

TESIS

**PENGARUH NANOKRISTAL *ZINC OXIDE* (ZnO) TERHADAP SIFAT  
FISIS FILM BIOPLASTIK**

Disusun dan diajukan oleh

RAHMA ANUGRAHWIDYA

H032201005



**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**PENGARUH NANOKRISTAL *ZINC OXIDE* (ZnO) TERHADAP SIFAT  
FISIS FILM BIOPLASTIK**

**TESIS**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Magister Sains  
pada Program Studi Magister Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
Universitas Hasanuddin*

**RAHMA ANUGRAHWIDYA**

**H032201005**

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2021**

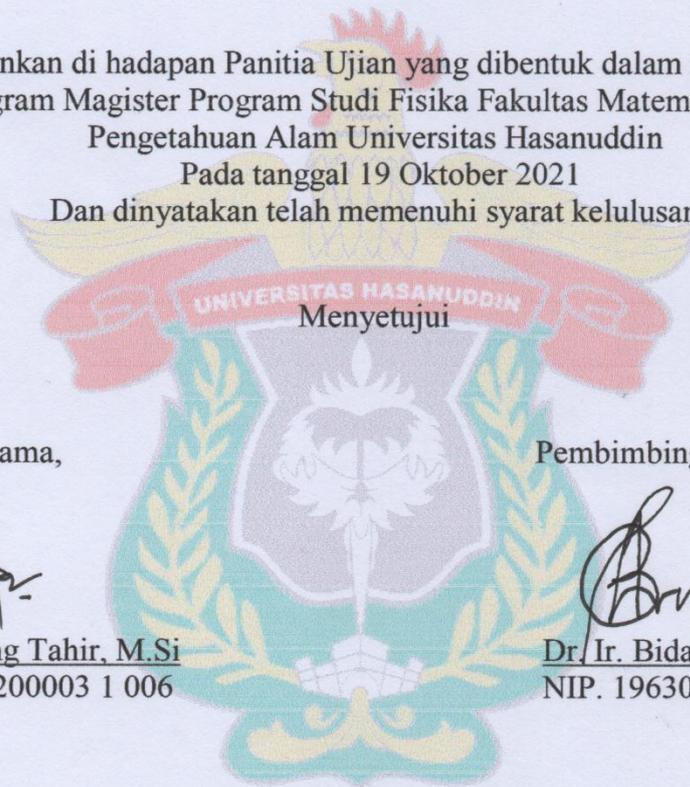
## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

### PENGARUH NANOKRISTAL *ZINC OXIDE* (ZnO) TERHADAP SIFAT FISIS FILM BIOPLASTIK

Disusun dan diajukan oleh

**RAHMA ANUGRAHWIDYA**  
**H032201005**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 19 Oktober 2021  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan



Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si  
NIP. 19750907 200003 1 006

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT  
NIP. 19630830 18903 2 001

Ketua Program Studi,

Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT  
NIP. 19630830 18903 2 001

Dekan Fakultas,

Dr. Eng. Amiruddin, M.Si  
NIP. 19720515 199702 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rahma Anugrahwidya  
NIM : H032201005  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **PENGARUH NANOKRISTAL *ZINC OXIDE* (ZnO) TERHADAP SIFAT FISIS FILM BIOPLASTIK**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 10 Oktober 2021

Yang Menyatakan



Rahma Anugrahwidya

### **Abstrak**

Plastik banyak digunakan oleh masyarakat terutama sebagai kemasan makanan. Secara umum bahan baku plastik merupakan polimer yang memiliki keunggulan antara lain sifat mekanik yang baik, murah, ringan dan mudah dalam proses pembuatan dan aplikasinya. Namun, plastik masih memiliki beberapa kekurangan salah satunya tidak mudah terurai. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatasi masalah lingkungan, salah satunya dengan cara, mengembangkan bahan plastik *biodegradable* yang dikenal dengan sebutan bioplastik. Bioplastik menjadi salah satu kandidat yang sangat potensial karena pada umumnya dapat terurai secara hayati. Bioplastik berbasis pati merupakan bahan yang populer dalam pembuatan bioplastik. Namun, karena memiliki sifat mekanik yang lemah, penambahan nanopartikel juga banyak menarik perhatian karena aplikasi polimer anorganik dapat meningkatkan kekakuan dan kekuatan tarik bioplastik yang dihasilkan. Berdasarkan pemaparan diatas, maka penelitian ini difokuskan pada kajian pengaruh variasi nanokristal ZnO terhadap film bioplastik berbahan dasar pati dan kitosan. Hal ini diharapkan dapat mempengaruhi sifat fisis, struktur dan biodegradasi bioplastik sehingga dapat diaplikasikan sebagai *food packaging*.

**Kata kunci** : Pati Singkong; Kitosan; Nanopartikel; Biodegradasi; *Food Packaging*

### **Abstract**

Plastic is widely used by the public, especially as food packaging. In general, plastic raw materials are polymers that have advantages such as good mechanical properties, low cost, lightweight, and ease of manufacture and application. However, plastic still has some, one of which is not easily biodegradable. Therefore, a solution is needed to overcome environmental problems, one of which is by developing biodegradable plastic materials known as bioplastics. Bioplastics are one of the candidates in the highest trend because they are generally biodegradable, use natural resources, and can reduce environmental pollution. Starch-based bioplastics are a popular material in the manufacture of bioplastics. However, due to its low mechanical properties the addition of nanoparticles is also carried out quickly because the application of inorganic polymers can increase the stiffness and tensile strength of the resulting bioplastic. Based on the explanation above, this research is focused on studying the effect of variations of ZnO nanocrystals on bioplastic films made from starch and chitosan. This is expected to affect the physical properties, structure, and biodegradation of bioplastics so that they can be applied as food packaging.

**Keywords:** Cassava Starch; Chitosan; Nanoparticles; Biodegradation; Food Packaging

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**Pengaruh Nanokristal Zinc Oxide (ZnO) Terhadap Sifat Fisis Film Bioplastik**” sebagai salah satu persyaratan untuk menempuh gelar magister sains.

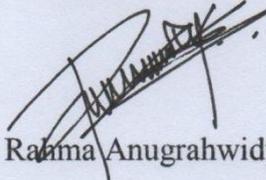
Perjalanan panjang telah penulis lalui mulai dari proses penelitian hingga perampungan penulisan tesis. Berbagai hambatan silih berganti berdatangan, namun berkat kehendak-Nyalah sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan tesis ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, ayahanda tercinta **Ir.H.Chalik Amrullah**, ibunda tersayang **Wahyuni Sapri, SP (Almh)**, tante **Dra. Muliati Amrullah** dan om **Drs. Syamsir N**, seluruh kakak dan adik sepupu terkhusus untuk kak **Ari Rahadian Amrullah, S.T**, kak **Harneisa Syafri, S.T**, kak **Nurhasanah, S.Pi, M.Si**, kak **Muh. Kasyful Anwar, S.Pi**, kak **Muhammad Nur Aidil, S.H**, dan kak **Nurfitriani, S.E, M.M** serta seluruh keluarga besar penulis, terima kasih atas curahan kasih sayang, dorongan do'a, nasihat, motivasi, dan dukungan moril maupun materil selama penulis menempuh studi di Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.**, sebagai pembimbing utama penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, terima kasih atas arahan, nasihat, motivasi serta waktu yang telah diluangkan pada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian.
3. Ibu **Dr. Ir. Bidayatul Armynah, M.T** sebagai pembimbing pertama. Terima kasih atas arahan, bimbingan, ilmu, nasihat dan kepercayaan selama membimbing penulis.
4. Ibu **Nurfina Yudasari, S.Si, M.Si** sebagai pembimbing pertama penulis ketika masih menempuh sarjana. Terima kasih atas arahan, diskusi, nasihat dan sara yang diberikan dalam pembuatan sampel serta pengolahan data.

5. Ibu **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA**, bapak **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc** dan bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T** sebagai Tim penguji tesis fisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tesis ini.
6. Seluruh **Dosen Departemen Fisika** yang telah memberikan dan mengajarkan ilmunya kepada penulis dan seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf FMIPA**. Terima kasih atas bantuannya yang membantu penulis dalam mengurus administrasi selama ini.
7. Terkhusus untuk kak **Inayatul Mutmainna, S.Si, M.Si**, sebagai kakak dan ibu Lab.Material. Terima kasih banyak atas arahan, bimbingan, keceriaan, dan solusi yang selalu diberikan kepada penulis mulai dalam pembuatan sampel hingga penulis sampai dititik akhir. Terima kasih banyak.
8. Terkhusus untuk **Andi Tunggal, S.Hut**, selaku ‘sebagai’-nya penulis. Terima kasih banyak atas dukungan moril maupun materil, motivasi, arahan, sebagai pendengar dan pemecah masalah yang baik, selalu ada di saat susah maupun senang, selalu membawa keceriaan di saat penulis stress. Terima kasih banyak.
9. Terkhusus untuk **Nurul Awaliyah Muhammad, S.Si, M.Si** yang telah banyak membantu penulis dalam hal penyusunan tesis maupun jurnal, pengurusan berkas, memberikan semangat dan motivasi serta yang selalu menemani penulis dalam keadaan susah maupun senang. Terima kasih banyak *sister from another parents*.
10. Seluruh **Kakak-kakak S2 Fisika** terkhusus untuk kak **Inayatul Mutmainna, S.Si, M.Si** dan kak **Nurmadina, S.Si, M.Si** yang selalu memberi arahan dan bimbingan dalam pembuatan, pengolahan data dan penyusunan tesis.
11. Seluruh anggota **Laboratorium Material dan Energi** terkhusus untuk adik-adik **Sitti Rahma Pauziah, Andi Tessiwoja Tenri Ola, S.Si, Ervianti, S.Si, Nurul Fauziah, S.Si, Asni Damayanti, S.Si, Sitti Hajar, S.Si, Mutmainnah, S.Si, Ahmad Nurul Fahri, S.Si, Roni Rahmat, S.Si, Muh. Syahrial, Ardiansyah, Nurul Fajri, Vikasrianti, Yulianti dan Dei Erwina** yang selalu membawa keceriaan ditengah-tengah tuntutan penyelesaian tesis.

12. **Teman-teman seperjuangan Magister Fisika angkatan 2020(1)** terkhusus **Nurul Awaliyah M, S.Si, kak Fitria Mujtahid, S.Si, kak Destalina, S.Si** dan **kak Sitti Mafia, S.Si** yang telah banyak memberikan saran, motivasi dan semangat selama di Kampus Merah.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya, terutama berkaitan dengan pengembangan bioplastik. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya dalam setiap amal kebaikan dan diberikan balasan. Aamiin.

Makassar, 13 Juli 2021



Rama Anugrahwidya

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| <b>SAMPUL</b> .....                    | i    |
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....             | ii   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....        | iii  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....       | iv   |
| <b>ABSTRAK</b> .....                   | v    |
| <b>ABSTRACT</b> .....                  | vi   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....            | vii  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                | x    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....             | xiii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....              | xvi  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....           | xvii |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....         | 1    |
| I.1 Latar Belakang.....                | 1    |
| I.2 Rumusan Masalah.....               | 3    |
| I.3 Tujuan Penelitian.....             | 3    |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....   | 4    |
| II.1 Bioplastik.....                   | 4    |
| II.2 Pati Singkong.....                | 4    |
| II.3 Kitosan .....                     | 5    |
| II.4 <i>Zinc Oxide (ZnO)</i> .....     | 6    |
| II.5 Biodegradasi Plastik .....        | 7    |
| II.6 Difraksi Sinar-X (XRD).....       | 9    |
| II.7 Difraksi dan Hukum Bragg.....     | 10   |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> ..... | 12   |
| III.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... | 12   |
| III.2 Alat dan Bahan Penelitian .....  | 12   |
| III.2.1 Alat.....                      | 12   |
| III.2.2 Bahan.....                     | 12   |
| III.3 Prosedur Penelitian .....        | 13   |

|   |           |
|---|-----------|
| III.3.1 Preparasi Bahan.....  | 14        |
| III.3.1.1 Preparasi Film Bioplastik dengan dan tanpa ZnO.....         | 14        |
| a. Preparasi Film Bioplastik tanpa ZnO.....                           | 14        |
| b. Preparasi Film Bioplastik dengan ZnO.....                          | 15        |
| III.3.1.2 Preparasi Bioplastik ZnO dengan Kitosan.....                | 16        |
| III.3.2 Preparasi Pengujian Sampel Film Bioplastik.....               | 16        |
| III.3.2.1 Uji Daya Serap Air.....                                     | 16        |
| III.3.2.2 Karakterisasi XRD ( <i>X-Ray Diffraction Spectrum</i> ).... | 17        |
| III.3.2.3 Uji <i>Packaging</i> .....                                  | 17        |
| III.3.2.4 Uji Kuat Tarik.....   | 17        |
| III.3.2.5 Uji Biodegradasi.....                                       | 18        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                              | <b>19</b> |
| IV.1 Hasil Pembuatan Film Bioplastik.....                             | 19        |
| IV.1.1 Sampel PZ (Pati + tanpa dan dengan ZnO).....                   | 19        |
| IV.1.2 Sampel PK (Pati + ZnO + Kitosan).....                          | 20        |
| IV.2 Uji Daya Serap Air.....  | 21        |
| IV.2.1 Sampel PZ (Pati + tanpa dan dengan ZnO).....                   | 21        |
| IV.2.2 Sampel PK (Pati + ZnO + Kitosan).....                          | 22        |
| IV.3 Uji Degradasi .....  | 24        |
| IV.3.1 Uji Degradasi Tanah.....                                       | 24        |
| IV.3.1.1 Sampel PZ (Pati + tanpa dan dengan ZnO).....                 | 24        |
| IV.3.1.2 Sampel PK (Pati + ZnO + Kitosan).....                        | 26        |
| IV.3.2 Uji Degradasi Pasir dan Air Laut.....                          | 28        |
| IV.3.2.1 Sampel PZ (Pati + tanpa dan dengan ZnO).....                 | 28        |
| IV.3.2.2 Sampel PK (Pati + ZnO + Kitosan).....                        | 30        |
| IV.4 Karakterisasi XRD.....   | 31        |
| IV.4.1 Sampel PZ (Pati + tanpa dan dengan ZnO).....                   | 31        |
| IV.4.2 Sampel PK (Pati + ZnO + Kitosan).....                          | 33        |
| IV.5 Uji Kuat Tarik.....  | 35        |
| IV.6 Uji <i>Packaging</i> .....                                       | 38        |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>BAB V PENUTUP</b> .....  | 40 |
| V.1 Kesimpulan.....         | 40 |
| V.2 Saran .....             | 40 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 41 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....       | 47 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Pati Singkong .....   | 5  |
| <b>Gambar 2.2</b> Bubuk Kitosan .....   | 6  |
| <b>Gambar 2.3</b> Bubuk ZnO .....   | 7  |
| <b>Gambar 2.4</b> Pemantulan cahaya pada bidang kristal (bidang Bragg) .....                      | 10 |
| <b>Gambar 2.5</b> Proses difraksi sebagai akibat interferensi konstruktif .....                   | 11 |
| <b>Gambar 3.1</b> Bagan Prosedur Penelitian .....   | 13 |
| <b>Gambar 3.2</b> Preparasi Film Bioplastik tanpa ZnO .....                                       | 15 |
| <b>Gambar 3.3</b> Preparasi Film Bioplastik dengan ZnO.....                                       | 15 |
| <b>Gambar 3.4</b> Preparasi Film Bioplastik ZnO dengan Kitosan.....                               | 16 |
| <b>Gambar 3.5(a)</b> (a) PZ, (b) PZ 1, (c) PZ 2, (d) PZ 3, (e) PZ 4, (f) PZ 5 .....               | 17 |
| <b>Gambar 3.5(b)</b> (a) PK 1, (b) PK 2, (c) PK 3, (d) PK 4, (e) PK 5 .....                       | 17 |
| <b>Gambar 3.6</b> Seluruh Variasi Film Bioplastik Uji Kuat Tarik.....                             | 18 |
| <b>Gambar 4.1</b> Variasi Sampel PZ (Pati+ tanpa dan dengan ZnO).....                             | 19 |
| <b>Gambar 4.2</b> Variasi Sampel PK (Pati + ZnO + Kitosan).....                                   | 20 |
| <b>Gambar 4.3</b> Persentase Uji Daya Serap Sampel PZ (Pati+tanpa dan dengan ZnO).....            | 21 |
| <b>Gambar 4.4</b> Persentase Uji Daya Serap Sampel PK (Pati+Kitosan+ZnO).....                     | 23 |
| <b>Gambar 4.5</b> Hasil Uji Degradasi Tanah Variasi Sampel PZ (Pati+tanpa dan dengan ZnO).....    | 24 |
| <b>Gambar 4.6</b> Hasil Uji Degradasi Tanah Variasi Sampel PK (Pati+Kitosan+ZnO) .....            | 26 |
| <b>Gambar 4.7</b> Hasil Uji Degradasi Pasir dan Air Laut Variasi Sampel PZ (Pati+ ZnO).....       | 29 |
| <b>Gambar 4.8</b> Hasil Uji Degradasi Pasir dan Air Laut Variasi Sampel PK (Pati+Kiosan+ZnO)..... | 30 |
| <b>Gambar 4.9</b> Hasil Karakterisasi XRD Variasi Sampel PZ (Pati+ ZnO).....                      | 32 |
| <b>Gambar 4.10</b> Hasil Karakterisasi XRD Variasi Sampel PK (Pati+Kitosan+ZnO) .....             | 34 |
| <b>Gambar 4.11</b> Hasil Uji Kuat Tarik Variasi Sampel PZ dan PK.....                             | 36 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 4.12 (a)</b> Hasil visual uji <i>packaging</i> pada roti tawar <b>(b)</b> Hasil visual uji <i>packaging</i> variasi sampel PZ <b>(c)</b> Hasil visual uji <i>packaging</i> variasi sampel PK | 38 |
| <b>Gambar 1</b> <i>Magnetic Stirrer</i>  | 47 |
| <b>Gambar 2</b> <i>Magnetic Bar</i>  | 47 |
| <b>Gambar 3</b> <i>Microwave</i>   | 47 |
| <b>Gambar 4</b> Neraca Ohaus Digital   | 47 |
| <b>Gambar 5</b> Gelas Ukur 50 ml   | 47 |
| <b>Gambar 6</b> Gelas Kimia 500 ml   | 47 |
| <b>Gambar 7</b> Pipet Tetes  | 47 |
| <b>Gambar 8</b> Spatula  | 47 |
| <b>Gambar 9</b> Cetakan  | 48 |
| <b>Gambar 10</b> Pinset  | 48 |
| <b>Gambar 11</b> <i>Aluminium Foil</i>   | 48 |
| <b>Gambar 12</b> Gunting   | 48 |
| <b>Gambar 13</b> <i>Stopwatch</i>  | 48 |
| <b>Gambar 14</b> Penggaris   | 48 |
| <b>Gambar 15</b> <i>Cutter</i>   | 48 |
| <b>Gambar 16</b> Pati Singkong   | 49 |
| <b>Gambar 17</b> Serbuk ZnO  | 49 |
| <b>Gambar 18</b> Kitosan   | 49 |
| <b>Gambar 19</b> Aquades   | 49 |
| <b>Gambar 20</b> Asam Asetat   | 49 |
| <b>Gambar 21</b> Gliserin  | 49 |
| <b>Gambar 22</b> Asam Sulfat   | 49 |
| <b>Gambar 23</b> Tanah   | 49 |
| <b>Gambar 24</b> Pasir dan Air Laut  | 50 |
| <b>Gambar 25</b> Roti Tawar  | 50 |

**DAFTAR TABEL**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabel 3.1</b> komposisi variasi film bioplastik.....                    | 14 |
| <b>Tabel 1.</b> Pengukuran massa daya serap variasi sampel PZ.....         | 51 |
| <b>Tabel 2.</b> Persentase daya serap air variasi sampel PZ.....           | 52 |
| <b>Tabel 3.</b> Pengukuran massa daya serap variasi sampel PK.....         | 52 |
| <b>Tabel 4.</b> Persentase daya serap air variasi sampel PK.....           | 53 |
| <b>Tabel 5.</b> Pengukuran massa biodegradasi tanah variasi sampel PZ..... | 54 |
| <b>Tabel 6.</b> Persentase biodegradasi tanah variasi sampel PZ.....       | 55 |
| <b>Tabel 7.</b> Pengukuran massa biodegradasi tanah variasi sampel PK..... | 55 |
| <b>Tabel 8.</b> Persentase biodegradasi tanah variasi sampel PK.....       | 56 |

**DAFTAR LAMPIRAN**

|  |    |
|--|----|
| <b>Lampiran A.</b> Alat dan Bahan..... | 47 |
| <b>Lampiran B.</b> Analisis Data.....  | 51 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Plastik banyak digunakan masyarakat untuk kebutuhan primer hingga tersier, seperti kemasan elektronik, kemasan makanan dan obat. Pada umumnya bahan baku plastik adalah polimer [1] yang memiliki keunggulan diantaranya sifat mekanik yang kuat, murah, ringan dan mudah dalam poses pembuatan serta aplikasinya. Namun, plastik masih banyak memiliki kekurangan beberapa diantaranya tidak mudah terurai oleh lingkungan baik oleh cuaca hujan maupun panas serta mikroba yang hidup di dalam tanah dan bahan plasik tidak dapat didaur ulang secara alami dengan cepat [2]. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatasi masalah lingkungan salah satunya dengan cara, mengembangkan bahan plastik *biodegradable*, artinya plastik ini dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan dan dikenal dengan sebutan bioplastik.

Bioplastik menjadi salah satu kandidat yang sangat potensial karena pada umumnya dapat terurai secara hayati. Bioplastik berbahan dasar pati memiliki beberapa keunggulan antara lain: terbarukan, biodegradabilitas dan mudah dalam pengolahannya seperti pati kentang [3], pati singkong [4-5], pati jagung [6], pati gandum [6], pati biji nangka [7] dan lain sebagainya. Namun, pati memiliki beberapa kelemahan yaitu sifat hidrofilik yang kuat dan sifat mekanik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan polimer sintetik. Pati juga sebagian besar larut dalam air dan akan terurai sebelum menjalani proses gelatinisasi [8]. Oleh karena itu, perlu adanya bahan aditif yang mampu mengatasi masalah tersebut. Bahan aditif yang dapat ditambahkan dalam campuran pati-bioplastik adalah kitosan [9].

Penelitian Galaz, dkk. [9] memaparkan bahwa, bioplastik dengan penambahan 1% dan 2% kitosan memperlihatkan sifat mekanik yang baik. Zhen Yu, dkk. [10] juga menyatakan bahwa film bioplastik dengan penambahan kitosan terdegradasi selama 30 hari dengan berat massa total yang hilang yaitu 63%.

Penggabungan nanopartikel (NP) ke dalam material komposit telah menarik banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir, karena kemampuannya untuk meningkatkan sifat termal, mekanis, dan bertindak sebagai agen antibakteri serta kemampuannya untuk memblokir radiasi UV [11]. Beberapa NP oksida logam, seperti seng oksida (ZnO) [11-14], silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>) [3], titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) [13], kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) [15] dan lain sebagainya. Dengan tambahan ini, material komposit yang mengandung nanopartikel dapat menghasilkan material yang berkinerja tinggi dan inovatif. Nanopartikel anorganik mempertahankan interaksi antar muka dalam bioplastik dan secara signifikan meningkatkan sifat mekanik matriks. Menurut literatur, semua sifat mekanik dan termal komposit bioplastik ditingkatkan dengan penambahan nanopartikel anorganik [3].

Nanopartikel *zinc oxide* (ZnO) telah banyak diminati sebagai nanofiller karena memperlihatkan biokompatibilitas yang baik, tidak berbahaya dan memiliki sifat mekanik yang unggul sehingga akan menghasilkan transfer yang lebih baik dari sifat mekanik ZnO ke matriks polimer [16]. Selain itu, ZnO juga dilaporkan sebagai nanofiller multifungsi karena aktivitas antimikroba [17] dan penyerapan UV yang ketat. ZnO memiliki efek antibakteri yang lebih efektif dari pada oksida logam lainnya. Aktivitas antibakteri ZnO disebabkan oleh produksi spesies oksigen reaktif yang menghasilkan oksidasi sitoplasma sel bakteri, yang mengakibatkan kematian sel [17-18]. Banyak peneliti telah menyelidiki penguatan komposit polimer menggunakan ZnO untuk bahan kemasan aktif makanan dan pembuatan obat [19].

Penelitian Harunyah dkk [12] memperlihatkan bahwa komposisi bioplastik dengan konsentrasi ZnO 0,6% mempunyai kuat tarik sebesar 22,30 kgf/mm<sup>2</sup>, dimana setiap penambahan konsentrasi ZnO, sifat mekanis bioplastik yang dihasilkan akan meningkat. Abdullah dkk [14] juga melaporkan bahwa pada konsentrasi 4% ZnO memperlihatkan hasil yang maksimal untuk kuat tarik, hidrofobilitas rendah, adanya interaksi yang kuat antara ZnO dan matriks pati sebagai peningkatan stabilitas termal bioplastik, serta memperlihatkan aktivitas penghalang terhadap enzimatis degradasi sehingga sangat cocok sebagai aplikasi

*food packaging*. Berdasar pada penelitian Anugrahwidya dkk [20] menyimpulkan bahwa penggabungan bahan dasar bioplastik yaitu pati dan nanopartikel dapat meningkatkan sifat mekanis, biodegradabilitas yang baik serta nilai kuat tarik yang tinggi.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka penelitian ini difokuskan pada kajian pengaruh variasi nanokristal ZnO terhadap film bioplastik berbahan dasar pati dan kitosan. Hal ini diharapkan dapat mempengaruhi sifat fisis, struktur dan biodegradasi bioplastik sehingga dapat diaplikasikan sebagai *food packaging*.

## **I.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh pemberian variasi nanokristal ZnO, sifat fisis dan struktur terhadap film bioplastik berbahan dasar pati-kitosan ?
2. Bagaimana potensi bioplastik berbasis ZnO terhadap *food packaging* berdasar pada uji biodegradasi dan uji *packaging*?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

1. Menganalisis pengaruh pemberian variasi nanokristal ZnO, sifat fisis dan struktur terhadap film bioplastik berbahan dasar pati-kitosan.
2. Menganalisis potensi bioplastik yang dihasilkan terhadap *food packaging* berdasar pada uji biodegradasi dan uji *packaging*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Bioplastik

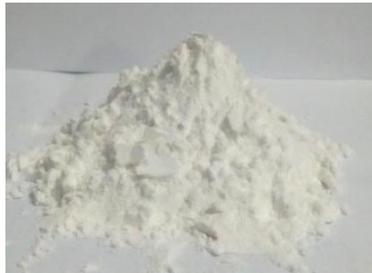
Bahan baku plastik adalah polimer [1] yang memiliki keunggulan diantaranya sifat mekanik yang kuat, murah, ringan dan mudah dalam poses pembuatan serta aplikasinya. Namun, plastik masih banyak memiliki kekurangan salah satunya tidak mudah terurai oleh lingkungan serta mikroba yang dihidup didalam tanah dan bahan plasik tidak dapat didaur ulang secara alami dengan cepat [2]. Oleh karena itu, diperlukan solusi untuk mengatasi masalah lingkungan salah satunya dengan cara, mengembangkan bahan plastik *biodegradable*.

Bioplastik atau plastik *biodegradable* adalah jenis plastik ramah lingkungan yang mudah terurai oleh suhu udara, kelembaban, dan mikroorganisme [21]. Jenis plastik ini hampir keseluruhannya terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui seperti pati, minyak nabati, dan mikrobiota [22]. Senyawa penyusun bioplastik berasal dari tanaman yang mengandung pati, selulosa, dan lignin, atau dari hewan yang mengandung kasein, protein, dan lipid [21]. Ketersediaan bahan dasar pembuatan bioplastik sangat melimpah di alam dengan keragaman struktur serta tidak beracun. Bahan yang dapat diperbarui ini memiliki biodegradabilitas yang tinggi sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan bahan pembuat bioplastik.

#### II.2 Pati Singkong

Pati adalah salah satu polisakarida yang paling penting dan melimpah di alam. Pati diperoleh dari sumber terbarukan, biaya rendah dan kemungkinan aplikasi yang luas. Karena itu, pati merupakan bahan serbaguna yang digunakan di beberapa industri seperti makanan, kertas, tekstil, kimia dan farmasi [23]. Pati diperoleh dengan cara mengekstrak bahan nabati yang mengandung karbohidrat. Sumber karbohidrat yang banyak mengandung pati di antaranya jagung, sagu, ubi kayu, beras, ubi jalar, sorgum, talas, dan garut. Struktur pati sendiri adalah amorf dan pada prinsipnya terdiri dari rantai amilosa dan amilopektin [5].

Singkong (*Manihot esculenta*) atau tapioka sangat berlimpah dan murah, tersedia di Indonesia menjadikannya kandidat pembuatan bioplastik. Pati singkong memiliki butiran berbentuk poligonal dan bulat dengan ukuran  $>50\mu\text{m}$  [23]. Adapun wujud dari pati singkong dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Pati singkong

Bioplastik dari pati singkong yang dihasilkan keras, halus dan transparan. Pati singkong terdiri dari struktur semi kristalin karena butirannya terganggu akibat penambahan panas. Kemudian, struktur semi kristalin akan berubah menjadi bentuk amorf. Massa bioplastik yang berada dalam tanah selama 6 hari berkurang lebih dari 50%. Kehilangan massa ini terjadi karena bioplastik tersusun dari bahan alami yang mudah dicerna oleh mikroba. Bioplastik terurai menjadi potongan-potongan kecil pada hari ke-7, tetapi degradasi total terjadi pada hari ke-9. Setelah menyerap air dari tanah, gugus hidroksil dalam pati singkong memulai reaksi hidrolisis, akibat reaksi ini, pati singkong membusuk menjadi potongan-potongan kecil dan dengan cepat terurai [24]. Sehingga, pati singkong sangat berpotensi sebagai matriks atau bahan dasar pembuatan film bioplastik.

### **II.3 Kitosan**

Kitosan merupakan polisakarida melimpah yang ditemukan di alam. Berdasarkan kemampuan pembentukan film, kemampuan antibakteri dan biodegradabilitas kitosan telah diterapkan di berbagai bidang seperti film pemisahan, biomaterial dan biosensor [10]. Kitosan merupakan padatan amorf yang berwarna putih kekuningan. Kitosan mudah mengalami degradasi secara biologis dan tidak beracun, kationik kuat, flokulan dan koagulan yang baik, mudah membentuk membran atau film serta membentuk gel dengan anion

bervalensi ganda. Kitosan juga dijumpai secara alamiah di beberapa organisme. Kitosan tidak larut dalam air, pelarut-pelarut organik, alkali atau asam-asam mineral. Kitosan larut dengan cepat dalam asam organik seperti asam formiat, asam sitrat dan asam asetat [25]. Adapun wujud dari kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Bubuk kitosan

Seiring dengan penambahan kitosan pada film bioplastik menyebabkan ketahanan air bioplastik akan semakin kecil dikarenakan sifat kitosan yang hidrofobik. Semakin besar volume konsentrasi kitosan, maka nilai persentase ketahanan pelarutnya semakin kecil yang berarti sifat fisik plastik *biodegradable* akan semakin kuat. Kitosan yang ditambahkan akan menurunkan kelembaban plastik karena memiliki sifat hidrofobik yang mempengaruhi gaya antar molekulnya, kitosan akan menyisip diantara polimer plastik. Kitosan sebagai biopolimer telah memberikan sifat ketahanan pelarut yang baik pada bahan bioplastik [9-10,26].

#### **II.4 Zinc Oxide (ZnO)**

Seng Oksida atau *Zinc Oxide* dengan rumus kimia ZnO, merupakan material semikonduktor tipe-n yang berada pada golongan II untuk *Zinc* dan golongan VI untuk Oksigen yang mempunyai sifat elektronik dan fotonik sebab memiliki stabilitas termal yang baik serta memiliki potensi redoks yang tinggi, tidak beracun, biaya produksi murah dan ramah lingkungan [26]. Wujud dari bubuk ZnO dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** Bubuk ZnO

ZnO merupakan salah satu metal *booster* yang sering digunakan karena ZnO merupakan keramik piezoelektrik. Tambahan seng oksida dapat meningkatkan sifat pengemasan seperti kekuatan mekanik dan stabilitas [11]. Penggabungan ZnO dalam komposit matriks pati dapat meningkatkan kemampuan mekanik dan memberikan sifat antibakteri, memperluas jangkauan aplikasi dalam kemasan makanan, penggunaan medis dan farmasi. Semakin baik interaksi antara ZnO dan pati, semakin besar transfer sifat mekanik nanopartikel ke matriks. Penggabungan nanofiller menyebabkan peningkatan kekuatan kuat tarik dan modulus Young pada komposit berbasis pati [16].

ZnO memperlihatkan hasil yang maksimal untuk kuat tarik, hidrofobilitas rendah, serta adanya interaksi yang kuat antara ZnO dan matriks pati sebagai peningkatan stabilitas termal bioplastik. Dan ZnO juga memperlihatkan aktivitas penghalang terhadap enzimatis degradasi yang menandakan bahwa ZnO berperan menjadi agen antibakteri. Sehingga, ZnO memiliki sifat *biocompatible* [14].

## **II.5 Biodegradasi Plastik**

Material polimer yang dilepas ke alam dapat mengalami proses degradasi secara fisika, kimia maupun biologis, atau kombinasi ketiganya. Proses degradasi tersebut terjadi karena adanya kelembaban, udara, suhu, energi radiasi yang tinggi (UV, dan radiasi sinar Gamma) atau mikroorganisme. Proses fisika dan kimia memiliki pengaruh lebih besar dibanding dengan proses biologis, tetapi pada akhir dari proses fisika dan kimia tetap membutuhkan degradasi mikroba untuk melengkapi proses degradasi [27]. Biodegradasi adalah proses di mana mikroorganisme seperti jamur, bakteri dan yeast mendegradasi polimer alam

(lignin, selulosa) dan polimer sintesis (polietilen, polisterin) [27].

Mikroorganisme memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga, proses degradasi yang dilakukan oleh satu mikroorganisme dengan mikroorganisme lainnya juga berbeda. Mikroorganisme menurunkan polimer seperti polietilen, poliuretan dengan menggunakannya sebagai substrat untuk pertumbuhan. Berbagai faktor yang mempengaruhi proses biodegradasi adalah jenis polimer, karakteristik organisme, dan jenis perlakuan yang diberikan [28].

Mikroorganisme melakukan proses degradasi terhadap polimer plastik dengan beberapa tahapan, yaitu biodeteriorasi, biofragmentasi, asimilasi, dan mineralisasi. Proses biodeteriorasi terjadi ketika mikroorganismse seperti bakteri, jamur, ganggang dan protozoa mulai menempel pada permukaan polimer plastik. Polimer plastik yang berasal dari unsur karbon dan nitrogen menjadi sumber energi untuk pertumbuhan dan memproduksi molekul sederhana. Beberapa spesies dari organisme dapat mensekresikan biofilm yang terbuat dari polisakarida dan protein hasil pemecahan polimer. Biofilm akan membantu mikroorganisme untuk tetap menempel pada polimer dan membantu menembus struktur pori dari polimer plastik. Pertumbuhan mikroorganisme yang meningkat menyebabkan meningkatnya ukuran pori dan menimbulkan keretakan pada polimer plastik, sehingga struktur polimer tidak stabil. Spesies mikroorganisme yang berkembang pada permukaan polimer berperan dalam biodeteriorasi kimia. Bakteri chemolitotroph melepaskan senyawa anorganik seperti ammonia, nitrit, hidrogen sulfida, thiosulfat, dan sulfur. Mikroorganisme chemoorganotroph menghasilkan asam organik seperti asam oksalat, sitrat, glukonat, glutarat, gliokalik, oksaloasetat, dan asam fumarat. Senyawasenyawa tersebut dapat mengubah permukaan polimer plastik [29].

Biofragmentasi merupakan tahapan penting untuk asimilasi molekul. Pada proses ini polimer dengan berat molekul tinggi tercepah menjadi campuran oligomer atau monomer. Mikroorganisme mensekresikan enzim untuk memotong ikatan polimer. Enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme dalam proses ini adalah oksidoreduktase dan hidrolase [29]. Beberapa jenis enzim yang dapat membantu dalam proses degradasi plastik adalah laccase. Laccase dapat

membantu dalam oksidasi ikatan hidrokarbon pada polietilen. Laccase dapat mengkatalisis oksidasi senyawa aromatik. Enzim papain dan urease merupakan dua enzim proteolitik yang dapat menurunkan polimer poliuretan poliester. Selain itu terdapat enzim lignin peroksidase (LiP), Mangan peroksidase (MnP) dan laccase yang merupakan tiga enzim utama dalam sistem lignolitik yang juga berperan dalam degradasi polimer plastik [28]. Proses biodegradasi diakhiri dengan proses asimilasi. Spesies mikroorganisme tertentu mengasimilasi senyawa dari proses fragmentasi. Proses asimilasi dapat merangsang atau bahkan dapat menghambat pertumbuhan dari mikroorganisme. Monomer plastik ditransfer ke dalam sel mikroorganisme melalui membran khusus. Molekul yang diserap oleh mikroorganisme dapat digunakan sebagai sumber karbon dan sumber energi. Produk akhir dari metabolisme mikroorganisme akan menghasilkan biomassa, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub>. Proses mineralisasi adalah produk akhir yang dikeluarkan ke lingkungan, seperti CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub> [29].

## **II.6 Difraksi Sinar-X / X-Ray Diffraction Spectrum (XRD)**

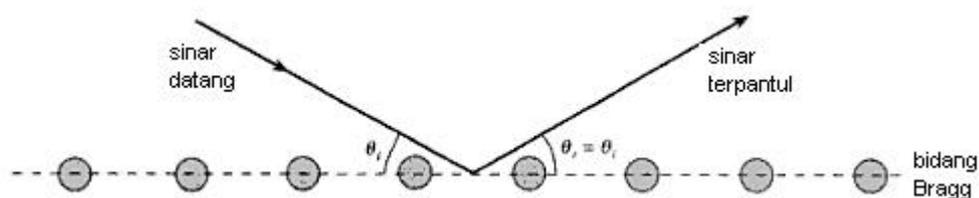
Difraksi sinar-x merupakan metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar-x dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal. Analisa XRD merupakan contoh analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa dengan mengamati pola pembiasan cahaya sebagai akibat dari berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristalnya [30].

Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama jika cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah

yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya *fingerprint* (sidik jari) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda. Pada XRD, pola difraksi dinyatakan dengan besar sudut-sudut yang terbentuk sebagai hasil dari difraksi berkas cahaya oleh kristal pada material. Nilai sudut tersebut dinyatakan dalam  $2\theta$ , dimana  $\theta$  merepresentasikan sudut datang cahaya. Sedangkan nilai  $2\theta$  merupakan besar sudut datang dengan sudut difraksi yang terdeteksi oleh detektor [30].

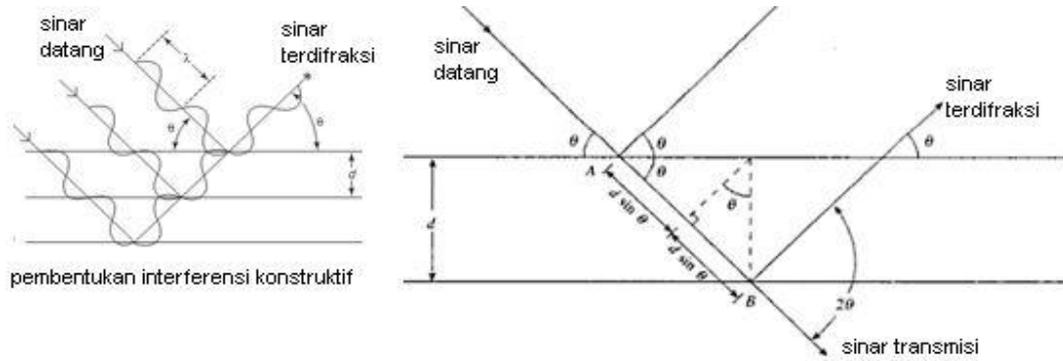
## II.7 Difraksi dan Hukum Bragg

Hukum Bragg merupakan perumusan matematik mengenai proses difraksi yang terjadi sebagai hasil interaksi antara sinar-X yang dipantulkan oleh material. Pantulan tersebut terjadi tanpa mengalami kehilangan energi sehingga menghasilkan pantulan elastis atau *elastic scattering*. Bragg menunjukkan bahwa bidang yang berisi atom-atom di dalam kristal akan memantulkan radiasi dengan cara yang sama persis dengan peristiwa pemantulan cahaya di bidang cermin [30].



**Gambar 2.4** Pemantulan cahaya pada bidang kristal (bidang Bragg)[30]

Jika sinar datang mengenai bidang yang tersusun secara paralel dan berjarak satu sama lain maka terdapat kemungkinan bahwa sinar-sinar datang akan dipantulkan kembali oleh bidang dan saling berinterferensi secara konstruktif sehingga menghasilkan penguatan terhadap sinar pantul dan menyebabkan terjadinya difraksi. Dapat dilihat pada Gambar 2.5, panjang gelombang lintasan berkas cahaya  $\lambda_{AB} = 2d\sin\theta$ , yang dikenal sebagai Hukum Bragg [30].



**Gambar 2.5** Proses difraksi sebagai akibat interferensi konstruktif [30].