

No-Dok. 5962

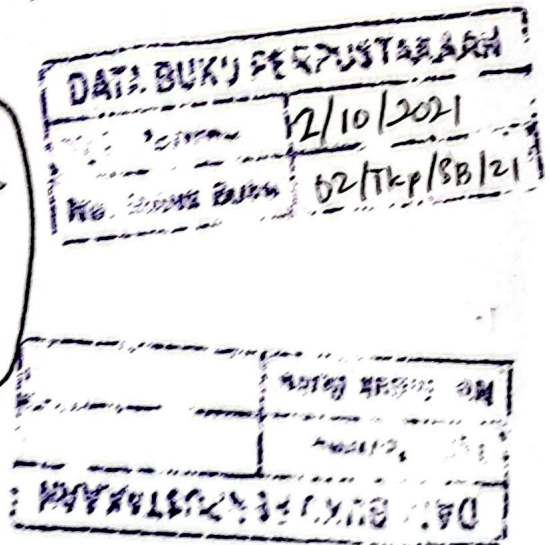
Copy : 1

D  
660.423  
Chr  
P-

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH PENAMBAHAN SENG OKSIDA (ZnO)**  
**TERHADAP AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN GUGUS**  
**FUNGSI FILM BIOPLASTIK *THERMOPLASTIC STARCH***  
**(TPS)**

**DI PUSAT PENELITIAN KIMIA LIPI**

**(Februari-Juni 2019)**



OLEH :

**ERINDAH CHRIESTIKA**

**1515012**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**  
**JAKARTA**  
**2019**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**  
**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS**  
**AKHIR**

**JUDUL TUGAS AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN SENG OKSIDA (ZnO) TERHADAP  
AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN GUGUS FUNGSI FILM BIOPLASTIK  
THERMOPLASTIC STARCH (TPS)**

**DISUSUN OLEH :**  
**NAMA :** ERINDAH CHRIESTIKA  
**NIM :** 1515012  
**PROGRAM STUDI :** TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, 15 Juli 2019

Menyetujui,

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA.  
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.  
NIP: 195702141985031002

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR DI  
PUSAT PENELITIAN KIMIA LIPI**

JUDUL TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SENG OKSIDA (ZnO) TERHADAP  
AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN GUGUS FUNGSI FILM BIOPLASTIK  
*THERMOPLASTIC STARCH* (TPS)

DISUSUN OLEH :  
NAMA : ERINDAH CHRIESTIKA  
NIM : 1515012  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Tangerang Selatan, Juli 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh:  
Pembimbing



Muhammad Ghozali, M.T.  
NIP. 198012252005021002



# POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.lh. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

Jl. Leljen Suprapto No. 26 Cempaka Putih Jakarta 10510

Telp (021) 42882264 Fax (021) 42882266

www.stmi.ac.id



Nomor : 091/ISJ-IND.7.2/IX/2018  
Lampiran :  
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 10 September 2018

Kepada  
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan  
Pusat Penelitian Kimia LIPI  
Jl. Kawasan Puspitek, Muncul, Serpong  
Kota Tangerang Selatan Banten 15314

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Erndah Christika	1515012	Teknologi Proses

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,



Dr. Rldzky Kramanandita, S.Kom, M.T

NIP : 19740302 200212 1 001



**LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA  
(INDONESIAN INSTITUTE OF SCIENCES)  
PUSAT PENELITIAN KIMIA**

Kawasan PUSPIPK Serpong, Tangerang Selatan 15314  
Telp. (+62 21) 7560929, Faks (+62 21) 7560549  
website : <http://kimia.lipi.go.id>, email : [rechem@i-mail.lipi.go.id](mailto:rechem@i-mail.lipi.go.id)

Tangerang Selatan, 01 Februari 2019

Nomor : B- 928 /IPT 2/KS 02/2019  
Sifat : Biasa  
Lamp : -  
Penhal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth,  
Pembantu Direktur I  
Politeknik  
STMI Jakarta  
Jl Letjen Suprpto No 26 Cempaka Putih,  
Jakarta



Menjawab surat dari Pembantu Direktur I-Politeknik STMI Jakarta, nomor 091/SJ-IND.7.2/IX/2018 tanggal 10 September 2018, perihal Penelitian Tugas Akhir, bersama ini kami sampaikan bahwa kami bersedia menerima mahasiswa atas nama sebagai berikut :

Nama : Erindah Chriestika  
NIM : 1515012

Untuk melaksanakan Penelitian Tugas Akhir di Pusat Penelitian Kimia – LIPI, dihitung mulai 01 Februari 2019 hingga 30 Juni 2019 dibawah bimbingan Muhammad Ghozali, MT dengan mengikuti peraturan yang ada di Pusat Penelitian Kimia – LIPI.

Demikian atas perhatian dan kerjasama Saudara, kami ucapkan terima kasih.

Pt. Kepala Pusat Penelitian Kimia - LIPI

  
DR. Arthur Ario Lelono, Ph.D.  


Tembusan :

## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Erindah Christika

NIM : 1515012

Pembimbing : Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
5/11/2018		Diskusi topik & tempat penelitian	Ro
24/01/2019		Bimbingan proposal	Ro
01/02/2019		ACC proposal akhir	Ro
04/04/19		Presentasi proposal	Ro
15/05/19	BAB I, II	Bimbingan pendahuluan & tinjauan pustaka	Ro
20/05/19	III	Bimbingan metode penelitian	Ro
25/06/19	IV & V	Bimbingan hasil & pembahasan serta kesimpulan & saran	Ro
01/07/19		Presentasi tugas akhir	Ro
10/07/19		revisi presentasi tugas akhir	Ro
12/07/19		ACC laporan tugas akhir	Ro

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA  
NIP: 196405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.  
NIP: 195702141985031002

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**  
**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS**  
**AKHIR**

**JUDUL TUGAS AKHIR:**

**PENGARUH PENAMBAHAN SENG OKSIDA (ZnO) TERHADAP**  
**AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN GUGUS FUNGSI FILM BIOPLASTIK**  
**THERMOPLASTIC STARCH (TPS)**

**DISUSUN OLEH :**  
**NAMA : ERINDAH CHRIESTIKA**  
**NIM : 1515012**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER**

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Senin, 5 Agustus 2019.

Jakarta, Agustus 2019

Penguji,



Syaiful Ahsan, S.T., M.T.  
NIP.198407162014021001

Penguji,



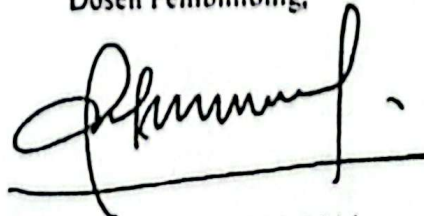
Dr. Ir. Lintong Sopandi II, MSChE  
NIP.195803221986031002

Penguji,



Fitria Ika Aryanti, S.T., M. Eng.  
NIP.198505112014022001

Dosen Pembimbing,



Ir. Parulian Leonard M, M.M.  
NIP.195702141985031002

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,  
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Erindah Christika

NIM : 1515012

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul "Pengaruh Penambahan Seng Oksida (ZnO) Terhadap Aktivitas Antibakteri dan Gugus Fungsi Film Bioplastik *Thermoplastic Starch* (TPS)", maka:

- dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis Tugas Akhir ini,
- bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu yang digunakan sebagai referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya,
- bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan seperti yang tertulis di atas, maka karya tulis Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, Juli 2019



Erindah Christika

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur bagi Allah SWT, Shalawat dan Salam senantiasa tercurah kepada junjungan dan tauladan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya. Tidak ada kalimat yang pantas penulis ucapkan melainkan ungkapan syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan kekuatan untuk menyelesaikan proses Tugas Akhir yang berjudul “*Pengaruh Penambahan Seng Oksida (ZnO) Terhadap Aktivitas Antibakteri dan Gugus Fungsi Film Bioplastik Termoplastik Starch (TPS)*”.

Adapun maksud dan tujuan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Polimer Pusat Penelitian Kimia LIPI, Gedung 452 PUSPITEK, Serpong, Tangerang Selatan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari s.d Juni 2019.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, bantuan, dukungan, dan dorongan semangat yang diberikan hingga terselesaikannya laporan penelitian ini. Dengan selesainya laporan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya.
2. Orang tua saya, khususnya ibu Sri Wijastutiningsih selaku ibu saya yang tanpa lelah mendoakan serta memberikan saya dukungan moril maupun finansial.
3. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
4. Bapak Ir. Roosmariharso, M.B.A selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
6. Bapak Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M. selaku dosen pembimbing Penelitian di Politeknik STMI Jakarta.

7. Bapak Muhammad Ghozali, M.T. selaku pembimbing penelitian di Laboratorium polimer KIMIA LIPI, BPPT, Serpong.
8. Ibu Witta Kartika Restu, S.T. selaku asisten pembimbing penelitian di Laboratorium polimer KIMIA LIPI, BPPT, Serpong.
9. Seluruh karyawan di Laboratorium KIMIA LIPI, BPPT, Serpong.
10. Dika Kustiani yang telah memberikan saran dan semangat kepada penulis.
11. Diah Maydi, Intan Lestari, Merry Meistikasari, dan Diana Islamiah atas persahabatan yang terjalin selama ini.
12. Seluruh teman-teman di laboratorium polimer KIMIA LIPI, BPPT, Serpong.
13. Seluruh teman-teman Teknik Kimia Polimer angkatan 2015.
14. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kami mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar lebih baik lagi untuk kedepannya. Akhir kata, penulis mengharapkan agar laporan penelitian yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk memberikan informasi dalam mengembangkan teknologi penggunaan plastik berbahan baku pati.

Jakarta, Juli 2019

Penulis

## ABSTRAK

Pati banyak dikembangkan dan diteliti sebagai salah satu bahan pembuatan plastik ramah lingkungan terutama untuk aplikasi pengemasan. Salah satu pengembangannya yaitu film bioplastik yang ditambahkan dengan zat aktif sebagai bahan kemasan antimikroba (*antimicrobial packaging*). ZnO sebagai aditif diketahui memiliki kemampuan antimikroba. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan ZnO sebanyak 0,1, 0,2, 0,5, 1, dan 2 phr terhadap aktivitas antibakteri dan gugus fungsi film bioplastik *thermoplastic starch* (TPS). Proses pembuatan film bioplastik menggunakan metode *solvent casting*. Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa penambahan ZnO dalam film bioplastik TPS mampu memberikan aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang ditandai dengan adanya zona bening (inhibisi) di sekitar film. Diameter zona bening terbesar terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* terdapat pada konsentrasi 2 phr yakni 16,5 mm, sedangkan diameter zona bening terbesar terhadap bakteri *Escherichia coli* dicapai pada konsentrasi 1 dan 2 phr dengan nilai 20,5 mm. Hasil pengujian FTIR menunjukkan bahwa spektrum film bioplastik TPS/ZnO tidak mengalami perubahan pola gugus fungsi yang menunjukkan tidak ada perubahan pada ikatan kimianya, hal ini mengindikasikan bahwa ZnO hanya berinteraksi secara fisik dengan matriks TPS.

**Kata kunci:** pati, *thermoplastic starch*, ZnO, aktivitas antibakteri, gugus fungsi.

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR DI PUSAT PENELITIAN KIMIA LIPI .....	iv
LEMBAR PERMOHONAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR KETERANGAN DITERIMA TUGAS AKHIR .....	vi
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	viii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
ABSTRAK .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Polimer .....	6
2.2 Polimerisasi .....	8
2.2.1 Polimerisasi Adisi .....	8
2.2.2 Polimerisasi Kondensasi .....	8
2.3 Plastik .....	8
2.3.1 Klasifikasi Plastik.....	8
2.3.2 Plastik <i>Biodegradable</i> .....	10

2.4 Metode Pembuatan Bioplastik .....	12
2.5 <i>Starch</i> (Pati).....	14
2.6 <i>Thermoplastic Starch</i> (Pati Termoplastik) .....	16
2.7 Seng Oksida (ZnO).....	17
2.8 Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif.....	18
2.8 Pertumbuhan Bakteri .....	20
2.9 Pengujian Film Bioplastik .....	21
2.9.1 Pengujian Aktivitas Antibakteri .....	21
2.9.2 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) <i>Spectrometers</i> .....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2 Alat dan Bahan .....	25
3.2.1 Alat .....	25
3.2.2 Bahan.....	25
3.3 Variabel Penelitian .....	26
3.3.1 Variabel Tetap .....	26
3.3.2 Variabel Bebas .....	26
3.3.3 Variabel Terikat.....	26
3.4 Proses Pembuatan Film Bioplastik.....	27
3.5 Prosedur Pembuatan Film Bioplastik TPS/ZnO.....	28
3.6 Pengujian Film Bioplastik.....	29
3.6.1 Uji Aktivitas Antibakteri.....	29
3.6.2 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Aktivitas Antibakteri Film Bioplastik .....	30
4.1.1 Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	30
4.1.2 Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	31
4.2 Karakteristik Gugus Fungsi Film Bioplastik.....	33

4.2.1 Hasil Pengujian FTIR Sampel Film Bioplastik TPS .....	34
4.2.2 Hasil Pengujian FTIR Sampel Film Bioplastik TPS/ZnO .....	35
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN C</b>	
<b>LAMPIRAN D</b>	
<b>LAMPIRAN E</b>	
<b>LAMPIRAN F</b>	
<b>LAMPIRAN G</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Struktur Rantai Polimer (a) Linier, (b) Bercabang, (c) Berikatan Silang.....	7
Gambar II.2 Plastik Berdasarkan Sumber Bahan Baku dan Kemudahan Terdegradasi .....	9
Gambar II.3 Klasifikasi Polimer <i>Biodegradable</i> .....	11
Gambar II.4 Struktur Amilosa dan Amilopektin .....	15
Gambar II.5 Struktur Dinding Sel Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif.....	19
Gambar II.6 Kurva Pertumbuhan Bakteri .....	20
Gambar II.7 Komponen Dasar FTIR .....	23
Gambar IV.1 Pengaruh Komposisi ZnO Terhadap Diameter Zona Bening pada Bakteri Uji <i>Staphylococcus aureus</i> .....	31
Gambar IV.2 Pengaruh Komposisi ZnO Terhadap Diameter Zona Bening pada Bakteri Uji <i>Escherichia coli</i> .....	32
Gambar IV.3 Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS .....	34
Gambar IV.4 Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS dan TPS/ZnO .....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Perbandingan Plastik <i>Biodegradable</i> dengan Plastik Konvensional...	12
Tabel II.2 Sifat Fisik Pati .....	15
Tabel II.3 Sifat Fisik dan Kimia TPS.....	17
Tabel II.4 Sifat Fisik ZnO .....	17
Tabel III.1 Variasi Konsentrasi Film Bioplastik TPS/ZnO.....	26
Tabel IV.1 Diameter Zona Bening Film Bioplastik pada Masing-Masing Konsentrasi ZnO dengan Bakteri Uji <i>Staphylococcus aureus</i> .....	30
Tabel IV.2 Diameter Zona Bening Film Bioplastik pada Masing-Masing Konsentrasi ZnO dengan Bakteri Uji <i>Escherichia coli</i> .....	32
Tabel IV.3 Bilangan Gelombang dan Jenis Ikatan Film Bioplastik TPS.....	35
Tabel IV.4 Bilangan Gelombang dan Jenis Ikatan Film Bioplastik TPS dan TPS/ZnO.....	36

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sejak pertengahan abad ke-20 plastik telah mulai menggantikan fungsi bahan-bahan konvensional seperti kaca dan logam (Winursito, 2013). Sebagian besar barang yang dibutuhkan, mulai dari peralatan elektronik, perlengkapan rumah tangga, perlengkapan kantor sampai makanan dan minuman menggunakan plastik sebagai pengemas karena ringan, kuat, mudah dibentuk, dan harganya terjangkau (Kamsiati dkk, 2017). Plastik yang berasal dari polimer petrokimia sangat populer untuk digunakan karena bersifat fleksibel, transparan, tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan kemasan lain, dan tidak korosif. Namun sifatnya yang sulit terdegradasi menyebabkan terjadinya penumpukan sampah plastik yang mencemari lingkungan. Selain itu, polimer plastik yang digunakan biasanya merupakan termoplastik yang tidak tahan panas dan dapat mencemari produk dengan migrasi komponen monomernya, sehingga berdampak pada keamanan dan kesehatan konsumen (Coniwanti dkk, 2014).

Salah satu upaya untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan penggunaan plastik yang bersifat ramah lingkungan (*biodegradable*) dari sumber yang terbarukan (*renewable*). Bahan kemasan makanan ramah lingkungan (*biodegradable packaging*) seperti film bioplastik terus dikembangkan untuk memberikan keamanan dan menjaga kualitas makanan (Warsiki & Bawardi, 2018). Film bioplastik ini dapat ditambahkan dengan bahan aktif dan berkembang menjadi kemasan makanan dengan fungsi baru yang dikenal sebagai kemasan aktif (*active packaging*) atau kemasan antimikroba (Espitia dkk, 2012).

Pati banyak dikembangkan dan diteliti sebagai salah satu bahan pembuatan plastik ramah lingkungan terutama untuk aplikasi pengemasan. Penggunaan pati sebagai bahan dasar pembuatan plastik memiliki beberapa keuntungan yakni harga bahan baku yang relatif murah, berlimpah di alam, tidak beracun, dan mudah terdegradasi secara alami (*biodegradable*) (Mirjaili & Ardekani, 2017). Pati alami

(*native starch*) bersifat rapuh dan tidak termoplastis sehingga untuk diproses menjadi produk bioplastik perlu diubah menjadi *Thermoplastic starch* (TPS) melalui ekstrusi dengan penambahan pemlastis (*plasticizer*) (Carvalho, 2013).

TPS yang digunakan sebagai bahan baku produk bioplastik dapat diproses sama seperti polimer termoplastik lain karena dapat berulang kali dilunakkan dan dikeraskan sehingga dapat dicetak dan dibentuk oleh adanya panas dan gaya geser, memungkinkan pemrosesan dilakukan dengan teknik yang biasa digunakan dalam industri plastik (Carvalho, 2013). Namun plastik berbahan dasar pati memiliki kekurangan, yaitu rendahnya kekuatan mekanik serta bersifat hidrofilik (Saptorahardjo, 2016). Sifat hidrofilik dari pati membuatnya mudah terdegradasi dan rentan terhadap mikroorganisme. Salah satu upaya untuk mengurangi kelemahan tersebut yaitu dengan penggunaan bahan aditif.

Di antara oksida anorganik, seng oksida (ZnO), titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>), magnesium oksida (MgO), dan kalsium oksida (CaO) dianggap sebagai bahan yang aman untuk manusia dan hewan, terutama TiO<sub>2</sub> dan ZnO yang telah digunakan dalam formulasi berbagai produk perawatan. Menariknya, ZnO menunjukkan kemampuan antimikroba tanpa fotoaktivasi, berbeda dengan TiO<sub>2</sub> yang membutuhkan fotoaktivasi (Mardiana dkk, 2016). ZnO pada umumnya ditambahkan ke dalam matriks polimer untuk meningkatkan sifat mekanik dan sifat penghalang (*barrier properties*). ZnO menunjukkan kekuatan tinggi, ketangguhan, konduktivitas listrik, dan resistensi bakteri (Chang dkk, 2013). Sebagai senyawa anorganik, ZnO memiliki ketahanan atau stabilitas yang tinggi terhadap kondisi ekstrim seperti temperatur dan tekanan tinggi yang hadir dalam pemrosesan pada sebagian besar industri (Espitia dkk, 2012). ZnO dapat dikonsumsi dan tidak berpotensi mencemari lingkungan. Kelebihan dari ZnO yaitu persediaannya di alam melimpah, murah, struktur kimia stabil, dan tidak beracun (Warsiki & Bawardi, 2018). ZnO bersifat *biocompatible* dan telah diakui aman oleh Badan Pengawas Pangan dan Obat Amerika Serikat (FDA), bahkan penggunaannya pada polimer yang kontak dengan makanan direkomendasikan hingga 2% oleh Badan Keamanan Makanan Eropa (EFSA) (Gus, L dkk, 2016).

Sebagai aditif, penambahan ZnO ke dalam matriks polimer pada kemasan makanan bertujuan mencegah resiko kontaminasi bakteri patogen pada makanan dan memperpanjang umur simpan makanan dengan menghambat/mematikan pertumbuhan bakteri (Espitia dkk, 2012). Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa penambahan ZnO ke dalam bioplastik berbasis pati dapat memberikan resistensi terhadap bakteri, meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan uap air, serta tidak mempengaruhi gugus fungsi bioplastik.

Berdasarkan hasil penelitian Nafchi dkk. (2012), penambahan ZnO sebanyak 1, 2, 3, dan 5% pada bioplastik berbasis pati sugu menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan tidak menunjukkan adanya gugus fungsi baru pada spektrum FTIR bioplastik. Mirjaili dan Ardekani (2017) melaporkan bahwa penambahan ZnO dalam ukuran nano partikel pada film berbasis pati memberikan zona hambat (inhibisi) sebesar 24 dan 28 mm berturut-turut terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, bahkan meningkatkan kekuatan tarik dan perpanjangan putus serta menurunkan nilai permeabilitas uap air.

Kim dan Song (2018) mencampurkan pati soba dan *plasticizer* sorbitol ke dalam suspensi ZnO nanopartikel. Berdasarkan hasil penelitian, kehadiran ZnO nanopartikel sebanyak 3% pada film bioplastik menunjukkan adanya aktivitas antimikroba melawan bakteri *L. monocytogenes* dan menjaga kualitas jamur segar selama 6 hari penyimpanan. Selain itu Warsiki dan Bawardi (2018) melakukan penelitian dengan menambahkan ZnO nanopartikel sebanyak 1 dan 2% (dari basis berat pati) pada bioplastik berbasis pati tapioka dengan pemlastis gliserol. Hasil yang diperoleh berupa daya hambat optimum melawan bakteri *Escherichia coli* sebesar 7,67 mm pada ZnO sebanyak 2%. Sedangkan daya hambat optimum melawan bakteri *Salmonella sp.* sebesar 6,79 mm pada ZnO sebanyak 1 dan 2 %.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan film bioplastik antibakteri berbahan baku *thermoplastic starch* (TPS) dengan penambahan seng oksida (ZnO) menggunakan metode *solvent casting* yang bertujuan untuk melihat pengaruhnya terhadap aktivitas antibakteri dan gugus fungsi dari film bioplastik.

Sebagai aditif, penambahan ZnO ke dalam matriks polimer pada kemasan makanan bertujuan mencegah resiko kontaminasi bakteri patogen pada makanan dan memperpanjang umur simpan makanan dengan menghambat/mematikan pertumbuhan bakteri (Espitia dkk, 2012). Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa penambahan ZnO ke dalam bioplastik berbasis pati dapat memberikan resistensi terhadap bakteri, meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan uap air, serta tidak mempengaruhi gugus fungsi bioplastik.

Berdasarkan hasil penelitian Nafchi dkk. (2012), penambahan ZnO sebanyak 1, 2, 3, dan 5% pada bioplastik berbasis pati sagu menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan tidak menunjukkan adanya gugus fungsi baru pada spektrum FTIR bioplastik. Mirjaili dan Ardekani (2017) melaporkan bahwa penambahan ZnO dalam ukuran nano partikel pada film berbasis pati memberikan zona hambat (inhibisi) sebesar 24 dan 28 mm berturut-turut terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, bahkan meningkatkan kekuatan tarik dan perpanjangan putus serta menurunkan nilai permeabilitas uap air.

Kim dan Song (2018) mencampurkan pati soba dan *plasticizer* sorbitol ke dalam suspensi ZnO nanopartikel. Berdasarkan hasil penelitian, kehadiran ZnO nanopartikel sebanyak 3% pada film bioplastik menunjukkan adanya aktivitas antimikroba melawan bakteri *L. monocytogenes* dan menjaga kualitas jamur segar selama 6 hari penyimpanan. Selain itu Warsiki dan Bawardi (2018) melakukan penelitian dengan menambahkan ZnO nanopartikel sebanyak 1 dan 2% (dari basis berat pati) pada bioplastik berbasis pati tapioka dengan *plasticizer* gliserol. Hasil yang diperoleh berupa daya hambat optimum melawan bakteri *Escherichia coli* sebesar 7,67 mm pada ZnO sebanyak 2%. Sedangkan daya hambat optimum melawan bakteri *Salmonella sp.* sebesar 6,79 mm pada ZnO sebanyak 1 dan 2 %.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan film bioplastik antibakteri berbahan baku *thermoplastic starch* (TPS) dengan penambahan seng oksida (ZnO) menggunakan metode *solvent casting* yang bertujuan untuk melihat pengaruhnya terhadap aktivitas antibakteri dan gugus fungsi dari film bioplastik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, permasalahan yang akan diangkat pada penelitian ini, yaitu:

1. bagaimana pengaruh penambahan ZnO terhadap aktivitas antibakteri film bioplastik TPS?
2. bagaimana pengaruh penambahan ZnO terhadap gugus fungsi film bioplastik TPS?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. bahan baku yang digunakan adalah resin *thermoplastic starch* (TPS) dari PT. Inter Aneka Lestari Kimia,
2. bahan aditif yang digunakan adalah seng oksida (ZnO) dari Merck dengan ukuran partikel rata-rata  $10,36485 \pm 0,18088 \mu\text{m}$ ,
3. konsentrasi ZnO yang digunakan sebesar 0,1, 0,2, 0,5, 1, dan 2 phr dari basis 4 gram TPS,
4. proses pembuatan film bioplastik menggunakan metode *solvent casting*,
5. pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi dan dilakukan sebanyak dua kali pengulangan (duplo),
6. bakteri yang digunakan pada uji aktivitas antibakteri film bioplastik adalah bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang diperoleh dari InaCC (*Indonesian Culture Collection*) LIPI
7. pengujian karakteristik gugus fungsi film bioplastik dilakukan menggunakan alat FTIR Shimadzu IRPrestige-21.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. mengetahui pengaruh penambahan ZnO terhadap aktivitas antibakteri film bioplastik TPS,
2. mengetahui pengaruh penambahan ZnO terhadap gugus fungsi film bioplastik TPS.

### 1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi baru mengenai pengaruh penambahan ZnO terhadap aktivitas antibakteri dan gugus fungsi film bioplastik berbahan baku TPS.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Didalamnya terdapat lima bab yang masing-masing berkaitan erat. Adapun susunan ke lima bab tersebut sebagai berikut:

#### BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang diadakannya penelitian, rumusan masalah yang akan dibahas, batasan masalah dari penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukannya penelitian ini, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

#### BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai Polimer, Plastik, Plastik *Biodegradable*, Pati, Pati termoplastik (TPS), dan ZnO.

#### BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, tahapan prosedur pembuatan bioplastik TPS/ZnO dan pengujian sampel.

#### BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengujian, analisis data berdasarkan grafik hasil pengujian, dan pembahasan terhadap hasil pengujian dan analisis data.

#### BAB V: PENUTUP

Bab ini berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Polimer

Polimer tersusun dari beberapa unit molekul yang lebih kecil atau disebut monomer. Monomer umumnya merupakan molekul organik sederhana. Polimer merupakan makromolekul yang mengandung ribuan hingga jutaan atom dalam molekul yang besar (Chanda, 2006).

Berasarkan sumbernya, polimer dibagi menjadi dua, yaitu polimer alam dan polimer sintetis (Chanda, 2006).

##### 1. Polimer alam

Polimer alam merupakan polimer yang terbentuk secara alami. Contoh polimer alam yaitu selulosa, kitosan, dan karet alam.

##### 2. Polimer sintetis

Polimer sintetis merupakan polimer yang terbentuk oleh adanya reaksi kimia. Contohnya: polietilena, polipropilena, dan poliester.

Berdasarkan sifat/perilaku terhadap termal, polimer dapat dibagi menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan termoset (Chanda, 2006).

##### 1. Termoplastik

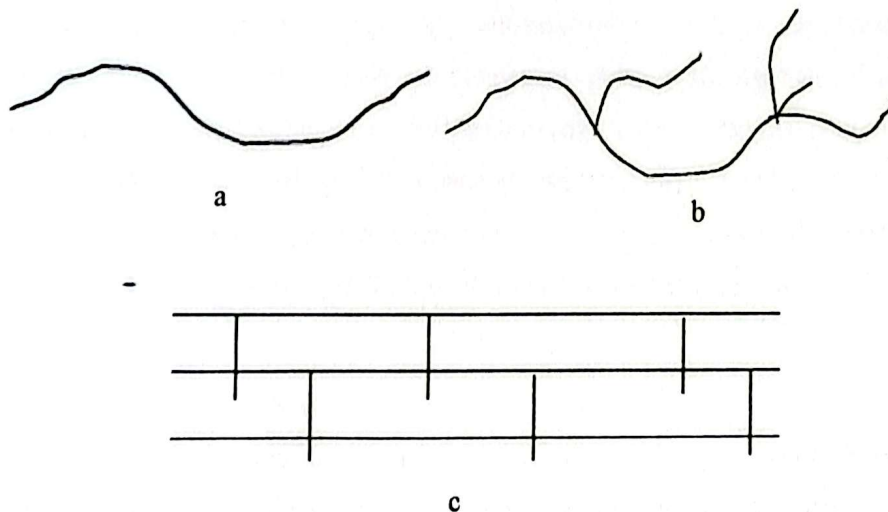
Polimer termoplastik merupakan polimer yang dapat melunak dan mengeras secara *reversible* oleh perubahan temperatur dan pada umumnya dapat didaur ulang (*recycle*). Polimer termoplastik strukturnya berbentuk linier dan bercabang. Polimer termoplastik dapat melunak dan mengalir ketika dipanaskan, membuatnya dapat diproses dan dibentuk melalui *injection molding*, *extrusion molding*, dan *blow molding* (Chanda, 2006). Contoh polimer termoplastik di antaranya polietilena (PE), polipropilena (PP), poli vinil klorida (PVC), dan lain-lain.

##### 2. Termoset

Polimer termoset merupakan polimer yang terbentuk dari ikatan silang sehingga rantainya berbentuk jaringan (Chanda, 2006). Polimer termoset tidak melunak ketika dipanaskan. Berbeda dengan polimer termoplastik, polimer

termoset tidak dapat didaur ulang. Contoh polimer termoset di antaranya epoksi dan melamin.

Berdasarkan bentuk struktur rantainya, polimer dibagi menjadi tiga, yaitu polimer rantai lurus/linier, bercabang, dan berikatan silang (*cross-linking*) (Siburian dkk, 2017). Struktur rantai polimer dapat dilihat pada gambar II.1.



**Gambar II.1** Struktur Rantai Polimer (a) Linier, (b) Bercabang, (c) Berikatan Silang

Sumber: Siburian dkk. (2017)

#### 1. Polimer Rantai Linier

Polimer rantai linier yaitu polimer yang tersusun dengan unit ulang berikatan satu sama lainnya membentuk rantai polimer yang panjang.

#### 2. Polimer Rantai Bercabang

Polimer rantai bercabang yaitu polimer yang terbentuk jika beberapa unit ulang membentuk cabang pada rantai utama.

#### 3. Polimer Rantai Berikatan Silang (*Cross-linking*)

Polimer rantai berikatan silang yaitu polimer yang terbentuk karena beberapa rantai polimer saling berikatan satu sama lain pada rantainya. Jika sambung silang terjadi ke berbagai arah maka akan terbentuk sambung silang tiga dimensi yang sering disebut polimer jaringan.

## **2.2 Polimerisasi**

Polimerisasi adalah reaksi kimia yang menyatukan monomer-monomer untuk dijadikan rantai berulang yang panjang. Polimer dengan monomer lebih dari 1000 disebut makromolekul (Chanda, 2006).

### **2.2.1 Polimerisasi Adisi**

Reaksi polimerisasi ini mereaksikan monomer-monomer tanpa menghasilkan produk samping. Polimer yang dihasilkan memiliki atom-atom yang sama dengan monomer atau unit berulangnya. Polimerisasi adisi disertai dengan pemutusan ikatan rangkap (reaksi adisi) dari monomer yang akhirnya membentuk ikatan tunggal. Contoh polimer yang di sintesis melalui polimerisasi adisi di antaranya polipropilena (PP), polietilena (PE), Polisitrena (PS), polivinil klorida (PVC), dan lain-lain.

### **2.2.2 Polimerisasi Kondensasi**

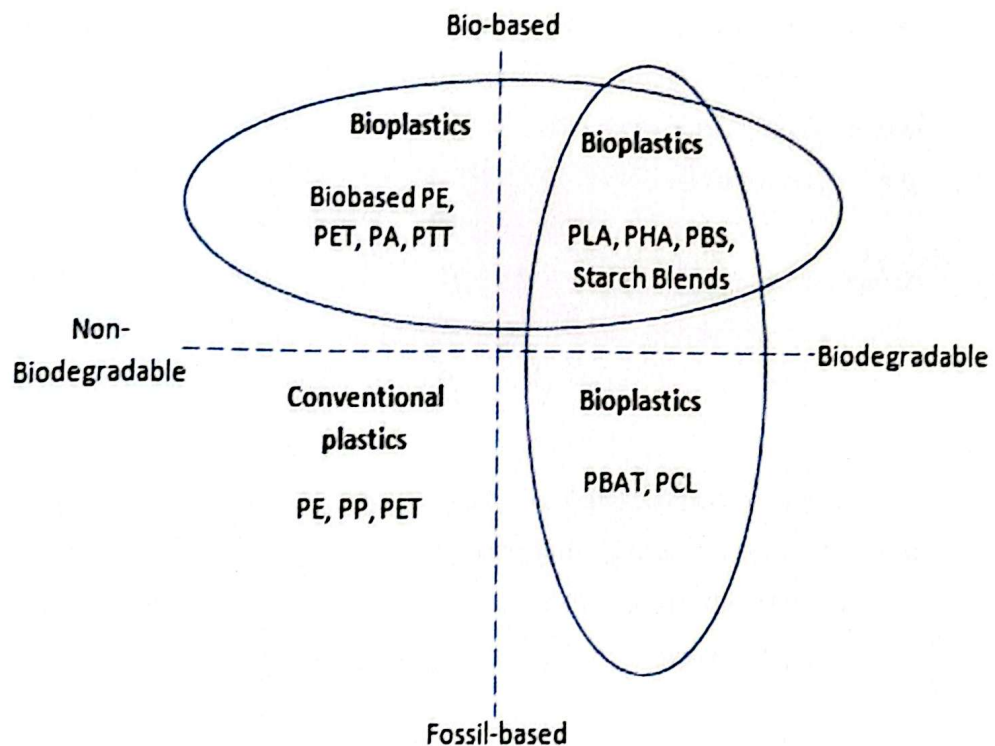
Polimerisasi kondensasi merupakan proses polimerisasi yang disertai pelepasan molekul kecil seperti air. Polimerisasi kondensasi melibatkan dua molekul polifungsional untuk menghasilkan molekul besar. Reaksi ini berturut-turut mengarah dari monomer ke dimer, trimer, tetramer, pertamer, dan seterusnya hingga terbentuk molekul polimer dengan derajat polimerisasi yang tinggi (Chanda, 2006).

## **2.3 Plastik**

Plastik didefinisikan sebagai bahan sintetik atau semi sintetik yang diproses dalam bentuk polimer termoplastik atau termoset dengan berat molekul yang tinggi dan dibentuk menjadi produk berupa film dan filamen. Polimer plastik tersusun dari monomer melalui reaksi polimerisasi. Sebagian besar plastik terdiri atas 500-20.000 monomer (Kamsiati dkk, 2017).

### **2.3.1 Klasifikasi Plastik**

Klasifikasi plastik berdasarkan sumber bahan baku dan kemudahan terdegradasi ditunjukkan pada gambar II.2.



**Gambar II.2** Plastik Berdasarkan Sumber Bahan Baku dan Kemudahan Terdegradasi

Sumber: Ashter (2016)

Berdasarkan sumbernya, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu plastik dari bahan yang tidak dapat diperbaharui (*fossil-based*) dan dapat diperbaharui (*bio-based*). Dari segi kemudahan terdegradasi oleh alam, plastik terbagi mejadi dua, yaitu bahan plasik yang mudah terdegradasi (*biodegradable*) dan sulit terdegradasi (*non-biodegradable*) atau plastik konvensional (Kamsiati dkk, 2017).

Bioplastik secara luas diklasifikasikan sebagai plastik berbasis bio (*bio-based*) dan/ atau plastik *biodegradable*. Penting untuk dipahami bahwa tidak semua bahan berbasis bio dikategorikan sebagai bahan yang *biodegradable*, dan sebaliknya, tidak semua bahan *biodegradable* berbasis bio. Sebuah bahan dipertimbangkan *biodegradable* ketika bahan dipecah di bawah pengaruh mikroba dan kondisi yang tepat dan menggunakannya sebagai sumber makanan (Ashter, 2016). Berdasarkan gambar II.2, bioplastik dapat dibagi menjadi 3 kelompok, di antaranya:

- a) kelompok 1: bioplastik berbasis bio atau sebagian berbasis bio dan *non-biodegradable* seperti PE (*polyethylene*) berbasis bio, PET (*polyethylene terephthalate*), PA (*polyamide*), dan PTT (*polytrimethylene terephthalate*)
- b) kelompok 2: bioplastik yang berbasis bio dan dapat terurai secara hayati (*biodegradable*) seperti PLA (*poly lactic acid*), PHA (*polyhydroxyalkanoate*), PBS (*polybutylene succinate*), dan campuran pati
- c) kelompok 3: bioplastik yang berbasis fosil dan dapat terurai secara hayati (*biodegradable*) seperti PBAT (*polybutylene adipate terephthalate*) dan PCL (*polycaprolactone*).

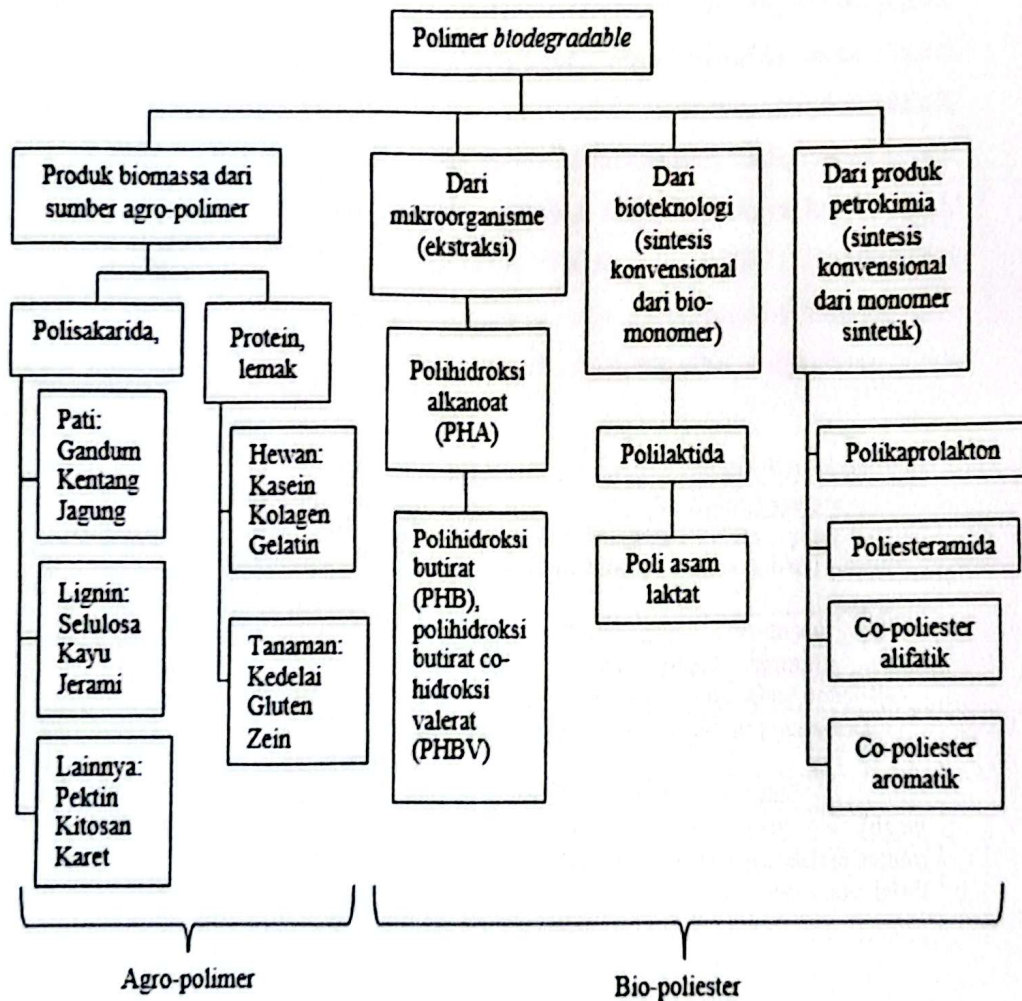
### 2.3.2 Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat terdegradasi secara alami melalui aktivitas mikroorganisme (biodegradasi) maupun cuaca. Menurut Pranamuda (1996), plastik *biodegradable* memiliki keuntungan, di antaranya:

- (1) dapat dikembalikan ke lingkungan dengan memanfaatkannya sebagai kompos untuk tanah pertanian,
- (2) berkurangnya pengaruh negatif terhadap lingkungan karena dapat langsung terurai,
- (3) berguna untuk memperpanjang umur dan menstabilkan lahan penimbunan / pembuangan sampah.

Averous (2013) mengelompokkan polimer *biodegradable* menjadi dua kelompok dan empat keluarga berbeda. Klasifikasi polimer *biodegradable* ditunjukkan pada gambar II.3.

- A. Kelompok utama (1) adalah agro-polimer yang diperoleh dari bahan pertanian seperti polisakarida, protein, dan lain-lain.
- B. Kelompok kedua (2) adalah biopoliester (*biodegradable polyester*) seperti:
  - 1. polihidroksi alkanoat (PHA) yang diperoleh dari aktivitas mikroorganisme melalui ekstraksi
  - 2. poli asam laktat (PLA) yang diperoleh melalui bioteknologi dengan sintesis konvensional dari bio-monomer
  - 3. aromatik dan co-poliester alifatik yang diperoleh melalui sintesis konvensional dari monomer sintetik.



**Gambar II.3** Klasifikasi Polimer *Biodegradable*  
 Sumber: Averous (2013)

Plastik yang digunakan sekarang sebagian besar merupakan plastik konvensional yang berbahan dasar tidak terbarukan seperti minyak bumi dan gas alam serta sulit terdegradasi, sehingga banyak peneliti mengembangkan plastik berbahan dasar terbarukan yang dapat terdegradasi secara alami, salah satunya adalah pembuatan plastik ramah lingkungan berbahan dasar pati. Menurut Kamsiati dkk. (2017), permintaan bioplastik terbesar adalah yang berbahan dasar pati.

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati dapat terdegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* yang memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Hasil dari proses degradasi tersebut berupa karbon dioksida, air, dan senyawa organik lain, yaitu asam organik dan aldehid yang tidak berbahaya bagi

lingkungan. Kualitas tanah juga meningkat karena hasil penguraian plastik *biodegradable* oleh mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah. Plastik *biodegradable* membutuhkan waktu 10-20 kali lebih cepat dibandingkan plastik konvensional yang membutuhkan waktu sekitar 50 tahun untuk terdegradasi. Selain itu, pembakaran dari plastik *biodegradable* juga tidak berbahaya karena tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya (Aripin dkk, 2017). Berikut ini perbandingan plastik konvensional dengan plastik *biodegradable* ditinjau dari aspek ketersediaan bahan, teknologi, sosial, ekonomi, dan lingkungan yang ditunjukkan pada tabel II.1.

**Tabel II.1** Perbandingan Plastik *Biodegradable* dengan Plastik Konvensional

Aspek	Plastik Konvensional	Plastik <i>Biodegradable</i>
Bahan baku	Sebagian besar terbuat dari bahan yang tidak dapat diperbaharui (minyak bumi)	Dibuat dari bahan yang dapat diperbaharui (bahan nabati)
Teknologi	Sudah mapan	Sudah ada produsen yang mengembangkan namun masih banyak yang dalam tahap penelitian
Sosial	Sudah banyak dikenal dan digunakan masyarakat	Belum banyak dikenal masyarakat
Ekonomi	Harga lebih murah	Harga sedikit lebih mahal
Lingkungan	Tidak ramah lingkungan (perlu ratusan tahun untuk terdegradasi oleh alam), emisi karbon tinggi	Ramah lingkungan (dapat terdegradasi oleh alam dalam waktu 2-6 bulan), emisi karbon yang lebih rendah

Sumber: Kamsiati, Herawati, dan Purwani (2017)

## 2.4 Metode Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dengan penambahan bahan anorganik seperti ZnO maupun nanopartikel lainnya dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti *solvent casting*, *melt blending*, *blow molding*, *compression molding*, dan lain-lain.

### 1. *Solvent Casting*

*Solvent casting* adalah metode yang didasarkan pada sistem solusi dimana pelarut dapat melarutkan polimer dan juga mendispersikan nanomaterial. Pelarut dapat membantu mobilitas dari rantai polimer sehingga memberikan interkalasi polimer dalam lapisan bahan nano atau lembaran. Ketika penguapan, polimer dan nanomaterial tetap utuh dan membentuk nanokomposit. Metode ini dapat

digunakan untuk polimer yang larut dalam air. Namun, kerugian dari metode ini adalah penggunaan sejumlah besar pelarut organik yang mahal dan beracun (Ucankus dkk, 2018).

## 2. *Melt Blending (Melt Intercalation)*

Dalam metode *Melt blending* tidak diperlukan pelarut. Polimer dan nanomaterial dicampur dalam keadaan leleh (*molten state*) dengan menerapkan gaya geser dan pencampuran intensif. Metode ini dapat diterapkan pada komposit yang dibuat dari polimer termoplastik. Metode ini memiliki keuntungan di antaranya tidak memerlukan penggunaan pelarut dan kompatibel dengan proses industri seperti *injection* dan *extrusion molding*. Namun metode ini juga memiliki kelemahan yaitu menggunakan suhu tinggi yang bisa merusak material (Ucankus dkk, 2018).

## 3. *Blow Molding*

*Blow molding* adalah proses paling umum untuk yang paling cocok untuk membentuk objek berongga seperti botol plastik dengan ketebalan dinding yang seragam. Ada dua jenis utama *blow molding* yaitu *injection blow molding* dan *extrusion blow molding* (Ashter, 2016).

- *Injection Blow Molding*

Proses ini digunakan untuk produksi benda berongga dalam jumlah banyak seperti botol, toples, dan wadah lainnya. Tahapan proses:

1. plastik dalam keadaan leleh diinjeksikan melalui *nozzle* ke dalam rongga, cetakan preform membentuk bentuk eksternal dan dijepit di sekitar batang inti
2. cetakan *preform* terbuka dan batang inti diputar dan dijepit ke dalam cetakan tiupan berongga
3. udara ditiupkan sehingga plastik mengembang dan menempel sesuai bentuk  *mold*
4. setelah siklus pendinginan, cetakan terbuka untuk pengeluaran produk.

- *Extrusion Blow Molding*

Proses ini sedikit berbeda dari *injection blow molding*. Tahapan prosesnya yaitu:

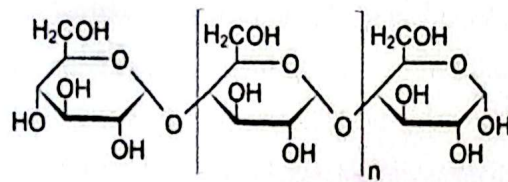
1. polimer cair melalui *die* masuk ke dalam bagian berongga yang dikenal sebagai parison
  2. ketika parison mencapai panjang yang telah ditentukan, cetakan berongga tertutup.
  3. udara ditiupkan ke dalam parison sehingga plastik mengembang
  4. setelah siklus pendinginan, cetakan dibuka dan produk dikeluarkan.
4. *Compression Molding*

*Compression molding* adalah proses dimana dua cetakan logam yang terdiri dari pelat bawah yang diam (*stationary plate*) dan pelat atas bergerak. Penguat dan matriks ditempatkan di antara dua logam cetakan. Cetakan kemudian disatukan bersamaan dengan diterapkannya panas dan tekanan. Polimer di antara logam cetakan mengalir karena adanya panas dan tekanan hingga memenuhi seluruh rongga cetakan dengan ketepatan dimensi yang tinggi. Setelah siklus pendinginan, cetakan dibuka dan produk dilepaskan dari cetakan (Ashter, 2016).

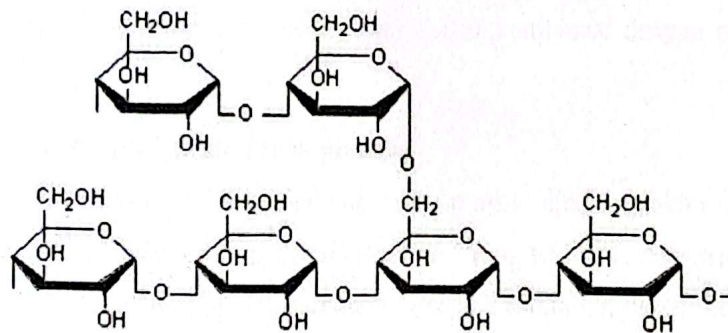
## 2.5 Starch (Pati)

Pati merupakan salah satu biopolimer yang paling melimpah di bumi diikuti selulosa dan kitin. Pati dapat dikonversi menjadi etanol, aseton, dan asam organik yang dapat digunakan untuk memproduksi polimer sintesis, di sisi lain, pati dapat menghasilkan biopolimer melalui proses fermentasi atau hidrolisis (contoh asam laktat) (Carvalho, 2013). Pati merupakan polimer dari monomer glukosa, dengan rumus kimia  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Pati diperoleh dengan cara mengekstrak bahan nabati yang mengandung karbohidrat seperti umbi dan serealia. Sumber karbohidrat yang mengandung pati di antaranya jagung, sorgum, ubi kayu, umbi garut, talas, sagu dan beras (Kamsiati dkk, 2017).

Pati tersusun dari dua makromolekul utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan suatu glukosa  $\alpha$ -D-(1-4) linier, sedangkan amilopektin merupakan suatu glukosa  $\alpha$ -D-(1-4) dengan ikatan cabang membentuk glukosa  $\alpha$ -D-(1-6). Proporsi fraksi amilosa dan amilopektin tergantung pada sumber botani pati, namun rata-rata kandungan amilosa sekitar 20-30% dan amilopektin sekitar 70-80% (Saptorahardjo, 2016).



Amilosa



Amilopektin

**Gambar II.4** Struktur Amilosa dan Amilopektin

Sumber: Saptorahardjo (2016)

Granula pati memiliki ukuran 1-100 mikron dengan struktur padatan kristalin maupun amorf. Konstituen kristal (ukuran 9-10 nm) utamanya dibentuk oleh amilopektin, sedangkan bagian amorfnya tersusun oleh amilosa maupun amilopektin. Pati sangat hidrofilik, hal ini karena gugus hidroksil di permukaan granula dapat berasosiasi inter molekular sangat kuat dengan ikatan hidrogen pada air. Pada umumnya, suhu transisi gelas ( $T_g$ ) pati berkisar antara 60-80 °C dengan kandungan air 12-14% berat (Saptorahardjo, 2016). Pati yang dipanaskan dengan air pada suhu tertentu akan mengalami gelatinisasi. Gelatinisasi merupakan proses pembengkakan granula pati yang bersifat *irreversible* sehingga granula pati tidak dapat kembali seperti semula. Berikut tabel II.1 menunjukkan sifat fisik pati.

**Tabel II.2** Sifat Fisik Pati

Parameter	Satuan	Nilai
Densitas pada 20 °C	$\text{g cm}^{-3}$	1,34-1,65
Warna	-	Putih
Aroma	-	Tidak berbau
Suhu gelatinisasi	°C	58-78
Suhu leleh, DSC	°C	Dekomposisi; 240-250

Sumber: Wypych (2016)

Pati merupakan polimer yang berasal dari sumber daya terbarukan dan dapat terdegradasi secara alami. Di Indonesia sendiri, pati lebih sering digunakan sebagai

bahan baku bioplastik karena ketersediaannya yang melimpah dan harganya yang relatif murah. Namun plastik yang dihasilkan dari pati memiliki karakteristik yang kurang bagus dibanding plastik konvensional yang digunakan sekarang ini, sehingga untuk meningkatkan karakteristiknya, biasanya pati dicampurkan dengan polimer lain. Pati dapat digunakan sebagai pengisi atau dapat diubah menjadi pati termoplastik yang dapat diproses sendiri atau dalam kombinasi dengan polimer sintetik.

### 2.6 *Thermoplastic Starch* (Pati Termoplastik)

*Thermoplastic starch* (TPS) atau pati termoplastik dideskripsikan sebagai bahan amorf atau semikristalin yang terdiri dari pati yang telah tergelatinisasi atau terdestrukturasasi yang mengandung satu atau beberapa campuran *plasticizer*. TPS secara umum dihasilkan dengan memproses campuran pati dan *plasticizer* di dalam ekstruder pada suhu antara 140 °C dan 160 °C dengan tekanan dan gaya geser tinggi (Carvalho, 2013). TPS adalah bahan yang diperoleh dari gangguan pada struktur granula pati ketika diproses dengan kadar air rendah melalui termal dan kekuatan mekanik disertai adanya pemlastis yang tidak mudah menguap (*nonvolatile*) selama proses terjadi (Nafchi dkk, 2013).

Pati bukan merupakan termoplastik dalam bentuk aslinya. Ketika granula pati dipanaskan, degradasi termal terjadi sebelum titik leleh kristal granular tercapai. Akibatnya, pati tidak dapat diproses dengan pelelehan dalam bentuk aslinya (*native*). Memproses pati asli untuk membentuk bahan bioplastik diperlukan untuk memecah dan melelehkan struktur asli. Transformasi granula pati dipengaruhi oleh kondisi proses seperti temperatur dan kandungan *plasticizer*. Air dan gliserol adalah *plasticizer* yang paling umum digunakan. Pengaruh air dan gliserol dalam granula pati sangat penting karena *plasticizer* ini berfungsi sebagai pelumas yang memfasilitasi mobilitas rantai polimer dan memperlambat kerusakan produk TPS (Nafchi dkk, 2013). TPS serupa dengan polimer termoplastik lainnya yang dapat meleleh dan mengalir dengan adanya gaya geser dan temperatur tinggi sekitar 90 – 180 °C, memungkinkan penggunaannya dalam peralatan seperti *injection*, *extrusion*, dan *blow molding* yang biasa digunakan untuk plastik sintetik (Ashter, 2016). Sifat fisik dan kimia TPS ditunjukkan pada tabel II.3.

Tabel II.3 Sifat Fisik dan Kimia TPS

<i>Properties</i>	<i>Value</i>
<i>Solubility in Water at 80 °C</i>	200 g/L
<i>Density (ASTM D792)</i>	1.23 – 1.27 g/cm <sup>3</sup>
<i>Melt flow index (170 °C, 5 Kg) (ASTM D1238)</i>	15 – 20 g/10 min
<i>Melting Temperature (ASTM D3418)</i>	170 – 190 °C
<i>Ash Content</i>	Max. 1.0 %
<i>Flammability</i>	Not flammable

Sumber: PT. Inter Aneka Lestari Kimia (2019)

## 2.7 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida (ZnO) merupakan senyawa anorganik yang bersifat semikonduktor dengan celah pita lebar ~3,3 eV dan telah dipelajari secara luas karena kegunaannya di banyak bidang. ZnO telah banyak digunakan secara luas pada beberapa aplikasi seperti farmasi, kosmetik, makanan, karet, plastik, dan lain-lain. (Espitia dkk, 2012). ZnO memiliki sifat fisik dan kimia yang unik, seperti stabilitas kimia dan termal yang tinggi, rentang penyerapan radiasi yang luas dan kemampuan fotostabilitas yang tinggi, hal ini membuat ZnO menjadi bahan yang multifungsi. Sifat piezo dan piroelektrik dari ZnO membuatnya dapat digunakan sebagai sensor, konverter, pembangkit energi, dan fotokatalis dalam produksi hidrogen. Karena kekerasan, kekakuan, dan konstanta piezoelektriknya, ZnO menjadi bahan penting dalam industri keramik. Sementara itu, toksisitasnya yang rendah, sifat *biocompatible*, dan biodegradabilitasnya membuat ZnO digunakan pada bidang biomedis (Radzimska & Jesionowski, 2014) maupun sebagai kandungan dalam beberapa produk perawatan. Dalam kosmetik, ZnO digunakan sebagai anti UV karena dapat menyerap sinar UV-A dengan panjang gelombang (315-400) nm dan UV-B dengan panjang gelombang (280-315) nm (Sirelkhatim dkk, 2015). Sifat fisik ZnO ditunjukkan pada tabel II.3.

Tabel II.4 Sifat Fisik ZnO

Sifat ZnO	Nilai
Massa jenis	5,61 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Temperatur leleh	1975 °C
pH	7 (50 g/L, H <sub>2</sub> O, 20 °C)
Densitas <i>bulk</i>	200-700 kg/m <sup>3</sup>
Kelarutan	0,0016 g/L tidak larut

Sumber: Merck Millipore (2019)

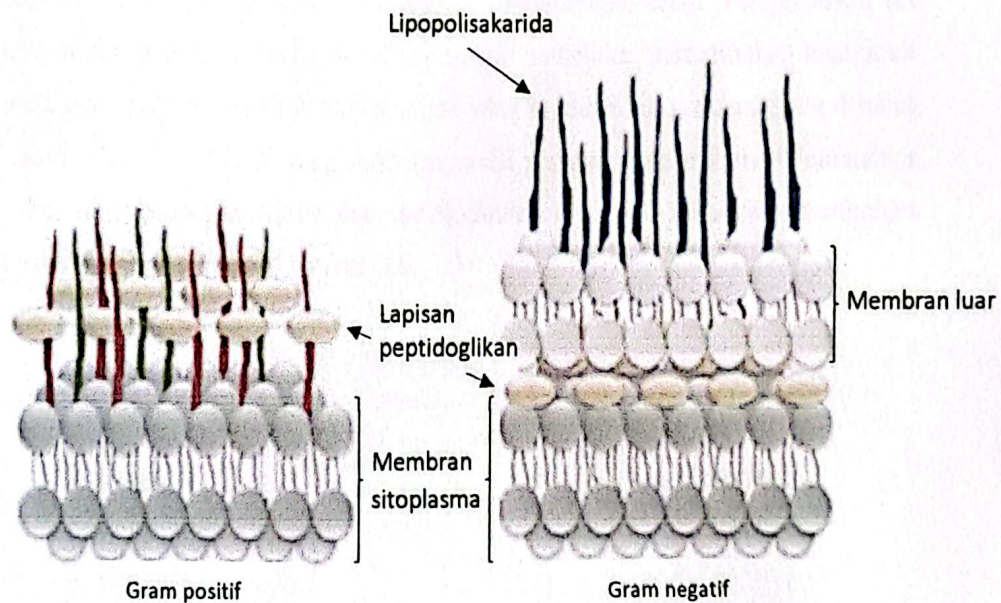
ZnO ditambahkan pada plastik sebagai aditif maupun pengisi (*filler*). ZnO sebagai aditif ditambahkan ke dalam bahan kemasan dimana bahan kemasan tersebut berkembang menjadi kemasan makanan dengan fungsi baru yang dikenal sebagai kemasan aktif (*active packaging*) atau kemasan antimikroba (*antimicrobial packaging*). Kemasan antimikroba adalah tipe kemasan aktif yang berinteraksi dengan produk untuk mengurangi, menghambat atau memperlambat pertumbuhan mikroorganisme yang mungkin ada pada permukaan makanan. Menurut Espitia dkk. (2012), ZnO menunjukkan aktivitas antibakteri melawan bakteri Gram negatif seperti *Pseudomonas aeruginosa*, *Campylobacter jejuni*, dan *Escherichia coli*, serta bakteri Gram positif seperti *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus*.

Menurut Novarini & Wahyudi (2011), mekanisme antibakteri dari metal oksida berhubungan dengan sifat fotokatalitik yang dimilikinya. Radikal Oksigen yang dihasilkan melalui proses fotokatalitik menyebabkan efek penghambatan pada pertumbuhan bakteri sebagai akibat dari perubahan struktur membran sel dan pada level tertentu dapat menyebabkan bakteri tersebut mati. *Reactive Oxygen Spesies* (ROS) atau senyawa oksigen reaktif paling dikenal dalam ilmu Biologi karena kemampuannya menyebabkan *Oxidative stress* (OS). Aktivitas antibakteri terjadi karena partikel ZnO melakukan penetrasi pada membran dan kemudian mengoksidasi konten sel melalui aktivitas ROS (Applerot, 2009). Shirelkhatim dkk. (2015) menyatakan bahwa ROS dapat menyebabkan kehancuran/kerusakan komponen seluler seperti lipid, DNA, dan protein sebagai akibat dari internalisasi ke dalam membran sel bakteri.

## 2.8 Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif

Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu dan berkembang biak dengan membelah diri (aseksual). Berdasarkan pewarnaan Gram, bakteri dibagi menjadi dua, yaitu bakteri Gram positif dan Gram negatif. Bakteri Gram positif adalah bakteri yang mempertahankan warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan Gram sehingga akan berwarna ungu di bawah mikroskop, sedangkan bakteri Gram negatif akan berwarna merah. Perbedaan pewarnaan Gram tersebut didasari oleh perbedaan struktur dinding sel dari kedua jenis bakteri (Jawetz dkk, 2013). Bakteri secara umum memiliki membran sel, dinding sel, dan sitoplasma. Dinding sel terletak di

luar sel membran dan sebagian besar terdiri dari lapisan peptidoglikan homogen yang terdiri dari asam amino dan gula. Dinding sel mempertahankan tekanan osmotik dari sitoplasma serta bentuk sel yang khas (Sirelkhatim dkk, 2015).

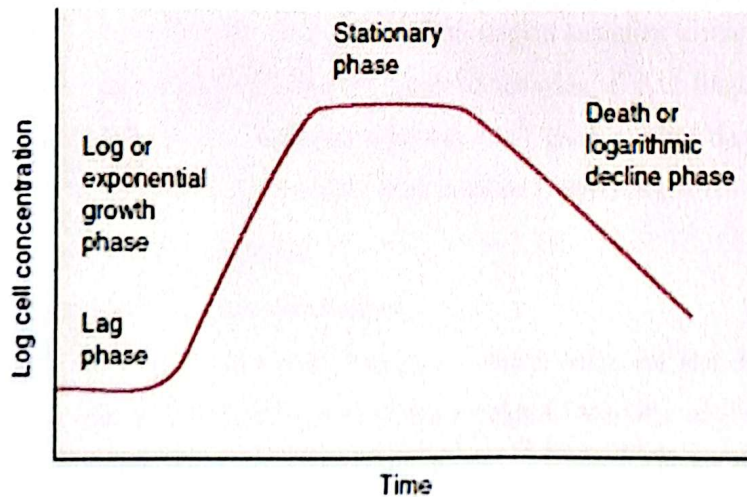


**Gambar II.5** Struktur Dinding Sel Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif  
Sumber: Espitia dkk (2012)

Bakteri Gram positif memiliki sebuah membran yang mengelilingi sel dan dinding sel yang terdiri dari lapisan peptidoglikan serta asam teikoat dan asam lipoteikoat (LTA) (Espitia dkk, 2012). Bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan dengan ketebalan 20-80 nm (Sirelkhatim dkk, 2015). Sedangkan dinding sel bakteri Gram negatif terdiri dari dua membran sel, membran sel luar yang terdiri dari lipopolisakarida (LPS) dan membran plasma dengan lapisan tipis peptidoglikan yang memiliki ketebalan 7-8 nm (Sirelkhatim dkk, 2015). Sitoplasma merupakan cairan seperti jeli yang mengisi sel, melibatkan semua komponen seluler kecuali *nucleus*. Fungsi organel ini termasuk pertumbuhan, metabolisme, dan replikasi. Akibatnya, sitoplasma mengandung protein, karbohidrat, asam nukleat, garam, ion, dan air (80%) (Sirelkhatim dkk, 2012). Contoh bakteri Gram positif adalah *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, dan *Staphylococcus aureus*, sedangkan contoh bakteri Gram negatif di antaranya *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella typhi* (Jawetz dkk, 2013).

## 2.8 Pertumbuhan Bakteri

Pertumbuhan adalah peningkatan jumlah semua komponen secara teratur dari suatu organisme. Peningkatan ukuran yang dihasilkan saat sel mengambil air atau deposito lipid atau polisakarida bukanlah pertumbuhan sejati. Penggandaan sel adalah akibat dari pembelahan sel organisme uniseluler, pertumbuhan mengarah pada peningkatan jumlah bakteri tunggal yang membentuk populasi yang disebut kultur. Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri di antaranya suhu, kelembaban, zat kimia, dan nutrisi (Jawetz dkk, 2013). Kurva pertumbuhan bakteri ditunjukkan pada gambar II.6.



**Gambar II.6** Kurva Pertumbuhan Bakteri

Sumber: Jawetz dkk. (2013)

Berdasarkan gambar II.5, pertumbuhan bakteri terdiri dari beberapa fase, yakni fase lag, fase logaritma/eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian.

### 1. Fase Lag (*Lag Phase*)

Fase lag merupakan fase penyesuaian atau adaptasi sel-sel terhadap lingkungan baru. Enzim dan zat antara dibentuk dan diakumulasikan hingga mencapai konsentrasi yang memungkinkan pertumbuhan dapat dilanjutkan (Jawetz dkk, 2013).

### 2. Fase eksponensial (*Exponential/Growth Phase*)

Selama fase eksponensial, sel-sel berada dalam kondisi stabil. Bahan sel baru disintesis pada tingkat yang konstan, tetapi bahan baru itu sendiri bersifat katalitik

dan massa bertambah secara eksponensial. Hal ini berlanjut sampai salah satu dari dua hal terjadi yaitu nutrisi dalam medium habis atau menumpuknya produk metabolik beracun yang menghambat pertumbuhan (Jawetz dkk, 2013).

### 3. Fase Stasioner (*Stationary Phase*)

Pada fase ini, habisnya nutrisi atau akumulasi produk beracun menyebabkan pertumbuhan berhenti total. Namun dalam kebanyakan kasus, pergantian sel terjadi pada fase diam dimana terjadi kehilangan sel yang lambat karena kematian, yang seimbang dengan pembentukan sel-sel baru melalui pertumbuhan dan pembelahan (Jawetz dkk, 2013).

### 4. Fase Kematian (*Death Phase*)

Setelah periode waktu dalam fase diam, tingkat kematian meningkat hingga mencapai tingkat yang stabil. Seringkali setelah sebagian sel mati, tingkat kematian menurun secara drastis, sehingga sejumlah kecil yang selamat dapat bertahan selama berbulan-bulan atau bahkan bertahun-tahun (Jawetz dkk, 2013).

## 2.9 Pengujian Film Bioplastik

### 2.9.1 Pengujian Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri adalah fenomena dimana suatu zat atau bahan dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri. Aktivitas antibakteri dapat diketahui secara kualitatif maupun kuantitatif. Menurut Jawetz dkk. (2013), pengujian aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu Difusi dan Dilusi.

#### A. Metode Difusi

Metode difusi cakram merupakan metode yang paling sering digunakan. Pada metode ini, sampel uji ditempatkan pada media padat (agar-agar) mengandung suspensi bakteri yang telah ditanami (inokulasi) secara merata pada permukaannya. Dalam kasus pengujian antibiotik, sampel berupa cakram filter yang telah diresapi dengan pengenceran antibiotik, sedangkan dalam kasus plastik, sampel adalah cakram plastik dengan luas permukaan kontak yang sama seperti pada pengujian antibiotik. Selanjutnya diinkubasi selama kurang lebih 18-24 jam (Kun & Malrossy, 2013). Setelah diinkubasi, diameter zona jernih inhibisi sekitar cakram diukur sebagai ukuran kekuatan inhibisi obat melawan organisme uji tertentu.

Metode difusi hanya bertujuan untuk menunjukkan ada tidaknya aktivitas antibakteri sehingga tidak menyajikan data kuantitatif atau jumlah zat antibakteri yang dibutuhkan untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri yang diuji. Menurut Jawetz dkk. (2013), metode difusi dipengaruhi oleh banyak faktor fisik dan kimia selain interaksi sederhana antara obat dan organisme, di antaranya sifat medium dan kemampuan difusi, ukuran molekuler, dan stabilitas obat.

#### B. Metode Dilusi

Dilusi agar (*agar dilution*) dan dilusi kaldu (*broth dilution*) merupakan metode yang paling umum untuk menentukan konsentrasi minimal agen antimikroba yang membunuh bakteri atau *minimum bactericidal concentration* (MBC) maupun yang menghambat pertumbuhan bakteri atau *minimum inhibitory concentration* (MIC) (Lopez dkk, 2012). Metode dilusi dapat dilakukan dengan pengenceran dua kali lipat dari zat antimikroba yang digunakan (Jawetz dkk, 2013). MIC diukur sebagian besar dengan dilusi mikro. Setelah inkubasi, jumlah koloni yang terbentuk dapat ditentukan dengan cara perhitungan mikroskopis atau manual (Kun & Malrossy, 2013).

Dalam metode dilusi agar, agen antimikroba dengan konsentrasi yang berbeda ditambahkan ke dalam media agar sebelum pemadatan. Dalam uji dilusi kaldu, antimikroba ditambahkan ke tabung biakan medium pada konsentrasi yang berbeda. Metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan tabung kaca ataupun pelat plastik mikroliter (*broth microdilution*). Tabung diinokulasi dan mengandung sekitar  $5,7 \text{ CFU/mL}$  mikroorganisme uji. Setelah inkubasi pada  $35 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , MIC ditentukan secara umum dengan spektrofotometri (Lopez dkk, 2012). Untuk mempelajari kapasitas antimikroba dari film kemasan, sampel direndam dalam 10 mL media cair kaldu sebelum diinokulasikan dengan mikroorganisme. Selanjutnya tabung diinkubasi dari 16 hingga 24 jam. Efek antimikroba dapat ditentukan dengan spektrofotometri atau dengan pelapisan dan penghitungan (*Plating and counting*) (Lopez dkk, 2012).

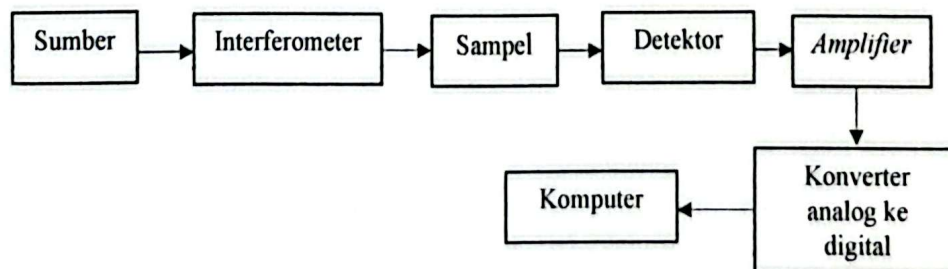
Kelebihan dari metode dilusi adalah adanya data kuantitatif yang menunjukkan jumlah zat antimikroba yang dibutuhkan untuk menghambat atau membunuh

mikroorganismenya yang diuji, namun metode ini kurang praktis dan memakan waktu lama (Jawetz dkk, 2013).

### 2.9.2 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared (FTIR Spectrometers*

FTIR merupakan metode untuk mengetahui komposisi kimia dan interaksi antara kelompok-kelompok fungsional dalam campuran polimer atau sampel yang akan diuji. Spektroskopi inframerah (IR) adalah teknik yang didasarkan pada getaran atom-atom suatu molekul. Spektrum inframerah biasanya diperoleh dengan melewatkan radiasi inframerah melalui sampel dan menentukan berapa fraksi radiasi yang diserap pada energi tertentu. Energi di mana setiap puncak dalam spektrum absorpsi muncul sesuai dengan frekuensi getaran dari bagian molekul sampel (Stuart, 2004).

Dalam spektroskopi IR, radiasi IR dilewatkan melalui sampel. Beberapa radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian dilewatkan (ditransmisikan). Spektrum yang dihasilkan mewakili penyerapan molekul dan transmisi, menciptakan sidik jari molekuler sampel. Berikut ini komponen dasar FTIR yang ditunjukkan pada gambar II.5.



**Gambar II.7** Komponen Dasar FTIR

Sumber: Stuart (2004)

Radiasi yang muncul dari sumber dilewatkan melalui interferometer ke sampel sebelum mencapai detektor. Setelah amplifikasi sinyal kontribusi frekuensi tinggi dieliminasi oleh filter, data dikonversi dari bentuk analog ke bentuk digital dan ditransfer ke komputer untuk transformasi *Fourier* (Stuart, 2004). Komputer dilengkapi dengan ribuan koleksi spektrum FT-IR polimer dan aditif untuk memudahkan perbandingan dan identifikasi. Spektrum inframerah dapat dibagi menjadi 3 daerah utama, yaitu daerah inframerah dekat pada bilangan gelombang

$<400 \text{ cm}^{-1}$ , daerah inframerah tengah ( $4.000\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$ ), dan daerah inframerah jauh ( $13.000\text{-}4.000 \text{ cm}^{-1}$ ) (Stuart, 2004).

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari s.d. Juni 2019 di Pusat Penelitian Kimia LIPI Gedung 452, Kawasan Puspiptek, Muncul, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. timbangan analitis | 12. aluminium foil                       |
| 2. cawan petri        | 13. bunsen burner                        |
| 3. magnetic stirrer   | 14. mistar                               |
| 4. hot plate          | 15. tabung reaksi                        |
| 5. beaker glass       | 16. kawat ose                            |
| 6. gelas ukur         | 17. mikro pipet                          |
| 7. pipet tetes        | 18. laminar air flow                     |
| 8. spatula            | 19. autoclave                            |
| 9. pinset             | 20. shaking incubator LabTech LSI-5002M  |
| 10. termometer        | 21. incubator J.P. Selecta Incudigit-TFT |
| 11. oven              | 22. FTIR Shimadzu IRPrestige-21          |

##### 3.2.2 Bahan

1. resin *thermoplastic starch* (TPS) dari PT. Inter Aneka Lestari Kimia
2. seng oksida (ZnO) dari Merck dengan ukuran partikel rata-rata  $10,36485 \pm 0,18088 \mu\text{m}$
3. aquadest
4. alkohol 70%
5. nutrient agar (NA)
6. nutrient broth (NB)
7. bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang diperoleh dari InaCC

(Indonesian Culture Collection) LIPI.

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut :

- suhu pelarutan TPS dalam *aquadest* sebesar 90 °C
- suhu pencampuran suspensi ZnO dalam larutan TPS sebesar 70-75 °C
- suhu pengeringan film dalam oven sebesar 60 °C
- waktu pelarutan TPS dalam *aquadest* selama 1 jam
- waktu pendispersian ZnO dalam *aquadest* selama 15 menit
- waktu pemanasan dan pencampuran suspensi ZnO dan larutan TPS selama 30 menit
- waktu pengeringan film dalam oven selama ±18 jam
- massa TPS sebanyak 4 gram

#### 3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada tabel 3.1 variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi konsentrasi ZnO.

Tabel III.1 Variasi Konsentrasi Film Bioplastik TPS/ZnO

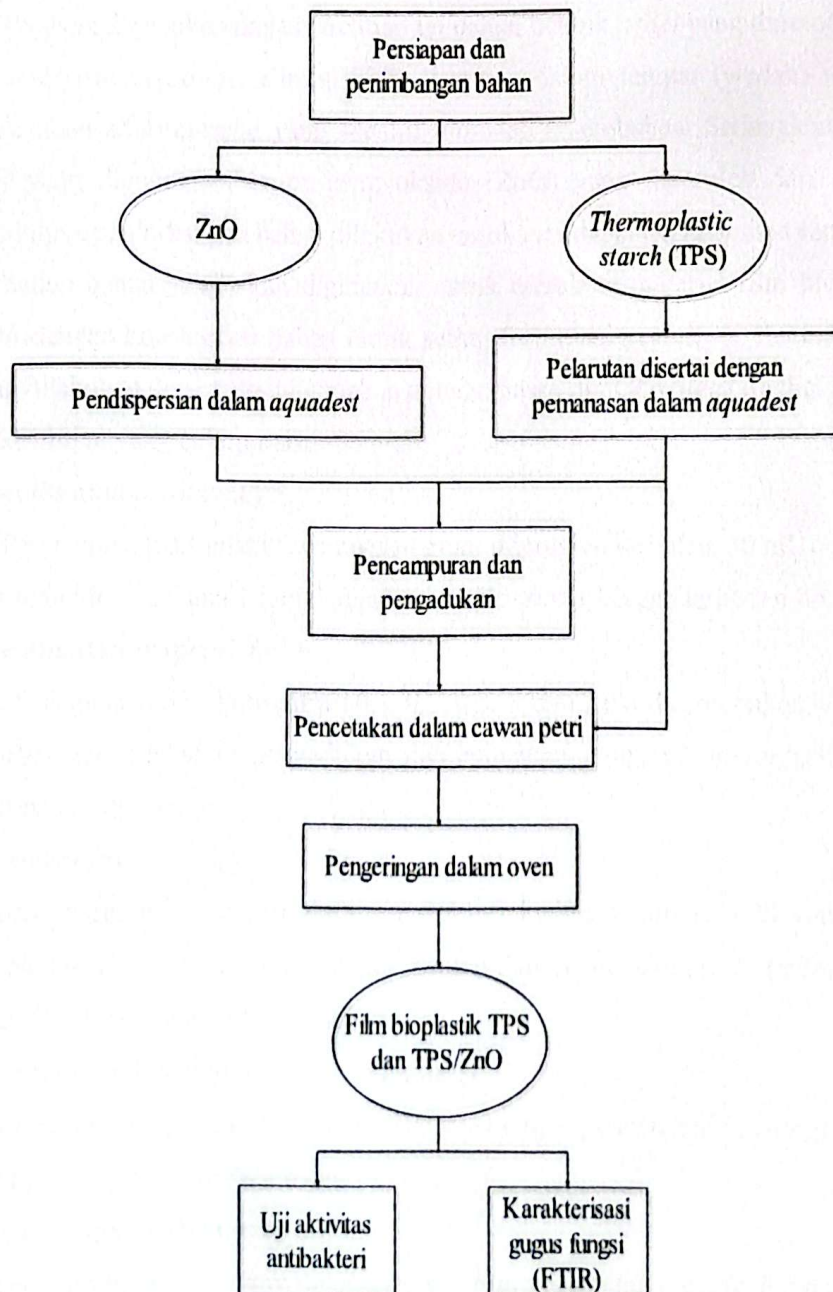
Sampel	TPS (gram)	ZnO (g/ phr)
TPS	4	-
TPS/ZnO 0,1 phr	4	0,004/0,1
TPS/ZnO 0,2 phr	4	0,008/0,2
TPS/ZnO 0,5 phr	4	0,02/0,5
TPS/ZnO 1 phr	4	0,04/1
TPS/ZnO 2 phr	4	0,08/2

#### 3.3.3 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini meliputi aktivitas antibakteri dan karakteristik gugus fungsi film bioplastik.

### 3.4 Proses Pembuatan Film Bioplastik

Proses pembuatan film bioplastik pada penelitian ini menggunakan metode *solvent casting*. Prosedur pembuatan film bioplastik dapat dilihat dalam diagram alir pembuatan film bioplastik TPS dan TPS/ZnO yang ditunjukkan pada gambar III.1.



Gambar III.1 Diagram Alir Pembuatan Film Bioplastik TPS dan TPS/ZnO

### 3.5 Prosedur Pembuatan Film Bioplastik TPS/ZnO

Tahap kerja dan proses penelitian ini disusun secara sistematis sesuai dengan diagram alir yang telah dipaparkan pada bagian diagram alir dari bab ini.

Prosedur atau tahapan kerja dari penelitian ini sebagai berikut.

#### 1. Persiapan dan Penimbangan Bahan

TPS yang digunakan pada penelitian ini dalam bentuk *pellet* yang diperoleh dari PT. Inter Aneka Lestari Kimia. TPS disimpan dalam tempat (wadah) tertutup dikarenakan sifat material yang sensitif terhadap kelembaban. Sedangkan bahan aditif yang digunakan berupa seng oksida (ZnO) yang diperoleh dari Merck. Selanjutnya penimbangan bahan dilakukan untuk mendapatkan kuantitas yang tepat dari setiap bahan yang akan digunakan untuk membuat material film bioplastik sesuai dengan konsentrasi bahan untuk setiap formulasi penelitian. Penimbangan bahan dilakukan dengan menggunakan neraca massa digital dengan tingkat akurasi dan ketelitian yang cukup baik.

#### 2. Pembuatan larutan TPS

TPS yang telah ditimbang sebanyak 4 gram dilarutkan ke dalam 30 mL *aquadest* pada suhu 90 °C selama 1 jam dengan *magnetic stirrer* hingga larut dan homogen.

#### 3. Pembuatan suspensi ZnO

ZnO dengan variasi konsentrasi 0,1, 0,2, 0,5, 1, dan 2 phr didispersikan ke dalam *aquadest* dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit pada suhu ruang.

#### 4. Pencampuran

Pada proses ini, suspensi ZnO dimasukkan kedalam larutan TPS yang telah membentuk *slurry* disertai dengan pemanasan dan pengadukan pada rentang suhu 70-75 °C selama 30 menit hingga homogen.

#### 5. Pencetakan (*casting*) dalam cawan petri

Proses ini merupakan proses penuangan sekaligus pencetakan (*casting*) larutan yang telah homogen ke dalam cawan petri.

#### 6. Pengeringan dalam oven

Proses ini bertujuan untuk mengeringkan film yang telah dicetak di dalam oven pada suhu 60 °C selama  $\pm 18$  jam.

### 3.6 Pengujian Film Bioplastik

#### 3.6.1 Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian aktivitas antimikroba dilakukan dengan menggunakan metode difusi. Metode ini bertujuan untuk mengetahui secara kualitatif ada tidaknya pengaruh partikel ZnO yang terdapat pada film bioplastik dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Pada pengujian ini, sebanyak 10  $\mu\text{L}$  sampel kultur bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dalam media cair *nutrient broth* (NB) diinokulasikan ke dalam media padat *Nutrient Agar* (NA). Film bioplastik dipotong menjadi bentuk cakram dengan diameter 5 mm kemudian ditempatkan diatas permukaan medium padat berupa agar yang sebelumnya telah ditanami dengan suspensi bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Setelah itu diperiksa ada tidaknya zona hambatan (zona bening) di sekitar area cakram film. Diameter zona bening diukur menggunakan alat ukur mistar berskala dalam satuan milimeter (mm). Pengukuran diameter zona bening atau zona hambat termasuk dengan diameter pada film (diameter keseluruhan), sehingga nilainya lebih besar dari diameter film. Jika tidak terdapat zona bening, maka diameter bernilai nol (Liu dkk, 2015).

#### 3.6.2 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR

Karakterisasi gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui komposisi/ gugus fungsi dari film bioplastik dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR) Shimadzu IRPrestige-21. Sampel yang siap diuji berbentuk lembaran film yang kemudian dimasukkan ke dalam tempat sampel pada mesin FTIR. Selanjutnya sampel ditembakkan dengan sinar *Infra Red* dan hasil serapan gugus fungsional dari senyawa yang ada akan terekam sebagai spektrum IR. Pengukuran pada spektrum inframerah dilakukan pada daerah cahaya inframerah tengah (*mid-infrared*) yaitu pada bilangan gelombang  $4000\text{ cm}^{-1} - 400\text{ cm}^{-1}$ .

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Aktivitas Antibakteri Film Bioplastik

Uji Aktivitas antibakteri pada film bioplastik bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya aktivitas pada film dalam menghambat atau mematikan pertumbuhan bakteri. Aktivitas antibakteri dapat ditentukan secara kualitatif melalui observasi panca indra dengan menggunakan metode difusi. Aktivitas antibakteri pada film ditandai dengan adanya zona bening di sekitar sampel film, dimana zona bening tersebut merupakan daerah yang menunjukkan fenomena daya hambat suatu material dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme. Pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* sebagai representatif dari jenis bakteri Gram positif dan negatif.

##### 4.1.1 Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*

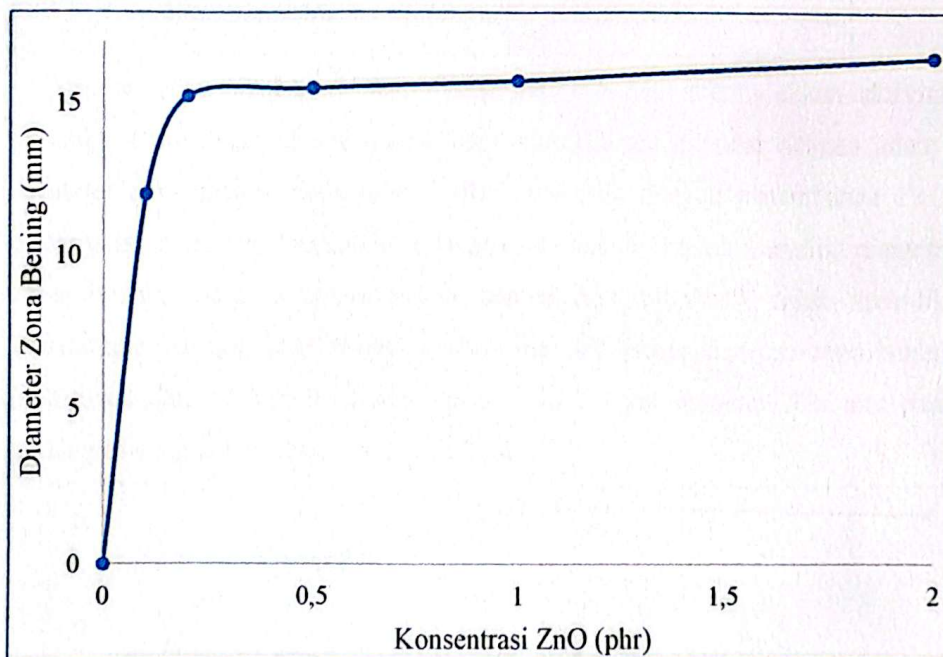
Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan pada seluruh sampel film bioplastik TPS/ZnO. Penambahan ZnO menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Hal ini ditandai dengan munculnya zona bening (inhibisi) pada setiap sampel yang mengandung ZnO. Identifikasi diameter zona bening pada sampel film bioplastik dengan penambahan ZnO dapat dilihat pada tabel IV.1.

**Tabel IV.1** Diameter Zona Bening Film Bioplastik pada Masing-Masing Konsentrasi ZnO dengan Bakteri Uji *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi ZnO (phr)	Diameter Zona Bening (mm)
0	0
0,1	12
0,2	15,25
0,5	15,5
1	15,75
2	16,5

Dari tabel IV.1 dapat diketahui bahwa pada film bioplastik tanpa penambahan ZnO tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* yang ditandai dengan tidak adanya zona bening di sekitar film. Diameter zona

bening terkecil terdapat pada konsentrasi ZnO terendah 0,1 phr yaitu sebesar 12 mm, sedangkan diameter terbesar terdapat pada konsentrasi ZnO tertinggi 2 phr yaitu sebesar 16,5 mm. Besar diameter zona bening berbeda pada setiap konsentrasi ZnO dan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ZnO dalam film bioplastik TPS.



**Gambar IV.1** Pengaruh Konsentrasi ZnO Terhadap Diameter Zona Bening pada Bakteri Uji *Staphylococcus aureus*

Berdasarkan gambar IV.1, dapat disimpulkan bahwa nilai diameter zona bening mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi ZnO dalam film bioplastik. Nilai diameter zona bening meningkat secara signifikan pada konsentrasi ZnO 0,2 phr dengan diameter 15,25 mm. Peningkatan nilai diameter zona bening mengindikasikan bahwa semakin baik aktivitas antibakteri dan semakin besar daya hambat dari film bioplastik TPS/ZnO terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*.

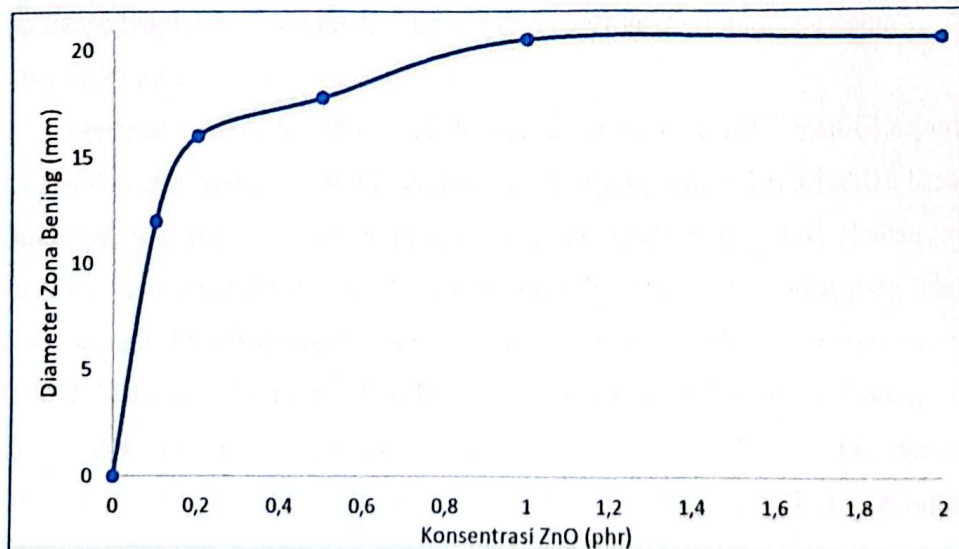
#### 4.1.2 Hasil Pengujian Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli*

Identifikasi zona bening pada sampel film bioplastik dengan penambahan ZnO berdasarkan uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dapat dilihat pada tabel IV.2.

**Tabel IV.2** Diameter Zona Bening Film Bioplastik pada Masing-Masing Konsentrasi ZnO dengan Bakteri Uji *Escherichia coli*

Konsentrasi ZnO (phr)	Diameter Zona Bening (mm)
0	0
0,1	12
0,2	16
0,5	17,75
1	20,5
2	20,5

Berdasarkan tabel IV.2, film Bioplastik TPS/ZnO menunjukkan aktivitas antibakteri melawan bakteri *Escherichia coli*. Hal ini ditandai dengan adanya diameter zona bening pada sampel film bioplastik dengan penambahan ZnO. Sedangkan untuk film bioplastik tanpa penambahan ZnO tidak memiliki diameter zona bening yang mengindikasikan bahwa film bioplastik tidak memiliki kemampuan menghambat bakteri *Escherichia coli*. Besar diameter zona bening meningkat dari 12 mm pada konsentrasi ZnO 0,1 phr menjadi 20,5 mm pada masing-masing konsentrasi ZnO 1 dan 2 phr.



**Gambar IV.2** Pengaruh Konsentrasi ZnO Terhadap Diameter Zona Bening pada Bakteri Uji *Escherichia coli*

Berdasarkan gambar IV.2, terlihat bahwa konsentrasi ZnO dalam film bioplastik mempengaruhi besar diameter zona bening. Nilai diameter zona bening cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi ZnO dalam film bioplastik. Peningkatan nilai diameter zona bening secara signifikan terjadi pada konsentrasi ZnO 0,2 dan 1 phr dengan diameter masing-masing sebesar 16 dan 20,5

mm. Pada konsentrasi ZnO 2 phr, nilai diameter zona bening cenderung tetap, tidak mengalami peningkatan. Menurut Aryanti dkk. (2012), diameter zona hambat tidak selalu naik cenderung dengan naiknya konsentrasi antibakteri, kemungkinan ini terjadi karena perbedaan kecepatan difusi senyawa antibakteri pada media agar serta jenis dan konsentrasi senyawa antibakteri yang berbeda.

Secara keseluruhan, diameter zona bening terhadap bakteri uji *Escherichia coli* cenderung lebih besar dibandingkan dengan *Staphylococcus aureus*. Hal ini menunjukkan bahwa film bioplastik TPS/ZnO memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik terhadap bakteri Gram negatif (*Escherichia coli*). Hal serupa dilaporkan oleh Mirjaili dan Ardekani (2018), dimana zona bening (inhibisi) terhadap bakteri *Escherichia coli* lebih besar dibandingkan dengan *Staphylococcus aureus* dengan nilai zona bening masing-masing sebesar 28 dan 24 mm. Resistensi logam oksida yang lebih besar terhadap bakteri *Escherichia coli* juga dilaporkan oleh Liu dkk. (2015) yang menggunakan TiO<sub>2</sub> dan didapatkan hasil diameter zona bening terbesar terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* masing-masing 13,34 dan 11,94 mm.

Menurut Applerot dkk. (2009) pada bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* memiliki dinding sel tebal yang terdiri dari sejumlah besar mukopeptida serta komponen permukaan asam lipoteikoat (LTA). Selain itu pigmen karotenoid *Staphylococcus aureus* memiliki resistensi oksidan yang lebih kuat karena dilengkapi dengan agen detoksifikasi yang lebih kuat seperti enzim antioksidan, yaitu katalase. Disisi lain, bakteri Gram negatif memiliki dinding sel yang relatif tipis dengan peptidoglikan yang memiliki ketebalan 7-8 nm. Hal ini membuat partikel ZnO dapat dengan mudah melewati peptidoglikan sehingga sangat rentan terhadap kerusakan (Sirelkhathim dkk, 2015).

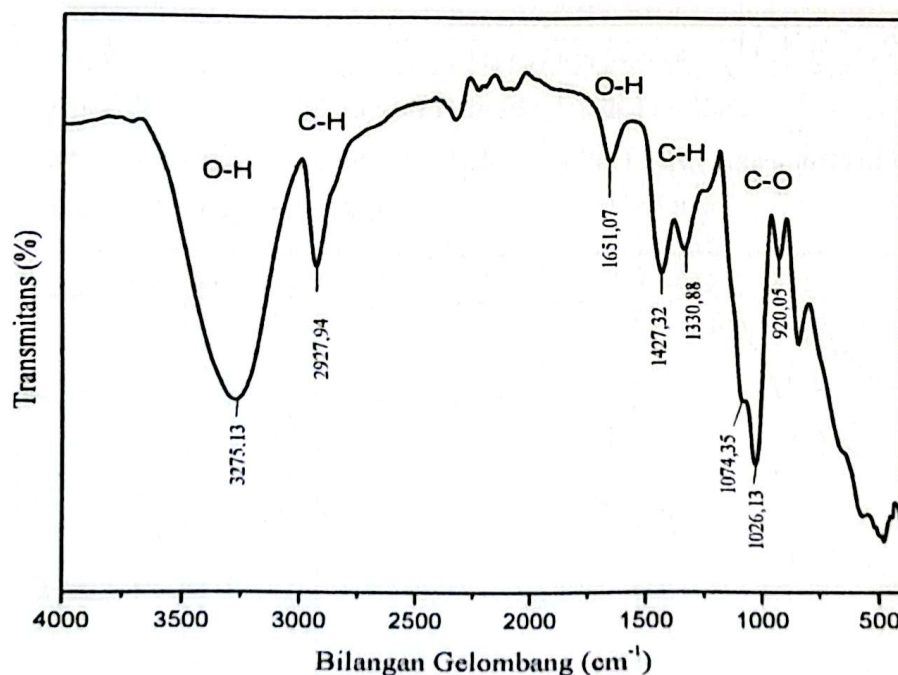
#### **4.2 Karakteristik Gugus Fungsi Film Bioplastik**

Untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi dari film bioplastik TPS/ZnO digunakan alat FTIR. FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan metode yang menggunakan teknik spektroskopi inframerah untuk mendapatkan spektrum inframerah sehingga dapat diketahui konsentrasi kimia dan gugus fungsional pada sampel. Pengukuran pada spektrum inframerah dilakukan pada daerah cahaya

inframerah tengah (*mid-infrared*) yaitu pada bilangan gelombang  $4000\text{ cm}^{-1} - 400\text{ cm}^{-1}$ . Energi yang dihasilkan oleh radiasi akan menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul. Energi di mana setiap puncak dalam spektrum absorpsi muncul sesuai dengan frekuensi getaran dari bagian molekul sampel.

#### 4.2.1 Hasil Pengujian FTIR Sampel Film Bioplastik TPS

Identifikasi gugus fungsi film bioplastik TPS dapat dilihat melalui hasil spektrum FTIR pada gambar IV.1.



Gambar IV.3 Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS

Berdasarkan gambar IV.3, spektrum FTIR pada film TPS menunjukkan puncak serapan pada bilangan gelombang  $3275,13\text{ cm}^{-1}$  dan  $2927,94\text{ cm}^{-1}$  yang masing-masing merupakan vibrasi O-H *stretching* dan C-H *stretching* dari gugus metilen ( $-\text{CH}_2$ ) (Kaewtatip & Tanrattanukul, 2008). Puncak karakteristik pati tampak pada bilangan gelombang  $1074,35\text{ cm}^{-1}$ ,  $1026,13\text{ cm}^{-1}$ , dan  $920,05\text{ cm}^{-1}$  yang dikaitkan dengan ikatan C-O *stretching* dari gugus  $-\text{COC}$  pada ikatan glikosidik pati (Mantovan, dkk, 2018). Kehadiran ikatan C-H *bending* juga ditunjukkan pada bilangan gelombang  $1330,88\text{ cm}^{-1}$  dan  $1427,32\text{ cm}^{-1}$  (Mantovan, dkk, 2018). Selain itu, vibrasi ikatan O-H *bending* terdapat pada bilangan gelombang  $1651,07\text{ cm}^{-1}$  (Kaewtatip & Tanrattanukul, 2008). Spektrum FTIR film bioplastik TPS terdapat

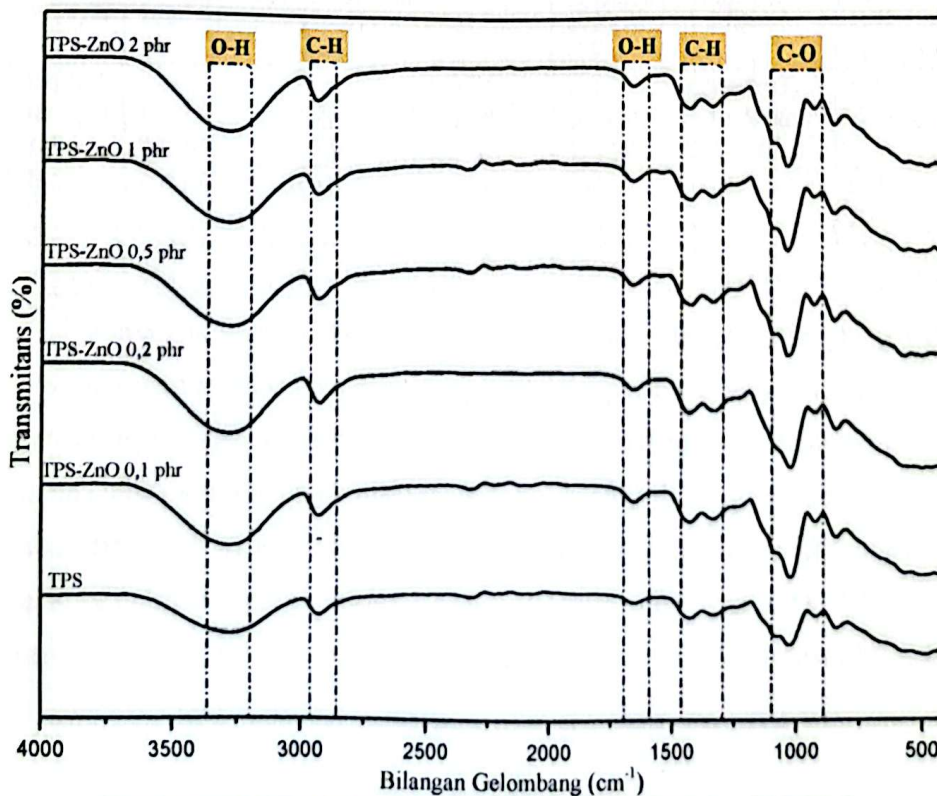
pada lampiran A. Berikut ini bilangan gelombang dan jenis ikatan film bioplastik TPS yang dirangkum pada tabel IV.1.

**Tabel IV.3** Bilangan Gelombang dan Jenis Ikatan Film Bioplastik TPS

Standar Kisaran Pita Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ ) Sumber: Kaewtatip & Tanrattanakul (2008); Mantovan dkk. (2018)	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) Pada Penelitian Ini	Jenis Ikatan
3600-3000	3275,13	O-H <i>Stretching</i>
2933	2927,94	C-H <i>Stretching</i>
1200-900	1074,35, 1026,13, dan 920,05	C-O <i>Stretching</i>
1653	1651,07	O-H <i>Bending</i>
1400-1300	1427,37 dan 1330,88	C-H <i>Bending</i>

#### 4.2.2 Hasil Pengujian FTIR Sampel Film Bioplastik TPS/ZnO

Identifikasi gugus fungsi film bioplastik TPS/ZnO dapat dilihat melalui hasil spektrum FTIR pada gambar IV.2.



**Gambar IV.4** Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS dan TPS/ZnO

Berdasarkan gambar IV.4, spektrum pada film bioplastik setelah penambahan ZnO menunjukkan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang (3278,99-3273,20)  $\text{cm}^{-1}$  dan (2929,87-2927,94)  $\text{cm}^{-1}$  yang masing-masing merupakan ikatan O-H *stretching* dan C-H *stretching*. Ikatan C-O *stretching* yang merupakan puncak

karakteristik pati ditunjukkan pada bilangan gelombang (1031,92-921,97)  $\text{cm}^{-1}$ . Kehadiran ikatan C-H *bending* ditunjukkan pada puncak serapan (1332,81-1328,95)  $\text{cm}^{-1}$  dan (1427,32-1421,54)  $\text{cm}^{-1}$ . Selain itu, kehadiran ikatan O-H *bending* juga ditunjukkan pada bilangan gelombang (1653-1651,07)  $\text{cm}^{-1}$ . Spektrum dan bilangan gelombang pada masing-masing variasi konsentrasi ZnO terdapat pada lampiran A. Berikut ini bilangan gelombang dan jenis ikatan pada film bioplastik TPS dan TPS/ZnO yang dirangkum pada tabel IV.2.

**Tabel IV.4** Bilangan Gelombang dan Jenis Ikatan Film Bioplastik TPS dan TPS/ZnO

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )						Jenis Ikatan
TPS	TPS/ZnO (0,1 phr)	TPS/ZnO (0,2 phr)	TPS/ZnO (0,5 phr)	TPS/ZnO (1 phr)	TPS/ZnO (2 phr)	
3275,13	3275,13	3277,06	3273,20	3277,06	3278,99	O-H <i>Stretching</i>
2927,94	2927,94	2926,01	2927,94	2929,87	2929,87	C-H <i>Stretching</i>
1074,35	-	-	1083,99	-	1082,07	C-O <i>Stretching</i>
1026,13	1022,27	1022,27	1028,06	1031,92	1028,06	C-O <i>Stretching</i>
920,05	921,97	921,97	921,97	921,97	923,90	
1651,07	1651,07	1651,07	1651,07	1653	1651,07	O-H <i>Bending</i>
1427,37	1425,40	1429,25	1423,47	1421,54	1423,47	C-H <i>Bending</i>
1330,88	1332,81	1328,95	1332,81	1332,81	1330,88	

Berdasarkan gambar dan tabel IV.2, spektrum FTIR pada film bioplastik TPS/ZnO menunjukkan pola gugus fungsi dan bilangan gelombang yang tidak jauh berbeda dengan hasil FTIR film bioplastik TPS. Penambahan ZnO tidak mengubah ikatan kimia pada film bioplastik TPS, hal ini dapat terjadi karena konsentrasi ZnO dalam film TPS yang relatif rendah. Tidak adanya gugus fungsi dan bilangan gelombang baru yang muncul pada spektrum film bioplastik TPS/ZnO mengindikasikan bahwa ZnO hanya berinteraksi secara fisik dengan matriks TPS.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada data hasil pengujian serta analisa data, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Penambahan ZnO memberikan pengaruh terhadap aktivitas antibakteri pada film bioplastik TPS terhadap bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan Gram negatif (*Escherichia coli*) yang ditandai dengan adanya zona bening di sekitar film. Nilai diameter zona bening pada film cenderung meningkat seiring bertambahnya konsentrasi ZnO dalam film. Diameter zona bening terbesar terhadap bakteri uji *Staphylococcus aureus* yakni 16,5 mm pada konsentrasi ZnO 2 phr, sedangkan terhadap bakteri uji *Escherichia coli* diameter zona bening terbesar dicapai pada konsentrasi ZnO 1 dan 2 phr dengan diameter sebesar 20,5 mm.
2. Penambahan ZnO sebanyak 0,1, 0,2, 0,5, 1, dan 2 phr tidak mempengaruhi gugus fungsi dari film bioplastik TPS.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan analisis data hasil penelitian, didapatkan saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan uji morfologi untuk melihat distribusi penyebaran dari partikel ZnO.
2. Perlu dilakukan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan dan kekakuan pada film.

## DAFTAR PUSTAKA

- Applerot, G., Lipovsky, A., Dror, R., Perkas, N., Nitzan, Y., Lubart, R., & Gedanken, A. (2009). Enhanced Antibacterial Activity of Nanocrystalline ZnO Due to Increased ROS-Mediated Cell Injury. *Advanced Functional Materials*, 19, 842-852.
- Aripin, S., Saing, B., & Kustiyah, E. (2017). Study Pembuatan Bahan Alternatif Plastik *Biodegradable* Dari Pati Ubi Jalar Dengan Plasticizer Gliserol Dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknik Mesin*, 6, 79-84.
- Aryanti, N. K., Darmawangsa, I. B., & Sudirga, S. K. (2012). Daya Hambat Ekstrak Kulit Daun Lidah Buaya (*Aloe barbadensis* Miller) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922. *Jurnal Biologi*, 1-4.
- Ashter, S. A. (2016). *Introduction to Bioplastics Engineering*. Kidlington, Oxford, UK: Elsevier, Inc.
- Averous, L. (2013). Synthesis, Properties, Environmental and Biomedical Applications Poly(lactic Acid). Dalam *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics* (hal. 172). Amsterdam: Elsevier, Inc.
- Carvalho, A. (2013). Starch: Major Sources, Properties and Applications as Thermoplastic Material. Dalam *Handbook of Biopolymers and Biodegradable Plastics*. Amsterdam: Elsevier, Inc.
- Chanda, M. (2006). *Introduction to Polymer Science and Chemistry: A problem Solving Approach*. Boca Raton, London, New York: Taylor & Francis Group, LCC.
- Chang, B. P., Akil, H., Nasir, R., Bandara, & Rajakpase, S. (2013). The Effect of ZnO Nanoparticles on The Mechanical, Tribological and Antibacterial Properties of Ultra High Molecular Weight Polyethylene. *Journal of Reinforcement Plastics and Composites*.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfirah, M. R. (2014). Pembuatan Film Plastik Biodegradabel Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan dan Pemlastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4), 22-30.

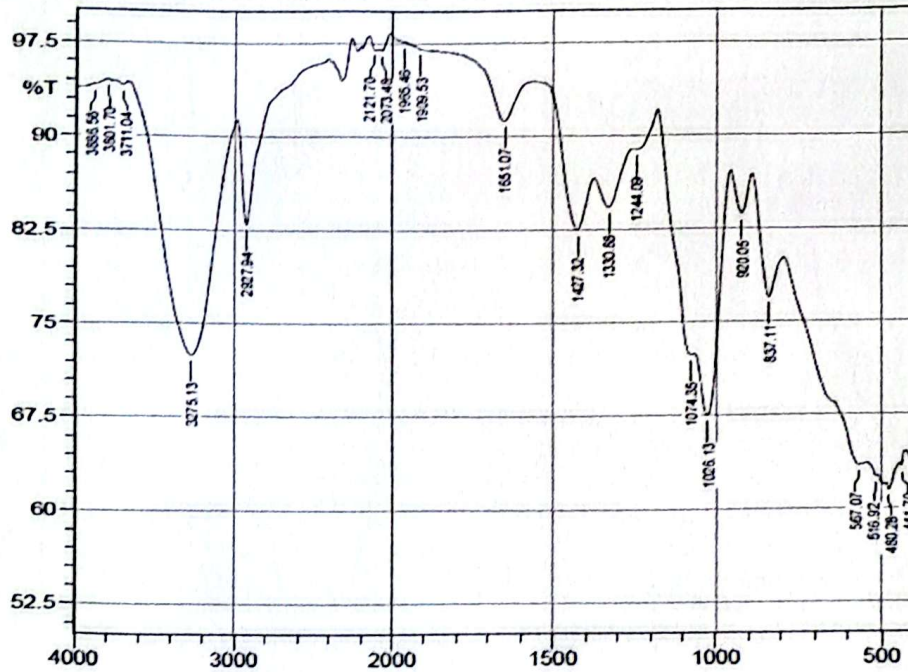
- Espitia, P. J., Soares, N., Andrade, J., & Medelros, R. (2012). Zinc Oxide Nanoparticles: Synthesis, Antimicrobial Activity and Food Packaging Applications. *Food Bioprocess Technology*, 5, 1447-1464.
- Gus, L., Fama, L., Candal, L., & Goyanes, S. (2016). Size Effect of ZnO Nanorods On Physicochemical Properties Of Plasticized Starch Composites. *Carbohydrate Polymers*.
- Jawetz, M., & Aldeberg. (2013). *Microbiology Medical*. US: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Kaewtatip, K., & Tanrattanakul, V. (2008). Preparation of Cassava Starch Grafted With Polystyrene By Suspension Polymerization. *Carbohydrate Polymers*, 78, 647-655.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). Potensi Pengembangan Plastik *Biodegradable* Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 36(2), 67-76.
- Kim, S., & Song, K. B. (2018). Antimicrobial Activity of Buckwheat Starch Film Containing Zinc Oxide Nanoparticles Against *Listeria monocytogenes* on Mushrooms. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Kun, E., & Malrossy, K. (2013). Evaluation Methods of Antimicrobial Activity of Plastics. *Material Science Forum*, 749, 430-435.
- Liu, C., Xiong, H., Chen, X., Lin, S., & Tu, Y. (2015). Effects of Nano-TiO<sub>2</sub> on The Performance of High Amylose Starch Based Antibacterial Films. *Journal of Applied Polymer Science*, 1-7.
- Lopez-Carballo, G., Gomez-estaca, & Catala, R. (2012). Active Antimicrobial Food and Beverage Packaging. Dalam *Emerging Food Packaging Technologies* (hal. 45-47). Woodhead Publishing.
- Ma, J., Zhu, W., Tian, Y., & Wang, Z. (2016). Preparation of Zinc Oxide-Starch Nanocomposite and Its Application on Coating. *Nanoscale Research Letters*.
- Mantovan, J., Bersaneti, G. T., Faria-Tischer, P., Celligoi, M. A., & Mali, S. (2018). Use of Microbial Levan in Edible Films Based on Cassava Starch. *Food Packagig and Shelf Life*, 31-36.

- Merck Millipore. (2019). Dipetik Juni 14, 2019, dari [http://www.merckmillipore.com/ID/id/product/Zinc-oxide,MDA\\_CHEM-108846](http://www.merckmillipore.com/ID/id/product/Zinc-oxide,MDA_CHEM-108846)
- Mirjaili, F., & Ardekani, A. (2017). Preparation and Characterization of Starch Film Accompanied With ZnO Nanoparticles. *Journal of Food Process Engineering*.
- Nafchi, A. M., Alias, A. K., Mahmud, S., & Robal, M. (2012). Antimicrobial, Rheological, and Physicochemical Properties of Sago Starch Films Filled with Nanorod-rich Zinc Oxide. *Journal of Food Engineering*, 511-519.
- Nafchi, A. M., Moradpour, M., Saeidi, M., & Alias, A. K. (2013). Thermoplastic Starches: Properties, Challenges, and Prospects. *Starch/Starke*, 65, 61-72.
- Novarini, & Wahyudi. (2011). Sintesis Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) Menggunakan Surfaktan Sebagai Sabilisator dan Aplikasinya Pada Pembuatan Tekstil Anti Bakteri. *Balai Besar Tekstil*, 81-87.
- Pranamuda, H., Tokiwa, Y., & Tanaka, H. (1996). Poliester Aliatik Sebagai Bahan Baku Plastik Ramah Lingkungan. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Mater*, (hal. 318-322).
- PT. Inter Aneka Lestari Kimia. (2019). Material Safety Data Sheet (MSDS) Product: Enviplast Pellet (Bio-based Composite). *ENVIPLAST for Greener Future*.
- Radzimska, A. K., & Jesionowski, T. (2014). Zinc Oxide-From Synthesis to Application: A review. *Materials*, 7, 2833-2881.
- Saptorahardjo, A. (2016). Enviplast: Starch Based Bioplastik Compound. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik Ke-5*.
- Siburian, R., Simbolon, T. R., Sebayang, K., Simanjuntak, K., Marpaung, H., & Wirjosentono, B. (2017). *Polimer Ilmu Material*. Medan: USU press.
- Sirelkhatim, A., Mahmud, S., Seeni, A., Kaus, N. H., Ann, C. L., Bakhori, S. K., Mohamad, D. (2015). Review on Zinc Oxide Nanoparticles: Antibacterial Activity and Toxicity Mechanism. *Nano-Micro Lett*, 7(3), 219-242.
- Stuart, B. (2004). *Infrared Spectroscopy: Fundamental and Applications*. John Wiley & Sons, Inc.

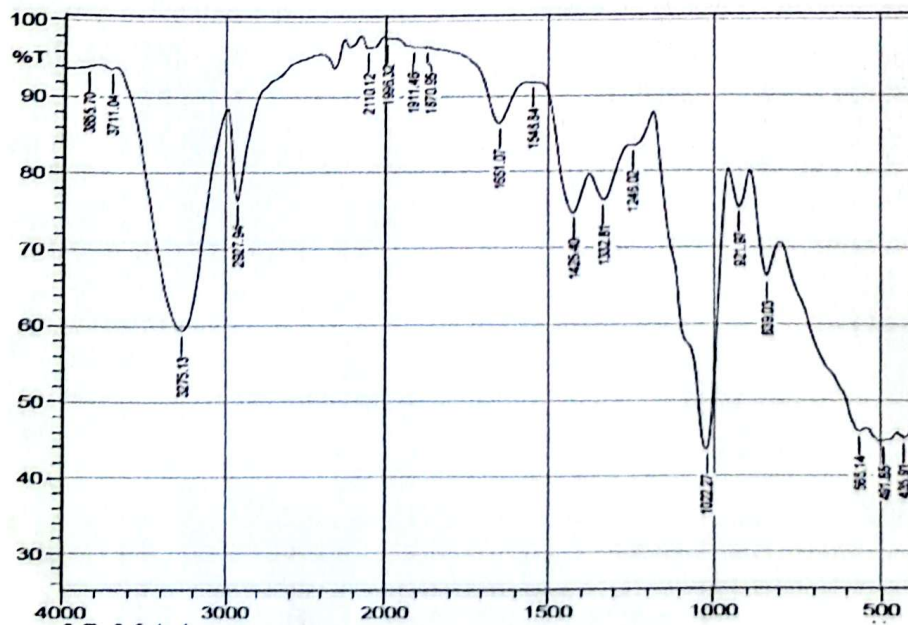
- Ucankus, G., Ercan, M., Uzunoglu, D., & Culha, M. (2018). Methods for Preparation of Nanocomposites in Environmental Remediation. Dalam *New Polymer Nanocomposites for Environmental Remediation* (hal. 13-14). Elsevier, Inc.
- Warsiki, E., & Bawardi, J. T. (2018). Assesing Mechanical and Antimicrobial Activity of Zinc Oxide-Starch Biofilm. *Earth and Enviromental Science*.
- Winursito, I. (2013). Perkembangan Penelitian dan Pemakaian Plastik *Biodegradable* di Indonesia. *Jurnal Riset Industri*, 7(3), 251.
- Wypych, G. (2016). *Handbook of Polymers* (2nd ed.). Toronto: ChemTech Publishing.

## LAMPIRAN A

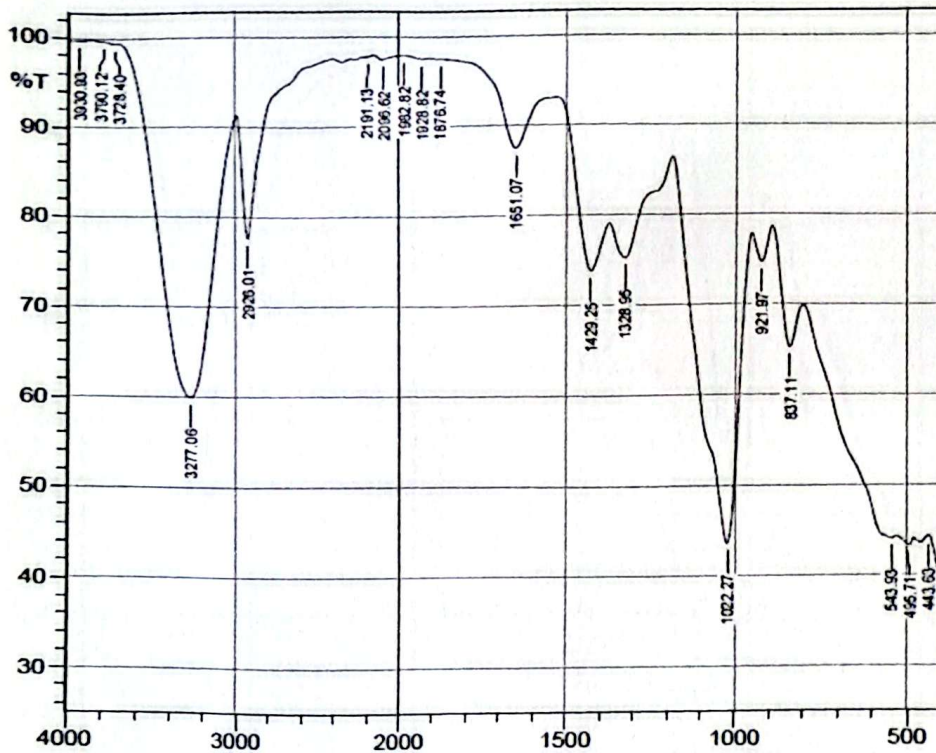
### GAMBAR HASIL PENGUJIAN FTIR



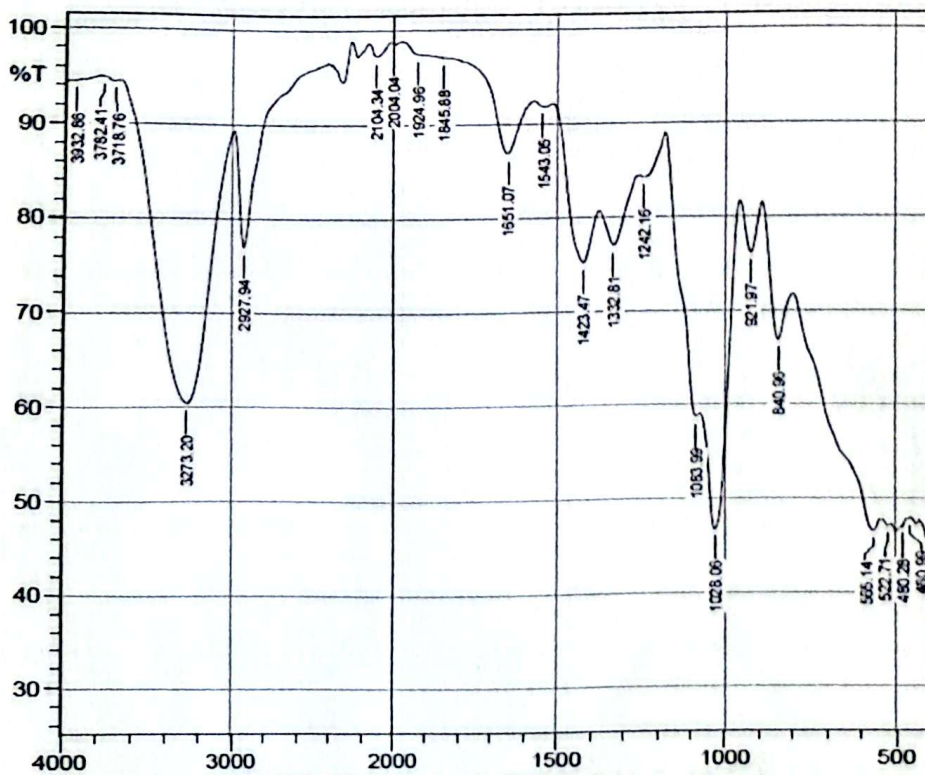
Spektrum FTIR Film Biplastik TPS



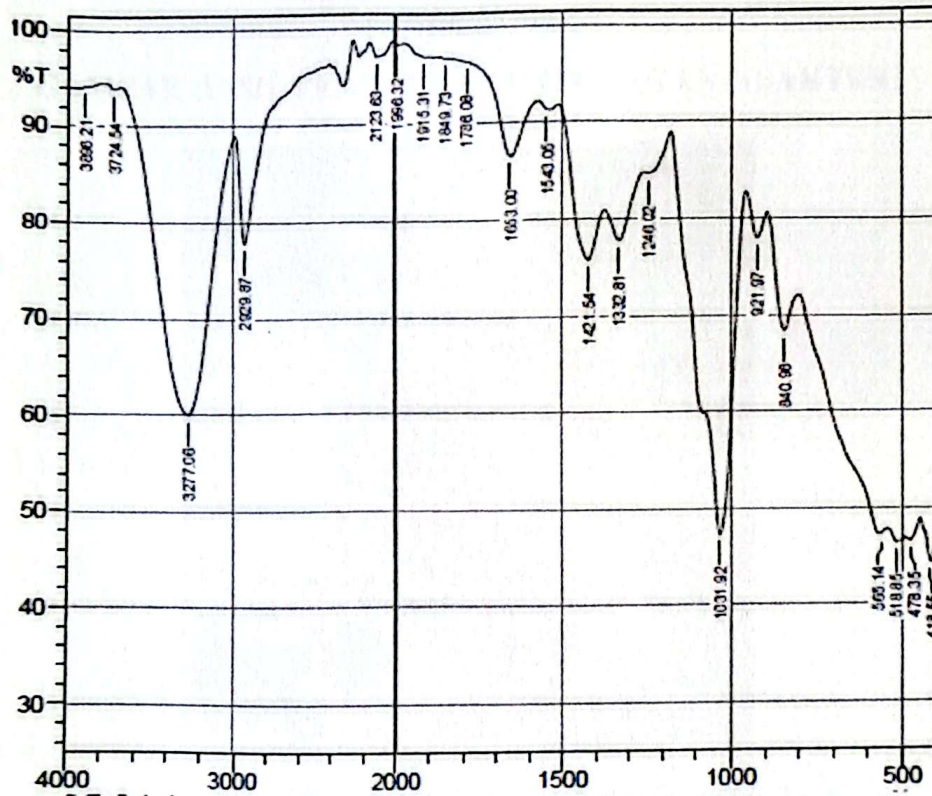
Spektrum FTIR Film Biplastik TPS/ZnO Variasi 0,1 phr



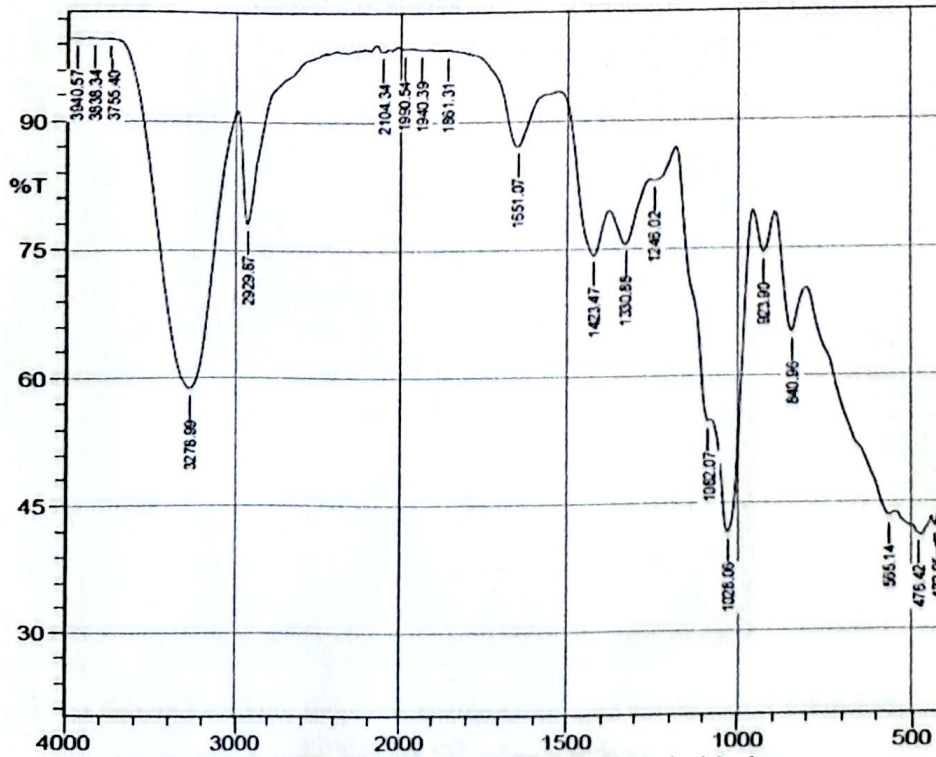
Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS/ZnO Variasi 0,2 phr



Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS/ZnO Variasi 0,5 phr



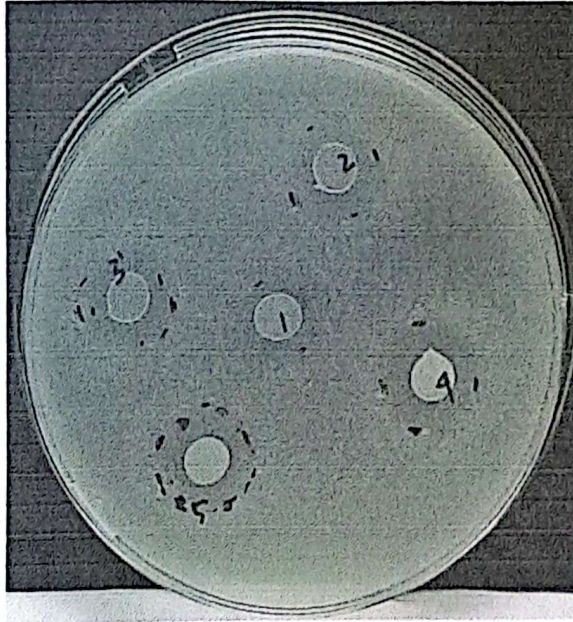
Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS/ZnO Variasi 1 phr



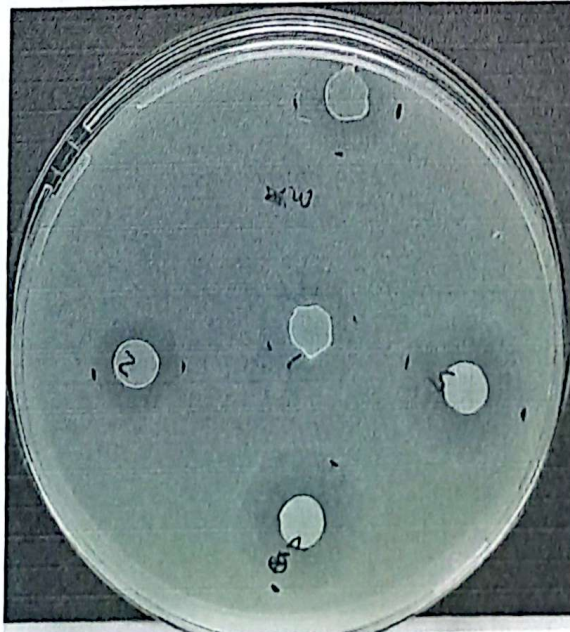
Spektrum FTIR Film Bioplastik TPS/ZnO Variasi 2 phr

## LAMPIRAN B

### GAMBAR HASIL PENGUJIAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI




Zona Bening Pada Film Bioplastik Berdasarkan Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*



Zona Bening Pada Film Bioplastik Berdasarkan Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Escherichia coli*

**LAMPIRAN C**  
**HASIL ANALISA PSA**

 <b>LIPI</b>	<b>LABORATORIUM</b> <b>PUSAT PENELITIAN KIMIA</b> <b>LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA</b>
	<b>HASIL ANALISA PARTICLE SIZE DISTRIBUTION ANALYZER</b> <b>HORIBA LA-960</b>

**Laporan hasil pengujian**

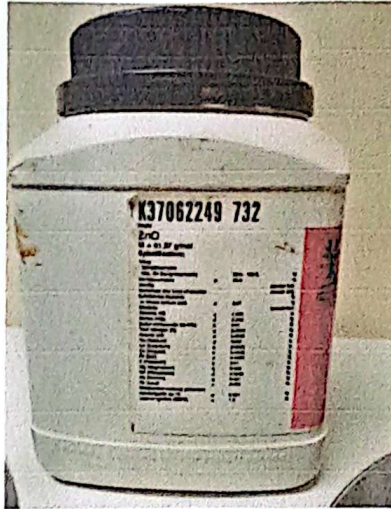
Tanggal	: 15 April 2019
Parameter Analisa	: Ukuran Partikel (Mikro)
Nomor Memo	: 0241 LPPK IV 2019

**Hasil Analisa**

Sampel	ZnO Merck (190410-0675)		
Pengukuran 1	10,73402 $\mu\text{m}$	Pengukuran 4	10,07011 $\mu\text{m}$
Pengukuran 2	10,28414 $\mu\text{m}$	Pengukuran 5	10,46000 $\mu\text{m}$
Pengukuran 3	10,34156 $\mu\text{m}$	Pengukuran 6	10,29924 $\mu\text{m}$
Hasil rata-rata :	10,36485 $\pm$ 0,18088 $\mu\text{m}$		

Ukuran partikel ZnO Berdasarkan Analisa PSA (*Particle Size Analyzer*)

**LAMPIRAN D**  
**GAMBAR BAHAN**



Seng Oksida (ZnO)



*Thermoplastic Starch (Pati Termoplastik)*



*Media Nutrient Agar (NA)*

LAMPIRAN E  
GAMBAR ALAT



Timbangan Analitis

*Magnetic/ Hotplate Stirrer*



Oven

LAMPIRAN E  
GAMBAR ALAT



Timbangan Analitis

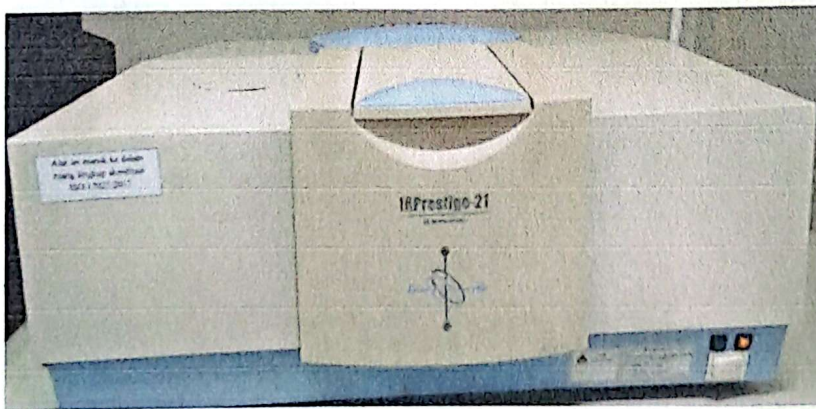
*Magnetic/ Hotplate Stirrer*



Oven



*Autoclave*



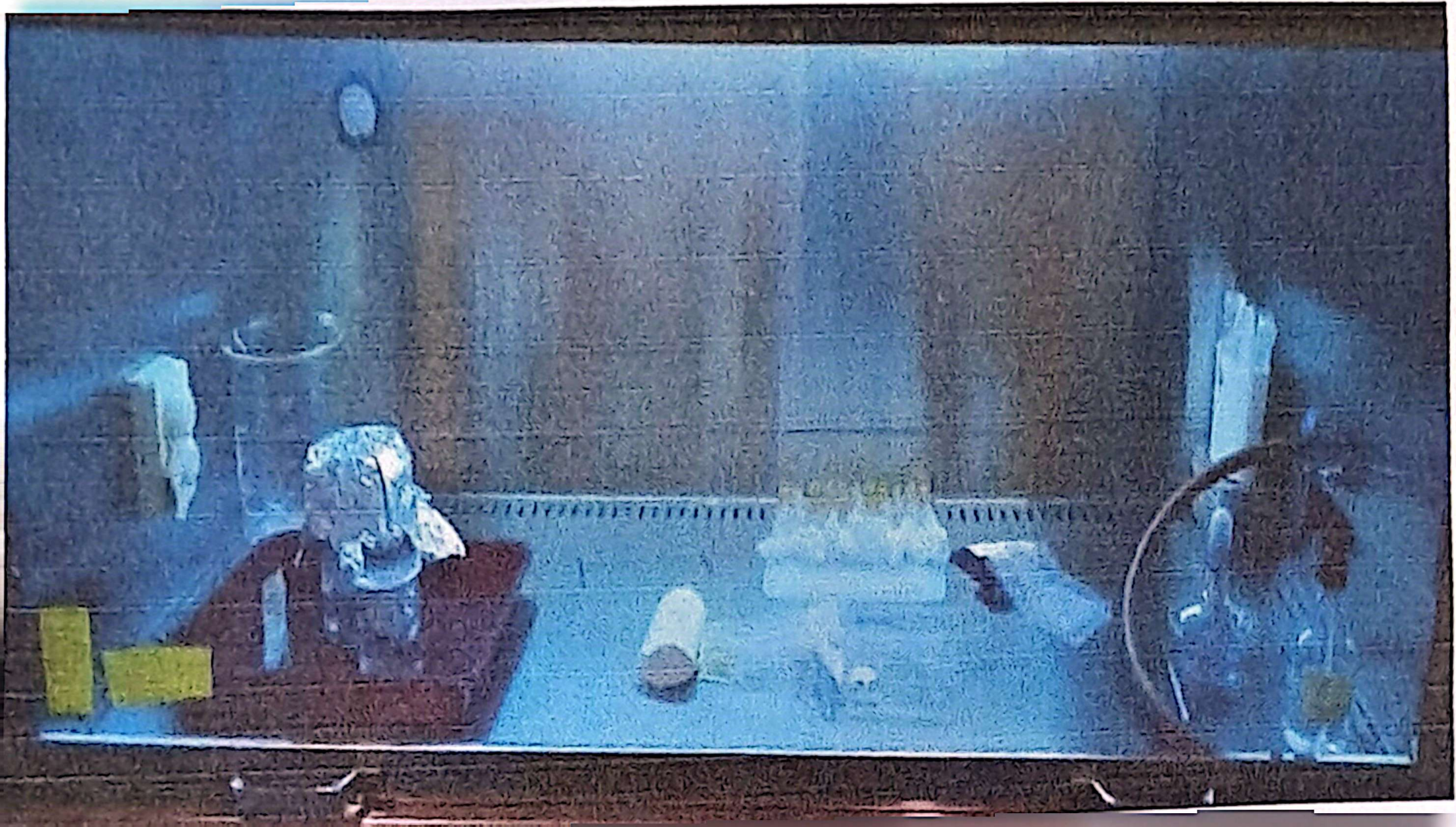
FTIR



*Incubator JP Selecta Incudigit-TFT*



*Shaking Incubator LabTech LSI-5002M*



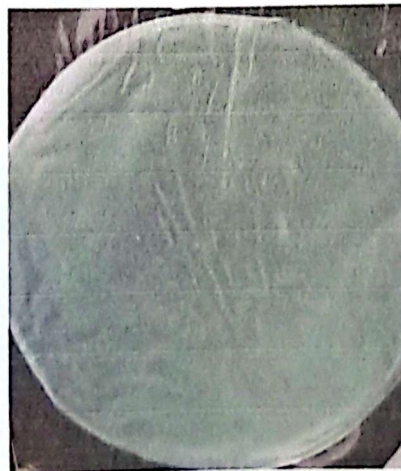
**LAMPIRAN F**  
**GAMBAR HASIL SAMPEL**



Film Bioplastik TPS



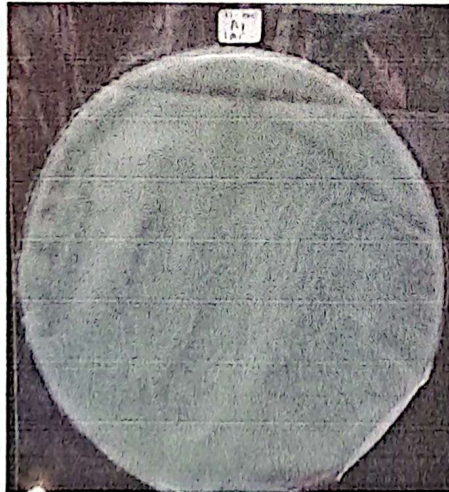
Film Bioplastik TPS/ZnO 0,1 phr



Film Bioplastik TPS/ZnO 0,2 phr



Film Bioplastik TPS/ZnO 0,5 phr



Film Bioplastik TPS/ZnO 1 phr



Film Bioplastik TPS/ZnO 2 phr

## LAMPIRAN G

### PERHITUNGAN

Konversi phr ke gram dengan basis TPS 4 gram.

- $\text{ZnO } 0,1 \text{ phr} = 4 \times \frac{0,1}{100} = 0,004 \text{ gram.}$
- $\text{ZnO } 0,2 \text{ phr} = 4 \times \frac{0,2}{100} = 0,008 \text{ gram.}$
- $\text{ZnO } 0,5 \text{ phr} = 4 \times \frac{0,5}{100} = 0,02 \text{ gram.}$
- $\text{ZnO } 1 \text{ phr} = 4 \times \frac{1}{100} = 0,04 \text{ gram.}$
- $\text{ZnO } 2 \text{ phr} = 2 \times \frac{2}{100} = 0,08 \text{ gram.}$