

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF TiO<sub>2</sub> TERHADAP**  
**AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN GUGUS FUNGSI *BIOFILM***  
***THERMOPLASTIC STARCH* (TPS)**  
**DI PUSAT PENELITIAN KIMIA LIPI**  
**(Februari 2019 – Juni 2019)**



**DATA BUKU PERPUSTAKAAN**

Tgl Terima

10/08/2022

No Induk Buku

558/TKP/SB/TA/22

**OLEH :**

**ZULFA ROSARIA NUR**

**1515031**

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

**SUMBANGAN ALUMNI**

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

**AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF  $TiO_2$  TERHADAP AKTIVITAS  
ANTIBAKTERI DAN GUGUS FUNGSI *BIOFILM THERMOPLASTIC  
STARCH (TPS)*

DISUSUN OLEH :  
NAMA : ZULFA ROSARIA NUR  
NIM : 1515031  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

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

Jakarta, Juli 2019

Menyetujui,

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA  
NIDK. 8873590019

Ir. Roosmariharso, MBA  
NIDK. 8873590019

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

### JUDUL TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF  $\text{TiO}_2$  TERHADAP AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN GUGUS FUNGSI *BIOFILM THERMOPLASTIC STARCH* (TPS)

DISUSUN OLEH :  
NAMA : ZULFA ROSARIA NUR  
NIM : 1515031  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer pada KIMIA LIPI, Serpong.

Tangerang, Juli 2019

Telah diperiksa dan disetujui oleh  
Pembimbing Lapangan



Muhammad Ghozali, M.T.

NIP. 1980122522005021002

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

JUDUL TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF  $TiO_2$  TERHADAP AKTIVITAS  
ANTIBAKTERI DAN GUGUS FUNGSI *BIOFILM THERMOPLASTIC  
STARCH (TPS)*

DISUSUN OLEH :  
NAMA : ZULFA ROSARIA NUR  
NIM : 1515031  
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir Penelitian Program Studi  
Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Selasa, 6 Agustus 2019

Jakarta, Agustus 2019

Mengetahui,

Penguji I



Dr. Erfina Oktariani, S.T, M.T.

NIP. 198210012014022001

Penguji III



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

NIP. 198505112014022001

Penguji II



Dr. Ir. Lintong Sopandi H, MS.ChE.

NIP. 195803221986031002

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA

NIDK. 8873590019



## POLITEKNIK STMI JAKARTA

d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI

J. Lajen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510  
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206  
www.stmi.ac.id



Nomor : 093 /SJ-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.	Zulfa Rosaria Nur	1515031	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. Rizky Kramadinda, S.Kom, M.T  
NIP: 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Peninggal



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

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

Tangerang Selatan, 01 Februari 2019

Nomor : B- 019 /IPT.2/KS.02/2019  
Sifat : Biasa  
Lamp. : -  
Perihal : Permohonan Izin Penelitian

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

Menjawab surat dari Pembantu Rektor I-Politeknik STMI Jakarta, nomor 093/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 : Zulfa Rosaria Nur  
NIM : 1515031

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.



Pusat Penelitian Kimia - LIPI

W. R. Abdul Anis Lelono, Ph.D

- Tembusan :
- 1 Koordinator Keltian Kimia Polimer -PP Kimia – LIPI
  - 2 Muhammad Ghozali, MT
  - 3 Arsip

## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR



Nama : Zulfa Rosaria Nur

Nim : 1515031

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penambahan Aditif  $\text{TiO}_2$  terhadap Aktivitas Antibakteri dan Gugus Fungsi *Biofilm Thermoplastic Starch* (TPS)

Dosen Pembimbing : Ir. Roosmariharso, MBA.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
1. 14/05/19	I II	Pendahuluan, latar belakang dll Tinjauan pustaka, plastik dll	re
2. 17/05/19	II III	Tinjauan pustaka, plastik dll Variabel tetap & bebas, Diagram alir	re
3. 29/05/19	III	diagram alir, Karakterisasi pengujian	re
4. 11/06/19	I II	Pendahuluan, Latar belakang tinjauan pustaka.	re
5. 17/06/19	I II	- latar belakang dll - tinjauan pustaka	re
6. 23/06/19	IV	Hasil dan pembahasan Antibakteri	re
7. 24/06/19	IV	Hasil dan pembahasan gugus fungsi	re
8. 25/06/19	IV	Hasil dan pembahasan Antibakteri & gugus fungsi	re
9. 1/07/19	IV	- Hasil dan pembahasan Antibakteri & gugus fungsi	re

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
10. 3/07/14	I II III IV V	- pendahuluan - tinjauan pustaka - metode penelitian - hasil dan pembahasan - penutup	
11. 10/07/14	*	- Rensi PPT.	

Menyetujui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso. MBA  
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso. MBA  
NIP. 195405231980031004



**BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI**  
**POLITEKNIK STMI JAKARTA**

Jl. Letjen Suprapto No. 28 Cempaka Putih, Jakarta 10510  
Telp: (021) 42850064 Fax: (021) 42688706  
www.stmi.ac.id



Nomor : 01/ /BPSDMI/STMI/II/2019  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2018/2019

Jakarta, 16 Februari 2019

Kepada  
Yth. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA  
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/SJ-IND 7.2/KEP/01 /2019 tanggal 02 Januari 2019 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Asisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2018/2019, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Zulfa Rosaria Nur  
No. Induk : 1515031

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah

" Pembuatan Bioplastik Antimikroba Berbasis Pati Singkong dengan Penambahan Titanium Oksida (TiO<sub>2</sub>). "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Direktur,

  
Dr. Mustafa, ST, MT  
NIP. 19700924 200312 1 001

Lampiran

1. Rujukan
2. K.A. Prodi TKP
3. Mahasiswa yang bersangkutan.
4. Peringatan

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Zulfa Rosaria Nur  
Nim : 1515031  
Program Studi : TEKNIK KIMIA POLIMER

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang saya buat dengan judul "Pengaruh Penambahan Aditif TiO<sub>2</sub> terhadap Aktivitas Antibakteri dan Gugus Fungsi *Biofilm Thermoplastic Starch* (TPS):

- 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 digunakan 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 saya.

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

Jakarta, Juli 2019

Yang Membuat Pernyataan



Zulfa Rosaria Nur

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan Aditif TiO<sub>2</sub> Terhadap Aktivitas Antibakteri dan Gugus Fungsi *Biofilm Thermoplastic 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.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Ir. Roosmariharso, M.B.A selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, dan selaku dosen pembimbing yang telah membantu penulis, memberikan arahan dan masukan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
4. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Muhammad Ghozali, M.T., selaku pembimbing penelitian di Laboratorium Kimia LIPI, BPPT, Serpong.
6. Ibu Evi Triwulandari, dan Ibu Witta Kartika Restu selaku asisten pembimbing penelitian di Laboratorium Kimia LIPI, BPPT, Serpong.
7. Seluruh karyawan di Laboratorium Kimia LIPI, BPPT, Serpong.

8. Orang tua dan keluarga besar, yang selalu mendoakan dan mendukung baik secara moral maupun material.
9. Sahabat yang telah mendampingi dan mendukung penulis sampai saat ini.
10. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta angkatan 2015 selaku kawan seperjuangan.
11. 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, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan laporan ini. Akhir kata, penulis mengharapkan agar laporan yang telah dibuat ini dapat bermanfaat untuk memberikan informasi dalam mengembangkan penggunaan plastik *biodegradable* di kehidupan sehari-hari.

Jakarta, Juli 2019

Penulis

## ABSTRAK

Saat ini, pati merupakan salah satu polimer alami yang dapat digunakan sebagai bahan baku plastik *biodegradable* karena mempunyai sifat yang ramah lingkungan dan dapat digunakan sebagai pengemas makanan. Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) merupakan zat aditif dalam pembuatan *biofilm* dan mempunyai sifat *agent* antibakteri yang dapat menghambat dan mematikan pertumbuhan bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,1 phr; 0,2 phr; 0,5 phr; 1 phr; dan 2 phr terhadap aktivitas antibakteri dan gugus fungsi pada *biofilm thermoplastic starch* (TPS). Proses pembuatan *biofilm* menggunakan metode *solution casting*. Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap bakteri *Stahpylococcus aureus* dalam *biofilm* TPS dapat menghambat aktivitas pertumbuhan bakteri ditandai dengan zona hambat di sekitar film. Diameter zona hambat terbesar terhadap bakteri *Stahpylococcus aureus* pada variasi berat  $\text{TiO}_2$  2 phr, yaitu 12 mm. Hasil pengujian gugus fungsi dengan FTIR pada *biofilm* TPS dengan penambahan variasi  $\text{TiO}_2$  menunjukkan spektra panjang gelombang yang tampak tidak tampak jauh beda dengan TPS murni sehingga tidak adanya gelombang baru yang terlihat, hal ini disebabkan variasi berat  $\text{TiO}_2$  yang relatif sedikit sehingga hasil spektra dari jenis  $\text{TiO}_2$  tidak tampak.

**Kata kunci** : plastik *biodegradable*, *thermoplastic starch* (TPS),  $\text{TiO}_2$ , aktivitas antibakteri, gugus fungsi.

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR KETERANGAN PENGAJUAN TUGAS AKHIR .....	vi
LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PENYUSUNAN TUGAS AKHIR .....	vii
LEMBAR SURAT TUGAS DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	ix
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Plastik .....	6
2.1.1 Klasifikasi Plastik .....	8

2.1.2 Plastik <i>Biodegradable</i> .....	9
2.2 Pati .....	12
2.3 <i>Thermoplastic Starch</i> (TPS) .....	12
2.4 Aditif Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> ) .....	15
2.5 Pengujian Aktivitas Antibakteri .....	16
2.5.1 Metode Pengenceran Dilusi .....	16
2.5.2 Metode Difusi Agar .....	17
2.5.3 Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	18
2.5.4 Mekanisme Kerja Antibakteri .....	20
2.6 Pengujian Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	20
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.2 Alat dan Bahan .....	24
3.2.1 Alat .....	24
3.2.2 Bahan .....	24
3.3 Variabel Penelitian .....	25
3.3.1 Variabel Tetap .....	25
3.3.2 Variabel Bebas .....	25
3.4 Prosedur Penelitian Biofilm TPS/TiO <sub>2</sub> .....	26
3.4.1 Prosedur Pembuatan <i>Biofilm</i> TPS dan TPS/TiO <sub>2</sub> .....	26
3.4.2 Pembuatan Larutan TPS .....	26
3.4.3 Pembuatan Larutan TiO <sub>2</sub> .....	26
3.4.4 Pencampuran Larutan TPS dan TiO <sub>2</sub> .....	26
3.4.5 <i>Casting</i> dalam Cawan Petri .....	26
3.4.6 Penguapan dalam Oven .....	26
3.5 Karakterisasi Sampel .....	28

3.5.1 Pengujian Aktivitas Antibakteri.....	28
3.5.2 Pengujian Gugus Fungsi .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 Pengaruh Penambahan TiO<sub>2</sub> terhadap Antibakteri <i>Biofilm</i></b>	
TPS.....	29
<b>4.2 Pengujian Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform Infrared</i>.....</b>	<b>31</b>
4.2.1 Pengujian Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform Infrared</i>	
(FTIR) pada <i>Biofilm</i> TPS Murni.....	31
4.2.2 Pengaruh Penambahan Variasi TiO <sub>2</sub> terhadap Gugus Fungsi	
pada <i>Biofilm</i> TPS .....	32
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>34</b>
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LAMPIRAN A: GAMBAR ALAT</b>	
<b>LAMPIRAN B: GAMBAR BAHAN</b>	
<b>LAMPIRAN C: GAMBAR PROSES PEMBUATAN <i>BIOFILM</i></b>	
<b>LAMPIRAN D: GAMBAR SAMPEL PENELITIAN</b>	
<b>LAMPIRAN E: GAMBAR HASIL PENGUJIAN GUGUS FUNGSI</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar II. 1</b> Kode Plastik yang dapat di Daur Ulang .....	6
<b>Gambar II. 2</b> Plastik Berdasarkan Sumber Bahan Baku dan Kemudahan Terdegradasi. ....	8
<b>Gambar II. 3</b> Klasifikasi Plastik <i>Biodegradable</i> .....	10
<b>Gambar II. 4</b> Stuktur Kimia Amilosa .....	13
<b>Gambar II. 5</b> Stuktur Kimia Amilopektin .....	13
<b>Gambar II. 6</b> Prinsip Kerja <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	21
<b>Gambar III. 1</b> Skema Penelitian .....	27
<b>Gambar IV. 1</b> Hasil Uji Aktivitas Antibakteri pada Variasi Berat <i>Biofilm</i> TPS/TiO <sub>2</sub> pada Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	29
<b>Gambar IV. 2</b> Spektrum Gugus Fungsi <i>Biofilm</i> TPS Murni.....	31
<b>Gambar IV. 3</b> Spektrum Gugus Fungsi <i>Thermoplastic Starch</i> (TPS) dengan Penambahan Variasi TiO <sub>2</sub> .....	33

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel II. 1</b> Sifat Fisik Pati .....	14
<b>Tabel II. 2</b> Sifat Fisik TiO <sub>2</sub> .....	15
<b>Tabel II. 3</b> Pembagian Gelombang pada Radiasi Inframerah .....	21
<b>Tabel II. 4</b> Tipe Getaran dan Bilangan Gelombang .....	22
<b>Tabel III. 1</b> Variasi Biofilm TPS dan <i>Biofilm</i> TPS/TiO <sub>2</sub> .....	25
<b>Tabel IV. 1</b> Diameter Zona Hambat pada <i>Biofilm</i> TPS/TiO <sub>2</sub> terhadap Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i> .....	30
<b>Tabel IV. 2</b> Perbandingan Hasil Gugus Fungsi TPS Literatur dan <i>Biofilm</i> <i>Thermoplastic Starch</i> (TPS) Murni.....	32
<b>Tabel IV. 3</b> Bilangan Gelombang <i>Biofilm Thermoplastic Starch</i> (TPS) dengan Variasi TiO <sub>2</sub> .....	33

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Plastik berperan penting dalam kehidupan manusia, yaitu sebagai kemasan karena mempunyai kelebihan, yaitu kuat, ringan, transparan, dan harganya mudah terjangkau oleh kalangan masyarakat. Peningkatan kebutuhan plastik di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 17 kg/kapita/tahun. Pada saat ini keberadaan bahan baku plastik dari minyak bumi semakin menipis, dapat mencemari lingkungan, dan tidak dapat diperbaharui. Peranan industri dituntut untuk lebih peduli dalam penggunaan bahan produksi yang ramah lingkungan (Kamsiati dkk, 2017).

Plastik banyak digunakan untuk berbagai hal di antaranya sebagai pengemas makanan, wadah makan dan minum, untuk keperluan sekolah, kantor, automotif, dan keperluan rumah tangga. Plastik yang digunakan sebagai bahan pengemas menghadapi berbagai masalah di dalam lingkungan, yaitu tidak dapat di daur ulang dan tidak dapat diuraikan secara alami oleh mikroba di dalam tanah sehingga terjadi penumpukan sampah plastik yang menyebabkan pencemaran dan kerusakan bagi lingkungan (Kamsiati dkk, 2017).

Oleh karena itu, dilakukan teknik daur ulang dalam pengolahan sampah plastik serta mengembangkan penggunaan bahan yang ramah lingkungan yang dapat hancur dan mudah terurai. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat digunakan sama seperti plastik konvensional namun, mudah terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan (Sanjaya dkk, 2012). Bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* yang sering digunakan, yaitu pati dan *polylactic acid* (PLA), namun, pati memiliki kekurangan, yaitu perlu ditambahkan bahan lain sebagai pemlastis (Kamsiati dkk, 2017).

Pati merupakan salah satu polimer alami yang dapat digunakan sebagai bahan baku plastik *biodegradable* karena mempunyai sifat yang ramah lingkungan, bahan baku yang melimpah di alam, harganya yang mudah terjangkau oleh masyarakat,

serta mampu terdegradasi oleh lingkungan (Kamsiati dkk, 2017). Pati dapat dimodifikasi menjadi *Thermoplastic starch* (TPS). *Thermoplastic starch* (TPS) diperoleh dengan memproses campuran pati dengan *plasticizer* di dalam ekstruder pada suhu antara 140°C dan 160°C dengan tekanan dan gaya geser yang tinggi. TPS bersifat semikristalin yang terdiri dari pati yang telah tergelatinisasi atau terdestruksi yang mengandung satu atau beberapa campuran *plasticizer* (Carvalho, 2008). Penambahan *plasticizer* gliserol dengan pati dapat memperbaiki sifat mekanik, homogen, fleksibel, dan memudahkan proses pembuatan (Kamsiati dkk, 2017). Namun, menurut Winarti dkk. (2012) mengatakan bahwa penambahan *plasticizer* gliserol dengan pati membuat *biofilm* memiliki sifat higroskopis yang tinggi sehingga *biofilm* tidak stabil terhadap kelembapan. Sifat higroskopis yang tinggi menyebabkan *biofilm* mempunyai sifat mekanik yang kurang maksimal.

Upaya yang dilakukan untuk memperbaiki berbagai kelemahan yang terdapat pada *biofilm* pati diperlukan adanya penambahan bahan aditif. Salah satu bahan aditif yang dapat digunakan, yaitu TiO<sub>2</sub>. Titanium dioksida merupakan senyawa yang tidak beracun bagi manusia dan lembaga FDA (*Food and Drug administration*) di Amerika Serikat telah menyetujui penggunaan dan pemanfaatannya dalam obat-obatan, kosmetik, dan dapat berkontak langsung dengan bahan pangan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Chamorn Chawengkijwanich (2008) mengatakan bahwa Titanium dioksida untuk tujuan pelapisan pada bahan pengemas tersebut mampu mereduksi atau mengurangi terjadinya kontaminasi bakteri *Escherichia coli* pada permukaan pangan dan dapat digunakan untuk mengurangi risiko pertumbuhan mikroba.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Liu dkk. (2015), penambahan TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,8%, dan 1% (dari basis berat pati) pada *biofilm* berbasis pati dengan penambahan pemlastis *polyvinyl alcohol* (PVA). Hasil yang diperoleh yaitu, diameter zona hambat optimum terhadap bakteri *Escherichia coli* sebesar 13,34 mm, sedangkan diameter zona hambat optimum pada bakteri *Staphylococcus aureus* sebesar 11,94 mm pada konsentrasi TiO<sub>2</sub> 0,8%. Pada konsentrasi TiO<sub>2</sub> 1% diameter zona hambat optimum terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, yaitu sebesar 11,22 mm.

Penelitian yang dilakukan oleh Oleyaei dkk. (2016), penambahan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,5%; 1%; dan 2% (dari basis berat pati) pada *biofilm* berbasis pati kentang tidak mempengaruhi gugus fungsi film pati, tetapi menunjukkan adanya kehadiran gugus fungsi  $\text{TiO}_2$  pada film pati, selain itu dapat meningkatkan kekuatan tarik, dan perpanjangan putus, serta menurunkan nilai permeabilitas uap air.

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Purwiandono dan Indirana (2013), penambahan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 0,5%; 2,5%; 5%; dan 10% (dari basis pati) pada *biofilm* berbasis pati tidak mempengaruhi gugus fungsi film pati, tetapi menunjukkan adanya kehadiran gugus fungsi  $\text{TiO}_2$  pada film pati.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap aktivitas antibakteri *biofilm Thermoplastic Starch (TPS)*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap gugus fungsi *biofilm Thermoplastic starch (TPS)*?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan baku berupa TPS, bahan aditif berupa  $\text{TiO}_2$ , dan bahan-bahan yang digunakan merupakan bahan komersil.
2. Bahan baku utama TPS berasal dari PT. Inter Aneka Lestari Kimia.
3. Proses pembuatan *biofilm* menggunakan metode *solution casting*.
4. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi.
5. Pengujian karakteristik gugus fungsi *biofilm* dilakukan dengan FTIR dengan metode *Attenuated Total Reflectance (ATR)*.
6. Berat TPS yang digunakan, yaitu 4 gram.
7. Variasi berat  $\text{TiO}_2$  yang digunakan, yaitu 0,1 phr; 0,2 phr; 0,5 phr; 1 phr; dan 2 phr.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap aktivitas antibakteri *biofilm* TPS.
2. Mengetahui pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap gugus fungsi pada *biofilm* TPS.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini memberikan informasi prosedur pembuatan *biofilm* TPS/ $\text{TiO}_2$ .
2. Penelitian ini memberikan informasi pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap aktivitas antibakteri *biofilm* TPS.
3. Penelitian ini memberikan informasi pengaruh penambahan  $\text{TiO}_2$  terhadap gugus fungsi *biofilm* TPS.

#### 1.6 Sistematika Penelitian

Bagian ini merupakan gambaran secara keseluruhan. Di dalamnya 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 dilakukan penelitian, rumusan masalah yang akan di bahas, batasan masalah penelitian yang akan dilakukan, tujuan dan manfaat dari dilakukanya penelitian ini, serta penjelasan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

##### BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tinjauan umum mengenai plastik, klasifikasi plastik, plastik *biodegradable*, *thermoplastic starch* (TPS), aditif  $\text{TiO}_2$ , dan pengujian karakteristik TPS/ $\text{TiO}_2$  menggunakan aktivitas antibakteri dan FTIR.

##### BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, prosedur penelitian, tahapan pembuatan *biofilm* TPS/ $\text{TiO}_2$  serta karakterisasi sampel.

**BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi data hasil pengujian, analisis data yang sudah diolah menjadi grafik, dan analisis data.

**BAB V: KESIMPULAN**

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

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Plastik

Plastik adalah bahan yang paling sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Plastik memiliki bahan sintesis atau semisintesis yang diproses dalam bentuk polimer termoplastik atau termoset dengan berat molekul yang tinggi dan dibentuk menjadi produk berupa film dan filamen. Kelebihan plastik, yaitu ekonomis, ringan, tahan air, transparan, mudah dibentuk, mudah diberi warna, tidak mudah pecah, isolator panas dan listrik yang baik serta mudah terjangkau oleh masyarakat. Plastik juga memiliki kekurangan, yaitu sulit terurai di alam sehingga limbah dari plastik mengalami penumpukan dan berdampak buruk terhadap lingkungan (Kamsiati dkk, 2017).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan termoset adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Termoplastik adalah jenis plastik yang memungkinkan dapat didaur ulang. Jenis-jenis plastik yang paling sering diolah adalah *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyethylene terephthalate* (PET), dan *polyvinyl chloride* (PVC) (UNEP, 2009). Dapat dilihat pada Gambar II.1 menampilkan tujuh kode dalam plastik yang digunakan untuk membedakan plastik yang mudah didaur ulang dan sulit untuk didaur ulang. Semakin tinggi nomor kode akan semakin mudah didaur ulang (UNEP, 2009).



Gambar II. 1 Kode plastik yang dapat di Daur Ulang

Sumber: UNEP, 2009

Menurut Kurniastuti (2003), untuk mempermudah proses daur ulang plastik telah disetujui dengan cara pemberian kode plastik. Kode tersebut dapat digunakan pada kemasan plastik yang sekali pakai di antaranya, yaitu:

1. *Polyethylene terephthalate* (PET)

Jenis plastik ini berlogo segitiga bernomor satu, biasanya digunakan untuk botol minuman, botol kecap, sambal, obat dan minyak goreng. Bersifat jernih, dan transparan, kedap terhadap udara dan air.

2. *High density polyethylene* (HDPE)

Jenis plastik ini berlogo segitiga bernomor dua, bersifat keras hingga semifleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembapan udara, dapat ditembus gas, mudah diwarnai, dan dibentuk. Plastik jenis ini melunak pada suhu 75°C biasanya digunakan untuk botol susu, kantong belanja dan tutup plastik.

3. *Polyvinil chloride* (PVC)

Plastik jenis ini berlogo segitiga bernomor tiga, sulit di daur ulang, sebaiknya tidak digunakan sebagai wadah makanan yang mengandung lemak, dan alkohol. *Polyvinil chloride* (PVC) biasanya digunakan untuk botol kecap, dan plastik pengemas makanan.

4. *Low density polyethylene* (LDPE)

Plastik ini sebaiknya tidak berkontak langsung dengan makanan. LDPE berlogo segitiga bernomor empat dengan ciri, bahan mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, transparan, dan dapat melunak pada suhu 70°C.

5. *Polypropylene* (PP)

Jenis plastik ini berlogo segitiga bernomor lima, merupakan bahan plastik yang baik digunakan untuk kemasan pangan, wadah obat, botol susu dan sedotan. Plastik ini melunak pada suhu 140°C, keras, fleksibel, transparan dan tahan terhadap bahan kimia.

6. *Polystyrene* (PS)

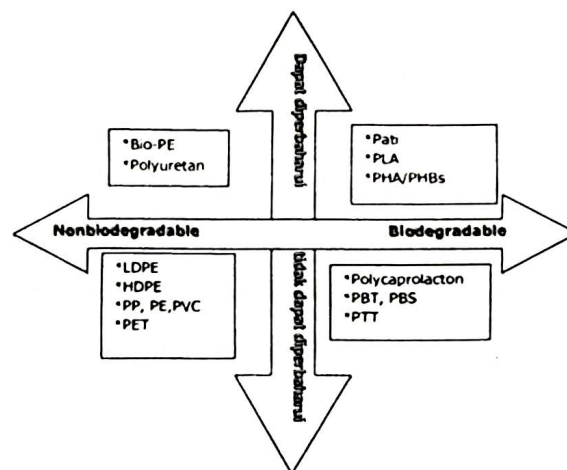
Plastik ini berlogo segitiga dengan nomor enam, biasanya digunakan sebagai wadah makanan dan minuman yang sekali pakai, serta dapat melunak pada suhu 95°C.

## 7. Plastik lainnya

Digambarkan dengan logo segitiga bernomor tujuh, bersifat keras, jernih, dan memiliki suhu termal yang stabil, biasanya digunakan untuk peralatan makan bayi, botol susu dan galon air.

### 2.1.1 Klasifikasi Plastik

Berdasarkan sumber bahan bakunya, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu plastik yang dapat diperbaharui (*bio-based*), dan plastik yang tidak dapat diperbaharui (*fossil based*). Dari segi kemudahan terdegradasi oleh alam, plastik dibedakan menjadi dua, yaitu mudah terdegradasi (*biodegradable*) atau plastik yang sulit terdegradasi (*non-biodegradable*) atau plastik konvensional (Kamsiati dkk, 2017). Plastik berdasarkan sumber bahan baku dan kemudahan terdegradasi dapat dilihat pada Gambar II.2.



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

Sumber : Kamsiati dkk, 2017.

Berdasarkan gambar II.2 plastik menurut sumber bahan bakunya dan kemudahan terdegradasi dapat dibagi menjadi tiga kelompok di antaranya:

1. Bahan plastik *biobased* atau *non-biodegradable*, misalnya: *biobased* PP (*polypropylene*), PE (*polyethylene*), PET (*polyethylene terephthalate*).
2. Bahan plastik yang berasal dari biomassa dan *biodegradable*, misalnya: PLA (*polylactic acid*), PHA (*polyhydroxyalkanoate*) dan PHB (*poly-3-hydroxybutyrate*).

3. Bahan plastik yang berasal dari fosil dan *biodegradable*, misalnya: PBT (*polybutyrate terephthalate*), *polycaprolactan*.

Bioplastik adalah plastik yang berasal dari sumber biomassa terbarukan di antaranya, seperti lemak nabati, minyak, dan tepung jagung atau mikrobiota. Bioplastik (*biodegradable*) dapat rusak di lingkungan anaerobik atau aerobik, tergantung pada bagaimana mereka diproduksi. Bahan baku bioplastik di antaranya pati, selulosa, biopolimer, dan berbagai bahan lainnya (Melani dkk, 2017).

### 2.1.2 Plastik *Biodegradable*

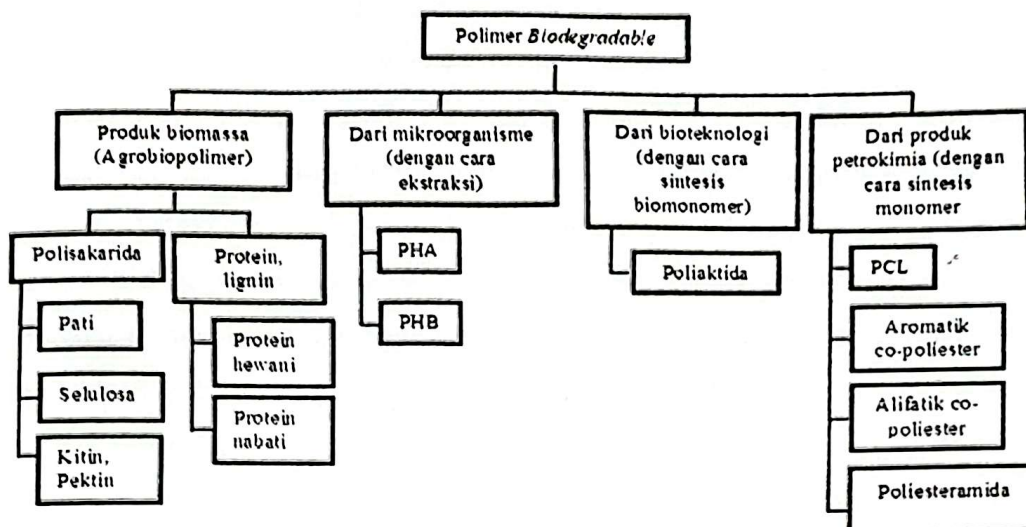
*Biodegradable* didefinisikan sebagai kemampuan mendekomposisi bahan menjadi karbondioksida, metana, air, komponen anorganik atau biomassa melalui mekanisme enzimatik mikroorganisme yang bisa diuji dengan pengujian standar dalam periode waktu tertentu (Eva, 2011).

Plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya karena pengaruh mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, dan alga (Aripin dkk, 2017). Plastik *biodegradable* memiliki kelebihan di antaranya dapat dikembalikan dengan memanfaatkannya sebagai kompos untuk tanah pertanian, berkurangnya pengaruh negatif terhadap lingkungan karena dapat langsung terurai, dan berguna untuk menstabilkan lahan penimbunan/pembuangan sampah (Kamsiati dkk, 2017).

Menurut Averous (2013), mengelompokkan plastik *biodegradable* ke dalam dua kelompok dan empat keluarga berbeda, yaitu:

1. Kelompok utama adalah *agropolymer* yang terdiri dari polisakarida, protein.
2. Kelompok kedua adalah biopoliester (*biodegradable polyesters*), seperti poli asam laktat (PLA), *polyhydroxyalkanoate* (PHA), aromatik, dan alifatik kopoliester. Biopolimer yang tergolong *agropolymer* adalah produk biomassa yang diperoleh dari bahan-bahan pertanian. Contohnya: polisakarida, protein, dan lemak.
3. Kelompok *polyhydroxy-alkanoate* (PHA) didapatkan dari aktivitas mikroorganisme yang didapatkan dengan cara ekstraksi. Contohnya: PHA di antaranya *polyhydroxybutyrate* (PHB), dan *polyhydroxybutyrate co-hydroxyvalerate* (PHBV).

4. Kelompok lainya adalah biopoliester yang diperoleh dari aplikasi bioteknologi, yaitu dengan sintesis secara konvensional monomer-monomer yang diperoleh secara biologi yang disebut kelompok poliaktida. Contoh dari poliaktida adalah poli asam laktat yang disintesis secara konvensional dari monomer-monomer sintesis. Kelompok ini terdiri dari *polycaprolactones* (PCL), *polyesteramides*, alifatik kopoliester, dan aromatik kopoliester. Klasifikasi plastik biodegradable dapat dilihat pada Gambar II.3.



**Gambar II. 3** Klasifikasi Plastik *Biodegradable*  
Sumber : Averous 2013.

### 2.1.3 Metode Pembuatan Bioplastik

Metode pembuatan bioplastik dibagi menjadi tiga, yaitu polimer *in situ* interkalatif, interkalasi larutan, dan *melt intercalation* dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. Polimerisasi *in situ* interkalatif

Pada metode ini, polimer dibentuk di antara lapisan dengan mengembangkan kumpulan lapisan dalam monomer cair atau larutan monomer sehingga pembentukan polimer dapat terjadi antara lembar yang terinterkalasi. Pembentukan polimer (polimerisasi) dapat diterjadi dengan panas/radiasi/difusi (Erfan, 2012)

#### 2. Interkalasi larutan

Metode ini didasarkan pada pengembangan sistem pelarut dimana biopolimer atau bio-prepolimer, seperti pati, protein terlarut, dan nanopenguat organik (biasanya silikat). Pertama silikat berlapis dimasukan di dalam suatu pelarut, seperti

air, kloroform, atau toluena. Kedua ketika biopolimer dan larutan nanopartikel yang sudah dicampur maka rantai polimer akan terinterkalasi dan menggantikan pelarut dalam interlayer dari silikat. Ketiga akan, membentuk biopolymer atau silikat berlapis bioplastik (Erfan, 2012).

### 3. *Melt intercalation*

Proses pembuatan bioplastik pada metode ini tidak memerlukan penambahan pelarut. Silikat berlapis dicampur dengan matriks polimer dalam keadaan cair, ikatan polimer akan bergerak perlahan-lahan ke dalam ruang antar lapisannya. *Melt intercalation* merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah, sementara polimerisasi *in situ* interkalatif dan interkalasi larutan menggunakan pelarut tersebut. Selain itu, *melt intercalation* juga kompatibel dengan proses industri seperti pada *injection molding*. Pada *melt intercalation*, pembuatan bioplastik dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan material, yaitu dengan cara memanaskan dan mendinginkan material (Melani dkk, 2017).

#### 2.1.4 Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Bioplastik

Dalam pembuatan bioplastik ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, seperti:

##### 1. Temperatur

Perlakuan suhu diperlukan untuk membentuk bioplastik yang utuh, tanpa adanya perlakuan panas, dapat terjadinya interaksi molekul sangat kecil sehingga pada saat plastik dikeringkan menghasilkan plastik yang mudah retak, dan berubah menjadi potongan-potongan kecil. Perlakuan panas diperlukan untuk membuat plastik tergelatinisasi sehingga terbentuk pasta pati. Kisaran suhu gelatinisasi pati rata-rata 65-80°C (Krochta, 1997).

##### 2. Konsentrasi polimer

Konsentrasi polimer terutama pada polimer pati sangat berpengaruh pada sifat fisik plastik yang dihasilkan, semakin besar konsentrasi pati maka jumlah polimer penyusun matrik plastik semakin besar sehingga dihasilkan plastik yang tebal (Krochta dkk, 1997).

### 3. *Plasticizer*

*Plasticizer* merupakan bahan nonvolatil apabila ditambah kedalam formula plastik akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik plastik yang terbentuk. Karena dapat mengurangi sifat intermolekul dan menurunkan ikatan hidrogen internal. *Plasticizer* diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh plastik yang disebabkan oleh kekuatan intermolekul ekstensif. *Plasticizer* yang sering digunakan, yakni gliserol dan sorbitol (Krochta dkk, 1997).

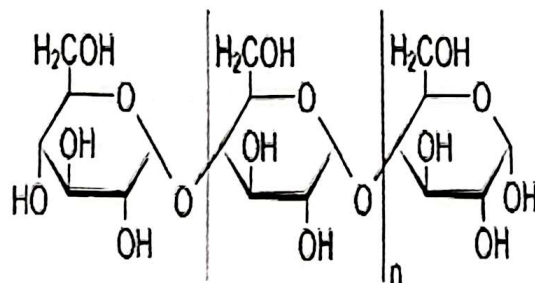
#### 2.2 Pati

Pati memiliki rumus kimia  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Pati merupakan salah satu polimer alami yang tersusun dari struktur bercabang yang disebut amilopektin dan struktur lurus yang disebut amilosa. Pati diperoleh dengan cara mengekstraksi tanaman yang kaya akan karbohidrat, seperti sagu, singkong, jagung, gandum, dan ubi jalar. Pati juga dapat diperoleh dari hasil ekstraksi biji buah-buahan, seperti pada biji nangka, biji alpukat, dan biji durian (Sakinah dkk, 2018).

Pati juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan plastik *biodegradable* (bioplastik). Industri di beberapa negara sudah mengembangkan pati sebagai bahan bioplastik. Jenis pati yang banyak digunakan adalah pati jagung dan pati singkong. Jenis pati dari kedua komoditas ini banyak digunakan oleh industri bioplastik di beberapa negara Eropa dan Australia. Di Thailand, bahan baku yang digunakan untuk bioplastik adalah pati ubi kayu. Pati komoditas pertanian lebih kompetitif dan tersedia cukup melimpah sebagai bahan baku plastik *biodegradable*. Pati memiliki kekurangan, yaitu sensitif terhadap kelembapan, dan rapuh. Akan tetapi, pati memiliki kelebihan, yaitu sifat yang ramah lingkungan, bahan baku yang melimpah di alam, dan harganya yang sangat terjangkau (Kamsiati dkk, 2017). Secara alamiah pati merupakan campuran dari amilosa dan amilopektin. Komposisi amilosa dan amilopektin berbeda-beda pada tiap tumbuhan. Adanya perbedaan kadar amilosa dan amilopektin menyebabkan sifat pati dari berbagai tumbuhan berbeda-beda.

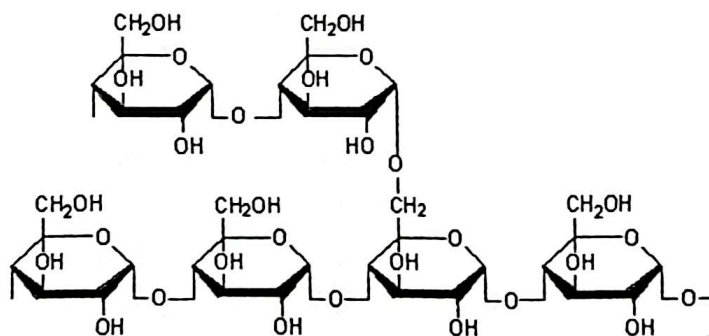
Amilosa memberikan sifat keras dan memberikan warna biru tua pada tes iodin, sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket dan tidak menimbulkan reaksi pada tes iodin. Amilosa terdiri dari D-glukosa yang terikat dengan ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik sehingga molekulnya merupakan rantai terbuka. Amilopektin juga

terdiri atas molekul D-glukosa yang sebagian besar mempunyai ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik dan sebagian lagi ikatan  $\alpha$ -1,6 glikosidik. Adanya ikatan  $\alpha$  1,6 glikosidik menyebabkan molekul amilopektin memiliki cabang (Melani dkk, 2017). Glikosidik atau glikosida merupakan suatu senyawa yang jika dihidrolisis akan terurai menjadi gula dan senyawa lainya, seperti aglikon, dan genin. Aglikosa (genin) biasanya mempunyai gugus  $-OH$  dalam bentuk alkohol dan fenol. Ikatan glikosidik, yaitu ikatan kovalen yang terbentuk antara molekul karbohidrat dan molekul lain di antara dua monosakrida (Nuraina, 2015). Pada Gambar II.4 menunjukkan stuktur kimia dari amilosa dan Gambar II.5 menunjukkan stuktur kimia amilopektin.



**Gambar II. 4** Stuktur Kimia Amilosa

Sumber: Melani dkk, 2017.



**Gambar II. 5** Stuktur Kimia Amilopektin

Sumber: Melani dkk, 2017.

Pati pada umumnya memiliki suhu transisi gelas ( $T_g$ ) pati berkisar antara 60-80°C dengan kandungan air 12-14 %. Pati yang dipanaskan dengan air pada suhu tertentu akan mengalami gelatinisasi. Gelatinisasi adalah proses pembengkakan granula pati yang bersifat *irreversible* sehingga granula pati tidak dapat kembali seperti semula (Saptorahardjo, 2016) . Sifat fisik pati dapat dilihat pada Tabel II.I.

Tabel II. 1 Sifat Fisik Pati

Parameter	Satuan	Nilai
Densitas pada 20°C	g cm <sup>-3</sup>	1,34-1,65
Warna	-	Putih
Aroma	-	Tidak berbau
Suhu gelatinisasi	°C	58-78
Suhu transisi gelas	°C	-55 dan 27-43 (2 transisi)
Suhu leleh, DSC	°C	Dekomposisi 240-250

Sumber : Wypych, 2016.

### 2.3 Thermoplastic Starch (TPS)

*Thermoplastic starch* (TPS) pada umumnya diproduksi dengan cara mengolah campuran pati dengan *plasticizer* dalam ekstruder pada suhu antara 140°C dan 160°C dan pada tekanan tinggi dan juga gaya geser yang tinggi. *Thermoplastic starch* (TPS) menggambarkan bahan amorf atau semikristalin yang terdiri dari pati yang digelatinisasi atau dihancurkan dan mengandung satu atau campuran dari bahan pelunak/*plasticizer*. *Thermoplastic starch* (TPS) dapat berulang kali dilunakkan dan dikeraskan sehingga dapat dengan mudah dibentuk oleh pemanasan dan gaya geser selain itu, *thermoplastic starch* (TPS) juga dapat diproses dengan teknik yang biasa digunakan dalam industri plastik, seperti proses ekstrusi *blow film* (Carvalho dkk, 2008).

Proses gelatinisasi, yaitu pati granula merupakan semikristalin dalam bentuk aslinya. Ketika granula pati dipanaskan, degradasi termal terjadi sebelum titik leleh kristal granula tercapai. Akibatnya, pati tidak dapat diproses dengan pelelehan dalam bentuk aslinya. Ikatan hidrogen yang ada pada molekul pati harus dikurangi agar proses pelelehan dapat terjadi. Pengurangan ikatan hidrogen pati dapat dicapai dengan penambahan pelarut seperti air. Ketika pati dipanaskan dalam media berair, fase keadaan transisi ditrasformasikan dari keadaan yang teratur menjadi tidak teratur (Nafchi dkk, 2013).

Ketika pati dipanaskan dengan pelarut pada suhu kritis, pelarut berinteraksi dengan gugus hidroksil dalam pati sehingga mengurangi ikatan hidrogen antara molekul pati. Fenomena ini memungkinkan rantai individu untuk bergerak bebas satu sama lain dengan demikian, memungkinkan dapat terjadi proses pelelehan pati. Suhu kritis pada proses disebut suhu gelatinisasi (Nafchi dkk, 2013).

Memproses pati asli untuk membentuk bahan bioplastik diperlukan untuk memecah dan melelehkan stuktur asli. Transformasi granula pati dipengaruhi oleh kondisi proses, seperti temperatur dan kandungan *plasticizer* ini. 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 retrogradasi produk TPS (Nafchi dkk, 2013).

Pada komposisi pati termoplastik hanya mengandung air sebagai bahan pelunak, dalam kadar kurang lebih sekitar 15-20 persen, dengan kadar tersebut pati tetap mempertahankan sifat termoplastiknya. Namun, jika suhu pati termoplastik lebih tinggi dari 100°C, air yang ada di dalam pati termoplastik akan menguap dan bahan akan melebur. Jika proses ini dikendalikan dengan baik, proses penguapan air ini merupakan hal yang diinginkan karena air yang berada dalam pati dimungkinkan harus hilang. Karena akan mempengaruhi sifat dari pati termoplastik yang dihasilkan. Ciri umum dari teknik pemrosesan ini adalah dengan penambahan jumlah bahan *plasticizer* dan juga bahan konsentrat lelehan yang tinggi akan tetapi, TPS juga dapat diproses dengan adanya sejumlah besar air (Carvalho dkk, 2008).

#### 2.4 Aditif Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) merupakan senyawa anorganik dengan bentuk fisik berupa bubuk berwarna putih. Titanium memiliki massa jenis yang rendah, tahan karat, biokompabilitas yang tinggi dengan tubuh sehingga dapat digunakan sebagai produk implan dalam tubuh. Kristal TiO<sub>2</sub> memiliki sifat kimia di antaranya bersifat asam dan tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol namun larut dalam asam sulfat pekat dan asam florida (Hoffman,1995). Sifat fisik TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel II.2.

**Tabel II. 2 Sifat Fisik TiO<sub>2</sub>**

Sifat TiO <sub>2</sub>	Satuan	Nilai
Massa jenis	g/mol	79,87
Temperatur leleh	°C	1855
pH	-	7-8
Densitas <i>bulk</i>	kg/m <sup>3</sup>	850

Sumber: Merck Millipore, 2019.

Titanium dioksida adalah material semikonduktor yang termasuk kedalam suatu oksida logam. Titanium dioksida ditulis dengan lambang  $TiO_2$ , aplikasi senyawa  $TiO_2$  di antaranya, yaitu sebagai pigmen cat tembok, pasta gigi, solar sel, sensor perangkat memori serta sebagai fotokatalitis (Hoffman dkk,1995). Fotokatalitis  $TiO_2$  dapat menjadi fotodegradasi yang baik untuk penetrasi limbah, seperti penumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* melalui bantuan sinar fotokatalitis yang telah berhasil dilakukan dan hasilnya bakteri tersebut mati (Sunada dkk, 2003).

Mekanisme  $TiO_2$  menghambat bakteri dengan cara proses oksidasi yang terjadi pada  $TiO_2$  saat pemaparan sinar ultra violet menghasilkan radikal oksigen, dimana adanya hubungan linier antara proses fotokatalisis dengan konsentrasi radikal oksigen yang dihasilkan dalam menginaktivasi *Staphylococcus aureus* sehingga semakin meningkatnya konsentrasi katalis  $TiO_2$  pada proses fotokatalisis dapat meningkatkan radikal oksigen dan *reactive oxygen spesies* (ROS) yang terbentuk langsung menuju dinding sel *Staphylococcus aureus* yang tipis mengakibatkan radikal oksigen menembus DNA dan mengakibatkan kematian pada bakteri (Naimah dkk, 2011).

## 2.5 Pengujian Aktivitas Antibakteri

Zat antibakteri adalah zat yang dapat mengganggu pertumbuhan metabolisme melalui mekanisme penghambatan pertumbuhan mikroorganisme. Uji aktivitas antibakteri bertujuan untuk mengetahui batas kepekaan suatu senyawa antibakteri terhadap suatu bakteri tertentu (Jawetz dkk, 2007). Metode yang sering digunakan untuk uji aktivitas antibakteri ada dua, yaitu metode pengenceran (dilusi) dan metode difusi.

### 2.5.1 Metode Pengenceran Dilusi

Metode pengenceran terdiri dari pengenceran tabung (dilusi cair) dan pengenceran agar (dilusi padat). Prinsip dasar metode dilusi adalah sampel uji aktivitas antibakteri yang disuspensikan dalam media agar padat, lalu sampel kultur bakteri yang sudah dikembang biakan digoreskan di atas permukaan media agar, untuk selanjutnya ditentukan konsentrasi terendah (konsentrasi hambat minimum) dari senyawa antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang telah

dilakukan inkubasi selama 24 jam. Kepekaan senyawa antibakteri ditentukan dengan pengamatan secara mikroskopis setelah masa inkubasi berakhir, yaitu dengan cara melihat ada tidaknya pertumbuhan koloni kuman atau bakteri uji pada mikroskop (Pelczar dkk, 1986). Kadar hambat minimum yang diperlukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dikenal sebagai kadar hambat minimum (KHM) dan kadar bunuh minimum yang diperlukan untuk membunuh pertumbuhan bakteri dikenal sebagai (KBM). Antibiotik adalah zat-zat kimia yang dihasilkan oleh fungi dan bakteri, memiliki khasiat mematikan atau menghambat pertumbuhan kuman dan toksisitasnya (Pelczar dkk, 1986).

Metode dilusi padat ini mempunyai kelebihan, yaitu penggunaan media akan lebih efisien, sedangkan kekurangannya, yaitu sulit memastikan bahwa agar sudah mencapai suhu 45-50°C dan bakteri kemungkinan tidak dapat memberikan hambatan secara maksimum karena harus dimasukkan agar yang bersuhu 45-50°C, sedangkan bakteri suhu optimumnya hanya 35°C (Jawetz dkk, 2007).

### 2.5.2 Metode Difusi Agar

Dalam metode difusi ini terdiri dari tiga metode, yaitu metode silinder, metode perforasi, metode cakram:

#### a. Metode Silinder

Metode silinder dengan menggunakan silinder gelas yang steril diletakkan di atas agar yang berisi suspensi mikroba yang telah membeku. Kemudian silinder tersebut diisi dengan zat yang akan diperiksa lalu diinkubasikan pada suhu 35°C selama 18-24 jam, lalu diameter hambatnya diukur. Kelebihan dari metode ini, yaitu jumlah zat yang dimasukkan dalam media agar jelas, sedangkan kekurangannya mempunyai resiko tinggi kerana silinder dapat jatuh (Jawetz dkk, 2007).

#### b. Metode Perforasi

Metode perforasi, yaitu media agar yang masih cair pada suhu 45-50°C dicampurkan dengan suspensi mikroba pada cawan petri steril, kemudian dibiarkan membeku. Setelah agar membeku, dibuat lubang dengan perforator. Lubang tersebut dimasukkan zat yang akan diperiksa daya antimikrobanya. Kemudian diinkubasikan selama 18-24 jam pada suhu 37°C, lalu diameter yang terjadi diukur.

Kelebihan metode ini adalah media yang digunakan tidak terlalu tebal, sedangkan kekurangannya adalah terkadang lubang yang dibuat kurang sempurna (Jawetz dkk, 2007).

c. Metode Cakram Kertas

Metode dengan menggunakan cakram kertas saring yang mendukung zat antimikroba dengan kekuatan tertentu. Cakram kertas tersebut diletakkan pada permukaan agar yang telah ditanami mikroba uji, lalu diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37°C, kemudian diameter hambatnya diukur. Kelebihan dari metode ini adalah jumlah zat yang digunakan dapat diatur namun, kekurangannya tidak kuantitatif karena tidak semua zat aktif terserap dalam agar (Jawetz dkk, 2007).

### 2.5.3 Bakteri *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* merupakan salah satu bakteri gram positif berbentuk bulat berdiameter 0,7-1,2 µm tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak teratur, seperti buah anggur, non-motil, tidak membentuk spora, dapat tumbuh pada berbagai media pada suasana aerob dan merupakan bakteri patogen bagi manusia. Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37°C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar 20-25°C. Koloni pada perbenihan padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau. Bakteri ini dapat memfermentasikan beberapa karbohidrat dan dapat menghasilkan pigmen yang berwarna dan tidak larut dalam air (Brooks dkk, 2013).

*Staphylococcus aureus* tumbuh baik dalam perbenihan kaldu pada suhu 37°C. Batas suhu pertumbuhan *Staphylococcus aureus* adalah 15°C dan 40°C, sedangkan suhu pertumbuhan optimumnya adalah 35°C. *Staphylococcus aureus* bersifat anaerob fakultatif, dapat tumbuh dalam udara yang mengandung hidrogen, dan pH optimum untuk pertumbuhannya adalah 7,4 (Brooks dkk, 2013).

*Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan penyakit karena kemampuannya melakukan pembelahan dan menyebar luas kedalam jaringan. *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan infeksi baik pada manusia maupun hewan. *Staphylococcus aureus* ditemukan sebagai bakteri flora normal pada kulit dan selaput lendir manusia. Setiap jaringan tubuh yang terinfeksi oleh bakteri *Staphylococcus aureus* menyebabkan timbulnya penyakit dengan tanda-tanda khas,

yaitu peradangan dan pembentukan abses. Penyakit yang disebabkan oleh, bakteri *Staphylococcus aureus* antara lain paru-paru, meningitis, infeksi pada bagian jantung, dan infeksi kulit (Pelczar dkk, 1988).

#### 2.5.4 Bakteri *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif. Di industri kimia bakteri *Escherichia coli* diaplikasikan untuk teknologi fermentasi contohnya dalam produksi obat-obatan, seperti insulin dan antibiotik. *Escherichia coli* merupakan bakteri berbentuk batang dan memiliki panjang sekitar dua mikrometer dan diameter 0.5 mikrometer. Volume sel bakteri *Escherichia coli* berkisar 0,6-0,7  $\mu\text{m}^3$ . Bakteri ini dapat hidup pada rentang suhu 20-40°C dengan suhu optimumnya pada 37°C. *Escherichia coli* tidak dapat dibunuh dengan pendinginan maupun pembekuan, Bakteri ini hanya bisa dibunuh oleh antibiotik, sinar ultraviolet (UV), atau suhu tinggi kurang dari 100°C. Suhu tinggi akan merusak protein dalam sel dan dapat membuat bakteri *Escherichia coli* tidak dapat hidup kembali (Lies, 2016).

Pada umumnya, bakteri ini dapat ditemukan dalam usus besar manusia. Bakteri *Escherichia coli* yang berada di dalam usus besar manusia berfungsi untuk menekan pertumbuhan bakteri jahat, dan berperan sebagai mikrobiota usus yang membantu proses pencernaan termasuk pembusukan sisa-sisa makanan dalam usus besar. Selain itu, bakteri ini juga membantu produksi vitamin K. Vitamin K berfungsi untuk pembekuan darah saat terjadi perdarahan, seperti pada luka dan mimisan (Lies, 2016).

Bakteri *Escherichia coli* dalam jumlah yang berlebihan dapat mengakibatkan diare, dan bila bakteri ini menjalar ke sistem atau organ tubuh yang lain maka akan dapat menyebabkan infeksi. Jika bakteri *Escherichia coli* sampai masuk ke saluran kencing maka dapat mengakibatkan infeksi pada saluran kemih/kencing. Bakteri *Escherichia coli* juga merupakan makhluk heterotrof yang tergantung pada molekul-molekul organik sederhana seperti gula, protein, dan asam organik (Lies, 2016).

### 2.5.5 Mekanisme Kerja Antibakteri

Mekanisme kerja antibakteri dapat dibagi menjadi lima, yaitu:

#### 1. Menghambat sintesis dinding sel

Struktur dinding sel dapat dirusak dengan cara menghambat pembentukannya atau mengubah setelah selesai terbentuk (Pelczar dkk, 1988).

#### 2. Merusak membran plasma

Membran sitoplasma mempertahankan bahan-bahan tertentu di dalam sel serta mengatur aliran keluar masuknya bahan-bahan lain. Membran memelihara integritas komponen-komponen selular. Kerusakan pada membran ini akan mengakibatkan terhambat pertumbuhan sel atau matinya sel (Pelczar dkk, 1988).

#### 3. Menghambat sintesis protein

Hidup suatu sel bergantung pada terpeliharanya molekul-molekul protein dan asam nukleat dalam keadaan alamiah. Suatu kondisi atau substansi yang mengubah keadaan ini, yaitu mendenaturasikan protein dan asam nukleat dapat merusak sel tanpa dapat diperbaiki kembali (Pelczar dkk, 1988).

#### 4. Penghambatan kerja enzim

Setiap enzim dari beratus-ratus enzim berbeda-beda yang ada di dalam sel merupakan sasaran potensial bagi bekerjanya suatu penghambat. Banyak zat kimia yang telah diketahui dapat mengganggu reaksi biokimiawi. Penghambatan ini dapat mengakibatkan terganggunya metabolisme atau matinya sel (Pelczar dkk, 1988).

#### 5. Penghambatan sintesis asam nukleat dan protein

DNA, RNA dan protein memegang peranan yang sangat penting di dalam proses kehidupan normal sel. Hal ini merupakan suatu gangguan yang terjadi pada pembentukan atau pada fungsi zat-zat tersebut yang dapat mengakibatkan kerusakan total pada sel (Pelczar dkk, 1988).

### 2.6 Pengujian Gugus Fungsi dengan Spektroskopi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

*Fourier Transform Infrared* (FTIR) merupakan salah satu alat yang dapat menganalisis gugus fungsi. Metode spektroskopi FTIR adalah metode spektroskopi inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik *transformasi fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang sering digunakan

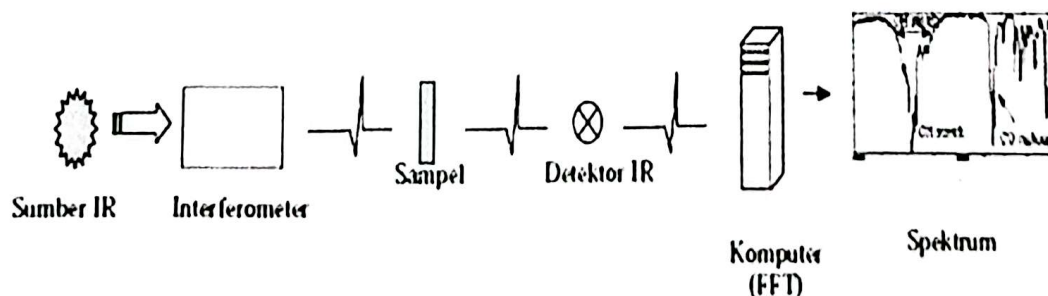
adalah metode spektroskopi absorpsi, merupakan metode spektroskopi berdasarkan perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul suatu mater (Anonymous, 2014). Metode FTIR untuk mendapatkan spektrum inframerah pertama-tama dengan mengumpulkan sebuah interferogram dari sinyal sampel menggunakan interferometer dan kemudian melakukan *transformasi fourier* pada interferogram untuk mendapatkan spektrum. Spektrometer FTIR mengumpulkan dan mendigitalkan interferogram tersebut, melakukan fungsi *fourier transform* dan menampilkan spektrum (Anonymous, 2014).

FTIR sangat berguna untuk mengidentifikasi bahan kimia baik yang organik maupun anorganik. Dalam spektroskopi inframerah, frekuensi dapat dinyatakan dalam bilangan gelombang (*wavenumbers*), yaitu banyaknya massa persentimeter. Satuan bilangan gelombang ialah sepersentimeter ( $\text{cm}^{-1}$ ). Satuan yang digunakan untuk panjang gelombang dalam spektroskopi inframerah di antaranya mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) atau mikron ( $\mu$ ) dengan  $1,0 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m} = 10^{-4} \text{cm}$  frekuensi pada inframerah terjadi pada daerah spektrum elektromagnetik, yaitu  $4000 \text{ cm}^{-1}$  sampai  $200 \text{ cm}^{-1}$  (Anonymous, 2014). Pembagian gelombang pada radiasi inframerah dibagi menjadi tiga bagian, seperti ditunjukkan pada Tabel II.3.

**Tabel II. 3** Pembagian Gelombang pada Radiasi Inframerah

Daerah	Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ )	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
<i>Near</i> (dekat)	0,78 -2,5	12800 – 4000
<i>Middle</i> (menengah)	2,5 -50	40000 – 200
<i>Far</i> (jauh)	50- 1000	200 – 10

Sumber : Anonymous, 2014.



**Gambar II. 6** Prinsip Kerja *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Sumber : Jamitko dkk, 2008.

Prinsip kerja FTIR secara umum dapat ditunjukkan pada Gambar II.5 Sumber cahaya IR menghasilkan cahaya polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Gelombang tersebut dapat dilewatkan pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer sehingga dihasilkan gambaran spektrum sampel yang akan di uji. Spektrum tersebut menunjukkan hubungan intensitas serapan sampel dan bilangan gelombang hubungan antara intensitas serapan sampel dan bilangan (Jamitko dkk, 2008). Tipe getaran dan bilangan gelombang dapat dilihat pada Tabel II.4.

Tabel II. 4 Tipe Getaran dan Bilangan Gelombang

Jenis Ikatan	Tipe Getaran	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
C-H	Alkana (Uluran)	3000-2850
	-CH <sub>3</sub> - (Tekukan)	1450 dan 1375
	-CH <sub>2</sub> - (Tekukan)	1465
	Alkena (Uluran)	3100-3000
	Aromatik (Uluran)	3150-3050
	Alkalin (Uluran)	3300
	Aldehid	2900-2700
C-C	Alkana	Tidak terinterpretatif
C=C	Alkena	1680-1600
	Aromatik	1600 dan 1475
C=O	C≡C	2250-2100
	Aldehid	1740-1720
	Keton	1725-1705
	Asam Karboksilat	1725-1700
	Ester	1750-1730
	Amida	1680-1630
	Anhidrida	1810 dan 1760
	Asam Klorida	1800
C-O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat, Anhidrida	1300-1000
O-H	Alkohol, Fenol	3650-3600
	Asam Karboksilat	3400-2400
N-H	Amina Amida (Uluran)	3500-3100
	Amina Amida (Puntiran)	1640-1550
C-N	Amina	1350-1000
C≡N	Nitril	2260-2240
X=C=Y	Alkena, Isosianat, Isotiosianat	2270-1940
N=O	Nitro (R-NO <sub>2</sub> )	1550 dan 1350
S-H	Merkaptan	2550
S=O	Sulfoksida	1050

Sumber : Pavia dkk, 2009



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2019 - Juni 2019. Pembuatan *biofilm* dan pengujian untuk *biofilm* dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Kimia LIPI Gedung 452, Kawasan Puspitek Serpong.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini:

- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| a. <i>Magnetic Stirrer</i> Cimarec. | k. Tabung reaksi Pirex.               |
| b. Cawan Petri Pirex.               | l. Oven Memmert.                      |
| c. Gelas Ukur Pirex.                | m. <i>Shaker Incubator</i> Scilogex.  |
| d. <i>Beaker Glass</i> Pirex.       | n. Inkubator Scilogex.                |
| e. Pinset.                          | o. Api Bunsen.                        |
| f. Spatula.                         | p. <i>Erlenmeyer</i> Pirex.           |
| g. <i>Thermometer</i> Zeast.        | q. <i>Osse</i> .                      |
| h. Neraca Analitik KERN ABS-N.      | r. <i>Autoclave</i> Scilogex.         |
| i. Pipet <i>Eppendorf</i> Scilogex. | s. FTIR Shimadzu IR Prastige-2.       |
| j. <i>Aluminium Foil</i> .          | t. <i>Laminar Air Flow</i> Alab Tech. |

Alat yang digunakan pada penelitian terdapat pada Lampiran A.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini:

- Thermoplastic starch* (TPS) dari PT Inter Aneka Lestari Kimia.
- Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dari Merck.
- Aquadest*.
- Bakteri *Staphylococcus aureus*.
- Nutrient broth* dan *Nutrient agar*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran B.

### 3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki dua jenis variabel, yaitu variabel tetap dan variabel bebas.

#### 3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang dibuat tidak berubah selama penelitian berlangsung sehingga tidak menyebabkan terjadinya perubahan. Variabel tetap dalam penelitian ini, yaitu:

1. Massa *thermoplastic starch* (TPS) : 4 gram.
2. Waktu pengupan dalam oven suhu 60 °C : 24 jam.
3. Waktu melarutkan TPS : 1 jam 30 menit.
4. Waktu melarutkan TiO<sub>2</sub> : 15 menit.
5. Waktu pencampuran TPS /TiO<sub>2</sub> : 1 jam.
6. Volume pelarut TPS : 30 mL dalam *aquadest*.
7. Volume pelarut TiO<sub>2</sub> : 10 mL dalam *aquadest*.

#### 3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar didapatkan hasil yang diinginkan. Variabel bebas sebagai standar untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel tetap. Dalam hal ini variabel bebas adalah berat TiO<sub>2</sub>. Variasi *biofilm* TPS dan *biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel III.1.

**Tabel III. 1** Variasi *Biofilm* TPS dan *Biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub>

Sampel	Berat TPS (g)	Berat TiO <sub>2</sub>		Volume pelarut TPS (mL) <i>aquadest</i>	Volume pelarut TiO <sub>2</sub> (mL) <i>aquadest</i>
		g	phr		
1	4	0	0	30	0
2	4	0,008	0,1	30	10
3	4	0,004	0,2	30	10
4	4	0,02	0,5	30	10
5	4	0,08	1,0	30	10
6	4	0,04	2,0	30	10

### 3.4 Prosedur Penelitian Biofilm TPS/TiO<sub>2</sub>

Skema penelitian pembuatan *biofilm* TPS dan *biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub> menggunakan metode *solution casting* dari studi literatur hingga kesimpulan dapat dilihat pada Gambar III.1.

#### 3.4.1 Prosedur Pembuatan *Biofilm* TPS dan TPS/TiO<sub>2</sub>

##### 3.4.2 Pembuatan Larutan TPS

Pelet TPS sebanyak 4 gram dilarutkan ke dalam 30 mL *aquadest* yang sudah dipanaskan pada suhu 80°C, lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan dilakukan proses pemanasan pada suhu 85-87°C dengan kecepatan pengaduk 400 rpm selama 1 jam 30 menit.

##### 3.4.3 Pembuatan Larutan TiO<sub>2</sub>

Bubuk TiO<sub>2</sub> dilarutkan dalam 10 mL *aquadest*, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengaduk 150 rpm selama 15 menit dalam suhu ruang.

##### 3.4.4 Pencampuran Larutan TPS dan TiO<sub>2</sub>

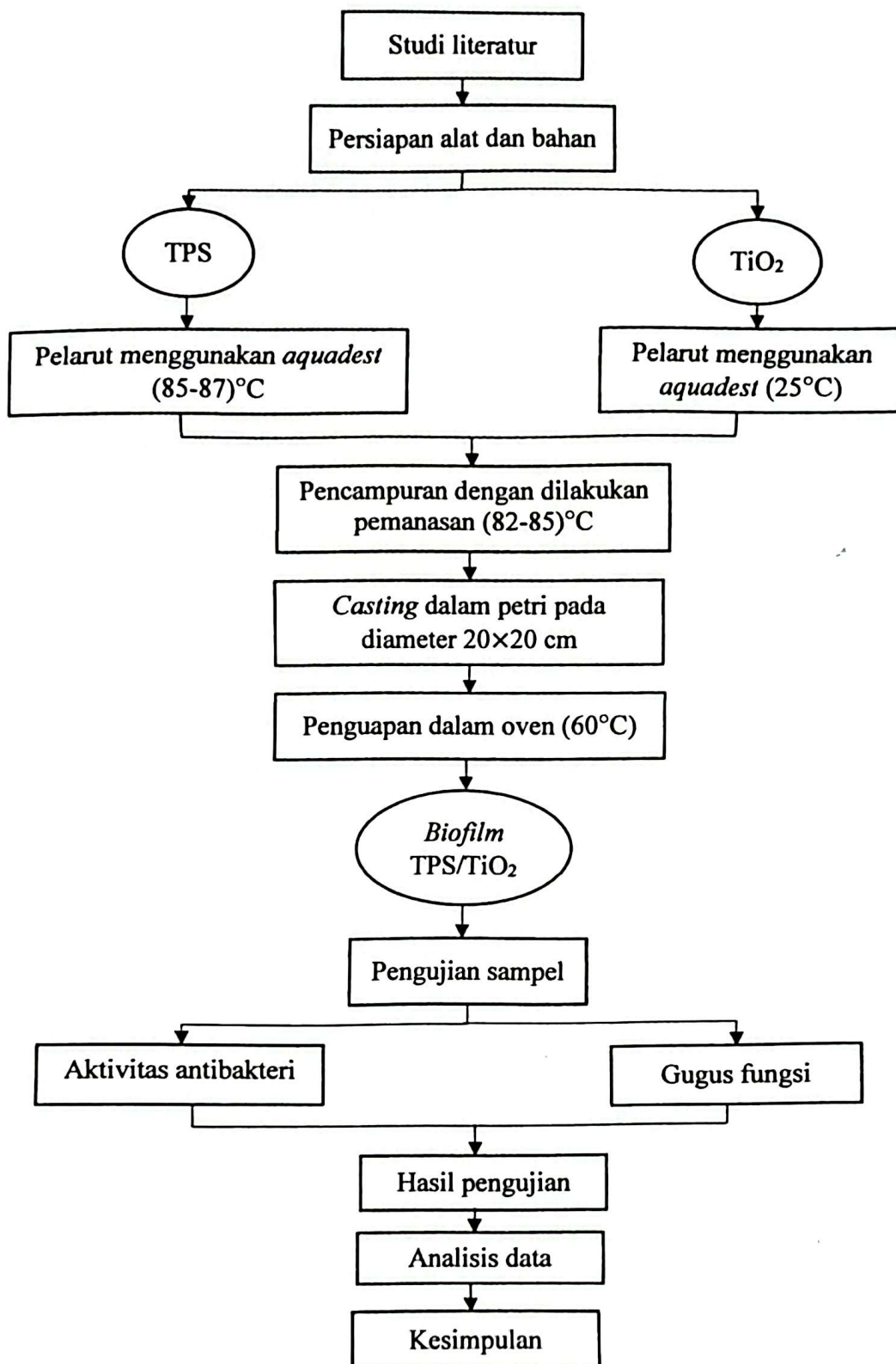
Proses pencampuran ini dilakukan menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan TPS yang sudah homogen dicampur dengan larutan TiO<sub>2</sub>. Pencampuran larutan TPS/TiO<sub>2</sub> membutuhkan waktu selama 1 jam pada suhu 82-85°C dengan kecepatan pengadukan 250 rpm.

##### 3.4.5 *Casting* dalam Cawan Petri

Campuran larutan TPS/TiO<sub>2</sub> yang sudah homogen dituang kedalam wadah kaca, yaitu cawan petri dengan diameter cawan petri, yaitu 20×20 cm menggunakan metode *casting*.

##### 3.4.6 Penguapan dalam Oven

Penguapan yang sudah *dicasting* dalam cawan petri diperlukan untuk menghilangkan pelarut dari masing-masing bahan. Penguapan dilakukan di dalam oven dengan suhu 60°C. Waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan bahan kurang lebih satu hari. Proses pembuatan *biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Lampiran C dan hasil *biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Lampiran D.



**Gambar III. 1** Skema Penelitian

### 3.5 Karakterisasi Sampel

Pengujian sampel TPS/TiO<sub>2</sub> dilakukan uji aktivitas antibakteri dan uji gugus fungsi (FTIR).

#### 3.5.1 Pengujian Aktivitas Antibakteri

Pada penelitian ini pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi bertujuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan. Pengujian ini dilakukan dengan cara sebanyak 10 µL di ambil dengan pipet *eppendorf* dan sampel kultur *Staphylococcus aureus* dimasukan dalam media cair, yaitu media pertumbuhan bakteri yang digunakan adalah larutan *Nutrient Broth* (NB) selama 24 jam. Setelah 24 jam, sampel kultur *Staphylococcus aureus* diambil menggunakan *osse* dan diinokulasikan kedalam media padat, yaitu media tanam yang digunakan adalah *Nutrient agar* (NA). *Biofilm* TPS dan *biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub> dipotong menjadi bentuk cakram dengan diameter 5 mm kemudian ditempatkan diatas media padat *Nutrient Agar* (NA) yang sebelumnya ditanami dengan bakteri *Staphylococcus aureus*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam kemudian dilakukan pengamatan ada tidaknya zona hambat disekitar area cakram *biofilm*. Pengukuran pengujian zona hambat diukur menggunakan alat ukur, yaitu penggaris.

#### 3.5.2 Pengujian Gugus Fungsi dengan Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

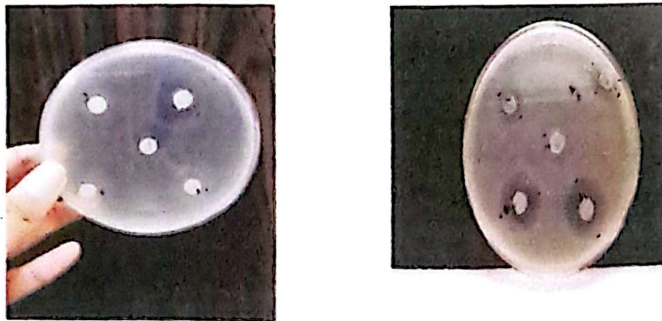
Pengujian gugus fungsi ini bertujuan untuk mengetahui komposisi jenis ikatan dan panjang gelombang dari *biofilm* TPS dan *biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan alat FTIR Shimadzu IR Prastige-21. *Biofilm* TPS dan *biofilm* TPS/TiO<sub>2</sub> di potong menggunakan gunting dengan panjang dan lebar sekitar 11×11 mm kemudian lembaran *biofilm* tersebut dimasukan ke dalam tempat sampel pada mesin FTIR. Selanjutnya, sampel ditembakkan dengan sinar *Infra-Red* dan hasil serapan gugus fungsi dari senyawa tersebut terekam sebagai spektrum IR. Pengukuran pada spektrum inframerah dilakukan pada daerah cahaya inframerah tengah (*mid-infrared*), yaitu pada bilangan gelombang 4000 cm<sup>-1</sup>- 400 cm<sup>-1</sup>.

## BAB IV

## HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Penambahan  $TiO_2$  terhadap Aktivitas Antibakteri *Biofilm* TPS

Pada penelitian ini pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi bertujuan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan. Menurut Liu dkk. (2015) pengukuran diameter zona hambat termasuk diameter film yang sudah ditanam pada media agar. Pengaruh penambahan variasi  $TiO_2$  pada *biofilm thermoplastic starch* terhadap bakteri *Staphylococcus Aureus* dapat dilihat pada Gambar IV.1, dan hasil uji aktivitas antibakteri pada *biofilm* TPS/ $TiO_2$  pada bakteri *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada Gambar IV.1.



**Gambar IV. 1** Hasil Uji Aktivitas Antibakteri pada Variasi Berat *Biofilm* TPS/ $TiO_2$  pada Bakteri *Staphylococcus aureus*.

Diameter zona hambat dari variasi  $TiO_2$  pada terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada Gambar IV.1 menunjukkan bahwa, diameter zona hambat tertinggi pada variasi  $TiO_2$  2 phr, yaitu sebesar 12 mm dan diameter zona hambat terendah pada variasi  $TiO_2$  0,1 phr, yaitu sebesar 9 mm pada variasi tanpa adanya penambahan  $TiO_2$  tidak terlihat adanya diameter zona hambat yang terjadi. Hal ini terjadi karena  $TiO_2$  merupakan *agent* antibakteri semakin banyak penambahan variasi  $TiO_2$  maka diameter zona hambat yang dihasilkan semakin tinggi dan tanpa penambahan variasi  $TiO_2$  tidak terjadinya diameter zona hambat dan tidak adanya aktivitas antibakteri. Diameter zona hambat pada *biofilm* TPS/ $TiO_2$  terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV. 1 Diameter Zona Hambat pada Biofilm TPS/TiO<sub>2</sub> terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

Sampel	Variasi TiO <sub>2</sub> (phr)	Zona Hambat (mm)	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
1	0	0	0
2	0,1	9	0
3	0,2	9,5	0
4	0,5	10	0
5	1	10	0
6	2	12	0

Hasil pengukuran diameter zona hambat pada bakteri *Staphylococcus aureus* yaitu, pada variasi TiO<sub>2</sub> 0 phr tidak adanya aktivitas antibakteri dikarenakan tidak ada penambahan TiO<sub>2</sub>. Pada variasi TiO<sub>2</sub> 0,1 phr adanya aktivitas antibakteri dengan diameter zona hambat 9 mm dan variasi TiO<sub>2</sub> 0,2 phr terjadi kenaikan diameter zona hambat, yaitu 9,5 mm. Pada variasi TiO<sub>2</sub> 0,5 phr dan 1 phr diameter zona hambat cenderung tetap hal ini dikarenakan pengukuran zona hambat dilakukan menggunakan penggaris sehingga hasil pengukuran tidak begitu akurat. Pada variasi TiO<sub>2</sub> 2 phr diameter zona hambat mengalami kenaikan, yaitu 12 mm. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Liu dkk, 2015) menyatakan bahwa hasil zona hambat pada bakteri *Staphylococcus aureus* memberikan diameter zona hambat tertinggi pada 11,2 mm dan diameter zona hambat terendah, yaitu 10,09 mm. Hal ini dikarenakan TiO<sub>2</sub> dapat menghambat sintesis dinding sel pada bakteri *Staphylococcus aureus*.

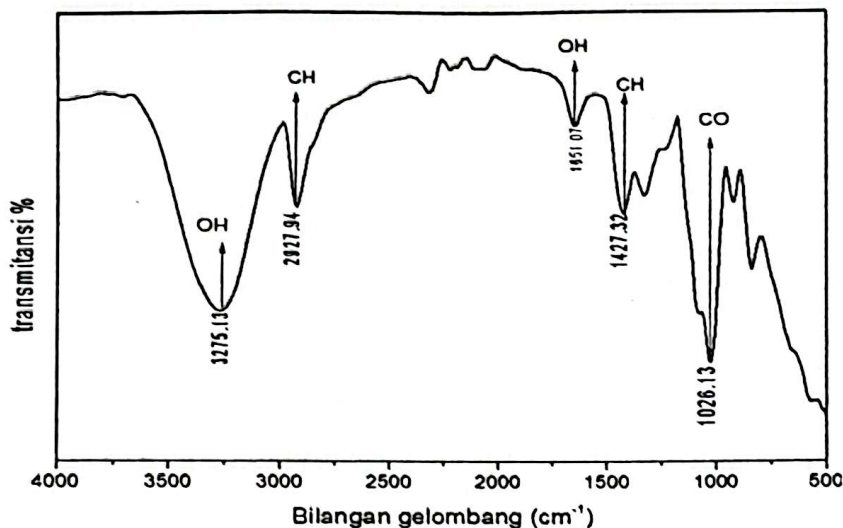
Hasil pengukuran diameter zona hambat pada bakteri *Escherichia coli* menunjukkan tidak adanya zona hambat pada bakteri *Escherichia coli*, hal ini dikarenakan bakteri *Escherichia coli* memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks atau memiliki struktur dinding sel yang lebih tebal dibandingkan dengan bakteri *Staphylococcus aureus* (Jawetz dkk, 2007). Menurut Septiani dkk (2017), bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif yang resisten terhadap senyawa antibakteri, seperti TiO<sub>2</sub>. Hal ini disebabkan bakteri *Escherichia coli* memiliki tiga lapisan struktur dinding sel di antaranya yaitu, lapisan luar lipoprotein, lapisan tengah lipopolisakarida dan lapisan dalam peptidoglikan.

Menurut Naimah dkk. (2011), mekanisme TiO<sub>2</sub> menghambat bakteri dengan cara proses oksidasi yang terjadi pada TiO<sub>2</sub> saat pemaparan sinar ultra violet

menghasilkan radikal oksigen, dimana adanya hubungan linier antara proses fotokatalisis dengan konsentrasi radikal oksigen yang dihasilkan dalam menginaktivasi *Staphylococcus aureus* sehingga semakin meningkatnya konsentrasi katalis  $\text{TiO}_2$  pada proses fotokatalisis dapat meningkatkan radikal oksigen dan *reactive oxygen spesies* (ROS) yang terbentuk langsung menuju dinding sel *Staphylococcus aureus* yang tipis mengakibatkan radikal oksigen menembus DNA dan mengakibatkan kematian pada bakteri. Semakin banyak variasi berat  $\text{TiO}_2$  maka aktivitas antibakteri semakin besar sehingga dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan bakteri.

#### 4.2 Pengujian Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pengujian menggunakan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada *biofilm* TPS murni, dan *biofilm* TPS dengan penambahan aditif  $\text{TiO}_2$ .



Gambar IV. 2 Spektrum Gugus Fungsi *Biofilm* TPS Murni.

##### 4.2.1 Pengujian Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) pada *Biofilm* TPS Murni

Hasil Pengujian gugus fungsi dari *biofilm* TPS murni pada Gambar IV.2 menunjukkan gugus O-H regangan pada panjang gelombang  $3275,13 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C-H regangan ditunjukkan pada panjang gelombang  $2927,94 \text{ cm}^{-1}$ , panjang gelombang  $1651,07 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan air pada pati, yaitu gugus tekukan O-H, panjang gelombang  $1427,32 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus tekukan

C-H, dan pada panjang gelombang 1026,13  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus regangan C-O. Hasil pengujian FTIR ini dapat dikonfirmasi bahwa TPS murni memiliki komponen yang tidak jauh berbeda dengan Mantovan dkk.(2018). Perbandingan hasil FTIR literatur dan FTIR *biofilm* TPS murni dapat dilihat pada Tabel IV.2

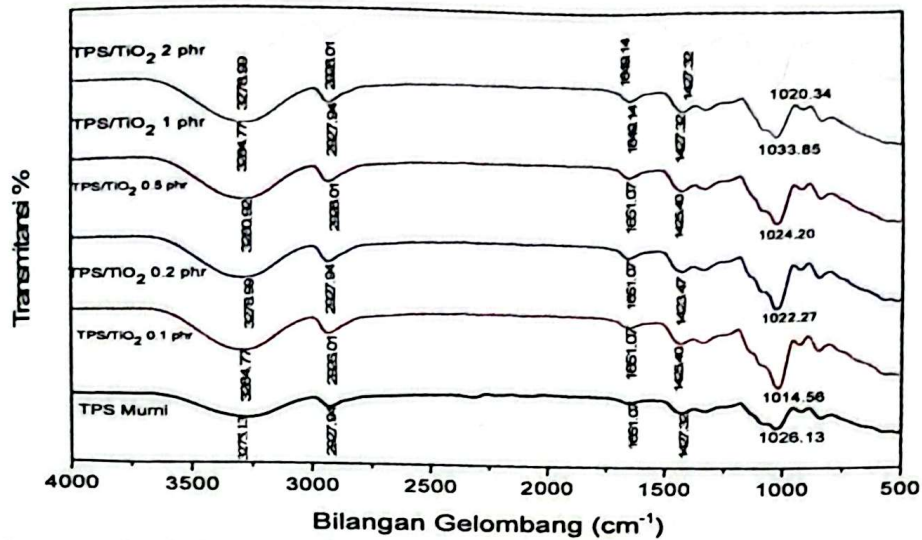
Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Mantovan dkk, 2018) menunjukkan bahwa hasil spektra regangan gugus O-H dari gugus hidroksil (O-H) pada panjang gelombang 3400  $\text{cm}^{-1}$ , gugus regangan (*stretch*) C-H dari gugus metilen (-CH<sub>2</sub>) ditunjukkan pada panjang gelombang 2900  $\text{cm}^{-1}$ , panjang gelombang 900  $\text{cm}^{-1}$  dan 1200  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus regangan C-O dari gugus -C-O-C pada ikatan glikosidik pati, menunjukkan hasil gugus serapan air pada pati ditandai dengan adanya gugus tekukan (*bending*) O-H dari molekul air pada panjang gelombang 1600  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus C-H tekukan ditunjukkan pada panjang gelombang 1400  $\text{cm}^{-1}$  dan 1300  $\text{cm}^{-1}$ .

**Tabel IV. 2** Perbandingan Hasil Gugus Fungsi TPS Literatur dan *Biofilm Thermoplastic Starch* (TPS) Murni

Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) Mantovan dkk. (2018)	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) TPS Murni
O-H <i>stretch</i>	3400	3275,13
C-H <i>stretch</i>	2900	2927,94
O-H <i>bend</i>	1600	1651,07
C-H <i>bend</i>	1400-1300	1427,32
C-O <i>stretch</i>	1200-900	1026,13

#### 4.2.2 Pengaruh Penambahan Variasi TiO<sub>2</sub> terhadap Gugus Fungsi pada *Biofilm* TPS

Spektrum gugus fungsi *thermoplastic starch* (TPS) dengan penambahan variasi TiO<sub>2</sub> 0,1 phr; 0,2 phr; 0,5 phr; 1 phr; dan 2 phr dapat dilihat pada Gambar IV.3 menunjukkan spektra panjang gelombang yang tampak tidak jauh beda dengan hasil gugus fungsi *biofilm* TPS murni hal ini menunjukkan tidak adanya bilangan gelombang baru tidak terlihat karena variasi TiO<sub>2</sub> yang relatif sedikit membuat hasil spektra dari jenis ikatan TiO<sub>2</sub> tidak tampak.



**Gambar IV. 3** Spektrum Gugus Fungsi *Thermoplastic Starch* (TPS) dengan Penambahan Variasi  $\text{TiO}_2$

Hasil spektra gugus regangan O-H pada panjang gelombang 3278,99-3284,77  $\text{cm}^{-1}$ , gugus regangan C-H ditunjukkan pada panjang gelombang 2926,44-2927,94  $\text{cm}^{-1}$ , panjang gelombang 1649,14-1651,07  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan air pada pati, yaitu gugus tekukan O-H, panjang gelombang 1423,47-1427,32  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus tekukan C-H, dan pada panjang gelombang 1014,56-1033,85  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus regangan C-O. Bilangan gelombang *biofilm* TPS dengan variasi  $\text{TiO}_2$  dapat dilihat pada Tabel IV.3. Hasil spektra gugus fungsi dapat dilihat pada Lampiran E.

**Tabel IV. 3** Bilangan Gelombang *Biofilm Thermoplastic Starch* (TPS) dengan Variasi  $\text{TiO}_2$

Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )						Jenis Ikatan
TPS Murni	TPS/ $\text{TiO}_2$ 0,1 phr	TPS/ $\text{TiO}_2$ 0,2 phr	TPS/ $\text{TiO}_2$ 0,5 phr	TPS/ $\text{TiO}_2$ 1 phr	TPS/ $\text{TiO}_2$ 2 phr	
3275,13	3284,77	3278,99	3280,92	3284,77	3278,99	O-H Stretch
2927,94	2926,01	2927,94	2926,01	2927,94	2926,01	C-H stretch
1651,07	1651,07	1651,07	1651,07	1649,14	1649,14	O-H Bend
1427,32	1425,40	1423,47	1425,40	1427,32	1427,32	C-H Bend
1026,13	1014,56	1022,27	1024,20	1033,85	1020,34	C-O Stretch

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan, yaitu:

1. Semakin besar penambahan  $\text{TiO}_2$  pada *biofilm* TPS/ $\text{TiO}_2$  maka peningkatan zona hambat juga semakin meningkat. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar konsentrasi  $\text{TiO}_2$  maka dapat membunuh bakteri *Staphylococcus aureus* dan menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*.
2. Penambahan  $\text{TiO}_2$  pada *biofilm* TPS/ $\text{TiO}_2$  tidak mempengaruhi gugus fungsi *biofilm* TPS. Pola dari gugus fungsi *biofilm* TPS/ $\text{TiO}_2$  tidak jauh berbeda dengan pola gugus fungsi TPS murni. Hal ini dikarenakan variasi berat  $\text{TiO}_2$  dalam film TPS yang relatif sedikit.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan analisis data hasil penelitian didapatkan saran berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian yang sama untuk mengetahui aktivitas antibakteri  $\text{TiO}_2$  dengan metode difusi terhadap bakteri gram negatif, seperti bakteri *Escherichia coli*.
2. Perlu dilakukan uji morfologi untuk melihat distribusi penyebaran partikel  $\text{TiO}_2$ .
3. Perlu lakukan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan dan kekakuan pada film.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, "Basic principle Working and Instrumentation of Experimental techniques", In Winnipeg Free Press, 2014.
- Aripin, Samsul, Bungaran Saing dan Elvi Kustiyah, "Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation", Volume (06): 79-84, 2017.
- Averous, Luc, "Synthesis Properties Environmental and Biomedical Applications of Polylactic Acid", Elsevier, 171-186, 2013.
- Brooks, Janet Butel dan Stephen Morse, "Medical Microbiology", Volume (24): 224, USA, 2007.
- Carvalho, Antonio, "Starch Major Sources, Properties and Applications as Thermoplastic Materials", 315-342, 2008.
- Chawengkijwanich, Chamorn dan Yasuyoshi Hayata, "Development of TiO<sub>2</sub> Powder-Coated Food Packaging Film and its Ability to Inactivate Escherichia coli in Vitro and in Actual Test", International Journal of Food Microbiology, Volume (128): 288-292, 2008.
- Erfan, Ahmad, "Sintetis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Kitosan", Laporan Tugas Akhir, Depok: Universitas Indonesia, 2012.
- Eva, Silaho, "Evaluasi Biodegradabilitas Plastik Berbahan Dasar Campuran Pati dan Polietilen Menggunakan Metode Enzimati, Konsorsia Mikroba dan Pengomposan", Laporan Tugas Akhir, Depok: Universitas Indonesia, 2011.
- Hoffmann, Michael, Scot Martin, Wonyong Choi dan Detlef Bahnemann, "Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis", Volume (65): 69-96, 1995.

- Mantovan, Janaina, Gabrielly Terassi Bersaneti, Paul, Faria Tischer, Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi dan Suzana Mali, "Use of microbial levan in edible films based on cassava starch", Volume (18): 31-36, 2018.
- Jatmiko, Endro Suseno dan Sofian Firdausi, "Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi", Volume (11): 23-28, 2008.
- Jawetz, Melnick dan Adelberg, "Mikrobiologi Kedokteran" Edisi (23), 2007.
- Kamsiati, Elmi, Heny Herawati dan Endang Yuli Purwani, "Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi Kayu Indonesia", Volume (36): 67-66, 2017.
- Karuniastuti, Nurhenu, "Bahaya Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan", Volume (3): 1-13, 2003.
- Krochta dan De Mulder Johnston, "Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities, Food Technology", Volume (51): 61-67, 1997.
- Liu, Chao, Hanguo Xiong, Xing Chen, Shun Lin dan Yanhua Tu, "Effects of Nano-TiO<sub>2</sub> on The Performance of High-Amylose Starch Based Antibacterial Films", Jurnal of Applied Polymer Science, 2015.
- Melani, Ani, Netty Herawati dan Ahmad Fajri Kurniawan, "Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation (Kajian Pengaruh Jenis Filler, Konsentrasi Filler dan Jenis Plasticiezer)", Volume (2): 53-67, 2017.
- Nafchi, Abdorreza Mohammadi, Mahdijeh Moradpour, Maliheh Saeidi dan Abdul Karim Alias, "Thermoplastic Starches: Properties, Challenges, and Prospects Starch/Starke", Volume (65): 61-72, 2013.
- Naimah, Siti dan Rahyani Ermawati, "Efek Fotokatalisis Nano TiO<sub>2</sub> terhadap Mekanisme Antimikrobia Escherichia Coli dan Salmonella", Volume (5): 113-120, 2011.

- Nuraina, "Uji aktivitas Antimikroba Ekstra Daun Gracinia Benthami Pierre dengan Metode Dilusi", Laporan Tugas Akhir, Jakarta: Universitas Islam Hidayatullah, 2015.
- Noor, Ilhamsyah, "Isolasi Dan Karakterisasi  $\beta$ -Glukan dari Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*) dengan Metode Spektroskopi Uv-Visibel dan FTIR", Laporan Tugas Akhir, Tangerang : Universitas Negeri Hidayatullah, 2010.
- Oleyaiea, Seyed Amir, Younes Zahedic, Babak Ghanbarzadeh dan Ali Akbar Moayedie, "Modification of Physicochemical and Thermal Properties of Starch Films by Incorporation of  $\text{TiO}_2$  Nanoparticles", International Journal of Biological Macromolecules, 2016.
- Pavia, Donald, Gary Lampman, George Kriz dan James Vyvyan, "Introduction To Spectroscopy", Edisi (4), Washington: Cengage Learning, 2019.
- Pelczar, Michael dan Chan, "Dasar-Dasar Mikrobiologi", Depok: Universitas Indonesia, 1986.
- Purwiandono, Gani dan Indriana Kartini, "Synthesis of Porous  $\text{TiO}_2$  Starch Template and its Photoactivity Towards Photodegradation Methylene Blue", Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2013.
- Sanjaya, Igusti Gede dan Tyas puspita, "Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Limbah Kulit Singkong", Surabaya: Teknik Kimia FTI-ITS, 2012.
- Sakinah, Anniesah Rahayu dan Insan Sunan Kurniawansyah, "Isolasi Karakterisasi Sifat Fisikokimia, dan Aplikasi Pati Jagung dalam Bidang Farmasetik", Volume (16): 430-442, 2018.
- Saptorahardjo, Asmuwahyu, "Starch Based Bioplastik Compound, Prosiding Seminar Nasional Kulit", Karet dan Plastik Ke-5, 2016.

- Septiani, Eko Nurcahya Dewi dan ima Wijayanti, "Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (*Cymodocea rotundata*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*", Volume (13): 1-6, 2017.
- Sunanda, Kayono, Toshiya Watanabe dan Kazuhito Hashimoto, "Studies on Photokilling of Bacteria on TiO<sub>2</sub> Thin Film" Volume (156): 227-233, 2003.
- Sutiknowati, Lies Indah, "Bioindikator Pencemaran Bakteri *Escherichia coli*" Volume (4): 63-71, 2016.
- UNEP, "Converting Waste Plastics Into a Resource, Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Center", United Nations Environment Programme, 2009.
- Winarti, Christina, Miskiyah dan Widaningrum, "Teknologi Produksi dan Aplikasi Pengemas Edible Antimikroba Berbasis Pati", Jurnal Litbang, Volume (31), 85-93, 2012.
- Wypych, "Handbook of Polymers", Edisi (2), Toronto: ChemTech Publishing, 2016.

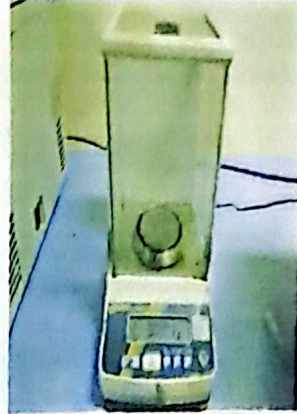
## LAMPIRAN GAMBAR ALAT



Gelas Kimia



Gelas Ukur



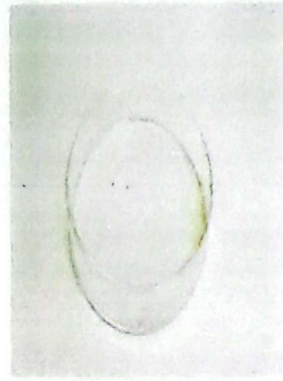
Neraca Analitik



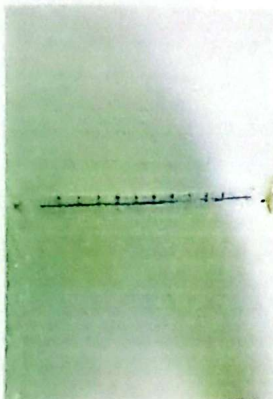
Oven



Magnetic Stirrer



Cawan Petri



Termometer



Spatula



FTIR

## LABORATORIUM KIMIA DASAR



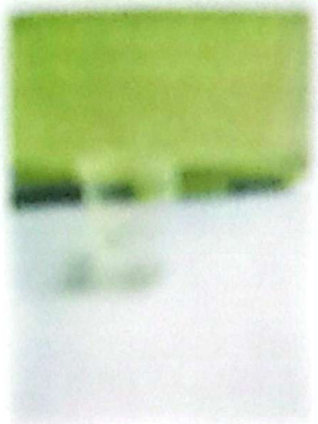
Ammonium klorida



NaCl

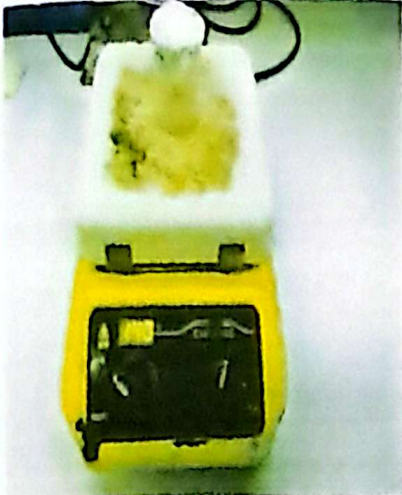


Ammonium sulfat



Ammonium nitrat

## LAMPIRAN GAMBAR PROSE PEMBUATAN *BIOFILM*



Proses pelarutan pelet TPS



Proses pelarutan  $\text{TiO}_2$



Pencampuran larutan TPS dan larutan  $\text{TiO}_2$

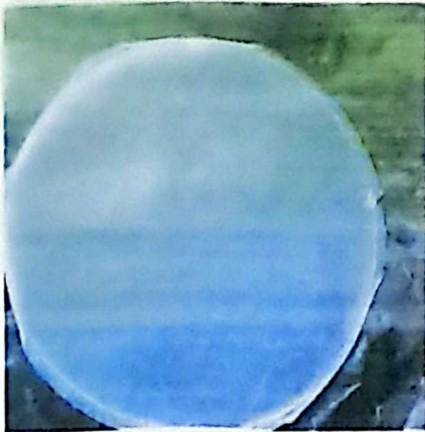


Casting dalam cawan petri



Penguapan dalam oven

## LAMPIRAN SAMPEL PENELITIAN



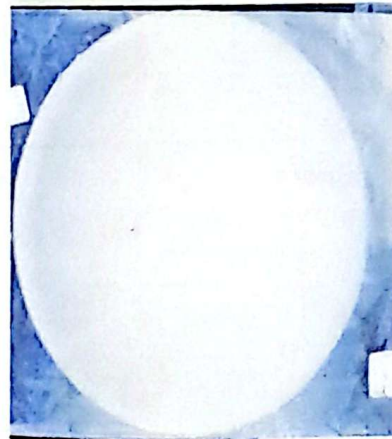
*Biofilm TPS Murni*



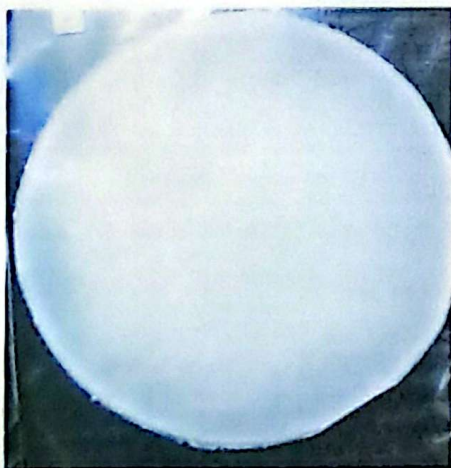
*Biofilm TPS/TiO<sub>2</sub> 0,1 phr*



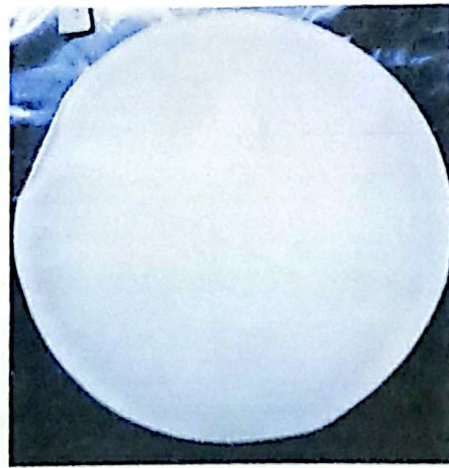
*Biofilm TPS/TiO<sub>2</sub> 0,2 phr*



*Biofilm TPS/TiO<sub>2</sub> 0,5*

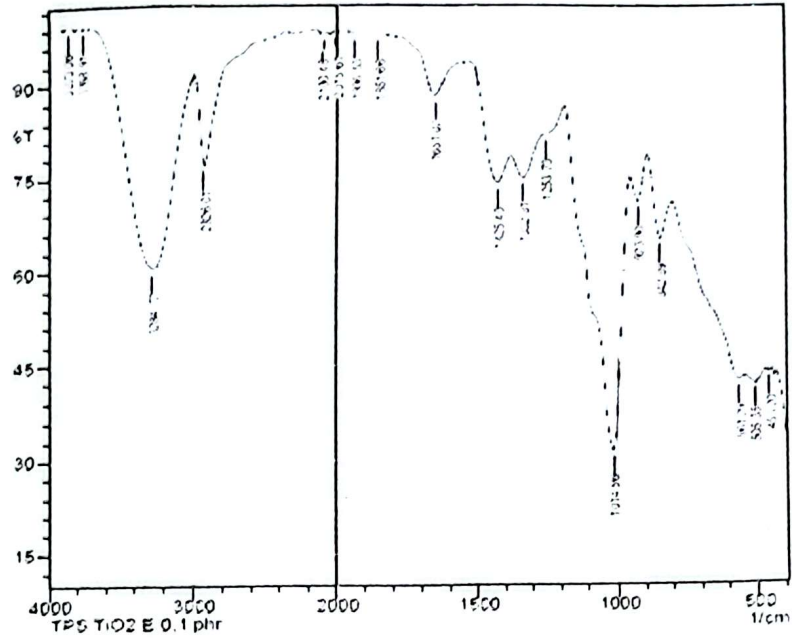


*Biofilm TPS/TiO<sub>2</sub> 1 phr*

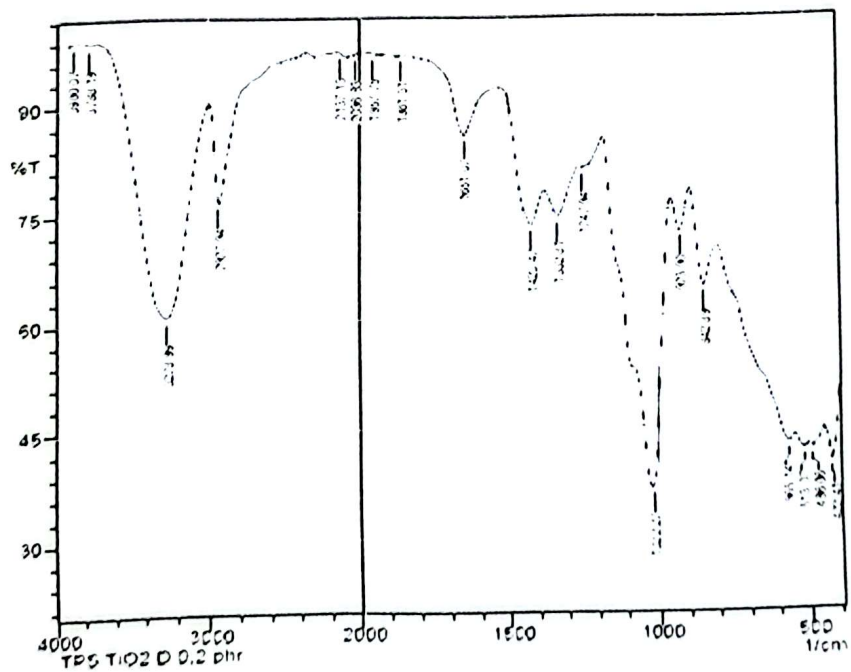


*Biofilm TPS/TiO<sub>2</sub> 2 phr*

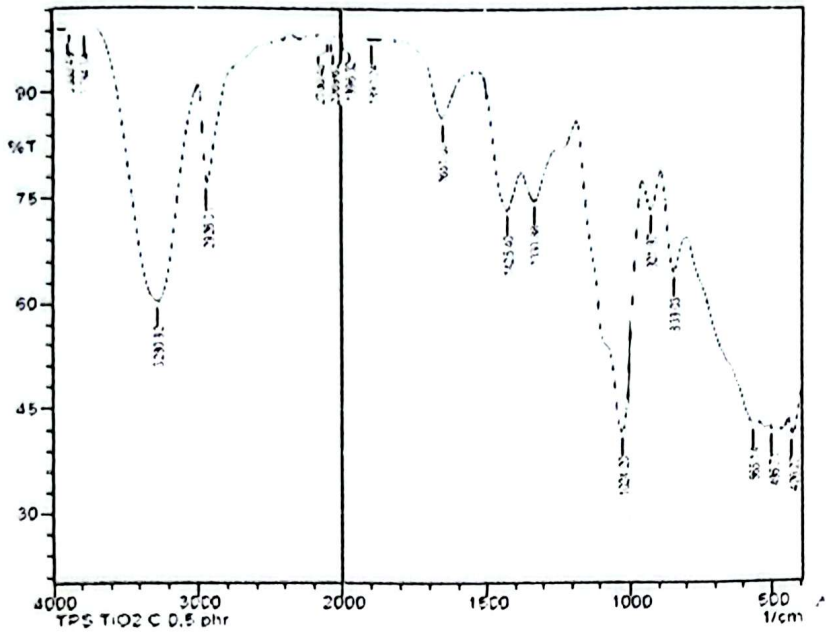
## LAMPIRAN HASIL PENGUJIAN GUGUS FUNGSI



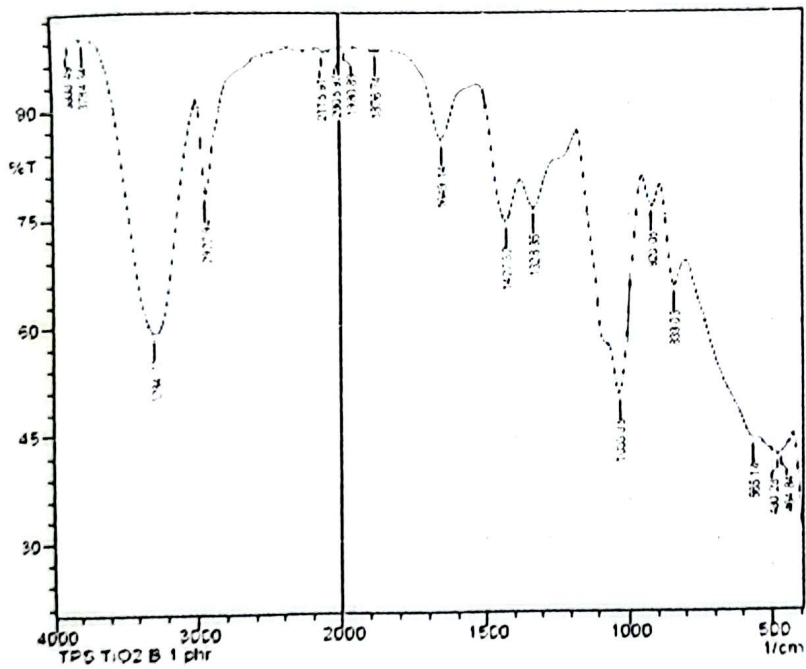
Spektrum FTIR TPS/TiO<sub>2</sub> 0,1 phr



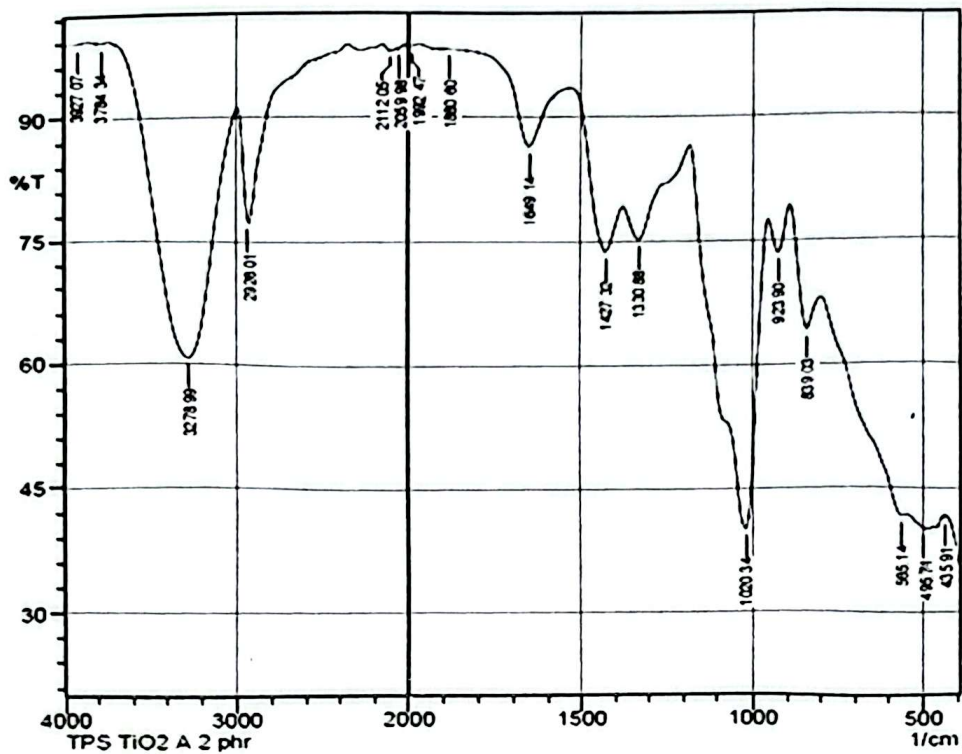
Spektrum FTIR TPS/TiO<sub>2</sub> 0,2 phr



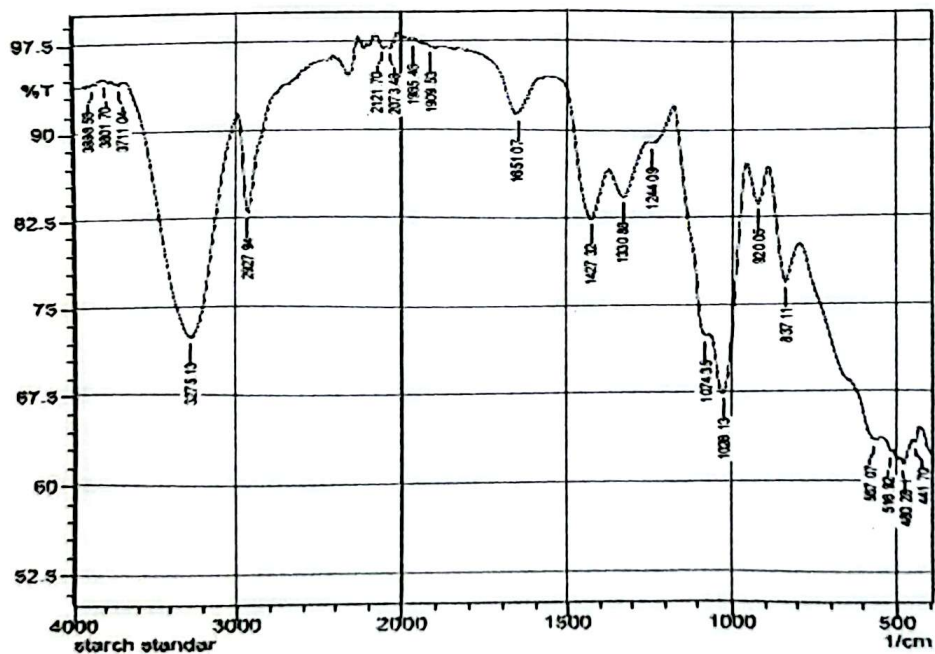
Spektrum FTIR TPS/TiO<sub>2</sub> 0,5 phr



Spektrum FTIR TPS/TiO<sub>2</sub> 1 phr



Spektrum FTIR TPS/TiO<sub>2</sub> 2 phr



Spektrum FTIR TPS Mumi