoir, Fitri, Ulfa, Aghea, terimakasih atas dorongan semangat, dukungan, motivasi yang diberikan.

Kawan-Kawan Fisika,

Untuk semua teman-teman fisika angkatan 2016, saya ucapkan terima kasih atas keindahan pertemanan yang terjalin selama ini, semoga silaturahmi tetap terjaga sampai nanti.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik. Proposal skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “**Pengaruh Penambahan ZnO Terhadap Aktivitas Antibakteri Pada Plastik *Biodegradable* Dari Biji Durian**”.

Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang dan penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa saat ini. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan proposal skripsi ini. Selanjutnya kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Segenap Dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing, dan memberikan pengarahan selama perkuliahan.
6. Bapak, Ibu, kakak dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga disetiap langkah penulis.
7. Mas kharisma dan keluarga yang telah membiayai serta memberi dukungan yang berharga selama ini.

8. Segenap anggota teman-teman Material Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu penyusunan skripsi ini.
9. Sahabat-sahabat fisika 2016 dan semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Malang, 28 November 2020

Penulis



DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGANTAR..... | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN..... | v |
| MOTTO..... | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xiv |
| ABSTRAK..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 6 |
| 1.5 Batasan Masalah | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Kemasan | 7 |
| 2.2 Bakteri <i>Escherichia coli</i> (E.coli)..... | 9 |
| 2.3 ZnO (<i>Zinc Oxide</i>) | 9 |
| 2.4 Gliserol | 12 |
| 2.5 CMC (Carboxy Methyl Cellulose) | 14 |
| 2.6 Pati | 15 |
| 2.7 Biji Durian | 16 |
| 2.8 Uji sample..... | 18 |
| 2.8.1 Uji Gugus Fungsi | 18 |
| 2.8.2 Uji Kuat Tarik (<i>Tensile Strength</i>) | 20 |
| 2.8.3 Uji Aktivitas Antibakteri | 22 |
| 2.8.4 Uji Biodegradabilitas | 22 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 25 |
| 3.2 Jenis Penelitian | 25 |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian | 25 |
| 3.3.1 Alat Penelitian..... | 25 |
| 3.3.2 Bahan Penelitian..... | 26 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 27 |
| 3.4.1 Pembuatan Pati Biji Durian..... | 27 |
| 3.4.2 Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i> dari Pati Biji Durian..... | 27 |
| 3.5 Diagram Alir | 29 |
| 3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Biji Durian | 29 |
| 3.5.2 Diagram Alir Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i> | 30 |

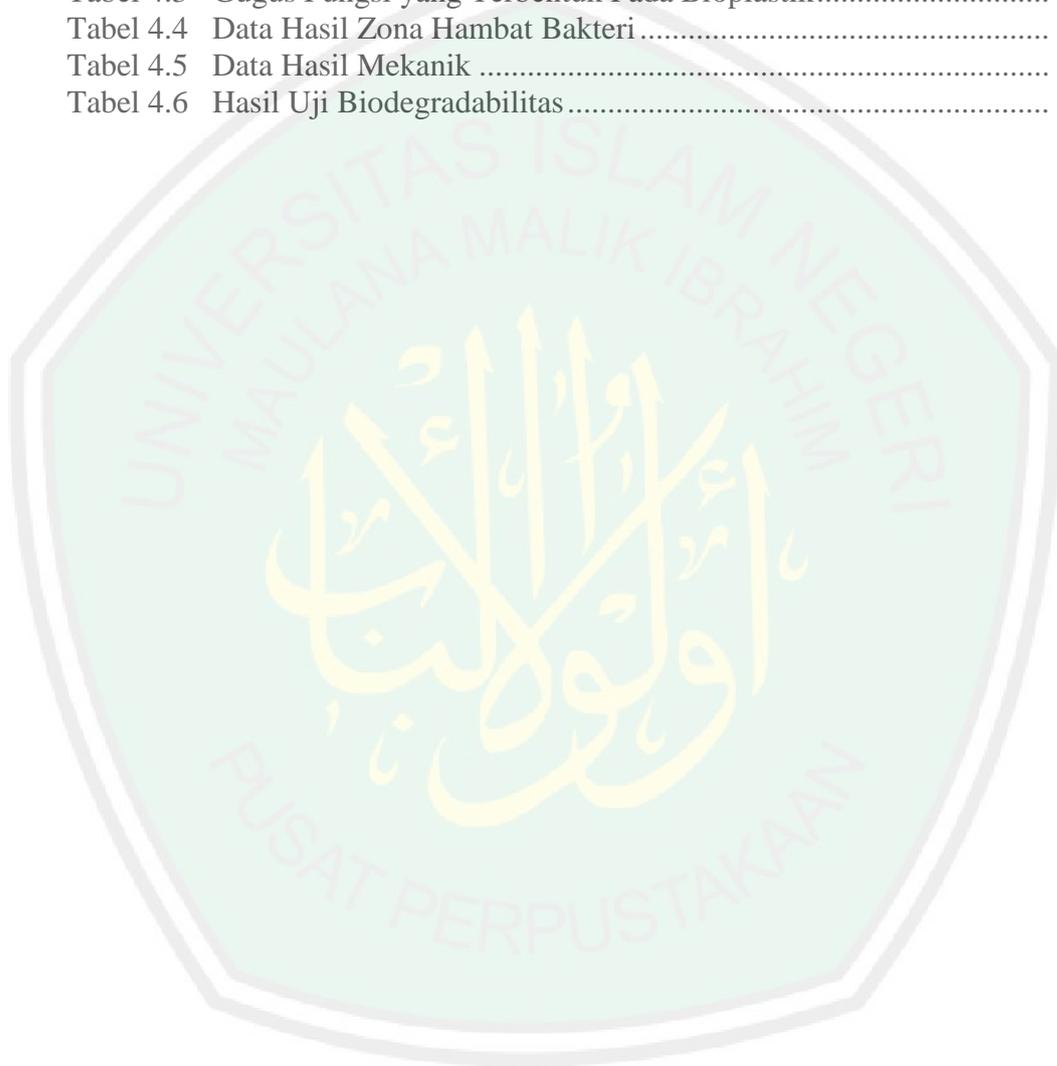
| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 3.6 | Pengumpulan Data | 31 |
| 3.6.1 | Analisis Gugus Fungsi menggunakan FTIR | 31 |
| 3.6.2 | Analisis Kuat Tarik menggunakan <i>Mechanical Universal Testing</i> ... | 31 |
| 3.6.3 | Analisis Antibakteri | 32 |
| 3.6.4 | Analisis Biodegradabilitas (<i>Soil Burial Test</i>)..... | 34 |
| 3.7 | Analisis Data | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | |
| 4.1 | Data Hasil Penelitian..... | 37 |
| 4.1.1 | Pembuatan Pati Biji Durian..... | 37 |
| 4.1.2 | Pembuatan Bioplastik Pati Biji Durian Dengan Variasi ZnO..... | 39 |
| 4.1.3 | Uji Gugus Fungsi Menggunakan FT-IR (<i>Fouriert Transform Infra Red</i>)..... | 41 |
| 4.1.4 | Zona Hambat Bakteri Pada Bioplastik..... | 43 |
| 4.1.5 | Uji Sifat Mekanik Sample Bioplastik Pati Biji Durian Dengan Variasi Konsentrasi ZnO..... | 44 |
| 4.1.6 | Uji Biodegradabilitas | 48 |
| 4.2 | Pembahasan..... | 53 |
| 4.3 | Integrasi Ayat Al qur'an dan Hadits Tentang Platik Biodegradable..... | 58 |
| BAB V PENUTUP | | |
| 5.1 | Kesimpulan | 64 |
| 5.2 | saran | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | | |
| DAFTAR LAMPIRAN | | |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Perbedaan Mekanisme Film Antimikroba dan <i>Food Additive</i> ... | 9 |
| Gambar 2.2 | Struktur Kristal ZnO..... | 10 |
| Gambar 2.3 | Mekanisme Aktivitas Antibakteri oleh ZnO | 12 |
| Gambar 2.4 | Struktur Kimia Gliserol..... | 13 |
| Gambar 2.5 | Struktur CMC..... | 14 |
| Gambar 2.6 | Struktur Kimia Amilosa | 15 |
| Gambar 2.7 | Stuktur Kimia Amilopektin..... | 16 |
| Gambar 2.8 | Biji Durian..... | 16 |
| Gambar 2.9 | Ilustrasi Operasi Kerja FT-IR pada Sample | 20 |
| Gambar 2.10 | Gambar Singkat Uji Tarik..... | 21 |
| Gambar 2.11 | Mekanisme Proses Degradasi Plastik..... | 23 |
| Gambar 4.1 | Spektrum Transmittansi Pati Biji Durian dari Hasil FTIR..... | 37 |
| Gambar 4.2 | Hasil Pembuatan Film Plastik | 40 |
| Gambar 4.3 | Spektrum Transmittansi Variasi Konsentrasi ZnO Pada Bioplastik..... | 40 |
| Gambar 4.4 | Grafik hubungan Variasi Konsentrasi ZnO dengan Nilai Zona Hambat | 44 |
| Gambar 4.5 | Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Nilai Kuat Tarik Pada Bioplastik..... | 46 |
| Gambar 4.6 | Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Elongation pada bioplastik | 47 |
| Gambar 4.7 | Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Modulus Young pada bioplastik | 48 |
| Gambar 4.8 | Grafik Biodegradabilitas Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi ZnO | 50 |
| Gambar 4.9 | Hasil Biodegradabilitas Tanpa Menggunakan EM4 dengan Variasi Konsentrasi ZnO..... | 51 |
| Gambar 4.10 | Hasil Biodegradabilitas Menggunakan EM4 dengan Variasi Konsentrasi ZnO | 52 |
| Gambar 4.11 | Grafik Biodegradabilitas Film Menggunakan EM4 dengan Variasi Konsentrasi ZnO | 53 |
| Gambar 4.12 | Ilustrasi Skematis Bioplastik Sebelum dan Sesudah Penambahan Nanopartikel ZnO..... | 56 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabel 2.1 | Karakteristik Gliserol..... | 13 |
| Tabel 2.2 | Kandungan Nutrisi Biji Durian..... | 18 |
| Tabel 3.1 | Tabel Hasil Data Uji Tarik..... | 32 |
| Tabel 3.2 | Tabel Data Hasil Pengamatan Uji Biodegradabilitas..... | 35 |
| Tabel 4.1 | Gugus Fungsi Yang Terbentuk Pada Pati Biji Durian | 38 |
| Tabel 4.2 | Komposisi Filler dan Matriks | 40 |
| Tabel 4.3 | Gugus Fungsi yang Terbentuk Pada Bioplastik..... | 42 |
| Tabel 4.4 | Data Hasil Zona Hambat Bakteri..... | 43 |
| Tabel 4.5 | Data Hasil Mekanik | 45 |
| Tabel 4.6 | Hasil Uji Biodegradabilitas..... | 49 |



DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 Hasil Dokumentasi**
- LAMPIRAN 2 Hasil Pengujian Gugus Fungsi**
- LAMPIRAN 3 Data Hasil Uji Mekanik**



ABSTRAK

Tantini. 2020. **Pengaruh penambahan ZnO terhadap aktivitas antibakteri pada plastik *biodegradable* dari biji durian.** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing (I) Erna Hastuti, M.Si. (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Kata kunci: pati biji durian, antibakteri, ZnO

Pengembangan bioplastik sebagai kemasan yang antibakteri dan *biodegradable* merupakan solusi dalam mengatasi permasalahan lingkungan. Kemasan antibakteri merupakan salah satu sistem pengemasan yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan produk. Pada penelitian ini digunakan pati sebagai matriks penyusun bioplastik yang berasal dari biji durian dan *filler* dengan penambahan *plasticizer* berupa gliserol, cmc, ZnO. Penambahan ZnO dilakukan pada jumlah 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dari berat pati (b/b). Sedangkan gliserol digunakan sebesar 40% berat padatan pati (v/b). Biofilm dikarakterisasi menggunakan FTIR, *universal testing machine*, metode difusi, dan metode *soil burial test*. Hasil pengujian gugus fungsi menunjukkan bahwa variasi komposisi pati-*plasticizer*-ZnO muncul stretching of O-H groups, Stretching of C-H groups, C=O merupakan struktur CMC dan Zn-O Bond Deformation yang merupakan gugus khas ZnO. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bioplastik pati biji durian yang mengandung ZnO dapat digunakan sebagai bahan kemasan makanan dengan sifat antibakteri. Bioplastik dengan PPZ-5 mampu memberikan nilai hambat sebesar 7,96 mm terhadap bakteri *E. coli*. Nilai kuat tarik dan modulus young bioplastik tertinggi dicapai oleh PPZ-4 yaitu 0.850 MPa dan 0.481 MPa, sedangkan elongasi tertinggi terjadi pada PPZ-1 yaitu 3.265%. Hasil uji Biodegradabilitas menunjukkan bahwa seluruh sampel terdegradasi pada hari ke-7.

ABSTRACT

Tantini. 2020. The effect of ZnO addition on antibacterial activity in biodegradable plastics from durian seeds. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor (I) Erna Hastuti, M.Sc. (II) Drs. Abdul Basid, M.Sc.

Keyword: durian seed starch, antibacterial, ZnO

The development of bioplastics as antibacterial and biodegradable packaging solutions to environmental problems. Antibacterial packaging is a packaging system that can prevent the growth of micro-organisms on the surface of the product. In this research, starch was used as a bioplastics constituent matrix derived from durian seeds and a filler containing plasticizers in the form of glycerol, cmc, ZnO. The addition of ZnO was carried out at an amount of 0%, 1%, 2%, 3%, 4% and 5% by weight of starch (w/w). While glycerol is used at 40% by weight of starch solids (v / w). Biofilms were characterized using FTIR, universal test machines, diffusion methods and soil burial test methods. The results of the functional group test showed that variations in the composition of the starch-plasticizer-ZnO were found in the stretching of the O-H groups, the stretching of the C-H groups, C = O, which is the CMC structure, and Zn-O Bond Deformation, which is a typical ZnO group. The results of this study indicate that the durian seed starch film containing ZnO can be used as a food packaging material with antibacterial properties. Biofilm with PPZ-5 was able to provide an inhibition value of 7.96 mm against E. coli bacteria. The highest value of tensile strength and modulus of young biofilm was achieved by PPZ-4, namely 0.850 MPa and 0.481 MPa, while the highest elongation occurred in PPZ-1, namely 3.265%. The results of the biodegradability test showed that all samples were degraded on the 7th day

ملخص البحث

تأثير إضافة ZnO إلى نشاط مضادة للبكتيري في بلاستيك قابل للتحلل (*biodegradable*) من بذور دوريان. البحث. قسم الطبيعة كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج المشرف علينا هسنتوي الماجستير و دكتور عبدالبسط الماجستير

الكلمة المفتوحة: نشاء دور دوريان، مضادة للبكتيري، ZnO

تطور البلاستيك الحيوي (bioplastik) الى بالة مضادة للبكتيري و قابل للتحلل (*biodegradable*) هو الحال عن مسألة في سيطر على مسائل البيئة. بالة مضادة للبكتيريا هو في عداد نظام بالتا يجرى على تطور الكائنات الدقيقة في وجه المصنوعات. استخدم هذا البحث النشاء مصفوفة منشى البلاستيك الحيوي (bioplastik) صدر من دور دوريان و حشو (filler) بتزداد مادة لزيادة اللبونة (*plasticizer*) في شكل جلسرين (gliserol) ZnO, cmc, اضافة ZnO عمل في مجموع 0% ، 1%، 2%، 3% ، 4% و 5% من وزن النشا من البذور. و بينما جلسرين (gliserol) مستخدم 40% من وزن النشا، بيوفيلم بتميز استخدم FTIR. آلة اختبار عالمية (*universal testing machine*). طريقة الانتشار (metode difusi) طريقة اختبار دفن التربة (*soil burial test*) أظهرت نتائج اختبار المجموعة الوظيفية أن التركيب متنوع النشا- مادة لزيادة اللبونة (*plasticizer*) ZnO- تمتد مجموعات O-H ، تمتد مجموعات C-H ، C=O هو بناء CMC و ZnO تشوه الرابطة (Bond Deformation) وهي مجموعة ZnO نموذجية تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن البلاستيك الحيوي لنشا بذور الدوريان المحتوي على ZnO يمكن استخدامه كمواد تغليف أغذية ذات خصائص مضادة للبكتيريا. كان البلاستيك الحيوي باستخدام PPZ-5 قادرًا على توفير قيمة تثبيط قدرها 7.96 ملم ضد بكتيريا Coli E. تم تحقيق أعلى قيم معامل وقوة شد للبلاستيك الحيوي الصغير بواسطة PPZ-4 ، وهي 850.0 MPa و 481.0 MPa ، بينما حدثت أعلى استطالة في PPZ-1 وهي 3.265% . أظهرت نتائج اختبار التحلل البيولوجي أن جميع العينات تدهورت في اليوم السابع.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan konsumen terhadap kualitas dan keamanan pangan semakin meningkat, sehingga masyarakat saat ini terdorong untuk menggunakan bahan kemasan yang tidak hanya memberikan perlindungan secara fisik, namun dapat menghambat bakteri yang berkembang biak di permukaan produk makanan. Makanan yang terkontaminasi dapat menyebabkan pencemaran mikroba melalui beberapa gejala dari gangguan saluran cerna seperti diare, muntah-muntah, keram perut dan demam, salah satunya adalah *Escherichia coli* (Porotu'o dkk., 2015). Oleh karena itu, perlu dikembangkan kemasan yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri.

Kemasan aktif memiliki fungsi sebagai penghambat yang mencakup uap air, rasa, dan aktivitas antibakteri (Quintavalla and Vicini 2002). Kemasan polimer antibakteri adalah salah satu sistem pengemasan aktif yang dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan produk, sehingga akan memperpanjang umur simpan makanan dan memberikan peningkatan kesehatan bagi pengguna (Marra,2016).

Umumnya, zat antibakteri adalah senyawa-senyawa organik yang disintesis dari tumbuh-tumbuhan. Tetapi, untuk mendapatkan senyawa tersebut memerlukan proses yang panjang. Alternatif lain adalah dengan senyawa anorganik. Senyawa-senyawa anorganik yang dapat bersifat antibakteri adalah senyawa-senyawa oksida, seperti titanium dioksida (TiO_2), silikon dioksida (SiO_2), dan seng oksida (ZnO). Senyawa-senyawa oksida memiliki kemampuan antibakteri karena spesi oksigen dari senyawa tersebut bersifat toksik bagi bakteri. Dibandingkan dengan

TiO₂ dan SiO₂, ZnO relatif lebih murah, lebih mudah didapatkan, dan lebih ramah lingkungan. Selain itu, ZnO juga dapat menghambat dan mematikan sel bakteri (Li et al., 2011).

Zinc oxide (ZnO) telah dikembangkan dalam dunia industri pengemasan makanan karena memiliki beberapa keuntungan yaitu aktivitas antibakteri, antifungi, filter UV, tidak beracun, fotokimia dan katalis yang tinggi. ZnO disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih kecil sehingga memiliki luas permukaan lebih besar dan efisien dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Jayaseelan *et al.* 2012). Mekanisme antibakteri pada ZnO memiliki kemampuan oksidasi pada membran sehingga akan merusak struktur membran. Setelah lubang terbentuk pada membran maka sitoplasma dan organ sel akan keluar dari dalam sel yang menyebabkan pertumbuhan terhambat atau bahkan mati (Brayner *et al.* 2006).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Katbab et al. (2014) tentang LDPE/TiO₂ (1, 1.5, 3, 5 %wt) menunjukkan waktu induksi lebih singkat untuk fotodegradasi yang dapat diterima dari sel bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*) dan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) pada saat penyinaran sinar UV. Li et al. (2010) membuat komposit poli (vinil klorida) yang dilapisi ZnO dengan konsentrasi 5 g/L. Film plastik mampu menghambat *E. coli* atau *S. aureus*. Penelitian lain oleh Nafchi dkk (2013) tentang biofilm pati sagu dengan *filler* ZnO (0, 1, 2, 3, 5 %wt) dan *plasticizer* campuran antara gliserol dan sorbitol 3:1 sebanyak 40% (wt) menunjukkan hasil terbaik pada ZnO 5% (wt) dengan *tensile strength* 6,62 MPa dan elongasi 84%. Bioplastik kitosan, pati kulit pisang kepok, dengan *plasticizer* gliserol dan *filler* ZnO oleh Agustin (2017) menunjukkan bahwa komposisi

bioplastik yang optimal adalah kitosan 4 – 30% pati – 5 mL Gliserol – 5% ZnO yang memberikan antibakteri paling baik. Pada biofilm pati tapioca dan ZnO oleh Warsiki (2018) indeks bakteri pada pencampuran ZnO 2% didapatkan zona hambat 7,67 mm terhadap bakteri *E. coli*.

Selain zat aditif ZnO, polimer juga berperan dalam kemasan antibakteri. Yaitu polimer sintetis dan polimer alami. Untuk Bahan polimer sintetis umumnya berupa polivinil klorida (PVC), polistirena (PS), polietilena (PE), dan polipropilena (PP). Selain sifat bahan bakunya yang terbatas dan tidak dapat diperbarui, kemampuan untuk hancur di lingkungan juga sangat rendah. Polimer sintetis membutuhkan waktu puluhan bahkan ratusan tahun bagi bakteri pengurai untuk menguraikan sampah plastik, sehingga dapat membahayakan lingkungan. Saat ini telah dikembangkan pembuatan plastik *biodegradable* yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan.

Plastik terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa, dan lemak (Kamsiati *et al.*, 2017). Di antara polimer alami, pati merupakan bahan baku potensial sebagai pengganti plastik sintetis karena keunggulan seperti fleksibel, transparan, tanpa bau, tanpa rasa, semipermeabel terhadap CO₂, tahan terhadap O₂ dan mampu terdegradasi tanpa pembentukan residu beracun (Chowdhury dan Das, 2013). Pati dapat diperoleh dengan cara mengekstrak dari tanaman yang kaya akan karbohidrat seperti sagu, singkong, jagung, gandum, dan ubi jalar. Selain itu dapat diekstrak dari biji buah-buahan seperti pada biji nangka, biji alpukat, dan biji durian (Briassoulis, 2004). Biji durian merupakan bagian dari buah durian yang tidak dikonsumsi oleh masyarakat karena gatal di lidah kita (Ginting *et al.*

2016). Pada penelitian Hutapea (2010) biji durian memiliki kandungan pati sebesar 42,1% dengan kadar amilosa 26,607%.

Biji durian yang selama ini dianggap limbah oleh manusia karena kurang pemanfaatannya ternyata dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan bioplastik. Dalam al-Quran surat an-Nahl : 11, Allah SWT berfirman:

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman, zaitun, kurma, anggur, dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan” (QS. an-Nahl) : 11

Ayat tersebut menjelaskan, bahwasanya Allah SWT menciptakan segala apa yang ada di bumi seperti tanam-tanaman maupun buah-buahan untuk dapat dimanfaatkan. Sehingga, dapat menjadi motivasi peneliti atau akademis untuk memikirkan bagaimana mengatasi problematika permasalahan lingkungan dengan mengembangkan konsep kemasan ramah lingkungan yang bersumber dari bahan-bahan alam.

Sayyid Quthb menafsirkan ayat ini sebagai panduan bagi manusia untuk bertahan hidup di muka bumi. Karena tidak mungkin manusia dapat hidup di alam semesta ini jika tidak mampu mempertahankan hidupnya, salah satunya dalam ketahanan pangan. Secara tegas kemudian ayat tersebut menjelaskan tentang makanan maupun buah-buahan yang sering dikonsumsi manusia, seperti zaitun, kurma, anggur, dan jenis buah-buahan yang lainnya. Secara lebih lanjut Sayyid Quthb menjelaskan bahwa Allah telah menata alam ini dengan sangat rapi dan

sesuai pada alam semesta ini terutama bagi kehidupan manusia (Sayyid Quthb, 2012)

Berdasarkan uraian di atas, maka pada penelitian ini dilakukan pembuatan kemasan antibakteri dari campuran pati biji durian dan zat aditif ZnO. Variasi konsentrasi ZnO yaitu 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% (%wt), diharapkan dapat meningkatkan interaksi antara pati dan ZnO sehingga menghasilkan gugus fungsi yang terbentuk, zona hambat, sifat mekanik dan mudah terdegradasi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana gugus fungsi yang terbentuk pada biji durian yang ditambahkan zat aditif ZnO?
2. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi zat aditif ZnO terhadap kemampuan antibakteri pada plastik *biodegradable*?
3. Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi zat aditif ZnO terhadap sifat mekanik dan lama waktu degradasi pada plastik *biodegradable*?

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk dari penambahan zat aditif.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi zat aditif ZnO terhadap kemampuan antibakteri pada plastik *biodegradable*.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi zat aditif ZnO terhadap sifat mekanik dan lama waktu degradasi pada plastik *biodegradable*.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu ;

1. Untuk mendapatkan komposisi ZnO terbaik serta kemasan yang bersifat antibakteri dan ramah lingkungan.
2. Untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan limbah biji durian sebagai bahan dasar pembuatan pati sehingga dapat mengurangi penggunaan plastik sintesis yang bersifat *non-biodegradable*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Pati yang digunakan berasal dari limbah biji durian.
2. Variasi penambahan ZnO 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% (% wt).
3. Jenis *plastisizer* yang digunakan yaitu gliserol dan CMC.
4. Jenis bakteri yang digunakan yaitu Bakteri *Escherchia coli* (E. coli).
5. Karakteristik FTIR, *Universal Testing Machine*, metode *soil burial test*, dan metode difusi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kemasan

Kemasan merupakan salah satu komponen utama dalam suatu produk yang memiliki fungsi beragam. Fungsi dari kemasan yaitu untuk melindungi dan mengawetkan dari paparan sinar, panas, kelembaban udara, oksigen, kontaminasi dari kotoran dan mikroba yang dapat merusak serta menurunkan mutu dari suatu produk. Terutama produk makanan, sehingga dengan adanya kemasan dapat mengurangi terjadinya penurunan kualitas saat penyimpanan (Kerry, 2014).

Menurut Ahvenainen (2003), kemasan modern dapat dibagi menjadi dua yaitu kemasan aktif (*active packaging*) dan kemasan cerdas (*smart packaging*).

1. Kemasan aktif (*active packaging*)

Kemasan aktif (*active packaging*) bertujuan untuk memperpanjang umur simpan atau meningkatkan keamanan, dan mempertahankan kualitas makanan yang dikemas. Kondisi makanan dalam kemasan dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu proses fisiologis (contohnya respirasi buah dan sayuran segar), proses kimia (contohnya oksidasi lemak), proses fisika (contohnya pembusukan pada roti), aspek mikrobiologi (kerusakan karena mikroba) dan serangan hama (contohnya serangga).

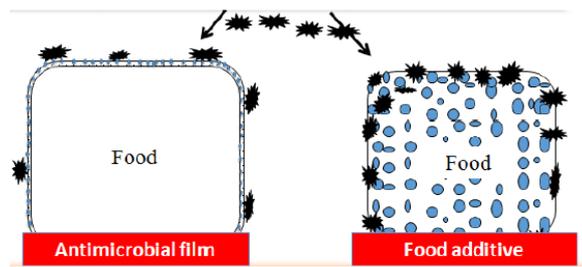
2. Kemasan cerdas (*smart packaging*)

Kemasan pintar didefinisikan sebagai sistem pengemasan untuk memantau kondisi dan kualitas makanan yang dikemas selama distribusi penyimpanan (Ahvenainen, 2003). Kemasan pintar juga memanfaatkan interaksi antara pangan atau lingkungan disekitar pangan yang bermanfaat (Kerry, 2014).

Kemasan antibakteri adalah salah satu jenis dari kemasan aktif yang dapat menambah umur simpan suatu produk dan memberikan perlindungan terhadap bakteri. Kemasan antibakteri dapat menghambat, mengurangi, atau menghentikan pertumbuhan bakteri. Kemasan tersebut dapat berperan sebagai pembawa komponen antibakteri dan antioksidan yang berfungsi untuk menjaga tetap tingginya konsentrasi bahan pengawet alami pada permukaan bahan makanan (Seydim dan Sarikus, 2006).

Kemampuan bakteri dalam kemasan bersifat menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri. Kemampuan menghambat pertumbuhan disebut kemampuan bakteriostatik untuk bakteri dan fungistatik untuk fungi. Kemampuan membunuh disebut bakteriosidal untuk bakteri dan fungisidal untuk fungi. Senyawa antibakteri memiliki kemampuan menghambat berbagai jenis bakteri yang berbeda-beda tergantung jenis maupun spesiesnya (Fardiaz, 1988).

Dalam proses menghambat bakteri suatu senyawa kimia tidak dapat ditentukan secara absolut karena dipengaruhi oleh sifat-sifat serta mekanismenya sendiri serta konsentrasi senyawa yang terkandung (Fardiaz, 1988). Terdapat beberapa mekanisme kerja dari senyawa antibakteri seperti merusak dinding sel, mengubah permeabilitas membran, denaturasi protein di dalam sel dan menghambat kinerja enzim di dalam sel (Pelczar *et al.*, 1986). Secara umum perbedaan mekanisme film antimikroba dan *food additive* dapat dilihat gambar 2.1



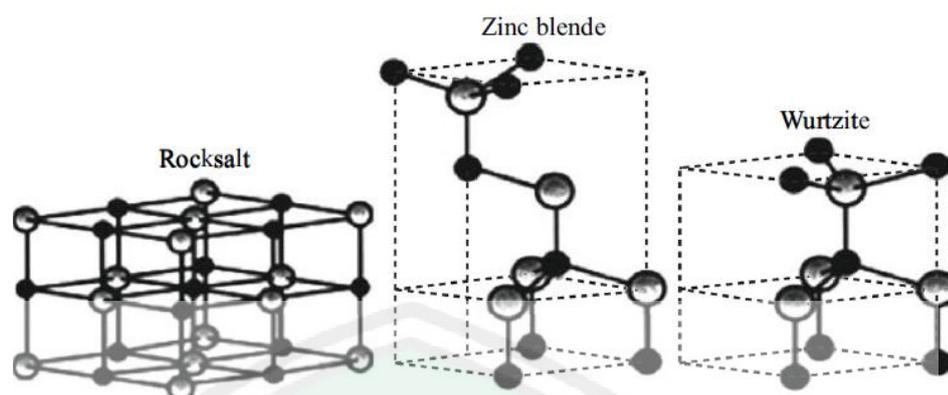
Gambar 2.1 Perbedaan mekanisme film antimikroba dan *food additive* (Wahyu,2014).

2.2. Bakteri *Escherichia coli* (*E. coli*)

Bakteri *E. coli* merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk batang, memiliki ukuran 2,4 mikro 0,4 hingga 0,7 mikro, bergerak, tidak berspora, positif pada tes indol, glukosa, laktosa, sukrosa (Brooks, *et al.*, 2001). Dinding sel bakteri gram negatif tersusun atas membran luar, peptidoglikan dan membran dalam. Peptidoglikan yang terkandung dalam bakteri gram negatif memiliki struktur yang lebih kompleks dibandingkan gram positif. Membran luarnya terdiri dari lipid, liposakarida dan protein. Peptidoglikan berfungsi mencegah sel lisis, menyebabkan sel kaku dan memberi bentuk kepada sel (Juliantina, 2009).

2.3. ZnO (*Zinc Oxide*)

Zinc Oxide (ZnO) mempunyai tiga macam struktur, yaitu struktur *hexagonal wurtzite*, *cubic zinc blende*, *cubic rocksalt (Rochelle salt)* seperti pada Gambar 2.2. Baik struktur *wurtzite* maupun *cubic zinc blende*, masing- masing anionnya diikat oleh empat kation yang membentuk koordinasi tetrahedral. Pada kondisi yang tidak sesuai dengan lingkungan, secara termodinamika struktur *wurtzite* lebih stabil dibandingkan struktur ZnO yang lain (Morkoc & Ozgur, 2009).



Gambar 2.2 Struktur Kristal ZnO (Sirelkhatim et al. 2015)

Seng oksida (ZnO) banyak diaplikasikan pada bidang pangan karena sifatnya yang aman dikonsumsi, mudah terurai menjadi ion-ion setelah masuk ke dalam tubuh, dan memiliki efektifitas antibakteri. Selain memiliki fungsi sebagai sumber fortifikasi, ZnO juga dapat digunakan untuk memperpanjang *shelf life* produk pangan. Sifat antibakteri pada kemasan makanan dapat berinteraksi dengan produk pangan untuk mengurangi pertumbuhan mikroorganisme yang ada di permukaan (Kanmani dan Rhim 2014).

Soares *et al.* (2012) memberikan *treatment* periodik penisilin pada sel bakteri, maka sel bakteri mengaktifkan mekanisme adaptasi pertahanan diri terhadap antibiotik. Sel bakteri akan beradaptasi dengan cara mengurangi permeabilitas dinding terhadap antibiotik, merubah situs protein pengikat penisilin pada dinding sel atau memproduksi enzim yang akan menginaktivasi antibiotik seperti enzim β -laktamase sehingga menghasilkan bakteri resisten terhadap antibiotik tersebut.

Pada bakteri yang diberi perlakuan dengan ZnO maka bakteri tidak dapat mengembangkan mekanisme adaptasi, karena ZnO mempunyai beberapa mekanisme serangan untuk menghambat dan mematikan sel bakteri. Nanopartikel

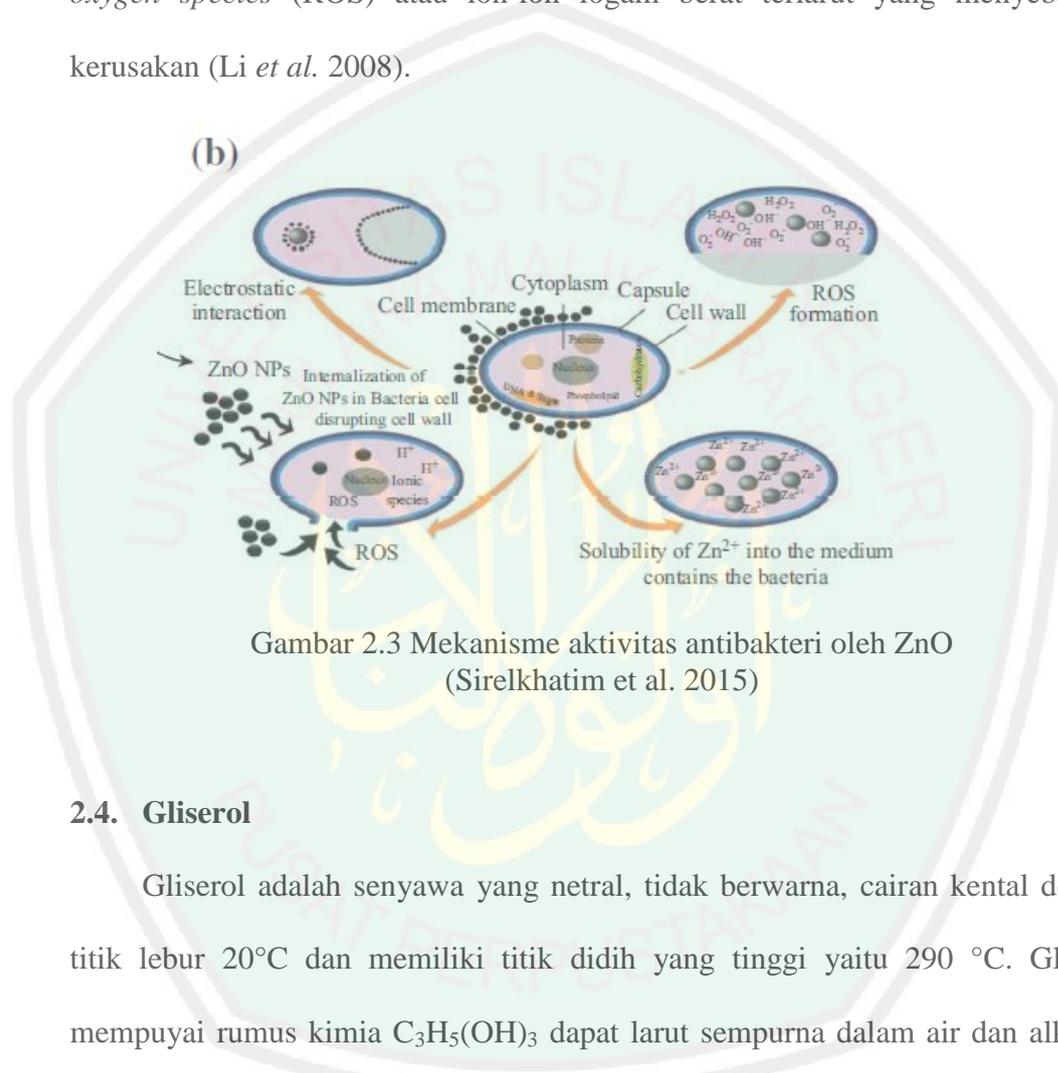
zinc oxide (ZnO) telah dikembangkan karena memiliki aktivitas antibakteri, antifungi, filter UV, fotokimia dan katalis yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang lebih kecil dan memiliki luas permukaan lebih besar sehingga efisien dalam menghambat pertumbuhan mikroba (Jayaseelan *et al.* 2012).

ZnO telah diterapkan secara luas karena sifatnya yang unik seperti sifat fotokatalitik, sifat anti-UV, sifat antibakteri, serta aman bagi manusia. Keuntungan ZnO misalnya adalah harga yang rendah, pasokan melimpah di alam, struktur kimianya stabil, dan tidak beracun (Warsiki, 2018).

Dalam bidang pangan, material nano yang paling sering digunakan adalah ZnO karena senyawa kimia yang aman, sebagai sumber suplemen Zn atau fortifikasi pada industri pangan dan memiliki kemampuan antibakteri. Penelitian yang memanfaatkan ZnO sebagai *filler* dalam pembuatan nanokomposit diantaranya Liu *et al.* (2009) yang melaporkan bahwa ZnO pada konsentrasi yang lebih tinggi dari 3 mmol/l secara signifikan dapat menghambat pertumbuhan *E. coli*, dibandingkan dengan kontrol, Nafchi *et al.* (2012) menggunakan pati sagu ZnO (1-5%) dapat menghambat pertumbuhan *S. aureus*, Kanmani dan Rhim (2014) menggunakan agar, karagenan, CMC – ZnO dapat menghambat pertumbuhan *E. coli* dan *L. monocytogenes*.

Senyawa anorganik seperti ZnO cenderung bersifat stabil dalam suhu dan tekanan. Mekanisme antibakteri pada ZnO memiliki kemampuan oksidasi pada membran sehingga akan merusak struktur membran. Setelah lubang terbentuk pada membran maka sitoplasma dan organ sel akan keluar dari dalam sel yang menyebabkan pertumbuhan terhambat atau bahkan mati (Brayner *et al.* 2006).

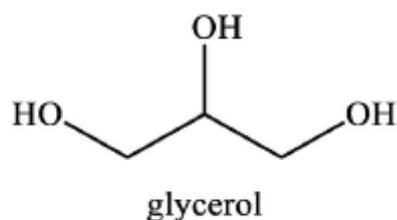
Aktivitas antibakteri dari ZnO berhubungan dengan beberapa mekanisme. ZnO dapat secara langsung berinteraksi dengan sel-sel mikroba, misalnya mengganggu transfer elektron, mengganggu/menembus membrane sel, atau oksidasi komponen sel, atau menghasilkan produk sekunder (misalnya *reactive oxygen species* (ROS) atau ion-ion logam berat terlarut yang menyebabkan kerusakan (Li *et al.* 2008).



Gambar 2.3 Mekanisme aktivitas antibakteri oleh ZnO (Sirelkhatim *et al.* 2015)

2.4. Gliserol

Gliserol adalah senyawa yang netral, tidak berwarna, cairan kental dengan titik lebur $20^{\circ}C$ dan memiliki titik didih yang tinggi yaitu $290^{\circ}C$. Gliserol mempunyai rumus kimia $C_3H_5(OH)_3$ dapat larut sempurna dalam air dan alkohol, tetapi tidak dalam minyak oleh karena itu gliserol merupakan jenis pelarut yang baik (Ummah, 2013).



Gambar 2.4 Struktur kimia gliserol (Alomar et al. 2016)

Gliserol juga salah satu senyawa poliol banyak digunakan sebagai *plastisizer* karena tanpa penggunaan gliserol, film plastik yang dihasilkan keras dan kaku (Puspita, 2013). Gliserol adalah rantai alkohol trihidrik dengan susunan molekul $C_3H_4O_3$ nama gliserol diartikan sebagai bahan kimia murni, namun dalam dunia perdagangan dikenal dengan nama gliserin (Widyasari, 2010).

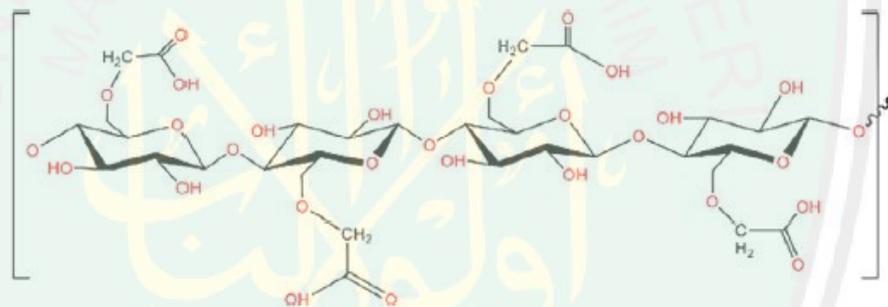
Gliserol sebagai *plasticizer* menghasilkan film yang berbeda dari keadaan awalnya. plastik *biodegradable* yang dibentuk dari polimer murni bersifat rapuh sehingga digunakan *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitasnya (Apriyanti, dkk; 2013).

Tabel 2.1 Karakteristik Gliserol (Widyasari, 2010)

| Sifat | |
|--------------|-------------------------|
| Massa Molar | 92.09382 g/mol |
| Densitas | 1.261 g/cm ³ |
| Titik Cair | 18 C (64.4 F) |
| Titik Didih | 290 C (554) |
| Viskositas | 1.5 Cp |

2.5. CMC (Carboxy Methyl Cellulose)

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) merupakan rantai polimer yang terdiri dari unit molekul selulosa. Setiap unit anhidroglukosa memiliki tiga gugus hidroksil dan beberapa atom hidrogen dari gugus hidroksil tersebut disubstitusi oleh carboxymethyl (Kamal, 2010). Menurut Damat (2008), karakteristik fisik *film* bioplastik dipengaruhi oleh jenis bahan dan konsentrasi *plasticizer* yang dapat meningkatkan fleksibilitas dengan mengurangi gaya intermolekul sepanjang rantai polimer (Septiana, 2009). *Plasticizer* secara umum meningkatkan permeabilitas *film* terhadap gas, uap air dan zat-zat terlarut (Caner *et al.*, 1998). Struktur CMC dapat dilihat pada gambar 2.5



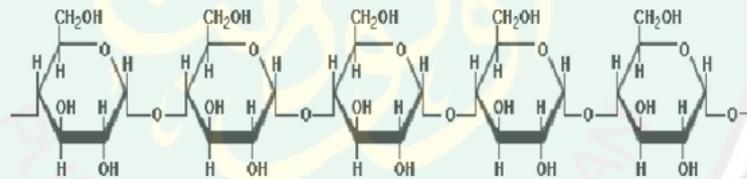
Gambar 2.5 Struktur CMC (Karimi *et al.*, 2019)

Sifat CMC antara lain mudah larut dalam air dingin maupun air panas, dapat membentuk lapisan dan bersifat stabil terhadap lemak. Berdasarkan sifat hidrofilik CMC, maka penambahan CMC akan memperbaiki sifat mekanik film bioplastik. Hal ini disampaikan oleh Katili dkk (2013) yang menggunakan gliserol sebagai *plasticizer*, dimana sifat gliserol dan CMC adalah sama yakni hidrofilik. Menurut Katili dkk (2013) penambahan *plasticizer* akan mengurangi gaya intermolekul sehingga mobilitas antar rantai molekul polimer meningkat dan menyebabkan film menjadi elastis.

2.6. Pati

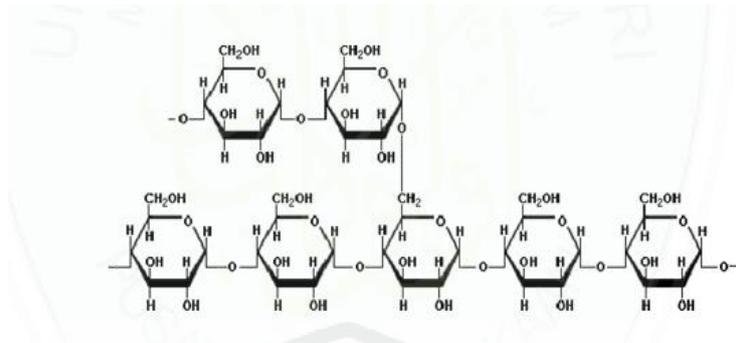
Pati adalah polimer alam berumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pati terdapat dalam terigu, beras, kentang dan tumbuhan hijau. Dalam ekstraksi pati, bahan tumbuhan dihancurkan bersama air, dan bubur yang dihasilkan kemudian disaring untuk memisahkan jaringan kasarnya, sehingga sisanya suspensi tepung pati (Cowd, 1991).

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi yang tidak terlarut dinamakan amilopektin. Amilosa memiliki struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa. Amilosa memiliki kemampuan membentuk kristal karena struktur rantai polimernya yang sederhana. Strukturnya yang sederhana ini dapat membentuk interaksi molecular yang kuat. Interaksi ini terjadi pada gugus hidroksil molekul amilosa (Taggart, 2004).



Gambar 2.6 Struktur Kimia Amilosa (Hee-Young An, 2005)

Amilopektin adalah suatu polisakarida yang jauh lebih besar daripada amilosa dan mengandung 1000 satuan glukosa atau lebih per molekul. Seperti rantai dalam amilosa, rantai utama dari amilopektin mengandung 1,4'- α -D-glukosa. Tidak seperti amilosa, amilopektin bercabang sehingga terdapat satu glukosa ujung untuk kira-kira tiap 25 satuan glukosa (Fessenden, 1982).



Gambar 2.7 Struktur Kimia Amilopektin (Hee-Young An, 2005)

2.7. Biji Durian



Gambar 2.8 Biji Durian (Nuraida, 2011)

Biji durian memiliki kandungan pati yang cukup tinggi sehingga berpotensi sebagai alternatif pengganti bahan makanan atau bahan baku pengisi farmasetik, contohnya pati biji durian diketahui dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam formulasi tablet ketoprofen. Apabila ditinjau dari komposisi kimianya, cukup berpotensi sebagai sumber gizi, yaitu mengandung protein 9,79%, karbohidrat 30%, kalsium 0,27% dan fosfor 0,9% (Hutapea, 2010).

Menurut Hutapea (2010), komposisi kimia biji durian hampir sama dengan biji-biji yang termasuk famili Bombacaceae, komposisi kandungan pada biji durian kadar airnya 51,1 g, kadar lemak 0,2 g, kadar protein 1,5 g, dan kadar karbohidrat 46,2 gram. Biji dari tanaman famili Bombacaceae kaya akan karbohidrat terutama patinya cukup tinggi sekitar 42,1% dibanding dengan ubi jalar 27,9% atau singkong 34,7%.

لِّنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا

“Supaya kami tumbuhkan dengan air itu biji-bijian dan tumbuh-tumbuhan,”

Quraish M. Shihab dalam tafsir Al-Mishbah, Ayat diatas menjelaskan hujan merupakan hasil kumpulan-kumpulan uap air lautan yang membentuk awan dan kemudian berubah setelah semakin membesar menjadi tetesan-tetesan air atau salju. Uap-uap air yang terkumpul bagaikan diperas lalu tercurah dalam bentuk hujan atau embun dahan dan daun-daun pepohonan kebun yang kait-berkaitan mengelilingi satu dengan lainnya karna lebatnya. (Shihab, 2002).

Keterkaitan ayat tersebut dengan penelitian yaitu bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berasal dari tumbuh-tumbuhan. Biji yang dimaksud dalam ayat ini secara umum kaitannya adalah jenis biji, secara spesifik yaitu biji durian yang kemudian dibuat produk plastik *biodegradable*.

Biji durian diketahui mengandung kadar pati yang cukup tinggi. Berikut merupakan kandungan di dalam 100 gram biji durian yang disajikan dalam tabel 2.1 (Brown, 1997).

Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Biji Durian (Brown, 1997)

| Zat | Per 100 gram Biji Segar (Mentah) tanpa Kulitnya | Per 100 gram Biji Telah Dimasak tanpa Kulitnya |
|-------------------|---|--|
| Kadar Air | 51,5 g | 51,1 g |
| Lemak | 0,4 g | 0,2-0,23 g |
| Protein | 2,6 g | 1,5 g |
| Karbohidrat Total | 43,6 g | 43,2 g |
| Serat Kasar | | 0,7-0,71 g |
| Nitrogen | | 0,297 g |
| Abu | 1,9 g | 1,0 g |
| Kalsium | 17 mg | 3,9-88,9 mg |
| Pospor | 68 mg | 86,5-87 mg |
| Besi | 1,0 mg | 0,6-0,64 mg |
| Natrium | 3 mg | |
| Kalium | 962 mg | |
| Beta Karotin | 250 µg | |
| Riboflavin | 0,05 mg | 0,05-0,052 mg |
| Thiamin | | 0,03-0,032 mg |
| Niacin | 0,9 mg | 0,89-0,9 mg |

Berdasarkan data yang ditunjukkan dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dalam 100 gram biji durian memiliki kadar karbohidrat (pati) 43,6 % untuk biji durian segar dan 46,2 % untuk biji durian yang sudah masak. Kadar pati biji durian tersebut cukup tinggi sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber karbohidrat untuk berbagai keperluan.

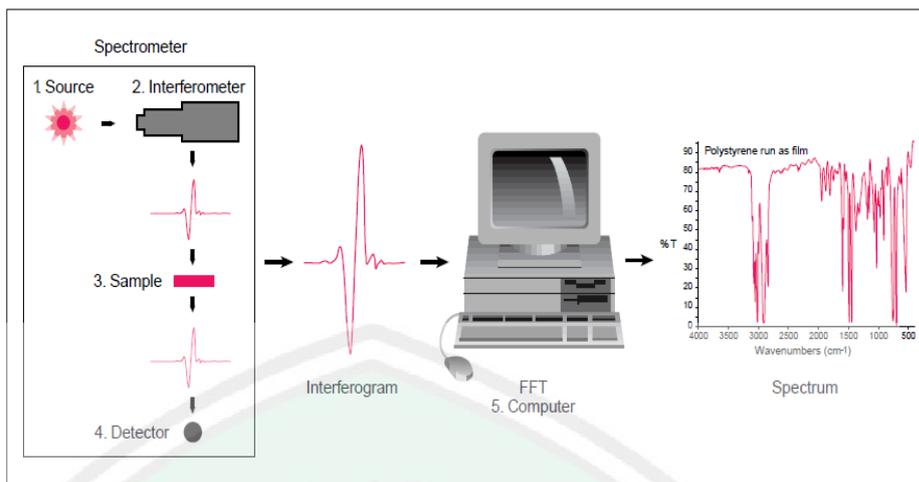
2.8. Uji Sample

2.8.1. Uji gugus fungsi

Spektroskopi FTIR merupakan suatu metode analisis yang dipakai untuk karakterisasi bahan polimer dan gugus fungsi dengan cara merekam hasil spektra residu dengan serapan energi oleh molekul organik dalam sinar infra merah. Infra merah didefinisikan sebagai daerah yang memiliki panjang gelombang dari 1-500

cm^{-1} . Setiap gugus dalam molekul umumnya mempunyai karakteristik sendiri sehingga spektroskopi FTIR dapat digunakan untuk mendeteksi yang spesifik pada polimer. Intensitas pita serapan merupakan ukuran konsentrasi gugus yang khas yang dimiliki oleh polimer. Metode ini didasarkan pada interaksi antara radiasi infra merah dengan materi (interaksi atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik). Interaksi ini berupa absorpsi pada frekuensi atau panjang gelombang tertentu yang berhubungan dengan energi transisi antara berbagai keadaan energi vibrasi, rotasi dan molekul. Radiasi infra merah yang penting dalam penentuan struktur atau analisis gugus fungsi terletak pada $650 \text{ cm}^{-1} - 4000 \text{ cm}^{-1}$ (Rochim, 2002).

Spektrum inframerah berupa sidik jari dari suatu sampel menunjukkan puncak absorpsi yang sesuai dengan frekuensi dari getaran dihasilkan antara ikatan atom dari sampel. Karena setiap material berbeda antara satu dengan yang lain dan memiliki masing-masing kumpulan atom berbeda, maka tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spectrum inframerah yang sama. Oleh karena itu, spektroskopi inframerah dapat digunakan untuk analisis kualitatif dari setiap jenis material yang berbeda. Selain itu, ukuran puncak pada spektrum menunjukkan langsung jumlah dari material yang ada. Dengan *software* algoritma yang canggih, inframerah juga merupakan alat yang baik untuk analisis kuantitatif yang ditunjukkan pada gambar 2.9 (Thermo, 2001).



Gambar 2.9 Ilustrasi Operasi Kerja FT-IR pada Sampel (Thermo, 2001)

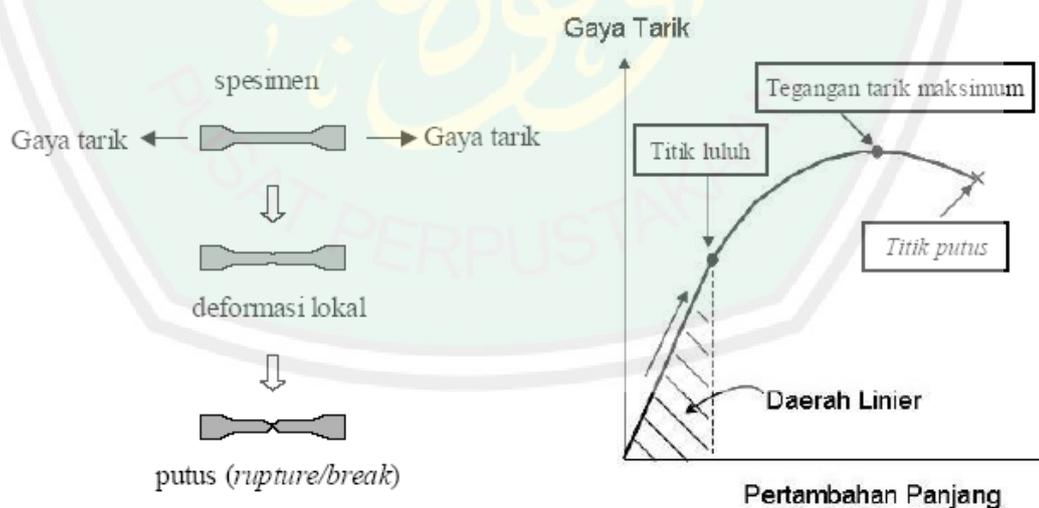
2.8.2 Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Sifat mekanik sangat diperlukan peranannya dalam melindungi produk dari faktor-faktor mekanis seperti tekanan fisik (jatuh dan gesekan), adanya getaran, serta benturan antar bahan dengan alat atau wadah selama penyimpanan/distribusinya. Sifat mekanik ini tergantung pada jenis bahan pembentuknya, terutama sifat kohesinya. Sifat ini merupakan hasil kemampuan polimer untuk membentuk ikatan-ikatan molekul yang kuat dan kokoh. Kekuatan tarik timbul sebagai reaksi dari ikatan polimer antara atom-atom atau ikatan sekunder antara rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan (Van Vlack, 1991).

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik dari bahan. Kekuatan tarik menggambarkan ketegangan maksimum spesimen untuk menahan gaya yang diberikan (Billmeyer, 1984). Tegangan tarik (σ) adalah gaya yang diaplikasikan (F) dibagi dengan luas penampang (A), sedangkan perpanjangan tarik (ϵ ,

elongation) adalah perubahan panjang contoh yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen akibat gaya yang diberikan (Billmeyer, 1984).

Elastisitas didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Peristiwa ini disebut juga deformasi elastis. Deformasi elastik terjadi bila logam atau bahan padat dibebani gaya. Bila tegangan tersebut disebabkan oleh gaya tarik maka benda akan bertambah panjang, setelah gaya ditiadakan benda akan kembali ke bentuk semula (Van Vlack, 1991). Bila hanya ada deformasi elastik, maka regangan sebanding dengan tegangan. Perbandingan antara tegangan (σ) dengan regangan elastic (ϵ) disebut modulus elastisitas atau modulus young. Dalam proses pengujiannya, akan diperoleh profil tarikan yang lengkap berupa kurva. Dimana kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang.



Gambar 2.10 gambar singkat uji tarik (Purnomo, 2017)

2.8.3 Uji Aktivitas Antibakteri

Uji antibakteri dapat dilakukan dengan metode difusi. Metode ini merupakan metode yang digunakan untuk menguji daya antibakteri berdasarkan berdifusinya zat antibakteri pada media padat dengan dilakukan pengamatan pada daerah pertumbuhan bakteri (Rollando, 2019). Metode Cakram (Disc) / Kirby Bauer merupakan penentuan sensitivitas bakteri dengan suatu zat tertentu yang memiliki kemungkinan menghambat aktivitas antibakteri dengan menggunakan cakram kertas (Amalia, dkk., 2014). Metode difusi agar yaitu metode difusi dengan cakram kertas pada beberapa konsentrasi ekstrak yang digunakan (Kandou dan Pandiangan, 2018). Pada cara ini kertas cakram digunakan untuk menampung zat antimikroba yang diletakkan pada lempeng agar yang telah diinokulasi bakteri uji kemudian diinkubasi pada suhu dan waktu tertentu sesuai kondisi optimum bakteri uji. Hasil pengamatan berupa ada atau tidaknya zona hambat bakteri uji disekeliling kertas cakram. Kelebihan metode ini yaitu tidak memerlukan peralatan khusus, mudah dilakukan, dan relatif murah (Prayoga, 2013).

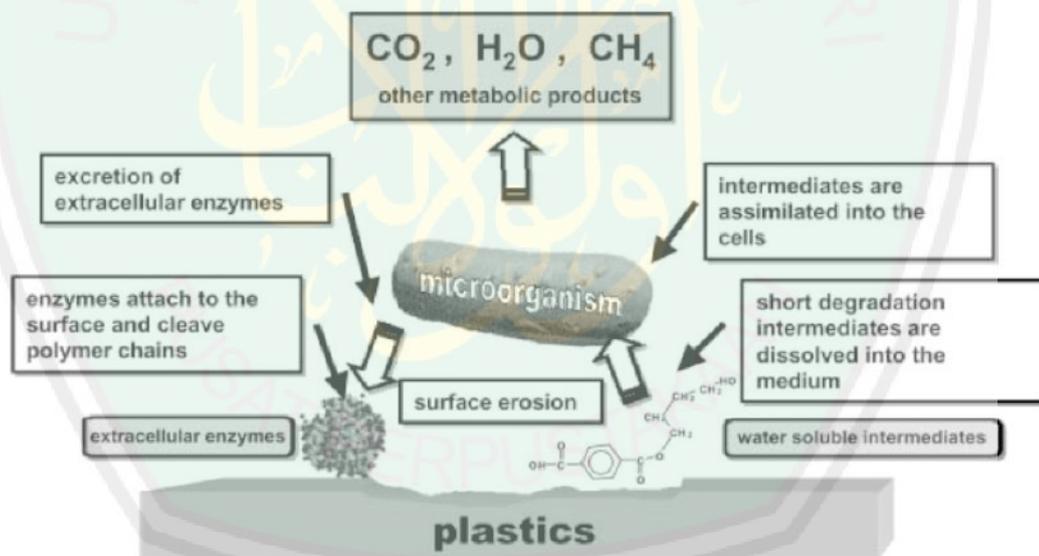
2.8.4 Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik dilingkungan. Proses biodegradabilitas dapat terjadi dengan proses hidrolisis (degradasi kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), oleh angin dan abrasi (degradasi mekanik), cahaya (fotodegradasi). Proses ini juga dapat dilakukan melalui proses secara anaerobik dan aerobik (Ummah, 2013).

Sampel berupa film bioplastik ditanamkan pada tanah yang ditempatkan dalam pot dengan asumsi komposisi tanah sama. Biodegradasi adalah

penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis oleh mikroorganisme. Biodegradabilitas merupakan kata benda yang menunjukkan kualitas yang digambarkan dengan kerentanan suatu senyawa (organik atau anorganik) terhadap perubahan bahan akibat aktivitas-aktivitas mikroorganisme (Ummah, 2013).

Biodegradasi adalah perubahan senyawa kimia menjadi komponen yang lebih sederhana melalui bantuan mikroorganisme. Saat degradasi, film plastik akan mengalami proses penghancuran alami. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas kemasan setelah kontak dengan mikroorganisme, yakni: sifat hidrofobik, bahan aditif, proses produksi, struktur polimer, morfologi dan berat molekul bahan kemasan (Ummah, 2013).



Gambar 2.11 Mekanisme Proses Degradasi Plastik
(Pudjiastuti, 2012)

Degradasi polimer dapat disebabkan oleh beberapa factor seperti sinar matahari, panas, umur dan factor alam. Oleh sebab itu dalam proses pembuatannya polimer ditambahkan berbagai aditif guna mengatasi proses degradasi oleh

berbagai factor tersebut. Gambar 2.11 menggambarkan mekanisme degradasi plastik di alam. Hasil dari mekanisme proses degradasi plastik akan dihasilkan gas CO_2 , H_2O dan CH_4 (Pudjiastuti, 2012).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan mulai Maret 2020- Agustus 2020 di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen untuk membuat plastik biodegradable berbahan dasar biji durian dengan memvariasikan komposisi ZnO 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% (%wt). Selanjutnya sampel dikarakterisasi menggunakan FTIR, *universal Testing Machine*, metode *soil burial test* dan metode difusi. Analisis data dilakukan dengan membandingkan gugus fungsi, kuat tarik, lama waktu degradasi, dan kemampuan aktivitas antibakteri yang dihasilkan dari variasi komposisi ZnO.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Spatula
2. Ayakan 200 mesh
3. Hot plate
4. Micrometer digital
5. Magnetic stirrer
6. Gelas beaker
7. Cawan petri

8. Pinset
9. Lumpang dan alu
10. Gelas ukur
11. Sonikator
12. Oven
13. Aluminium foil
14. Tabung reaksi
15. Erlenmeyer
16. Pipet tetes
17. Autoclaf
18. Incubator
19. Mikropipet dan tip
20. Jarum ose
21. Bunsen

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Biji durian
2. Gliserol
3. CMC
4. *Zinc oxide* (ZnO)
5. Aquades
6. Nutrient Agar (NA)
7. Nutrient Broth (NB)
8. Bakteri *Escherchia coli* (E. coli)

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Pati Biji Durian

1. Limbah biji durian dicuci menggunakan air sampai bersih, kemudian kulit ari biji durian dikupas sampai berwarna putih.
2. Inti biji durian dicuci menggunakan air kapur selama 1 jam untuk menghilangkan getah yang ada pada biji.
3. Biji durian dicuci sampai bersih.
4. Biji durian basah ditimbang beratnya, kemudian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan pada oven dengan suhu 150°C untuk menghilangkan kadar air selama 5 jam.
5. Inti biji durian yang telah kering ditumbuk dengan lumpang alu kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh.
6. Pati biji durian di karakterisasi menggunakan FTIR.

3.4.2 Pembuatan Plastik *Biodegradable* dari Pati Biji Durian

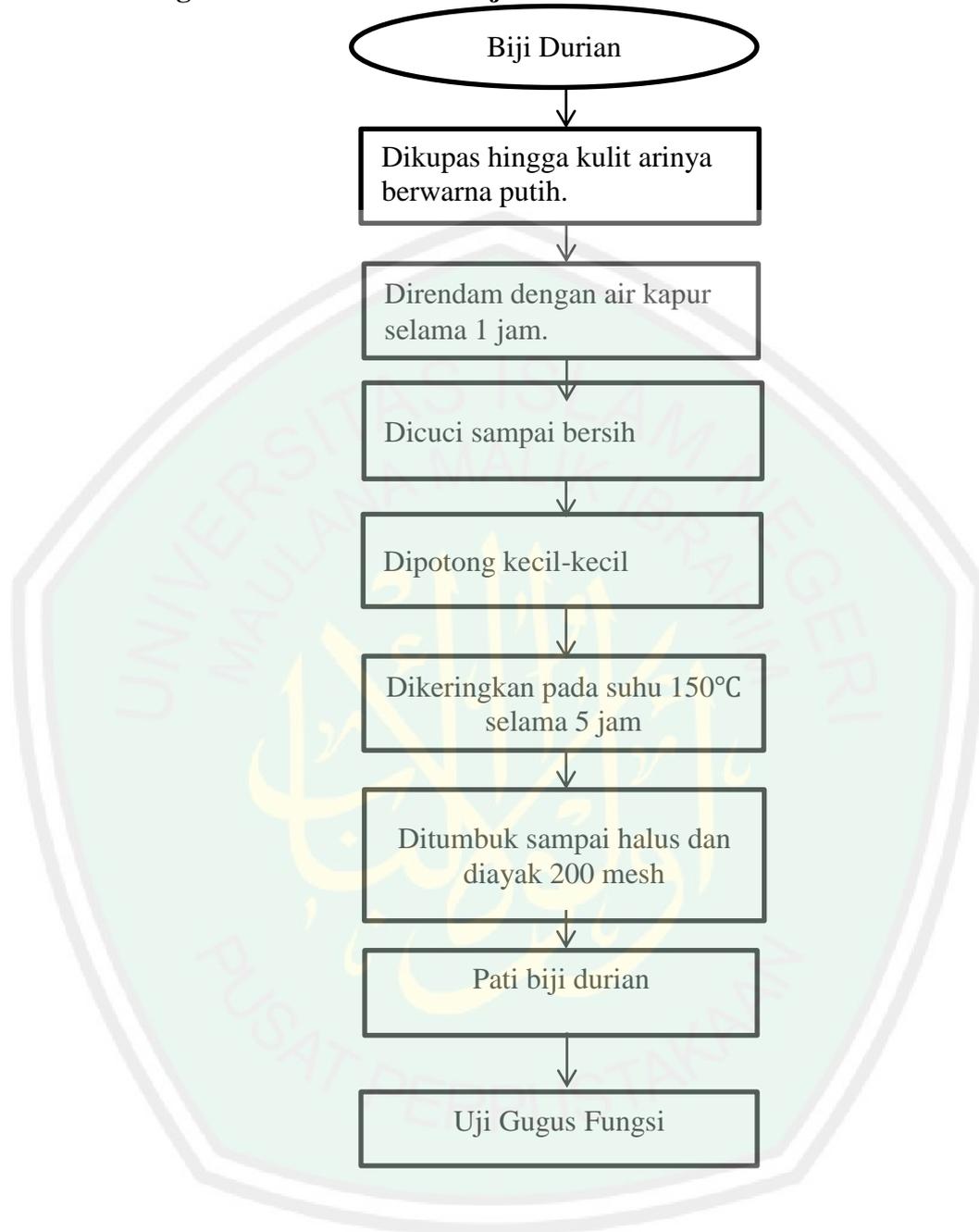
1. ZnO dengan variasi komposisi yaitu 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% (wt %) ditimbang, kemudian dimasukkan kedalam gelas beaker yang berisi aquades (50ml) lalu disonikasi selama 25 menit.
2. CMC sebanyak 0,3 gram dan gliserol 1 ml dicampurkan kedalam Larutan tersebut, kemudian diaduk menggunakan *Hot plate* dan *magnetic stirrer* dengan putaran 250 rpm selama 50 menit.
3. Pati biji durian sebanyak 2,5 gram ditambahkan sedikit demi sedikit sambil diaduk menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* pada suhu 80°C dengan putaran 250 rpm selama 40 menit.

4. Campuran didiamkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pencetakan untuk menghindari adanya gelembung-gelembung.
5. Campuran dituangkan pada cetakan cawan petri.
6. Campuran dikeringkan di dalam oven dengan suhu 75°C selama 10-12 jam.
7. Film yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan FTIR, *Universal Testing Machine*, metode *soil burial test* (biodegradabilitas) dan metode difusi (antibakteri).

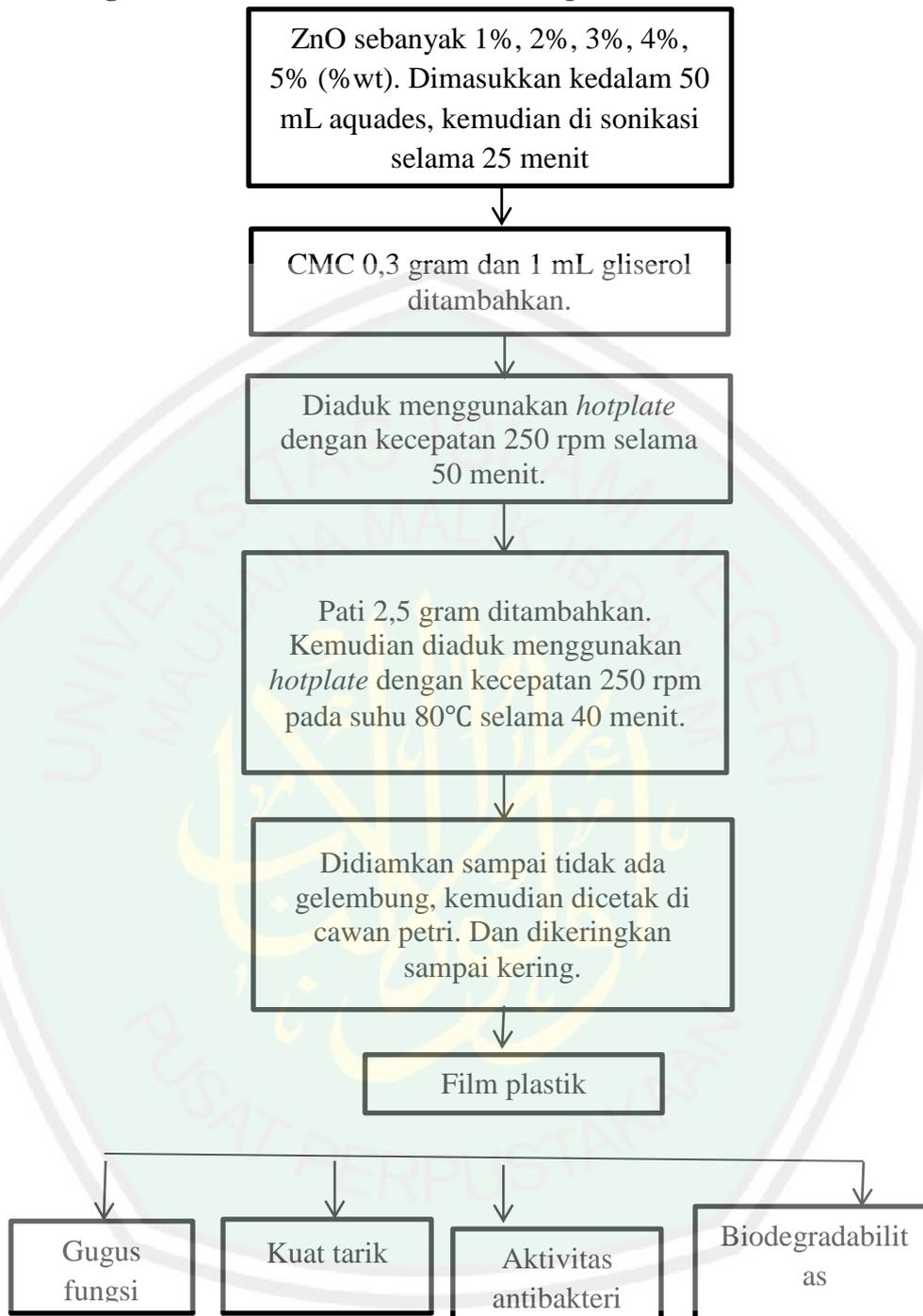


3.5 Diagram Alir

3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Biji Durian



3.5.2 Diagram Alir Pembuatan Plastik *Biodegradable*



3.6 Pengumpulan Data

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data primer yang merupakan hasil pengujian dari FTIR, *universal testing machine*, metode *soil burial test* dan metode difusi. FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel, *universal testing machine* untuk mengetahui kekuatan terhadap beban tarik pada sampel, dan metode *soil burial test* untuk mengetahui berapa lama penguraian plastik biodegradable di dalam tanah, dan metode difusi untuk mengetahui zona hambat pada plastik.

3.6.1 Analisis Gugus Fungsi menggunakan FTIR

Hasil pengujian FTIR berupa spektrum hubungan antara bilangan gelombang dan nilai transmitansi. Kemudian identifikasi gugus-gugus fungsional (bilangan gelombang) dari spektrum inframerah sampel dengan menggunakan tabel korelasi gugus fungsi untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada plastik biodegradable.

3.6.2 Analisis Kuat Tarik menggunakan *Mechanical Universal Testing*

Uji kuat tarik dilakukan menggunakan alat *mechanical universal testing machine*. Hasil dari pengujian kuat tarik didapatkan data berupa panjang awal sampel, ketebalan sampel, panjang akhir sampel, dan tegangan maksimum sampel. Nilai kuat tarik sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

:

$$\text{Kuat tarik (kgf/mm}^2\text{)} = \frac{\text{Tegangan maksimum (Fmax)}}{\text{Luas penampang (A)}}$$

Pengukuran perpanjangan dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan cara :

$$\text{Elongation (\%)} = \frac{\text{panjang akhir} - \text{panjang awal}}{\text{panjang awal (mm)}} \times 100\%$$

Sedangkan untuk elastisitas (*modulus young*) diperoleh dari perbandingan kuat tarik dengan elongasi :

$$\text{Modulus Young} = \frac{\text{Kuat Tarik}}{\text{Elongation}}$$

Tabel 3.1 Tabel Hail Data Uji Tarik

| Kode Sampel | Sampel | Kuat Tarik (Mpa) | %Elongasi | Modulus Young (Gpa) |
|-------------|--------------------------|------------------|-----------|---------------------|
| A | Pati+Gliserol | | | |
| B | Pati+Gliserol +ZnO 1% | | | |
| C | Pati+Gliserol +ZnO 2% | | | |
| D | Pati+Gliserol +ZnO 3% | | | |
| E | Pati+Gliserol +ZnO 4% | | | |
| F | Pati+Gliserol +ZnO 5% | | | |

3.6.3 Analisis Antibakteri

Uji antibakteri dilakukan dengan metode difusi menggunakan bakteri *Escherichia coli* (E.coli). Kemudian diamati zona hambat yang terbentuk dan diukur diameternya.

Pengujian aktivitas anti bakteri dilakukan dengan metode difusi sumur. Pengujian aktivitas antimikroba ini memerlukan beberapa tahap uji, yaitu seperti: persiapan kultur uji, regenerasi bakteri, dan uji zona hambat anti bakteri.

a. Persiapan Kultur Uji

Dilakukan pengujian terhadap beberapa bakteri patogeDisiapkan terlebih dahulu kultur uji dengan menginokulasikan satu ose kultur murni dari agar miring *Nutrient Agar* (NA) ke dalam 10 mL medium cair *Nutrient Broth* (NB) secara aseptik. Kultur uji kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Kultur uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Eschericia coli*.

b. Regenerasi Bakteri

Bakteri yang akan digunakan harus diregenerasi terlebih dahulu sebelum dipakai. Biakan dari stok bakteri tersebut digoreskan ke permukaan agar miring yang masih baru. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Biakan tersebut merupakan aktivitas awal dari stok bakteri yang telah disimpan pada suhu 4–5°C, dari biakan tersebut diambil 1 ose dan diinokulasikan ke tabung reaksi yang berisi 10 mL *Nutrient Broth*.

c. Pengujian Efektifitas Fungsi (Zona Penghambatan Anti bakteri)

Pengujian aktivitas anti bakteri dilakukan dengan metode sumur. Kultur uji diinokulasikan sebanyak 0,2 mL ke dalam media NA 100 mL sehingga diperoleh konsentrasi 0,2% yang telah siap dituang ke cawan petri steril. Selanjutnya 20 mL media NA yang telah berisi kultur uji dituangkan ke cawan petri dan dibiarkan menjadi padat. Setelah memadat, tiga bagian dibuat sumur (lubang) dengan diameter 8 mm. Ketiga tempat tersebut diisi oleh perlakuan

pati-ZnO dengan masing-masing konsentrasi ZnO 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Kemudian dilakukan proses inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Zona penghambatan adalah diameter luar dibandingkan dengan diameter dalam dari zona bening yang terbentuk di sekitar film yang diukur dengan jangka sorong dengan satuan milimeter (mm). Zona Penghambatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Bawardi, 2018)

$$\text{Zona Hambat} = D_i - D_o$$

D_i = Diameter zona bening

D_o = Diameter awal

3.6.4 Analisis Uji Biodegradabilitas (*Soil Burial Test*)

Biodegradasi sampel bioplastik pada tiap-tiap variasi kemudian di uji dengan menggunakan metode yang dinamakan *soil burial test* atau metode uji penguburan dalam tanah. Metode ini bertujuan untuk melihat laju degradasi sampel sehingga akan bisa diramalkan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Metode ini juga merupakan metode yang paling sederhana karena hanya dilakukan dengan mengubur sampel di dalam tanah yang terkontrol sifat fisik dan kimiawinya kemudian menghitung fraksi berat residual dari sampel dalam tiap satuan waktu (gram/day).

Ada dua Prosedur uji biodegradabilitas bioplastik yang dilakukan dengan metode *soil burial test* akan melalui langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tanah ditimbang sebesar 150 gram. Sampel dipotong 1,5 cm × 2 cm. Sampel ditimbang terlebih dahulu sebelum dimasukkan kedalam polybag yang berisi tanah tersebut. Kemudian diamati tiap hari dan

ditimbang berat sesudah di kubur didalam tanah.

2. Tanah ditimbang sebesar 150 gram. Ditambahkan EM4 sebesar 6% dari berat tanah. Sampel dipotong 1,5 cm × 1,5 cm. kemudian ditimbang terlebih dahulu dan dikubur dalam tanah tersebut. Diamati setiap hari. Kemudian sampel ditimbang dan diamati sifat fisiknya.

Tabel 3.2 Tabel Data Hasil Pengamatan Uji Biodegradabilitas

| Kode Sampel | Sampel | Perubahan bagian yang terdegradasi pada hari ke- | | | | | | |
|-------------|-------------------------|--|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| A | Pati + Gliserol | | | | | | | |
| B | Pati+Gliserol+ZnO 1% | | | | | | | |
| C | Pati+Gliserol+ZnO 2% | | | | | | | |
| D | Pati+Gliserol+ZnO 3% | | | | | | | |
| E | Pati+Gliserol+ZnO 4% | | | | | | | |
| F | Pati+Gliserol+ZnO 5% | | | | | | | |

3.7 Analisis Data

Analisis data untuk penelitian ini yaitu menggunakan grafik dengan aplikasi origin. Sehingga pada hasil akhir dapat diketahui gugus fungsi, kekuatan tarik, kemampuan antibakteri, dan lama waktu degradasi pada plastik *biodegradable*.



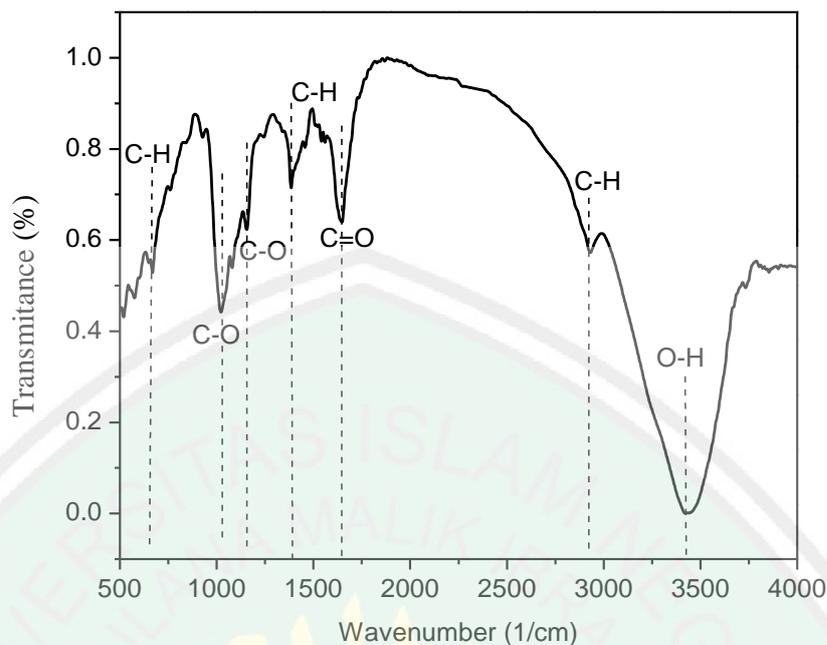
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan pati biji durian yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik. Hasil dari pembuatan bioplastik tersebut kemudian dianalisis gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, pengujian sifat aktivitas antibakteri dengan metode difusi sumur, pengujian sifat mekanik menggunakan *universal testing machine* dan pengujian degradasi terhadap tanah dengan metode *soil burial test*.

4.1.1 Pembuatan Pati Biji Durian

Pembuatan pati dilakukan dengan cara mencuci limbah biji durian menggunakan air sampai bersih. Pencucian ini berfungsi untuk melepaskan segala kotoran dan menghilangkan sisa daging buah yang masih melekat pada bijinya. Kemudian kulit ari biji durian dikupas sampai berwarna putih dan direndam menggunakan air kapur selama 1 jam untuk menghilangkan getah atau lendir lalu dipotong kecil-kecil untuk mempercepat pada saat proses pengeringan. Pengeringan dilakukan pada oven suhu 150°C selama 5 jam untuk menghilangkan kadar air. Biji durian yang telah kering ditumbuk dengan lumpang alu kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh sehingga diperoleh hasil berupa pati biji durian yang halus. Pati biji durian di karakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui senyawa yang terkandung didalamnya. Hasil dari pengujian menggunakan FTIR berupa spectrum bilangan gelombang dan transmitansi yang ditunjukkan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Spektrum Transmittansi Pati Biji Durian dari Hasil FTIR

Gambar 4.1 menunjukkan spektrum yang terbentuk pada pati biji durian. Kemudian spektrum dianalisis gugus fungsi berdasarkan bilangan dan intensitas puncak gelombang yang secara rinci ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Gugus fungsi yang terbentuk pada pati biji durian

| Bilangan gelombang (cm^{-1}) | Gugus fungsi |
|---|--------------|
| 3423,462 | O-H |
| 2931,409 | C-H |
| 1641, 384 | C=O |
| 1386, 815 | C-H |
| 1149,850 | C-O |
| 1027,700 | C-O |
| 666, 090 | C-H |

Tabel 4.1 menunjukkan beberapa gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk pada pati biji durian. Pada bilangan gelombang 3423 cm^{-1} memiliki Gugus OH yang terbentuk merupakan adanya penambahan gliserol. Ikatan tunggal karbon dan hydrogen pada gugus C-H teridentifikasi pada bilangan gelombang 2931 cm^{-1} dan 1386 cm^{-1} . Ikatan rangkap dua gugus fungsi C=O teridentifikasi pada

bilangan gelombang 1641 cm^{-1} . Pada bilangan 1149 dan 1027 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C-O dan serapan kompleks pada 666 cm^{-1} menunjukkan adanya C-H.

4.1.2 Pembuatan Bioplastik Pati Biji Durian dengan Variasi ZnO

Pembuatan bioplastik pati biji durian dengan penambahan variasi konsentrasi ZnO yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 (wt %) ditimbang, kemudian dimasukkan kedalam gelas beaker yang berisi aquades (50ml) lalu disonikasi selama 25 menit bertujuan untuk mereduksi ukuran serbuk agar tercampur secara homogen. CMC sebanyak 0,3 gram dan gliserol 1 mL dicampurkan kedalam gelas beaker berisi aquades 50 ml dan ZnO yang sudah disonikasi kemudian diaduk menggunakan *Hot plate* dengan putaran 250 rpm selama 50 menit pada suhu ruang. Pati biji durian sebanyak 2,5 gram ditambahkan sedikit demi sedikit sambil diaduk menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* agar tercampur dengan homogen/ merata pada suhu 80°C putaran 250 rpm selama 40 menit. Sesuai dengan penelitian Handayani (2015) bahwa pati biji durian mengalami gelatinisasi pada suhu 80°C . Campuran didiamkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pencetakan untuk menghindari adanya gelembung dan dituang pada cetakan cawan petri. Kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 75°C selama 10-12 jam bertujuan untuk menghilangkan kadar air. Dari proses tersebut didapatkan komposisi filler dan matriks dalam pembuatan bioplastik yang diringkas pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Komposisi filler dan matriks

| Sample | Komposisi | Kode sample |
|---|------------------------------------|-------------|
| Pati : <i>plasticizer</i> (CMC + gliserol) | 2,5 g : (0.3 gram + 1 ml) | PPZ-0 |
| Pati : <i>plasticizer</i> (CMC + gliserol): ZnO 1% | 2,5 g : (0.3 gram + 1 ml) : 0,025g | PPZ-1 |
| Pati : <i>plasticizer</i> (CMC + gliserol): ZnO 2% | 2,5 g : (0.3 gram + 1 ml) : 0,05g | PPZ-2 |
| Pati : <i>plasticizer</i> (CMC + gliserol): ZnO 3% | 2,5 g : (0.3 gram + 1 ml) : 0,075g | PPZ-3 |
| Pati : <i>plasticizer</i> (CMC + gliserol): ZnO 4% | 2,5 g : (0.3 gram + 1 ml) : 0,1g | PPZ-4 |
| Pati : <i>plasticizer</i> (CMC + gliserol): ZnO 5% | 2,5 g : (0.3 gram + 1 ml) : 0,125g | PPZ-5 |

Dari tabel 4.2 dan proses pembuatan bioplastik diatas dihasilkan film yang dapat dilihat pada gambar 4.2



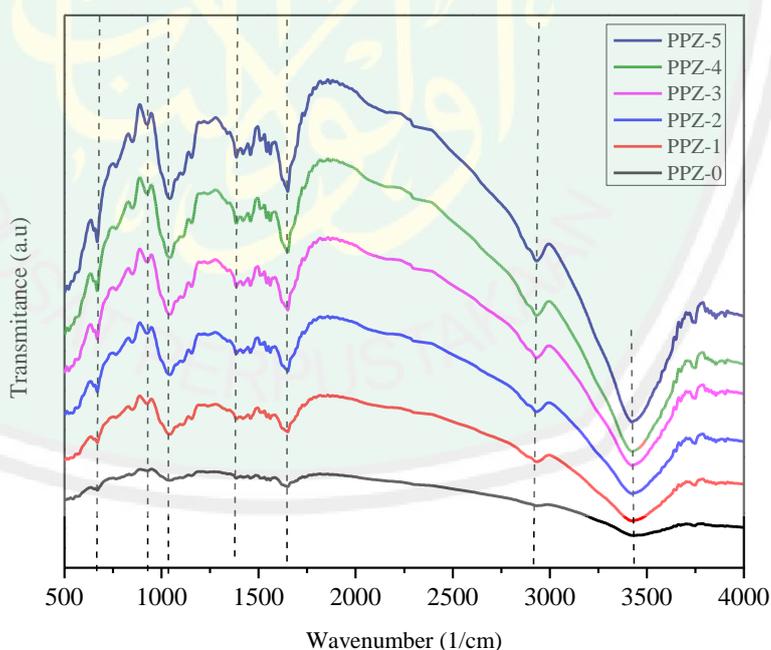
Gambar 4.2 Hasil Pembuatan Film Plastik

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan ZnO dalam pembuatan bioplastik maka warna yang dihasilkan semakin putih pekat dari semula berwarna kecoklatan. Terlihat pada sampel PPZ-0 berwarna kecoklatan

sampai PPZ-5 yang memiliki warna putih paling pekat. Hal ini karena ZnO merupakan senyawa anorganik berwarna putih dan persebaran partikel ZnO yang baik ditandai dengan adanya perubahan warna saat pencampuran. Pencampuran menggunakan *ultrasonic cleanser* sangat membantu tersebarnya partikel ZnO sehingga dapat merata dengan baik.

4.1.3 Uji Gugus Fungsi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Analisis gugus fungsi dari senyawa yang terkandung dalam bioplastik dilakukan dengan menggunakan FTIR (FTS tipe 1000 *Scimitar Series*) di Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil dari pengujian menggunakan FTIR berupa spectrum bilangan gelombang dan transmitansi yang ditunjukkan pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Spektrum Transmittansi Variasi Konsentrasi ZnO pada Bioplastik

Gambar 4.3 menunjukkan spektrum yang terbentuk pada seluruh sampel. Kemudian spektrum dianalisis gugus fungsi berdasarkan bilangan dan intensitas puncak gelombang yang secara rinci ditunjukkan pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Gugus fungsi yang terbentuk pada bioplastik

| Bilangan gelombang (cm^{-1}) | | | | | | Gugus fungsi |
|---|---------|---------|---------|--------|---------|---------------------------------|
| PPZ-0 | PPZ-1 | PPZ-2 | PPZ-3 | PPZ-4 | PPZ-5 | |
| 3413,8 | 3420, 2 | 3434, 0 | 3420, 2 | 3427,5 | 3420,2 | Stretching of O-H groups |
| 2916,3 | 2923,6 | 2930,0 | 2930,0 | 2936,5 | 2930, 0 | Stretching of C-H groups |
| 1640,0 | 1640,0 | 1646,5 | 1646,5 | 1653,7 | 1646,5 | C=O |
| 1386,8 | 1390,7 | 1392,6 | 1394,5 | 1396,4 | 1398,3 | C-H |
| 1028,9 | 1035,9 | 1035,3 | 1041,8 | 1041,8 | 1041,8 | C-O bond stretching C-O-C group |
| 914,4 | 928,1 | 925,3 | 920,8 | 914,4 | 928,1 | C-O |
| - | 658,8 | 666,0 | 666,0 | 672,4 | 678,9 | Zn-O Bond Deformation |

Tabel 4.3 menunjukkan beberapa gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk pada plastik *biodegradable* dengan penambahan konsentrasi ZnO. Dari ke-6 sampel yang diuji yaitu PPZ-0, PPZ-1, PPZ-2, PPZ-3, PPZ-4, dan PPZ-5 memiliki gugus fungsi O-H yang berada pada bilangan gelombang 3413 cm^{-1} , 3420 cm^{-1} , 3434 cm^{-1} , dan 3427 cm^{-1} . Gugus fungsi OH yang terbentuk menunjukkan adanya gliserol. Ikatan tunggal karbon dan hydrogen pada gugus C-H teridentifikasi pada bilangan gelombang 2916 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} , 2930 cm^{-1} , dan 2936 cm^{-1} .

Ikatan rangkap dua dengan gugus fungsi C=O teridentifikasi pada bilangan gelombang 1640 cm^{-1} , 1646 cm^{-1} , 1653 cm^{-1} , dan 1646 cm^{-1} yang merupakan senyawa dari CMC. Gugus fungsi Zn-O terdapat pada bilangan gelombang 658 cm^{-1} , 666 cm^{-1} , 672 cm^{-1} , dan 678 cm^{-1} . Senyawa eter C-O pada rentang bilangan 914 cm^{-1} - 1041 cm^{-1} .

4.1.4 Zona Hambat Bakteri Pada Bioplastik

Uji diameter zona hambat bakteri pada bioplastik dilakukan dengan metode difusi sumuran yaitu membuat lubang pada media NA yang sudah padat dan diinokulasi dengan bakteri *Escherichia coli*. Kemudian lubang diinjeksikan dengan bioplastik. Setelah dilakukan inkubasi, pertumbuhan bakteri diamati untuk melihat ada tidaknya daerah hambatan di sekeliling lubang dengan rumus sebagai berikut (Bawardi, 2018).

$$\text{Zona Hambat} = D_i - D_o \quad 4.1$$

D_i = Diameter zona bening

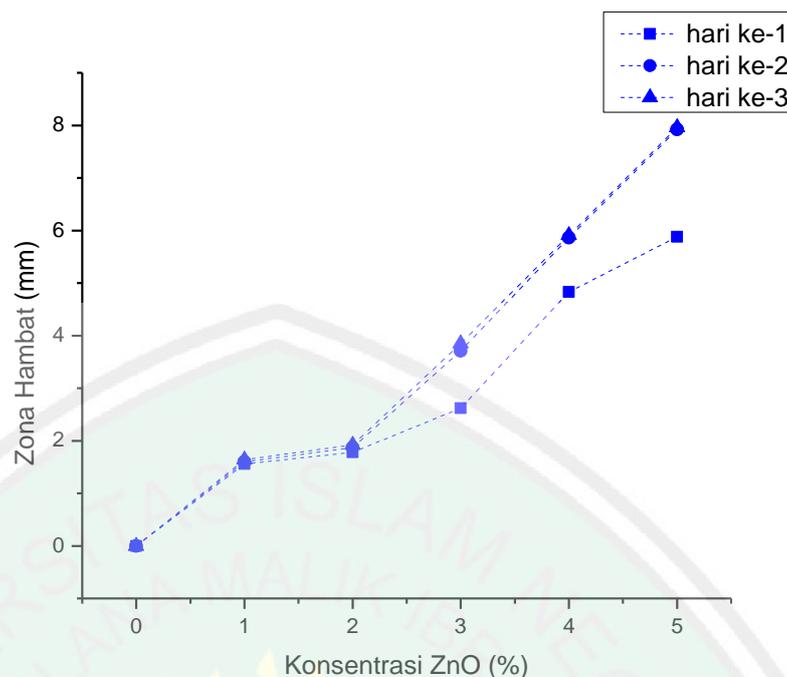
D_o = Diameter awal

Dari rumus 4.1 didapatkan nilai zona hambat ditunjukkan pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Data hasil zona hambat bakteri

| Sampel | Rata-rata zona hambat hari ke-1 (mm) | Rata-rata zona hambat hari ke-1 (mm) | Rata-rata zona hambat hari ke-1 (mm) |
|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| PPZ-0 | 0 | 0 | 0 |
| PPZ-1 | 1.56 | 1.60 | 1.64 |
| PPZ-2 | 1.78 | 1.87 | 1.92 |
| PPZ-3 | 2.62 | 3.71 | 3.85 |
| PPZ-4 | 4.79 | 5.86 | 5.91 |
| PPZ-5 | 5.88 | 7.92 | 7.96 |

Dari tabel 4.4 kemudian dibuat plot grafik hubungan antara sampel dengan hasil zona hambat yang ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi ZnO dengan Nilai Zona Hambat

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa daya hambat paling besar pada konsentrasi PPZ-5 yang terjadi dihari ketiga yaitu 7.96 mm dengan lama inkubasi 24 jam sedangkan pada konsentrasi PPZ-0 tidak memiliki zona bening jadi tidak memiliki nilai daya hambat.

4.1.5 Uji Sifat Mekanik Sampel Bioplastik Pati Biji Durian dengan Variasi Konsentrasi ZnO

Sampel bioplastik diuji tarik dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) di laboratorium Material Jurusan Fisika UIN Malang. Pengujian tarik dilakukan dengan memotong ukuran sampel 5 cm × 1.5 cm dan tebal 0.5 mm. Pada pengujian tarik, sampel dijepitkan pada kedua set holder (penjepit) mesin UTM dan dilakukan pengukuran panjang awal sampel. Penarikan dilakukan

dengan cara memutar tuas roda pada alat UTM sehingga penjepit bagian atas akan menarik sampel sampai putus. kemudian dilakukan pengukuran panjang akhir sampel. Pengujian kuat tarik dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan pada tiap konsentrasi ZnO. Pengukuran nilai kuat tarik dihitung dari hasil pembagian tegangan maksimum (F) dengan luas penampang sampel (A) sebelum diuji. Uji kekuatan tarik dilakukan pada 2 sampel film dari masing-masing konsentrasi kemudian dihitung rata-rata nya. Nilai kuat tarik sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Kuat tarik (kgf/mm}^2\text{)} = \frac{\text{tegangan maksimum (F)}}{\text{luas penampang}} \quad 4.2$$

Pengukuran perpanjangan dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan cara :

$$\text{Elongation (\%)} = \frac{\text{panjang akhir} - \text{panjang awal}}{\text{panjang awal}} \times 100\% \quad 4.3$$

Sedangkan untuk elastisitas (*modulus young*) diperoleh dari perbandingan kuat tarik dengan elongasi :

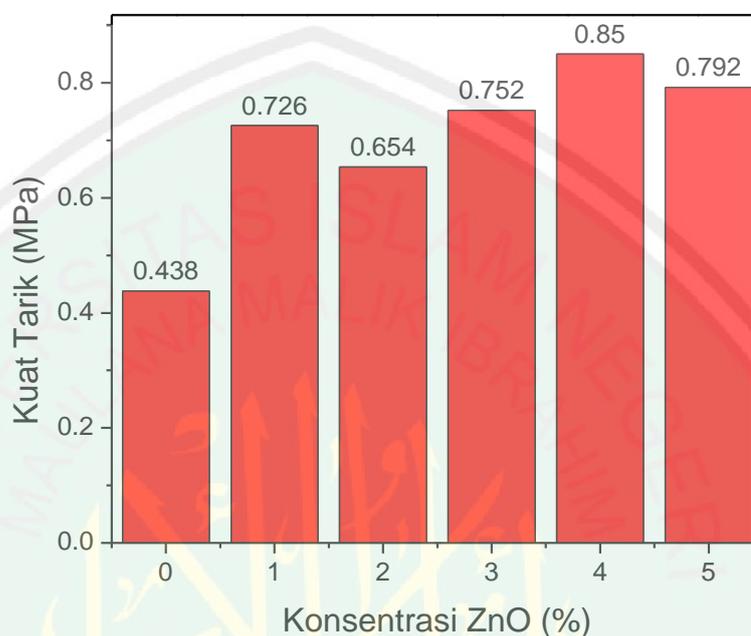
$$\text{Modulus Young} = \frac{\text{kuat tarik}}{\text{elongation}} \quad 4.4$$

Dari rumus 4.2, 4.3 dan 4.4 didapatkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.4

Tabel 4.5 Data Hasil Uji Mekanik

| Sampel | Rata-rata kuat tarik (MPa) | Rata-rata elongasi (%) | Rata-rata <i>modulus young</i> |
|--------|----------------------------|------------------------|--------------------------------|
| PPZ-0 | 0.438 | 1.315 | 0.333 |
| PPZ-1 | 0.726 | 3.265 | 0.237 |
| PPZ-2 | 0.654 | 3.235 | 0.212 |
| PPZ-3 | 0.752 | 3.165 | 0.262 |
| PPZ-4 | 0.850 | 2.615 | 0.481 |
| PPZ-5 | 0.792 | 2.580 | 0.435 |

Dari tabel 4.5 kemudian dibuat plot grafik hubungan antara sampel dengan hasil uji mekanik yaitu kuat tarik, elongasi, dan *modulus young* seperti pada gambar 4.5, 4.6, dan 4.7

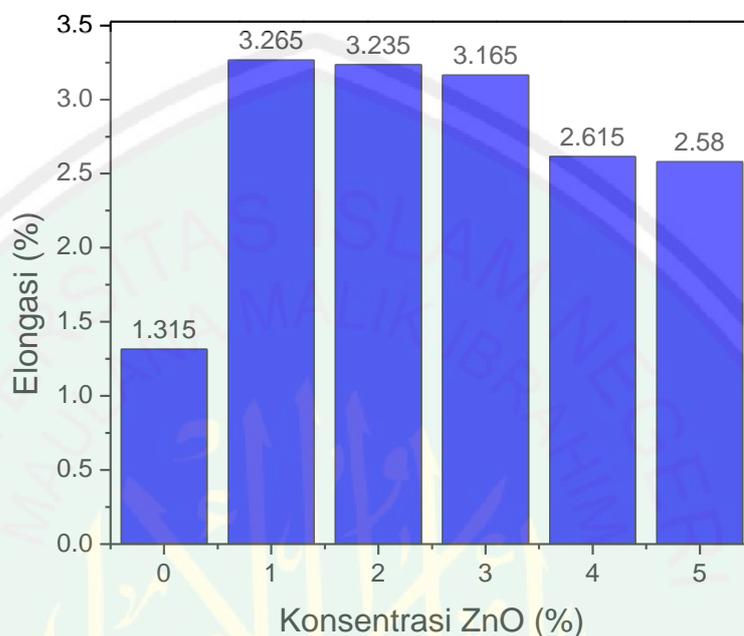


Gambar 4.5 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Nilai Kuat Tarik Pada bioplastik

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi ZnO maka nilai kuat tariknya tinggi. Pada PPZ-0 nilai yang diperoleh adalah 438 MPa, PPZ-1 sebesar 0.726 MPa, konsentrasi PPZ-2 menurun menjadi 0.654 MPa, PPZ-3 meningkat menjadi 0.752 MPa, PPZ-4 nilai kuat tarik yang paling besar yaitu 0.850 MPa, dan PPZ-5 menurun lagi menjadi 0.792 MPa.

Pengukuran persen pemanjangan putus (*Elongation*) dihitung dari hasil pembagian pertambahan panjang (Δl) setelah dikenai tegangan dengan panjang awal sampel (l_0) dikalikan 100%. Proses elongasi merupakan perubahan panjang maksimum pada saat terjadi peregangan hingga sampel bioplastik terputus.

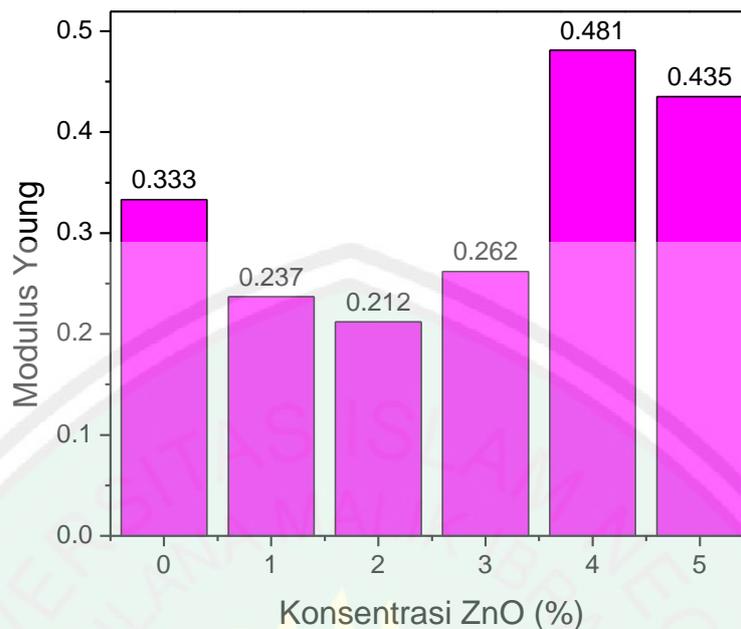
Elongasi dikaitkan dengan fleksibilitas dan keplastisan yang merupakan salah satu karakteristik penting bioplastik. Hasil rata-rata sifat mekanik elongasi diplot terhadap konsentrasi ZnO ditunjukkan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Nilai *Elongation* bioplastik

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai elongasi tertinggi pada PPZ-1 dan terendah pada PPZ-0. Perubahan elongasi ini berhubungan dengan interaksi ZnO dengan pati dan juga gliserol sebagai *plasticizer*.

Nilai modulus young (elastisitas) merupakan hasil pembagian dari nilai kuat tarik dan persen pemanjangan (*elongation*) film. Hasil pengukuran *modulus young* pada masing-masing konsentrasi ZnO jika digambarkan dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Variasi Konsentrasi ZnO Terhadap Nilai Elastisitas bioplastik

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai elastisitas bioplastik semakin besar. Penambahan konsentrasi ZnO dapat meningkatkan nilai kemuluran bioplastik sehingga, nilai modulus young yang semakin besar akan membuat bioplastik menjadi kaku.

4.1.6 Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan metode *soil burial test* bertujuan untuk mengetahui laju degradasi sampel pada berbagai variasi konsentrasi ZnO sehingga akan didapatkan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Pada metode ini dilakukan dengan mengubur sampel dalam tanah yang terkontrol sifat fisik dan kimiawinya kemudian menghitung fraksi berat residual dari sampel dalam tiap satuan waktu (gram/day). Sampel ditimbang berat bersihnya sebelum dikubur dalam tanah kemudian tiap

hari sampel dikeluarkan dari dalam tanah untuk ditimbang beratnya dalam keadaan kering. Adapun untuk mencari fraksi berat residual digunakan persamaan matematis 4.1 (Ardiansyah, 2011). Sebagai berikut dengan hasil di tabel 4.5 :

$$\% \text{ berat residual} = 100\% - \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\% \quad (4.5)$$

Dimana :

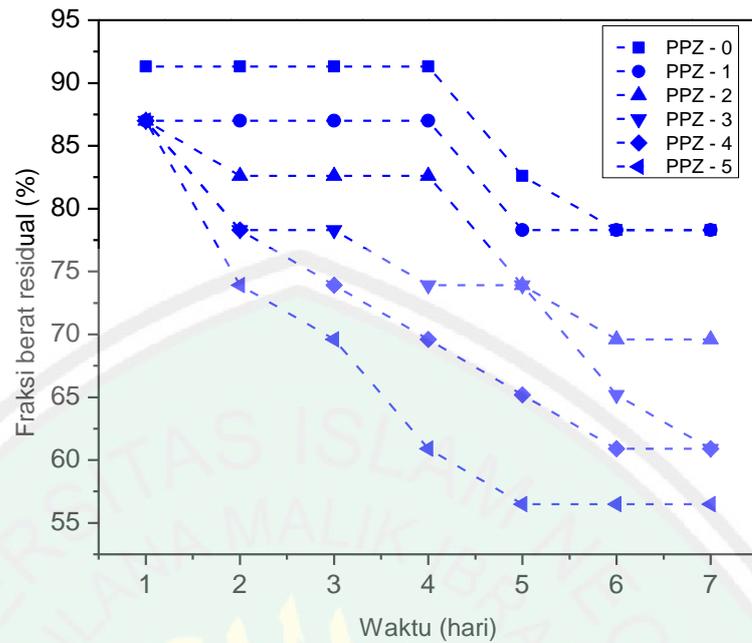
W1= berat sampel pada hari ke- 0 (awal)

W2= berat sampel pada hari ke- 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7

Tabel 4.6 Hasil uji biodegradabilitas

| Nama Sample | Fraksi Berat residual (%) pada hasil pengamatan hari ke- | | | | | | |
|-------------|--|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| PPZ-0 | 91.3 | 91.3 | 91.3 | 91.3 | 82.6 | 78.3 | 78.3 |
| PPZ-1 | 87.0 | 87.0 | 87.0 | 87.0 | 78.3 | 78.3 | 78.3 |
| PPZ-2 | 87.0 | 82.6 | 82.6 | 82.6 | 73.9 | 69.6 | 69.6 |
| PPZ-3 | 87.0 | 78.3 | 78.3 | 73.9 | 73.9 | 65.2 | 60.9 |
| PPZ-4 | 87.0 | 78.3 | 73.9 | 69.6 | 65.2 | 60.9 | 60.9 |
| PPZ-5 | 87.0 | 73.9 | 69.6 | 60.9 | 56.5 | 56.5 | 56.5 |

Tabel 4.6 merupakan hasil perhitungan untuk mendapatkan nilai fraksi residual dalam *soil burial test* terhadap sampel dengan variasi konsentrasi ZnO yang diamati selama 7 hari. Kemudian digambarkan dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar 4.8

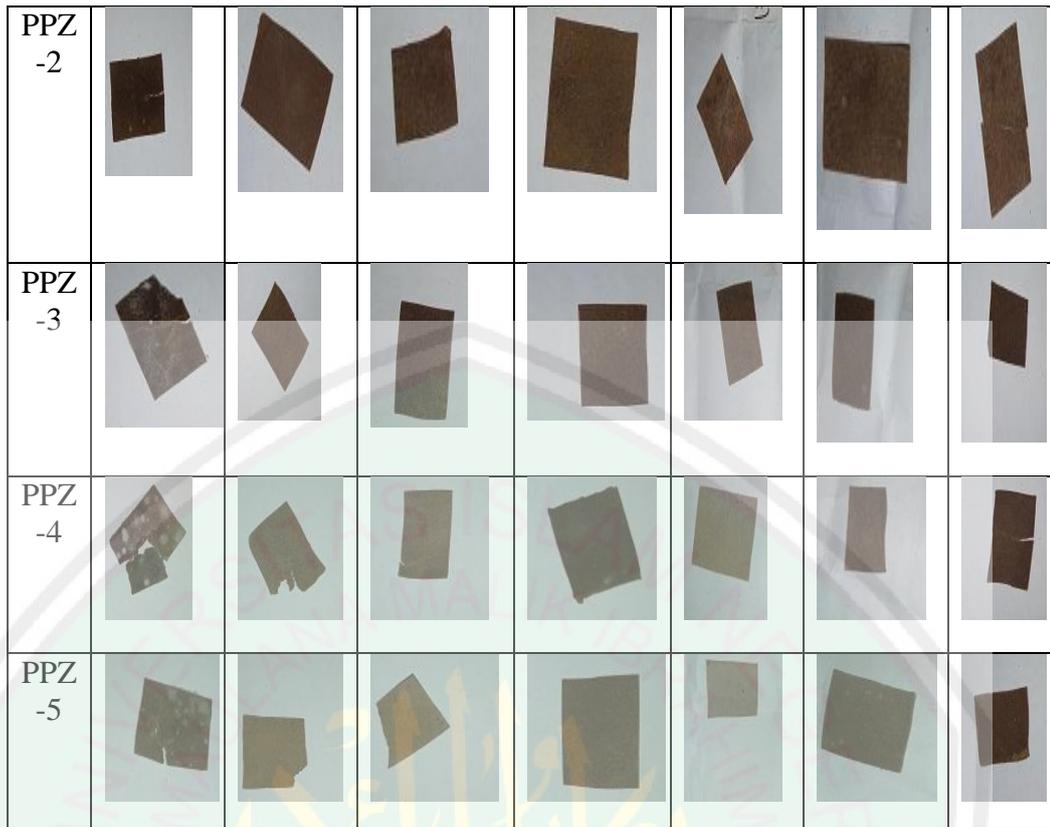


Gambar 4.8 Grafik Biodegradabilitas Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi ZnO.

Gambar 4.8 menunjukkan nilai biodegradabilitas bioplastik. Fraksi berat yang mendekati linear dari hari 1 sampai hari 7 yaitu konsentrasi PPZ-4. Penambahan ZnO juga menjelaskan tingkat biodegradabilitas yang lebih rendah

Selain berat fraksi diatas, uji biodegradabilitas ini dilihat secara fisik yang diamati setiap hari selama 7 hari dengan hasil seperti pada gambar 4.9

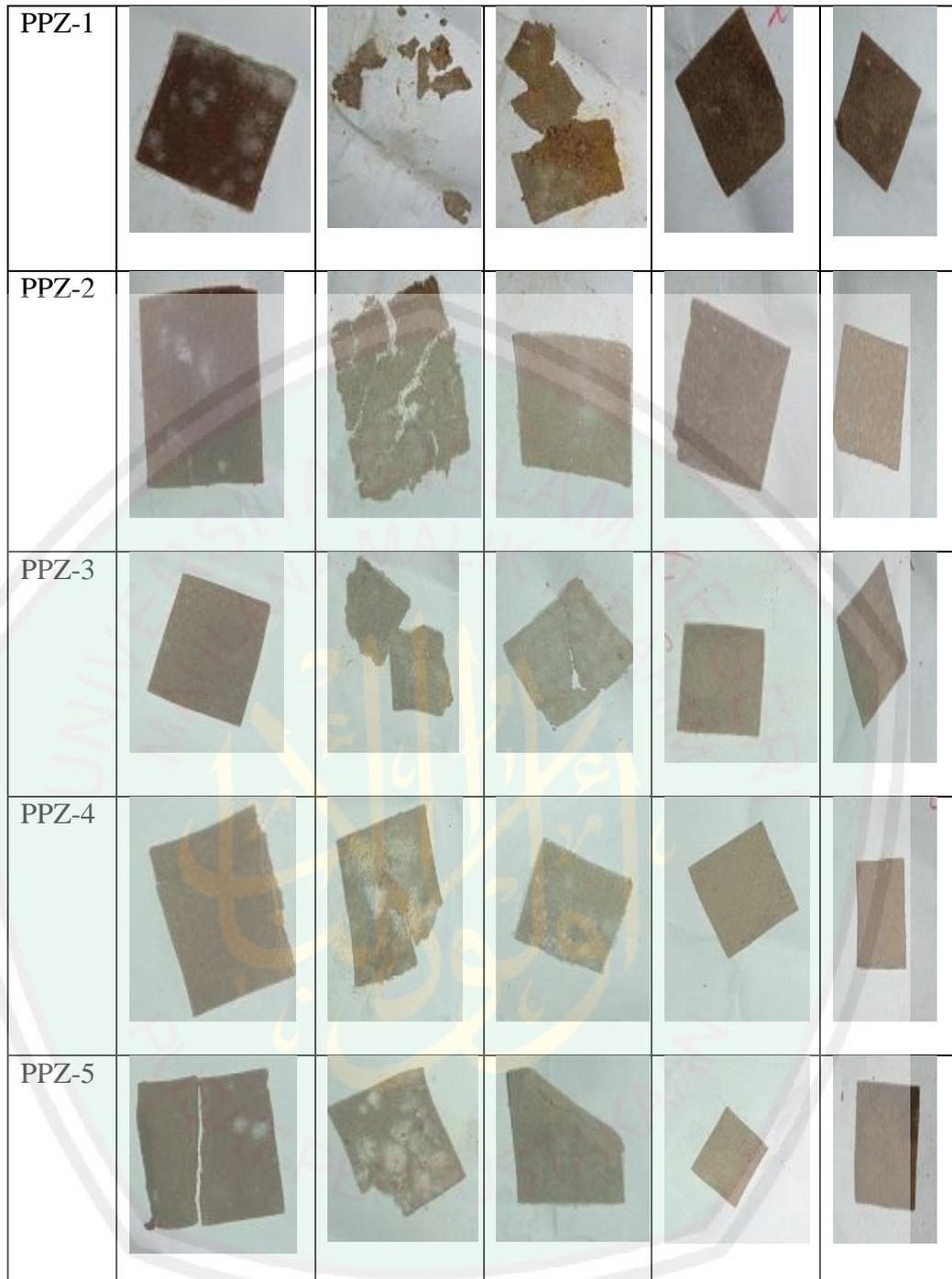
| Sample | Hari ke-1 | Hari ke-2 | Hari ke-3 | Hari ke-4 | Hari ke-5 | Hari ke-6 | Hari ke-7 |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| PPZ-0 | | | | | | | |
| PPZ-1 | | | | | | | |



Gambar 4.9 Hasil biodegradabilitas bioplastik tanpa menggunakan EM4 dengan Variasi Konsentrasi ZnO

Sampel bioplastik berukuran 1.5×1.5 cm dengan variasi konsentrasi ZnO 1, 2, 3, 4, dan 5% (wt%) dilakukan pengujian biodegradabilitas yang kedua menggunakan EM4 dan diamati setiap hari selama 5 hari, menunjukkan hasil secara fisik pada gambar 4.10

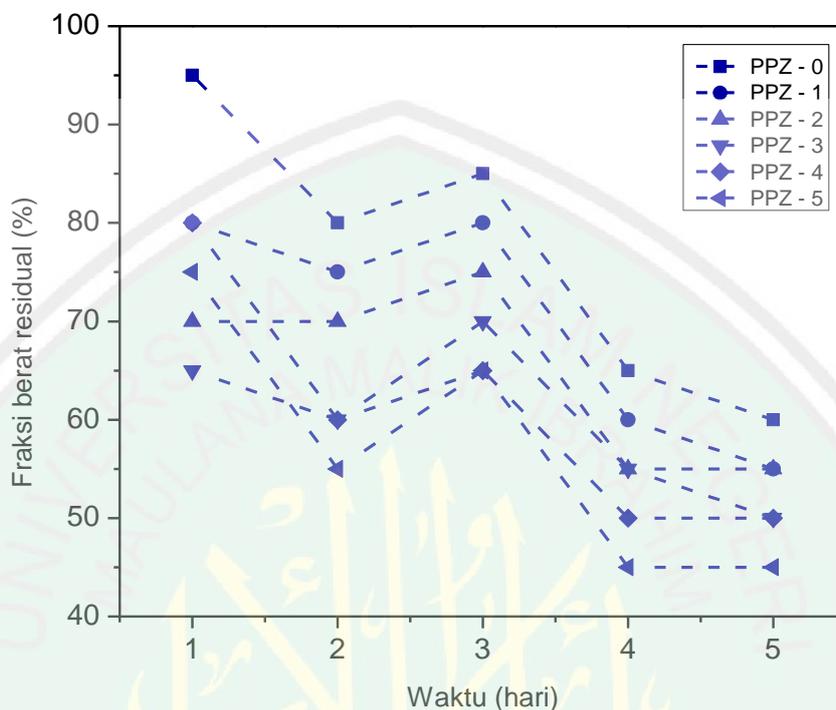
| Sampl e | Hari ke-1 | Hari ke-2 | Hari ke-3 | Hari ke-4 | Hari ke- 5 |
|------------|---|---|---|---|---|
| PPZ-0 |  |  |  |  |  |



Gambar 4.10 Hasil biodegradabilitas bioplastik menggunakan EM4 dengan Variasi Konsentrasi ZnO

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa degradasi terakhir yang mengalami penurunan massa dari hasil sebelumnya dan film tampak kering. Hal ini disebabkan film sudah tidak menyerap air karena tanah yang sudah mengalami

kekeringan. Dengan berkurangnya kandungan air, massa dari film ikut berkurang namun tidak terlalu signifikan, dapat dilihat pada gambar 4.11



Gambar 4.11 Grafik Biodegradabilitas bioplastik menggunakan EM4 dengan Variasi Konsentrasi ZnO

Pada gambar 4.11 menunjukkan pada hari ke 3 untuk semua sampel bioplastik mengalami kenaikan massa dari hari sebelumnya.

4.2 Pembahasan

Bioplastik yang terbentuk dari polisakarida biasanya bersifat rapuh dan kaku sehingga diperlukan penambahan *plastisizer* untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekaniknya. Penambahan berupa gliserol dan CMC berpotensi menghasilkan bioplastik dengan fleksibilitas tinggi tanpa merubah sifat bioplastik.

Selain itu perlu penambahan ZnO untuk menghambat bakteri pada sebuah kemasan.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa dari proses pembuatan pati dengan metode tersebut mengkonfirmasi adanya gugus O-H, gugus C-H, dan gugus C-O. Hal ini sesuai penelitian Rambe (2014) yang menunjukkan bahwa pati biji durian memiliki gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O.

Gambar 4.3 menunjukkan analisis gugus fungsi dari bioplastik pati biji durian dan konsentrasi yang berbeda dari campuran yang diperkuat ZnO. Pergeseran puncak menegaskan interaksi antara matriks polimer dan pengisi nanopartikel. Nilai puncak dari matriks polimer berubah dengan penambahan komposisi ZnO yang menunjukkan bahwa dari pita serapan 3413 cm^{-1} bergeser sampai 3427 cm^{-1} . Serapan gugus OH mengalami pelebaran karena adanya interaksi senyawa hidroksil antara air, pati, gliserol, cmc dan ZnO pada bioplastik.

Pergeseran absorpsi ulur C-H dari $2916,94\text{ cm}^{-1}$ ke pita serapan yang lebih tinggi disebabkan oleh tarikan elektrostatis antara ZnO dan gugus hidroksil dari matriks polimer. Selain itu, tarikan elektrostatis serupa dikaitkan dengan peregangan ikatan -C-O dari gugus -C-O-C- sehingga secara signifikan menggeser pita absorpsi dari 1028 cm^{-1} pada bioplastik pati Biji durian. Pergeseran pita serapan peregangan C-H dari 2916 cm^{-1} bioplastik menjadi 2936 cm^{-1} dari campuran PPZ-5 yang menegaskan tarikan elektrostatis. Pergeseran teratur dalam pita serapan C-O dari 1028 cm^{-1} bioplastik hingga 1041 cm^{-1} dari campuran PPZ-5 semakin menegaskan interaksi matriks polimer ZnO. Pergeseran signifikan pada puncak deformasi ikatan Zn-O dari 658 cm^{-1} konsentrasi PPZ-0 sampai PPZ-5 678 cm^{-1} campuran ZnO. Semakin banyak pergeseran yang signifikan diamati dalam

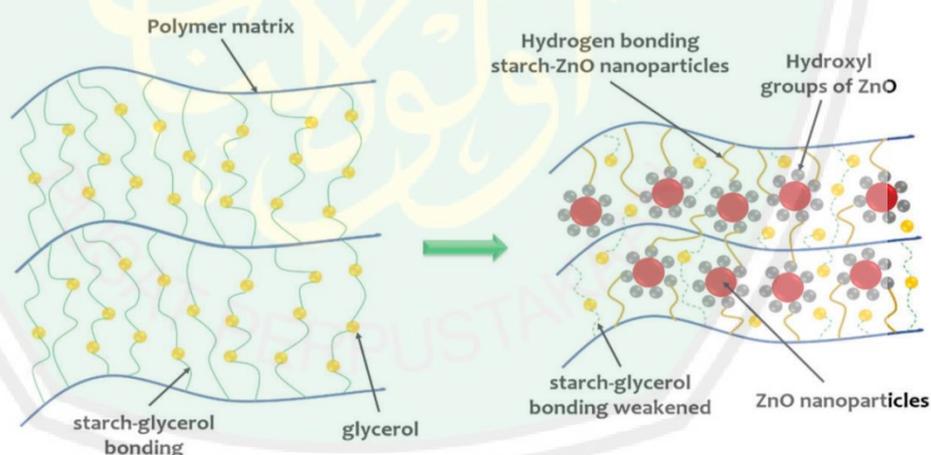
getaran peregangan CH, dalam getaran OH dan getaran deformasi Zn-O. Hal ini sesuai dengan penelitian Din et al (2020) yang menjelaskan bahwa mengalami Pergeseran puncak menegaskan interaksi antara matriks polimer dan penambahan ZnO.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu konsentrasi ZnO-0 tidak terjadi zona penghambatan bakteri dan diameter zona penghambatan terus naik ketika konsentrasi diperbesar sampai PPZ-5. Hal ini sesuai dengan penelitian Bawardi (2018) pada konsentrasi 0% tidak memiliki daya hambat. Dapat dijelaskan juga pada hasil gugus fungsi yang mengalami pergeseran puncak intensitas. Semakin banyak penambahan konsentrasi ZnO maka semakin tajam serapannya.

Sistem komposit antibakteri merupakan sistem yang menggunakan agen antibakteri dalam ukuran nanopartikel. Kelebihan sistem ini menghasikan permukaan aktif antibakteri yang lebih besar dengan ratio volume nanopartikel. Bahan yang dapat digunakan sebagai antibakteri akan berfungsi sebagai penghambat pertumbuhan bakteri, mematikan sel dan bersifat antibakteri. komposit antibakteri dapat diaplikasikan sebagai kemasan aktif. Logam oksida merupakan bahan antibakteri yang terdiri dari TiO_2 , MgO dan ZnO (Agustina 2015). Menurut Agustina (2015) nano seng oksida dengan matrik PLA dapat digunakan sebagai komposit antibakteri, dimana terdapat 3 mekanisme nano seng oksida dalam membunuh bakteri, yaitu (1) bentuk ion Zn^+ . (2) daya elektrostatik, (3) Reactive Oxygen Species (ROS).

ZnO dapat bekerja pada bakteri gram positif dan gram negatif dengan hasil yang tidak berbeda jauh (Sawai 2003). Penelitian yang dilakukan Li *et al* pada tahun 2009 menunjukkan hasil bahwa sifat antibakteri terbaik dihasilkan dalam bentuk *film* yang mampu menghambat pertumbuhan *E coli* dan *S aureus*. Menurut Yamamoto (1998) sifat antibakteri pada ZnO sangat dipengaruhi oleh besaran konsentrasi dan luas paparan.

Beberapa penelitian, penambahan ZnO pada matriks pati akan mengganggu interaksi pati-*plasticizer*. Penggabungan ZnO menginduksi jaringan antar rantai matriks pati oleh gugus hidroksil pada permukaan partikel. Susunan ini menurunkan mobilitas rantai polimer akibat jaringan ikatan silang yang disebabkan oleh interaksi antara matriks pati dan gugus hidroksil nanopartikel ZnO. Dengan demikian, struktur yang lebih kaku akan terbentuk dan sifat mekanik akan diperbaiki. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.15



Gambar 4.12 Ilustrasi skematis bioplastik sebelum dan sesudah penambahan nanopartikel ZnO (Abdullah et al. 2020)

Menurut Kanmani, *et al* (2014) penambahan ZnO ke pati meningkatkan kekuatan tarik bioplastik. Hasil ini dikaitkan dengan interaksi antara nanofiller dan bioplastik karena ZnO dapat membentuk ikatan hidrogen dan kovalen dengan

gugus hidroksil, akibatnya memperkuat gaya molekuler. Pada penelitian ini penambahan ZnO-4 menunjukkan kuat tarik tertinggi yaitu 0.850 MPa, sedangkan bioplastik tanpa ZnO menunjukkan kuat tarik terendah 0.438 MPa. Hal ini sesuai dengan gugus fungsi O-H yang paling tajam atau intensitasnya paling tinggi yaitu pada saat PPZ-4.

Interaksi yang kuat antara matriks pati dan nanofiller ZnO disebabkan oleh dispersi ZnO yang homogen dalam matriks pati. Hasilnya, transfer tegangan dapat dioptimalkan dan sifat mekanisnya meningkat. Ketika konsentrasi ZnO di atas 4%, aglomerasi ZnO dapat terjadi. Akibatnya, dispersi ZnO yang tidak homogen menyebabkan matriks pati-interaksi ZnO melemah dan transfer tegangan menjadi tidak efisien. Dengan demikian kekuatan tarik bioplastik cenderung menurun

Menurut Kanmani (2014) bahwa seiring bertambahnya kandungan ZnO yang ditambahkan, maka ZnO tersebut menghalangi terjadinya gelatinisasi yang mengakibatkan ikatan antar partikel penyusun tidak terbentuk secara kuat yang ditandai dengan tidak melarutnya *zinc oxide* pada bioplastik. Ukuran butir pati dan ZnO juga mempengaruhi nilai kuat tarik semakin kecil ukuran butir pati maka semakin mengecilkan rongga yang terdapat pada sample sehingga menjadi lebih kuat.

Di sisi lain, elongasi mengalami penurunan dengan peningkatan kandungan ZnO yang kemungkinan disebabkan oleh penurunan fleksibilitas bioplastik sebagai akibat interaksi yang kuat antara matriks pati dan nanofiller ZnO.

Pengaruh penambahan ZnO terhadap modulus young bioplastik dengan semakin bertambahnya ZnO maka nilai Modulus elastis akan semakin meningkat. Hal ini dapat disebabkan semakin rapat ikatan antar molekul dalam bioplastik saat

penambahan ZnO, sehingga bioplastik yang terbentuk bersifat kuat sekaligus kaku. Akan tetapi, pada penelitian ini nilai modulus young menurun disebabkan oleh ikatan ZnO yang kurang rapat.

Pengujian biodegradabilitas bioplastik dilakukan dengan metode *soil burial test* untuk mengetahui laju degradasi sampel. Pada metode ini hanya dilakukan dengan mengubur sampel di dalam tanah dan menggunakan EM4. Kemudian menghitung fraksi berat residual dari sampel dalam tiap satuan waktu (gram/day).

Setelah dilakukan penguburan selama 7 hari untuk tanpa EM4, hasil pengamatan menunjukkan bahwa bioplastik telah terdekomposisi/terdegradasi sebagian. Selanjutnya dilakukan penguburan di dalam tanah dengan penambahan EM4. Penambahan konsentrasi ZnO tidak terlalu berbeda secara signifikan pada proses degradasinya. Hal ini disebabkan karena adanya beberapa jenis bakteri yang terdapat di dalam EM4 (*Effective microorganisms*) seperti *Pseudomonas* sp., *Streptococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp., Dan *Moraxella* sp. Selain itu, bioplastik yang terbentuk mengandung gugus hidroksil (OH) dan gugus karbonil (CO).

Penurunan massa sample pada saat proses biodegradabilitas berkaitan dengan sifat mekanik yaitu bahwa semakin banyak konsentrasi ZnO yang ditambahkan maka nilai kuat tariknya besar.

4.3 Integrasi Ayat Al-qur'an dan hadis tentang Plastik *Biodegradable*

Integrasi keislaman tentang bagaimana plastik *biodegradable* bisa terurai di alam telah tersirat didalam Alqur'an.

Sebagaimana firman Allah swt dalam QS Az Zumar/39: 21.

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ نُخْرِجُ بِهِ
 زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهِيَجُ فَتَرَهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ تَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ
 لَذِكْرَى لَأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٦﴾

“Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa Sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, Maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi Kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, Kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.”

Quraish M. Shihab dalam tafsir Al-Mishbah, ayat di atas menyatakan tentang bukti-bukti keesaan Allah melalui pemaparan aneka ciptaan-Nya; Dimulai dari kuasa-Nya menurunkan hujan, menciptakan mata air, menumbuhkan tanaman, sampai dengan proses-proses yang dilaluinya hingga hancur. Dia “mengeluarkan” yakni menumbuhkan “tanaman-tanaman” pertanian “yang bermacam-macam” jenis, bentuk, rasa dan “warnanya” walau air menumbuhkannya sama, “lalu ia menjadi kering” atau menguat dan tinggi “lalu engkau melihatnya kekuning-kuningan” setelah sebelumnya segar kehijau-hijauan, “kemudian ia menjadikannya hancur” layu berderai-derai. “Sesungguhnya pada yang demikian itu” yakni proses yang silih berganti dari satu kondisi yang lain “benar-benar terdapat pelajaran” yang sangat berharga (Shihab, 2002)

Dalam Tafsir Ibnu Katsir (2004) yaitu Firman Allah: *tsumma yukhriju bihihi zar'am mukhtalifan alwaanuhuu* (“Kemudian, ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanaman-tanaman yang bermacam-macam warnanya.”) yaitu, kemudian dengan air yang turun dari langit dan muncul dari bumi itu, Dia tumbuhkan bermacam-macam tanaman yaitu warna, bentuk, rasa, bau dan manfaatnya. *Tsumma yaHiiju*

(“lalu ia menjadi kering”) yaitu setelah masa keindahan dan mudanya habis, ia akan mengering sehingga terlihat menguning dan bercampur kering. *Tsumma yaj*” *aluHuu huthaaman* (“Kemudian dijadikan-Nya hancur berderai.”) yaitu kemudian kembali kering dan hancur berderai. *Inna fii dzaalika ladzikraa li ulil albaab* (“Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.”) yaitu bagi orang-orang yang menyadari hal tersebut, lalu mereka mendapat pelajaran bahwa dahulu dunia adalah seperti itu; hijau, menyenangkan dan indah, kemudian kembali menjadi tua renta. Yang dahulu muda kembali menjadi tua dan lemah yang pada akhirnya mati. Orang yang berbahagia adalah orang yang kondisi sesudah kematiannya berada dalam kebaikan.

Ayat tersebut menjelaskan tentang proses penguraian atau penghancuran. Allah Swt dengan kuasan-Nya menurunkan hujan, menumbuhkan tanaman, sampai dengan proses-proses yang dilaluinya hingga hancur. Aktivitas mikroorganisme menjadi air dan gas CO₂ setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Seperti halnya plastik *biodegradable* dapat terurai atau hancur di alam. Plastik ini dapat terdegradasi (terurai/hancur) baik mengalami proses fotodegradasi (cahaya matahari, katalisa), Degradasi kimiawi (air, oksigen), biodegradasi (bakteri, alga, enzim), atau degradasi mekanik (angin, abrasi). Proses-proses tersebut dapat berlangsung secara tunggal maupun kombinasi.

Dalam Tafsir Ibnu Katsir (2004), Allah Swt menceritakan bahwa asal mula air yang ada didalam tanah berasal dari langit, seperti yang disebutkan oleh firman-Nya dalam Q.S Al-Furqan /25:48.

وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا ﴿٤٨﴾

“Dan kami turunkan dari langit air yang amat bersih,”

Dalam Tafsir Ibnu Katsir (2004), apabila telah diturunkan air dari langit, maka air itu tersimpan didalam bumi, lalu Allah Swt mengalirkan ke berbagai bagian bumi menurut apa yang dikehendaki-Nya dan Allah Swt menyumberkannya menjadi mata air –mata air ada yang kecil dan ada yang besar menurut apa yang diperlukan. Sering kali Allah Swt membuat perumpamaan bagi kehidupan dunia ini dengan air yang diturunkan –Nya dari langit, lalu dengannya ditumbuhkan berbagai macam tumbuh-tumbuhan dan buah-buahan, sesudah itu menjadi hancur berguguran. Sebagaimana yang disebutkan di dalam firman-Nya melalui ayat lain, yaitu dalam QS Al-Kahfi/18:45

وَأَضْرَبَ لَهُمْ مَثَلًا الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَا أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْأَرْضِ فَأَصْبَحَ هَشِيمًا تَذْرُوهُ الرِّيْحُ وَقَانَ اللَّهُ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ مُّقْتَدِرًا ﴿٤٥﴾

“Dan berilah perumpamaan kepada mereka (manusia), kehidupan dunia sebagai air hujan yang kami turunkan dari langit, Maka menjadi subur karenanya tumbuh-tumbuhan di muka bumi, Kemudian tumbuh-tumbuhan itu menjadi kering yang diterbangkan oleh angin. dan adalah Allah, Maha Kuasa atas segala sesuatu.”

Ayat Al-qur’an lain yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu:

Sebagaimana firman Allah swt dalam QS An Naba’/78: 15.

لْنُخْرِجَ بِهِ حَبًّا وَنَبَاتًا ﴿١٥﴾

“Supaya kami tumbuhkan dengan air itu biji-bijian dan tumbuh-tumbuhan,”

Quraish M. Shihab dalam tafsir Al-Mishbah, Ayat diatas menjelaskan hujan merupakan hasil kumpulan-kumpulan uap air lautan yang membentuk awan dan

kemudian berubah setelah semakin membesar menjadi tetesan-tetesan air atau salju. Uap-uap air yang terkumpul bagaikan diperas lalu tercurah dalam bentuk hujan atau embun dahan dan daun-daun pepohonan kebun yang kait-berkaitan mengelilingi satu dengan lainnya karna lebatnya (Shihab, 2002).

Keterkaitan ayat tersebut dengan penelitian yaitu bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berasal dari tumbuh-tumbuhan. Biji yang dimaksud dalam ayat ini secara umum kaitannya adalah jenis biji, secara spesifik yakni biji durian yang kemudian dibuat produk plastik *biodegradable*.

Pada pembuatan Plastik *biodegradable* menggunakan bahan dasar yang berasal dari alam dimana dengan kekuasaan Allah SWT, tanaman dari air hujan.

Sebagaimana firman Allah swt dalam QS An-nahl/16: 11

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkannya.”

Quraish M. Shihab dalam tafsir Al-Mishbah, menyatakan bahwa Dia, yakni Allah SWT, “menumbuhkan bagi kamu dengannya”, yakni dengan air hujan itu “tanaman-tanaman” dari yang cepat layu sampai dengan yang paling panjang usianya dan paling banyak manfaatnya. Dia menumbuhkan “zaitun” salah satu pohon yang paling panjang usianya, demikaian juga “kurma” yang dapat dimakan mentah atau matang, mudah dipetik dan sangat bergizi lagi berkalori tinggi, juga “anggur “ yang dapat kamu jadikan makanan yang halal atau minuman yang haram atau sebagian “buah-buahan” selain yang disebut itu “sesungguhnya pada

yang demikian “ yakni pada curahan hujan dan akibat-akibatnya itu “*ada benar-benar tanda*” yang sangat jelas bahwa yang mengaturnya seperti itu adalah Maha Esa lagi maha Kuasa. Tanda itu berguna “*bagi kaum yang memikirkan*” betapa tidak sumber airnya sama, tanah tempat tumbuhnya berdempet, tetapi ragam dan rasanya berbeda-beda (Shihab, 2002).

Keterkaitan ayat tersebut dengan penelitian yaitu pada penelitian ini menggunakan biji durian yang berasal dari tanaman durian. Dimana dengan Maha Esa lagi maha Kuasa-Nya menciptakan tumbuhan dari curahan hujan menjadi bermacam-macam jenis tumbuhan.

Integrasi keilmuan hadis ini yaitu pada penelitian ini menggunakan tumbuhan durian dimana biji dari tumbuhan durian diambil lalu dijadikan plastik *biodegradable*. Begitu banyak fungsi dari tumbuhan durian diantaranya bahwa biji durian yang kurang dimanfaatkan dapat dibuat plastik yang ramah lingkungan.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisis gugus fungsi adanya O-H dan C-H yang merupakan struktur dari, sedangkan C=O merupakan struktur CMC. Penambahan ZnO pada bioplastik muncul Zn-O pada bilangan gelombang 658 cm^{-1} .
2. Penambahan konsentrasi ZnO berpengaruh pada aktivitas antibakteri pada pengamatan hari ke-3 hari dengan zona hambat sebesar 7,96 mm
3. Penambahan konsentrasi ZnO meningkatkan nilai kuat tarik, modulus young dan menurunkan nilai elongasi. Nilai kuat tarik dan elongasi tertinggi yaitu 0.850 MPa dan 0.481 MPa pada bioplastik PPZ-4. Sedangkan Nilai elongasi tertinggi terdapat pada bioplastik PPZ-1. Penambahan konsentrasi ZnO tidak terlalu signifikan dalam proses degradasi bioplastik. Hampir seluruh sampel mengalami degradasi pada hari ke-7

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya bisa menggunakan pati yang lain agar tingkat sifat mekanik, zona hambat, dan degradasi dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Akbar Hanif Dawam, Oceu Dwi Putri, Anti Khoerul Fikriyyah, Rossy Choerun Nissa, Syamsul Hidayat, Rahmat Firman Septiyanto, Myrtha Karina, and Rahmat Satoto. 2020. "Harnessing the Excellent Mechanical, Barrier and Antimicrobial Properties of Zinc Oxide (ZnO) to Improve the Performance of Starch-Based Bioplastic." *Polymer-Plastics Technology and Materials* 59(12):1259–67. doi: 10.1080/25740881.2020.1738466.
- Agustin, Y. E., and K. S. Padmawijaya. 2017. "Effect of Glycerol and Zinc Oxide Addition on Antibacterial Activity of Biodegradable Bioplastics from Chitosan-Kepok Banana Peel Starch." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 223:012046.
- Agustina, Siti. 2015. "THE EFFECT OF NANO ZINC OXIDE TO BIODEGRADABILITY OF BIONANOCOMPOSIT." (1):14.
- Ahvenainen, R. 2003. Active and intelligent packaging. *Dalam* : Ahvenainen, R (ed). *Novel Food Packaging Techniques*. Abington : Woodhead Publishing, pp 5-21.
- Al-Quran Terjemahan. 2015. Departemen Agama RI. Bandung: CV Darus Sunnah.
- Alomar, Mohamed Khalid, Maan Hayyan, Mohammed Abdulhakim Alsaadi, Shatirah Akib, Adeeb Hayyan, and Mohd Ali Hashim. 2016. "Glycerol-Based Deep Eutectic Solvents: Physical Properties." *Journal of Molecular Liquids* 215:98–103. doi: 10.1016/j.molliq.2015.11.032.

Amalia, S., Sri Wahdaningsih, dan Eka Kartika Untari. 2014. Uji Aktivitas Antibakteri Fraksi N-Heksan Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus Britton & Rose*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus* ATCC 25923. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia* 1 (2).

Apryanti, dkk. 2013. "Kajian Sifat Fisik-Mekanik Dan Antibakteri Plastik Kitosan Termodifikasi Gliserol". *Indonesian Journal of Chemical Science* 2, no. 2: h. 148-153.

Ardiansyah, Ryan. 2011. Pemanfaatan Pati Umbi Garut Untuk Pembuatan Plastik *Biodegradable*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.

Bawardi, Jakius Tardi. 2018. "PEMBUATAN BIOFILM ANTIBAKTERI BERBAHAN NANOPARTIKEL ZnO." 46.

Billmeyer, F. W. Jr. 1984. "Text Book of Polymer Science". John Science and Sons Inc. New York

Brayner, R., Roselyn, F., Nicolas, B., Shakib, D., Marc, F. B., and Fernand, F. 2006. Toxicological Impact Studies Based on *Escherichia coli* Bacteria in Ultrafine ZnO Nanoparticles Colloidal Medium. *Nano let.* 4: 866-870.

Briassoulis, D. 2004. An Overview on the Mechanical Behaviour of Biodegradable Agricultural Films. *Journal of Thermal Analytic and Calorimetry*, 12 : 65-81

Brooks, G. F., Butel, J. S., and Morse, S. A. Alih Bahasa oleh Mudihardi, E. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran (Medical Microbiology) Buku I*. Salemba Medika. Jakarta.

Brown, Michael J. *Durio - A Bibliographic Review*. (R.K. Arora, V. Ramanatha Rao and A.N. Rao, Editors). New Delhi : International Plant Genetic Resources Institute office for South Asia. 1997.

Caner, C., P. J. Vergano and J. L. Wiles. 1998. Chitosan Film Mechanical and Permeation Properties as Affected by Acid, Plasticizer and Storage. *Journal of Food Science*, (63) :1049-1052.

Chowdhury, T. dan Das, M. 2013. Effect of Antimicrobials on Mechanical , Barrier and Optical Properties of Corn Starch Based Self-Supporting Edible Film. *International Journal of Food Studies*, 2(2), 212–223

Cowd, M. A. 1991. *Kimia Polimer*. Diterjemahkan oleh J. G. Stark. Bandung: ITB

Damat. 2008. Efek Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Garut Butirat. *Agriteknologi*, 16 (3) : 333-339

Din, Muhammad Imran, Rimsha Sehar, Zaib Hussain, Rida Khalid, and Asma Tufail Shah. 2020. “Synthesis of Biodegradable Semolina Starch Plastic Films Reinforced with Biogenically Synthesized ZnO Nanoparticles.” *Inorganic and Nano-Metal Chemistry* 1–10. doi: 10.1080/24701556.2020.1813768.

Fardiaz, S. 1988. *Mikrobiologi Pangan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Fessenden, R. J dan J. S. Fessenden.1982. *Kimia Organik Jilid 2 edisi ketiga*. Jakarta: Erlangga.

Ginting, M. Hendra S., Maria Kristiani, Yunella Amelia, and Rosdanelli Hasibuan. 2016. “The Effect of Chitosan, Sorbitol, and Heating

Temperature Bioplastic Solution on Mechanical Properties of Bioplastic from Durian Seed Starch (*Durio Zibehinus*)." 6(1):6.

Handayani, Prima Astuti. 2015. "Pembuatan Film Plastik Biodegradable Dari Limbah Biji Durian (*Durio Zibethinus Murr*)." 6.

Hee-Joung An. 2005. *Effects of ozonation and addition of amino acids on properties of rice starches*. A dissertation submitted to the graduate faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

Hutapea, P. 2010. Pembuatan tepung biji durian (*Durio Zibethinus Murr*) dengan variasi perendaman dalam air kapur dan uji mutunya. Tesis. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Jayaseelan C, Rahuman AA, Kirthi AV, Marimuthu S, Santhoshkumar T, Bagavan A, Gaurav K, Karthik L, Rao KVB. 2012. Novel Microbial Route to Synthesize ZnO Nanoparticles Using *Aeromonas Hydrophila* and Their Activity Against Pathogenic Bacteria and Fungi. *Spectrochimica Acta Part A*. 90: 78– 84.

Juliantina, F. R. 2009. Manfaat Sirih Merah (*Piper crocatum*) ebagai Agen Anti Bakterial Terhadap Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*. 1.

Kandou, Febby EF, dan Dingse Pandiangan. 2018. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Tumbuhan Paku *Diantum Capillus-Veneris* Dan *Asplenium Nidus* Terhadap Bakteri Gram Negatif *Escherichia coli* Dengan Metode Difusi Agar. *Jurnal MIPA* 7 (1): 25–28.

Kanmani and Rhim. 2014. "Properties and Characterization of Bionanocomposite Films Prepared with Various Biopolymers and ZnO Nanoparticles." *Carbohydrate Polymers*, 106 : 190-199.

Kamal, N. 2010. Pengaruh Bahan Aditif CMC (*Carboxy Methyl Selulose*) Terhadap Beberapa Parameter pada Larutan Sukrosa. *Jurnal Teknologi*, (1) : 78-84

Kamsiati, E., Herawati, H. dan Purwani, E.Y. 2017. Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 36(2), 67-76.

Karimi, Maryam, and M. R. Naimi-Jamal. 2019. "Carboxymethyl Cellulose as a Green and Biodegradable Catalyst for the Solvent-Free Synthesis of Benzimidazoloquinazolinone Derivatives." *Journal of Saudi Chemical Society* 23(2):182–87. doi: 10.1016/j.jscs.2018.06.007.

Katbab, Pouya, Maryam Alizadeh, Babak Kaffashi, and Ali Asghar Katbab. 2014. "Bionanocomposites with Enhanced Antimicrobial Activity and Photodegradability Based on Low Density Polyethylene and Nano TiO₂/Organoclay." *E-Polymers* 14(1):43–55. doi: 10.1515/epoly-2013-0009.

Katili, S., B. T. Harsunu dan S. Irawan. 2013. Pagaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol dan Komposisi Khitosan dalam Zat Pelarut Terhadap Sifat Fisik Edible Film dari Khitosan. *Jurnal Teknologi*, 6 (1) : 29-38

Kerry, J. P. 2014. *New Packaging Technologies, Materials and Formats for Fast-Moving Consumer Products*. Dalam *Innovations in Food Packaging*. Elsevier.

Li, H., F. Li, L. Wang, J. Sheng, Z. Xin, L. Zhao, H. Xiao, Y. Zheng dan Q. Hu. 2009. Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. *Inermis* (Bunge) Rehd). *Food Chemistry*. Vol.114(2):547-552.

Li, X., W. Li, Y. Jiang, Y. Ding, J. Yun, Y. Tang dan P. Zhang. 2011. Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut 'Fuji' apple. *International Journal of Food Science and Technology*. Vol.46(9):1947-1955.

Li D, Lyon DY, Li Q, Alvarez PJJ. 2008. Effect of natural organic matter on antibacterial activity of fullerene water suspension. *Environ Toxicol Chem*. 27: 1888 - 1894.

Li, X. H., Y. G. Xing, W. L. Li, Y. H. Jiang, and Y. L. Ding. 2010. "Antibacterial and Physical Properties of Poly(Vinyl Chloride)-Based Film Coated with ZnO Nanoparticles." *Food Science and Technology International* 16(3):225–32. doi: 10.1177/1082013209353986.

Liu Y, He L, Mustapha A, Li HQ, Hu Z, Lin M. 2009. Antibacterial activities of zinc oxide nanoparticles against *Escherichia coli* O157:H7. *J Appl Microbiol*. 107: 1193 - 1201.

Morkoc, H., & Ozgur, U. (2009). *Zinc Oxide: Fundamentals, Materials and Device Technology*. Weinheim: Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KgA.

Nafchi A.M., A.K. Alias, S. Mahmud dan M. Robal. 2012. Antimicrobial, rheological, and physicochemical properties of sago films filled with nanorod-rich zinc oxide. *Journal Food Engineering*. Vol.113(4):511-519.

Nafchi, A. M., Nassiri, R., Sheibani, S., Ariffin, F., & Karim, A. A. 2013. Preparation and characterization of bionanocomposite films filled with nanorod-rich zinc oxide. *Carbohydrate Polymers*, 96(1): 233–239.

Nuraida Fitri. 2011. Pembuatan Susu dari Isolat Protein Biji Durian. Medan: USU

Pelczar, J. M., and Chan, E. C. S Alih Bahasa oleh Hadioetomo, R. S. 1986. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. UI Press. Jakarta.

Porotu'o. Andreano. Ch. Buntuan, V. & Fredine, R. 2015. Identifikasi Bakteri Aerob pada Makanan Jajanan Jagung Bakar di Pinggiran Jalan Ring Road Manado. *Jurnal e-Biomedik (eBm)*. Vol 3 (1) : 1.

Prayoga, Eko. 2013. Perbandingan Efek Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper Betle L.*) Dengan Metode Difusi Disk Dan Sumuran Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Pudjiastuti, dkk. "Polimer Nanokomposit Sebagai Master Batch Polimer Biodegradable untuk Kemasan Makanan". *Jurnal Riset Industri VI*, no. 1(2012):h. 51-60

Purnomo. 2017. *Material Teknik*. CV. Seribu Bintang : Malang.

Puspita. 2013. "Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol Pada Karakteristik Plastic Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong". *Skripsi*,

Quintavalla, Stefania, and Loredana Vicini. 2002. "Antimicrobial Food Packaging in Meat Industry." *Meat Science* 62(3):373–80. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00121-3.

Rambe, Masitah Salim. 2014. "Analisa Pengaruh Pati Biji Durian Durian (*Durio Zibethinus*) Sebagai Bahan Pengisi Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradasi Komposit Matrik Polipropilena (PP)." 02(02):8.

Rochim, Taufiq. 2002. *Sistem Informasi*. Bandung: Laboratorium Teknik Produksi Mesin ITB.

Rollando. 2019. *Senyawa Antibakteri dari Fungi Endofit*. Malang: Seribu Bintang.

Sawai J. 2003. Quantitative Evaluation of Antibacterial Activities of Metallic Oxide Powders (ZnO, MgO and CaO) by Conductometric Assay. *Journal Microbial Methods*. 54: 177-182.

Septiana. 2009. Formulasi dan Aplikasi Edible Coating Berbasis Pati Sagu dengan Penambahan Minyak Sirih pada Paprika (*Capsicum annum* var Athena). Skripsi. Fakultas Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Seydim, A. C. dan G. Sarikus. 2006. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *J Food Res Int* 39 : 639-644.

Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lantera Hati, 2002.

Sirelkhatim, Amna, Shahrom Mahmud, Azman Seenii, Noor Haida Mohamad Kaus, Ling Chuo Ann, Siti Khadijah Mohd Bakhori, Habsah Hasan, and Dasmawati Mohamad. 2015. "Review on Zinc Oxide Nanoparticles: Antibacterial Activity and Toxicity Mechanism." *Nano-Micro Letters* 7(3):219–42. doi: 10.1007/s40820-015-0040-x.

Soares GMS, Figueiredo LC, Faveri M, Cortelli SC, Duarte PM, Feres M. 2012. Mechanisms of Action of Systemic Antibiotics Used in Periodontal Treatment and Mechanisms of Bacterial Resistance to These Drugs. *J Appl Oral Sci.* 20 (3):295-309.

Taggart.P. 2004.*Starch as an Ingredients: Manufacture and Application.* In: Ann Charlotte Eliasson (ed). *Starch in Food: Structure, Function and Application.* Florida: CRC Press.

Thermo, N. C. (2001). *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry.* Madison: Author.

Ummah, Al Nathiqoh.2013. Uji Ketahanan Plastic Berbasis Tepung Biji Durian Terhadap Air dan Pengukura Densitasnya. Semarang; Universitas Negeri Semarang.

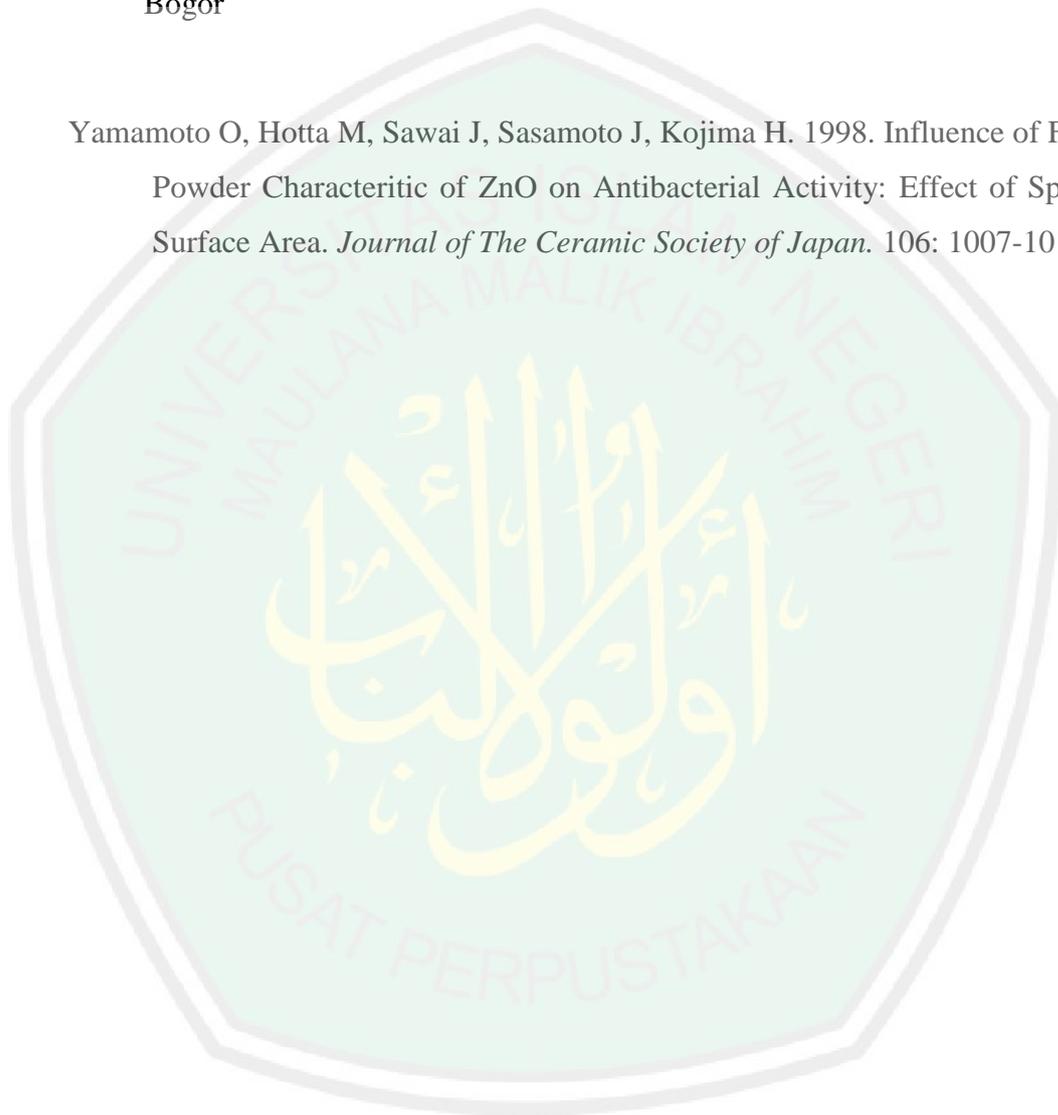
Van Vlack, L.H., 1991, Ilmu dan Teknologi Bahan, Terjemahan Dr. Ir. Sriati Djaprie, Edisi Kelima, Penerbit: Erlangga, Jakarta.

Wahyu, M Pamuji. 2014. Pengembangan Bionanokomposit Film Berbasis Pati Tapioka Dan Nanopartikel ZnO Dengan Plasticizer Gliserol. Skripsi. Bogor : IPB

Warsiki and Bawardi. 2018. "Assessing Mechanical Properties And Antimicrobial Activity Of Zinc Oxide-Starch Biofilm."

Widyasari, Rucitra. 2010." Kajian Penambahan Onggok Termoplastik Terhadap Karakteristik Plastik Komposit Polietilen". *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor

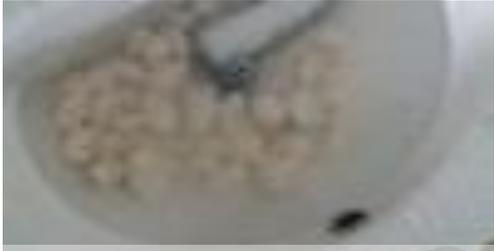
Yamamoto O, Hotta M, Sawai J, Sasamoto J, Kojima H. 1998. Influence of Food Powder Characteristic of ZnO on Antibacterial Activity: Effect of Specific Surface Area. *Journal of The Ceramic Society of Japan*. 106: 1007-1011.

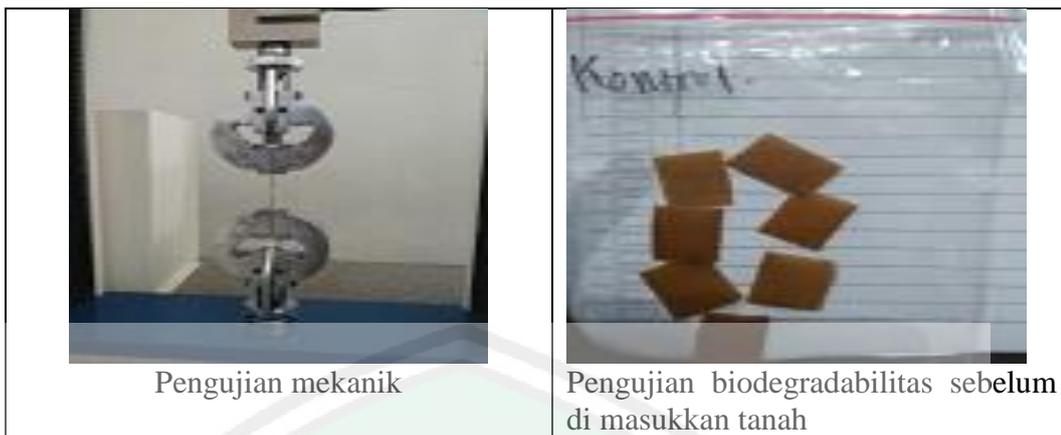




LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 HASIL DOKUMENTASI

| | |
|---|---|
|  <p>Perendaman biji durian</p> |  <p>Pengeringan biji durian</p> |
|  <p>Penghalusan biji durian</p> |  <p>Ayakan 200 mesh</p> |
|  <p>Pati biji durian</p> |  <p>Gelatinisasi pati</p> |
|  <p>Pencetakan larutan</p> |  <p>Biofilm</p> |
|  <p>Pengujian Gugus Fungsi</p> |  <p>Pengujian Aktivitas Antibakteri</p> |



Pengujian mekanik

Pengujian biodegradabilitas sebelum di masukkan tanah

LAMPIRAN 2 HASIL PENGUJIAN GUGUS FUNGSI

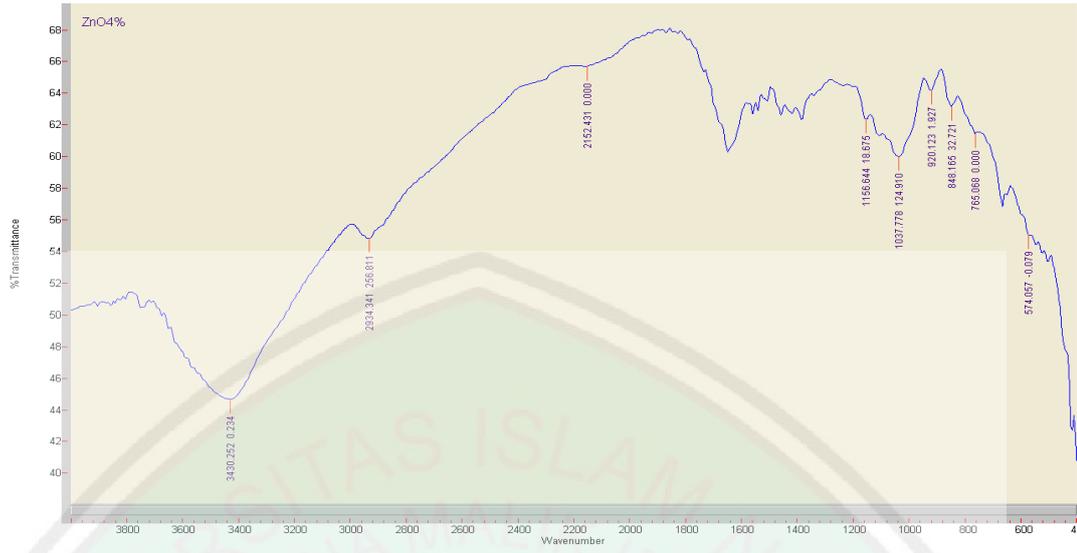
Pati Biji Durian



PPZ-5



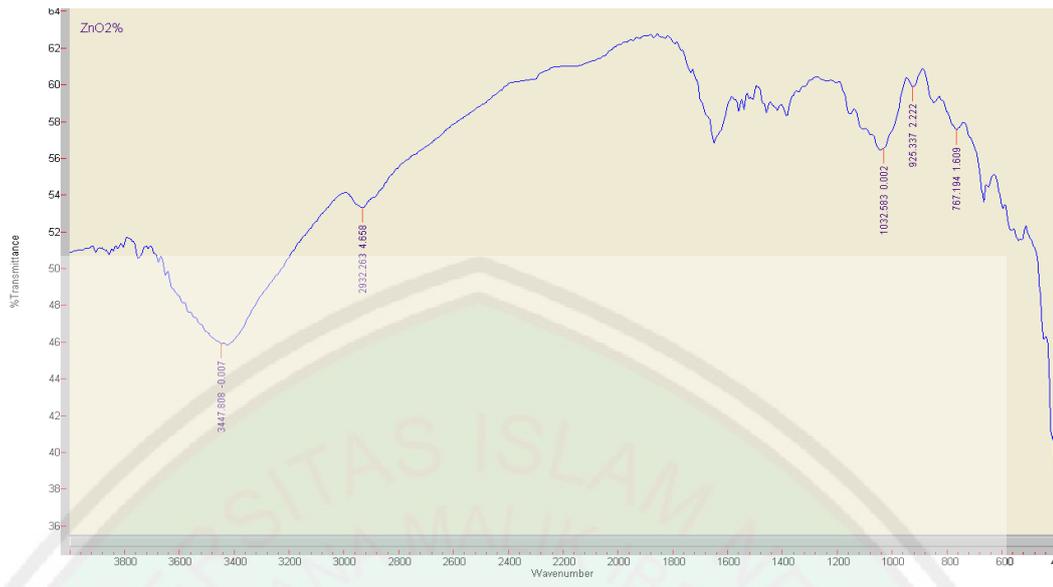
PZ-4



PPZ-3



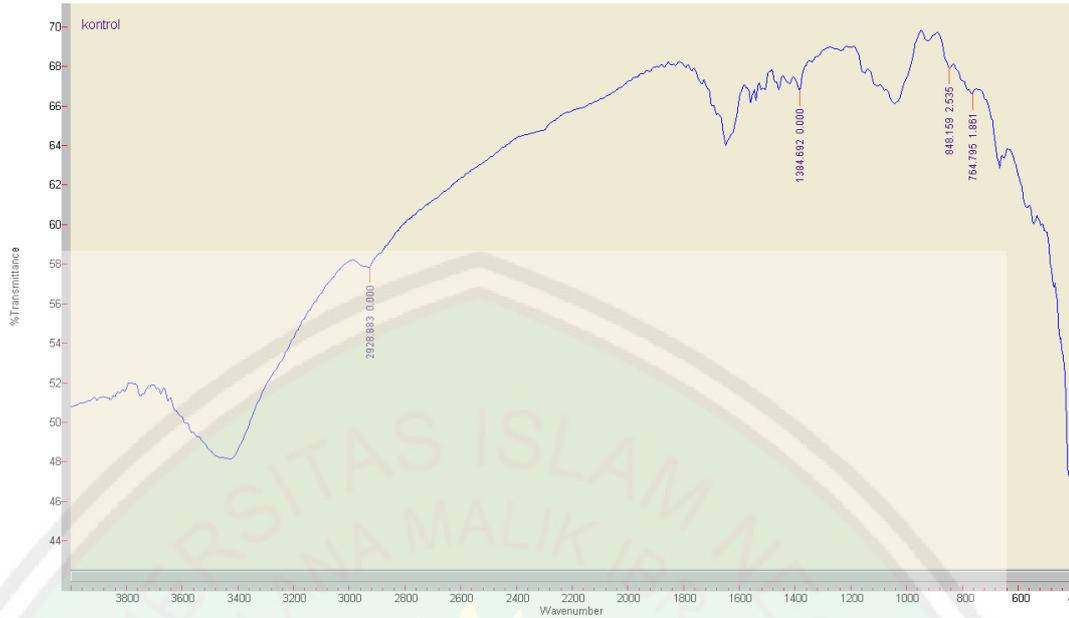
PPZ-2



PPZ-1



PPZ-0



LAMPIRAN 3 DATA HASIL UJI MEKANIK

1. Data Hasil Kuat Tarik

| Sampel | Ulangan | Kuat tarik (Mpa) | Rata - rata |
|--------|---------|------------------|-------------|
| | | | Kuat Tarik |
| ZZP-0 | 1 | 0.392 | 0.438 |
| | 2 | 0.484 | |
| ZZP-1 | 1 | 0.758 | 0.726 |
| | 2 | 0.693 | |
| ZZP-2 | 1 | 0.628 | 0.654 |
| | 2 | 0.680 | |
| ZZP-3 | 1 | 0.824 | 0.752 |
| | 2 | 0.680 | |
| ZZP- 4 | 1 | 0.955 | 0.850 |
| | 2 | 0.745 | |
| ZZP-5 | 1 | 0.772 | 0.792 |
| | 2 | 0.811 | |

2. Data Hasil Elongasi

| Sampel | Ulangan | Panjang (cm) | | Δl (cm) | % Elongasi | Rata-rata |
|--------|---------|--------------|-------|-----------------|------------|------------|
| | | Awal | Akhir | | | % Elongasi |
| ZZP-0 | 1 | 8.3 | 8.4 | 0.1 | 1.20 | 1.315 |
| | 2 | 7.0 | 7.1 | 0.1 | 1.43 | |
| ZZP-1 | 1 | 7.9 | 8.1 | 0.2 | 2.53 | 3.265 |
| | 2 | 5.0 | 5.2 | 0.2 | 4.00 | |
| ZZP-2 | 1 | 8.1 | 8.3 | 0.2 | 2.47 | 3.235 |
| | 2 | 5.0 | 5.2 | 0.2 | 4.00 | |
| ZZP-3 | 1 | 8.6 | 8.8 | 0.2 | 2.33 | 3.165 |
| | 2 | 5.0 | 5.2 | 0.2 | 4.00 | |
| ZZP-4 | 1 | 8.1 | 8.2 | 0.1 | 1.23 | 2.615 |
| | 2 | 5.0 | 5.2 | 0.2 | 4.00 | |
| ZZP-5 | 1 | 8.6 | 8.7 | 0.1 | 1.16 | 2.580 |
| | 2 | 5.0 | 5.2 | 0.2 | 4.00 | |

3. Data Hasil *Modulus Young*

| Sampel | Ulangan | Kuat tarik (Mpa) | % Elongasi | Modulus young | Rata-rata |
|--------|---------|------------------|------------|---------------|---------------|
| | | | | | Modulus Young |
| ZZP-0 | 1 | 0.392 | 1.20 | 0.327 | 0.333 |
| | 2 | 0.484 | 1.43 | 0.338 | |
| ZZP-1 | 1 | 0.758 | 2.53 | 0.300 | 0.237 |
| | 2 | 0.693 | 4.00 | 0.173 | |
| ZZP-2 | 1 | 0.628 | 2.47 | 0.254 | 0.212 |
| | 2 | 0.680 | 4.00 | 0.17 | |
| ZZP-3 | 1 | 0.824 | 2.33 | 0.354 | 0.262 |
| | 2 | 0.680 | 4.00 | 0.17 | |
| ZZP-4 | 1 | 0.955 | 1.23 | 0.776 | 0.481 |
| | 2 | 0.745 | 4.00 | 0.186 | |
| ZZP-5 | 1 | 0.772 | 1.16 | 0.666 | 0.435 |
| | 2 | 0.811 | 4.00 | 0.203 | |





