

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI  
DISINFEKTAN SENYAWA DIFENILTIMAH(IV)  
DI-(2-HIDROKSIBENZOAT) DAN DIFENILTIMAH(IV)  
DI-(3-HIDROKSIBENZOAT)**

**(Skripsi)**

**Oleh :**

**Cantona Sasmitha**

**NPM 1917011024**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-(2-HIDROKSIBENZOAT) DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-(3-HIDROKSIBENZOAT)

Oleh

**Cantona Sasmitha**

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bioaktivitas senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat; difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat), sebagai disinfektan terhadap bakteri Gram positif *Staphylococcus aureus* dan bakteri Gram negatif *Salmonella sp.* Senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) disintesis dengan metode refluks menggunakan pelarut metanol selama 4 jam pada suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ . Hasil sintesis kemudian dikeringkan didalam desikator selama  $\pm 3$  bulan hingga diperoleh padatan kering, lalu dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FTIR, spektrometer  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$  dan *Microelemental Analyzer*. Padatan senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) berwarna putih kecoklatan dengan rendemen sebesar 82,47%. Padatan senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) berwarna putih sedikit merah muda dengan rendemen sebesar 87,03%. Kedua senyawa hasil sintesis kemudian diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.* menggunakan metode *optical density* dan *spreadplate*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua senyawa memiliki bioaktivitas yang baik terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.*, senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) memberikan bioaktivitas paling baik sebagai disinfektan bakteri *S. aureus* dengan penurunan absorbansi terbaik pada konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$  M, waktu kontak 15 menit. Senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) memberikan bioaktivitas paling baik sebagai disinfektan bakteri *Salmonella sp.* dengan penurunan absorbansi terbaik pada konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$  M, waktu kontak 15 menit.

**Kata kunci:** difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat), difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat), disinfektan, *S. aureus*, *Salmonella sp.*

## ABSTRACT

### SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND BIOACTIVITY TEST AS DISINFECTANTS OF DIPHENYLTIN(IV) DI-(2-HYDROXYBENZOATE) AND DIPHENYLTIN(IV) DI-(3-HYDROXYBENZOATE) COMPOUNDS

By

Cantona Sasmitha

This research was conducted to study bioactivity of organotin(IV) carboxylate derivatives as disinfectants; diphenyltin(IV) di-(2-hydroxybenzoate) and diphenyltin(IV) di-(3-hydroxybenzoate), against Gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* and Gram-negative bacteria *Salmonella sp.* The compounds diphenyltin(IV) di-(2-hydroxybenzoate) and diphenyltin(IV) di-(3-hydroxybenzoate) were synthesized by reflux method using methanol for 4 hours at temperature  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  then dried in desiccator for  $\pm 3$  months to obtain a dry solid, then characterized using UV-Vis spectrophotometer, FTIR spectrophotometer,  $^1\text{H-NMR}$  and  $^{13}\text{C-NMR}$  spectrometer, and Microelemental Analyzer. The solid compound diphenyltin(IV) di-(2-hydroxybenzoate) was brownish white with a yield of 82.47%. The solid compound diphenyltin(IV) di-(3-hydroxybenzoate) was white and slightly pink with a yield of 87.03%. The two synthesized compounds were tested for their bioactivity as a disinfectant against *S. aureus* and *Salmonella sp.* bacteria using optical density and spreadplate methods. The results of the bioactivity test showed that the two compounds had good bioactivity against *S. aureus* and *Salmonella sp.*, bacteria, the compound diphenyltin(IV) di-(2-hydroxybenzoate) provides the best bioactivity as a disinfectant of *S. aureus* bacteria. with the best absorbance reduction at concentration of  $5 \times 10^{-3}$  M at contact time of 15 minutes. The compound diphenyltin(IV) di-(3-hydroxybenzoate) provides the best bioactivity as a disinfectant of *Salmonella sp.* bacteria. with the best absorbance reduction at concentration of  $5 \times 10^{-3}$  M at contact time of 15 minutes.

**Keywords:** diphenyltin(IV) di-(2-hydroxybenzoate), diphenyltin(IV) di-(3-hydroxybenzoate), disinfectants, *S. aureus*, *Salmonella sp.*

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI  
DISINFEKTAN SENYAWA DIFENILTIMAH(IV)  
DI-(2-HIDROKSIBENZOAT) DAN DIFENILTIMAH(IV)  
DI-(3-HIDROKSIBENZOAT)**

Oleh :

*Cantona Sasmitha*

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI  
BIOAKTIVITAS SEBAGAI  
DISINFEKTAN SENYAWA  
DIFENILTIMAH(IV)  
DI-(2-HIDROKSIBENZOAT) DAN  
DIFENILTIMAH(IV)  
DI-(3-HIDROKSIBENZOAT)**

Nama Mahasiswa : **Cantona Sasmita**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011024

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

**1. KOMISI PEMBIMBING**




**Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 197104151995121001



**Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.**  
NIP. 195405101988032001

**2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA**



**Mulyono, Ph.D.**  
NIP. 197406112000031002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua**

**: Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.**



**Sekretaris**

**: Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

**: Dr. Zipora Sembiring, M.S.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**

**NIP 197110012005011002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Mei 2023**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cantona Sasmitha  
NPM : 1917011024  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)" adalah benar karya sendiri dan tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Bandar Lampung, Juni 2023



Cantona Sasmitha  
NPM 1917011024

## RIWAYAT HIDUP



**Cantona Sasmitha** lahir di Adiluwih, pada tanggal 25 Juli 2001, anak pertama dari pasangan Ayah **Deni Handika** dan Umma **Sobingatun**. Penulis menempuh pendidikan di Taman Kanak-Kanak Ma'arif Adiluwih pada tahun 2006-2007, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 1 Adiluwih pada tahun 2007-2013, penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Pertama di Mts Zamais Adiluwih pada tahun 2013-2016, penulis kemudian melanjutkan pendidikan dengan mengambil jurusan IPA di SMA Negeri 1 Sukoharjo pada tahun 2016-2019. Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Penulis aktif sebagai Kader Muda pada Himaki tahun 2019, kemudian menjadi pengurus aktif Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) pada tahun 2021 di bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia. Pada tahun 2021 penulis juga berhasil meraih juara 2 KN-MIPA bidang Kimia tingkat Universitas dan mewakili Universitas Lampung sebagai peserta KN-MIPA bidang Kimia tingkat Wilayah/Regional.

Penulis juga aktif mengikuti kegiatan Merdeka Belajar yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, diantaranya kegiatan Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia dengan Tema "Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)" di



Universitas Malikussaleh, dan kegiatan Pejuang Muda yang diselenggarakan oleh Kementerian Sosial. Pada tahun 2022-2023 penulis mengikuti kegiatan magang yang diselenggarakan oleh UPT. Pelayanan dan Kerjasama Layanan Internasional Universitas Lampung sebagai *Buddy* mahasiswa asing Unila.

## MOTTO

*“Start now. Start where you are. Start with fear. Start with pain. Start with doubt. Start with hand shaking. Start with voice trembling; but start. Start and don’t stop. Start where you are, with what you have. Just start.”*

## *PERSEMBAHAN*

Segala Puji dan Syukur Kehadirat Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala* yang selalu memberikan anugerah, nikmat, kesehatan, rahmat dan hidayah-Nya. Dengan penuh rasa syukur dan bangga kupersembahkan goresan tinta dalam karya kecilku ini sebagai tanda bakti dan cintaku kepada:

*Ayah dan Umma tercinta*

Terima kasih untuk segala doa yang tiada henti, perjuangan yang tiada lelah, hingga pengorbanan yang tiada berujung. Terima kasih untuk segala cinta, kasih sayang, dukungan, perhatian, serta semangat yang selalu diberikan setiap waktu sehingga aku dapat tegak berdiri menjalani hari-hariku.

Untuk kedua adikku Daniel Saghara dan Zahratul Huzna yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan keceriaan kepadaku dalam menyelesaikan karya ini.

Rasa hormat saya kepada:

*Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si, M.Sc.*

*Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.*

Terima kasih atas bimbingan, ilmu, nasihat, dan kesabaran dalam membimbing selama ini.

Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung  
Atas dedikasi dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempih pendidikan di kampus.

Keluarga kimia 2019 dan sahabat Sejalan yang telah memberikan semangat dan bantuan, serta kebersamaan dalam suka maupun duka.

Serta

*Almamaterku Tercinta  
Universitas Lampung*

## SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat, ridho, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Universitas Lampung.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan doa, dukungan, semangat, bimbingan, serta saran dan masukan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Teriring doa yang tulus dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis dengan hormat mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang saya cintai, Ayah Deni Handika dan Umma Sobingaturun untuk segala cinta, kasih sayang dan dukungan yang telah diberikan selama ini serta segala perjuangan dan pengorbanan tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian skripsi.
3. Ibu Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S. selaku Dosen Pembimbing II, atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
4. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.S. selaku Dosen Pembahas, atas masukan dan saran yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.

5. Ibu Dr. Ilim, M.S. selaku Pembimbing Akademik atas segala bimbingan, nasihat, serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
7. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan motivasi selama penulis menjalankan pendidikan di kampus.
9. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, Dekanat FMIPA, serta Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, perkuliahan, penelitian, serta penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
10. Kedua adikku, Daniel Saghara dan Zahratul Huzna yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan.
11. Seluruh keluarga besar kakek Ahyani dan eyang Sastro Aliwongso yang selalu memberikan doa, bimbingan, semangat, dan dukungan.
12. Terima kasih untuk sahabat Sejalanku Maysya Dhiya Rizky Allisandra dan Aniska Legia untuk segala hal yang sudah dilalui bersama-sama, sudah bersedia menemani dan berbagi keluh-kesah selama proses perkuliahan sejak maba hingga sarjana. Terima kasih karena sudah selalu ada didalam setiap kebahagiaan dan permasalahan.
13. Terimakasih untuk teman-teman “Stannum’19” Sabrina Ocha Felinda, Munifah dan Alfonsa Mauren atas segala dukungan, semangat dan bantuan selama menjalankan penelitian hingga penulisan skripsi ini.
14. Terima kasih untuk Fitri Febriani, Unggul Sulistio dan Qonita Putri Hafidhoh, Rizky Hadiwijaya dan Kania Putri Aisyah yang turut menemani, memberikan dukungan, semangat, motivasi, nasihat, dan saran untuk menyelesaikan penelitian.

15. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
16. Bapak dan Ibu Tenaga Kependidikan, serta PLP Laboratorium Kimia Anorganik - Fisik dan Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
17. Keluarga Kimia 2019 Universitas Lampung;
18. Serta seluruh pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat beberapa ketidaksempurnaan, akan tetapi penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, Juni 2023

Cantona Sasmitha

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Senyawa Organotimah .....	4
2.2 Sintesis Senyawa Organotimah.....	5
2.3 Asam 2-Hidroksibenzoat .....	7
2.4 Asam 3-Hidroksibenzoat .....	8
2.5 Aplikasi Senyawa Organotimah .....	8
2.6 Analisis Senyawa Organotimah.....	9
2.6.1 Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	9
2.6.2 Analisis dengan Spektrofotometer FTIR.....	11
2.6.3 Analisis dengan Spektrometer <sup>1</sup> H-NMR dan <sup>13</sup> C-NMR.....	13
2.6.4 Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i> .....	18
2.7 Bakteri.....	18
2.8 Bakteri <i>Salmonella sp.</i> .....	20
2.9 Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	21
2.10 Disinfektan.....	23
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	25
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.3 Prosedur Kerja .....	26
3.3.1 Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat).....	26
3.3.2 Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat).....	27
3.3.3 Karakterisasi UV-Vis .....	28
3.3.4 Peremajaan Bakteri .....	28
3.3.5 Pembuatan Suspensi Bakteri Uji .....	29
3.3.6 Pembuatan Larutan Disinfektan .....	29
3.3.7 Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri .....	30

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
4.1 Hasil Sintesis Senyawa Turunan Organotimah(IV) Karboksilat .....	34
4.1.1 Hasil Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) .....	34
4.1.2 Hasil Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) .....	35
4.2 Hasil Karakterisasi Senyawa-Senyawa Turunan Organotimah(IV) Karboksilat...	36
4.2.1. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis .....	36
4.2.2. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer FTIR.....	41
4.2.3 Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <sup>1</sup> H-NMR dan <sup>13</sup> C-NMR .....	45
4.2.4. Hasil <i>Microelemental Analysis</i> .....	51
4.3. Hasil Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan .....	52
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>65</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>74</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan $\lambda_{\text{maks}}$ Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat .....	13
2. Data Jenis Ikatan Senyawa Organotimah Karboksilat .....	13
3. Nilai Pergeseran Kimia pada Spektra $^1\text{H-NMR}$ .....	16
4. Nilai Pergeseran Kimia pada Spektra $^{13}\text{C-NMR}$ .....	17
5. Data Spektrum UV-Visible Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat).....	37
6. Data Spektrum UV-Visible Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat).....	39
7. Data Vibrasi Ikatan dari Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat).....	42
8. Data Vibrasi Ikatan dari Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat).....	44
9. Data Pergeseran Kimia $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat).....	47
10. Data Pergeseran Kimia $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) .....	49
11. Data Persentase Komposisi Unsur Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) Secara Teoritis Berbanding Hasil Analisis .....	51
12. Data Persentase Komposisi Unsur Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) Secara Teoritis Berbanding Hasil Analisis .....	52

13. Data Uji Bioaktivitas Senyawa Organotin(IV) terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> .....	57
14. Data Uji Bioaktivitas Senyawa Organotin(IV) terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> .....	60
15. Perbandingan Hasil Uji Bioaktivitas dengan Penelitian Sebelumnya.....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat .....	5
2. Reaksi Sintesis Difeniltimah(IV) dibenzoat .....	6
3. Reaksi Sintesis Trifeniltimah(IV) benzoat.....	6
4. Struktur Asam 2-Hidroksibenzoat .....	7
5. Struktur Asam 3-Hidroksibenzoat .....	8
6. Skema transisi elektronik dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi.....	10
7. Alur Kerja Penelitian.....	33
8. Padatan Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat).....	35
9. Padatan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat).....	36
10. Spektrum <i>UV-Visible</i> (a) Difeniltimah(IV) oksida, dan (b) Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) .....	37
11. Spektrum <i>UV-Visible</i> (a) Difeniltimah(IV) oksida, dan (b) Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) .....	39
12. Spektrum FTIR(a) Difeniltimah(IV) oksida, dan (b) Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) .....	41
13. Spektrum FTIR (a) Difeniltimah(IV) oksida, dan (b) Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) .....	43
14. Struktur dan Penomoran Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) .....	45

15. Spektrum (a) $^1\text{H}$ -NMR dan (b) $^{13}\text{C}$ -NMR Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) .....	46
16. Struktur dan Penomoran Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) .....	48
17. Spektrum (a) $^1\text{H}$ -NMR dan (b) $^{13}\text{C}$ -NMR Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Stoikiometri Reaksi.....	75
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Organotimah(IV).....	78
3. Perhitungan Persentase Kandungan Unsur Teoritis.....	79
4. Perhitungan Pembuatan Larutan Stok dan Pengenceran Senyawa Organotimah(IV).....	80
5. Hasil Karakterisasi UV-Visible.....	83
6. Hasil Karakterisasi FTIR.....	84
7. Hasil Karakterisasi NMR.....	85
8. Hasil Karakterisasi <i>Microlemental Analyzer</i> .....	87
9. Foto Hasil Uji Bioaktivitas terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> .....	88
10. Foto Hasil Uji Bioaktivitas terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> .....	90

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Infeksi termasuk ke dalam salah satu masalah kesehatan penting di dunia, baik yang disebabkan oleh bakteri, virus maupun jamur (Wangkanusa *et al.*, 2016). Infeksi merupakan proses masuknya mikroorganisme (bakteri, virus, dan jamur) ke dalam tubuh yang kemudian berkembang biak dan menimbulkan penyakit. Mikroorganisme yang paling sering menyebabkan infeksi adalah bakteri (Radji, 2011). Bakteri patogen yang dapat menyebabkan infeksi, dapat berupa bakteri Gram negatif seperti *Salmonella sp.* maupun bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* (Boleng, 2015). *Salmonella sp.* menjadi masalah kesehatan penting di seluruh dunia karena menginfeksi hingga 1,9 milyar manusia dengan 715.000 penderitanya mengalami kematian (Besser, 2018). Infeksi *Salmonella sp.* menyebabkan berbagai macam penyakit seperti demam tifoid dan diare (Brands, 2006). Bakteri *S. aureus* juga menjadi bakteri patogen utama yang menginfeksi setidaknya 30% dari total populasi manusia (Tong *et al.*, 2015) dan menyebabkan penyakit yang menginfeksi kulit, keracunan bahkan infeksi pada jantung (endokarditis) sehingga dapat menyebabkan gagal jantung hingga kematian (Bierowiec *et al.*, 2016).

Upaya yang dapat dilakukan untuk menghambat pertumbuhan dan penularan bakteri diantaranya dengan menggunakan disinfektan. Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mencegah jangkitan mikroorganisme dengan cara memusnahkan mikroorganisme patogen pada benda tak hidup. Pada umumnya, disinfektan digunakan untuk mensterilkan benda-benda dari pertumbuhan mikroorganisme (Kesmas, 2020).

Beberapa jenis disinfektan yang sudah tersedia yaitu alkohol (metanol, etanol, isopropil alkohol), klorin, campuran klorin; formaldehida dan glutaraldehida; hidrogen peroksida; iodofor; asam parasetik; fenolik; amonia dan kombinasi dari jenis-jenis ini (Musafira *et al.*, 2020). Diantara disinfektan tersebut alkohol 60-95% adalah bahan dasar paling banyak yang dapat digunakan sebagai disinfektan, seperti metanol, etanol, dan isopropanol yang memiliki efektivitas baik sebagai disinfektan pencegah infeksi bakteri, virus dan jamur namun penggunaannya yang berlebihan dan dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti iritasi dan keracunan (Kesmas, 2020).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat diketahui memiliki bioaktivitas yang baik sebagai disinfektan. Senyawa organotimah (IV) karboksilat juga bersifat non-toksik atau hanya sangat sedikit toksik pada mamalia dan memiliki bioaktivitas yang baik sebagai zat anti bakteri, antivirus dan antijamur (Banti *et al.*, 2019; Anggraini *et al.*, 2020; Saroya *et al.*, 2022). Semakin panjang rantai alkil senyawa organotimah(IV) dan adanya ligan yang terikat dalam senyawa seperti gugus halogen, hidroksi, nitro, kloro dan sebagainya dapat meningkatkan aktivitas biologisnya (Hadi *et al.*, 2019). Senyawa difeniltimah(IV) karboksilat dan turunannya juga telah teruji memiliki kemampuan sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus* yang diuji dengan metode *optical density* (Hadi *et al.*, 2021). Banyaknya jenis senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat mendorong penelitian lebih lanjut untuk mengetahui potensi bioaktivitas senyawa turunan organotimah(IV) sebagai disinfektan. Pada penelitian ini senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) akan disintesis kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FTIR, spektrometer NMR dan *Microelemental Analyzer* kemudian diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri Gram positif *S. aureus* dan bakteri Gram negatif *Salmonella sp.*

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) hasil sintesis.
2. Mengetahui karakteristik senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) hasil sintesis.
3. Mengetahui bioaktivitas senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) hasil sintesis sebagai disinfektan terhadap bakteri Gram positif *S. aureus* dan bakteri Gram negatif *Salmonella sp.*

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan alternatif disinfektan yang efektif terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus*. Hasil penelitian ini juga dapat memberikan pengetahuan mengenai pengaruh posisi ligan sejenis (*ortho* dan *meta*) serta substituen hidroksi terhadap bioaktivitas dan efektivitas senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Senyawa Organotimah

Timah memiliki nomor atom 50 dengan massa atom relatif 118,710 gram/mol.

Timah memiliki konfigurasi elektron  $[\text{Kr}] 4d^{10} 5s^2 5p^2$  sehingga umumnya memiliki bilangan oksidasi +4 atau Sn(IV). Senyawa organotimah adalah senyawa yang setidaknya memiliki satu atom karbon yang berikatan langsung dengan atom Sn (Gielen *et al.*, 2008).

Timah dalam bentuk senyawanya memiliki tingkat oksidasi +2 dan +4, tingkat oksidasi +4 lebih stabil dari pada +2. Pada tingkat oksidasi +4, timah menggunakan seluruh elektron valensinya, yaitu  $5s^2 5p^2$  dalam ikatan, sedangkan pada tingkat oksidasi +2, timah hanya menggunakan elektron valensi  $5p^2$  saja (Cotton dan Wilkinson, 2007). Senyawa timah yang paling dikenal adalah turunan organotimah(IV) karena kestabilannya yang tinggi. Pada senyawa organotimah(IV), hibridisasi  $sp^3$  dari orbital valensinya menyebabkan orientasi ikatan tetrahedral (Pallerito *and* Nagy, 2022).

Berikut ini adalah turunan-turunan senyawa organotimah:

#### a. Senyawa organotimah halida

Senyawa organotimah halida dengan rumus umum  $R_n\text{Sn}X_{4-n}$  ( $n = 1-3$ ;  $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ) pada umumnya merupakan padatan kristalin dan sangat reaktif.

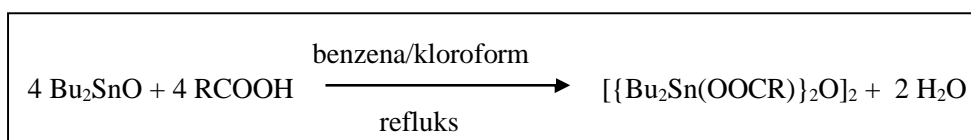
Organotimah halida ini dapat disintesis secara langsung melalui logam Sn, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida yang reaktif.

- b. Senyawa organotimah hidroksida dan oksida  
Senyawa ini dapat diperoleh dari hidrolisis turunan organotimah ( $R_nS_nX_{4-n}$ ) dimana X dapat berupa halida, OCOR', OR', NR<sub>2</sub>' dan sebagainya.
- c. Senyawa organotimah karboksilat  
Senyawa organotimah karboksilat pada umumnya dapat disintesis melalui dua metode yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksida dengan asam karboksilat, dan dari organotimah halida dengan garam karboksilat.
- d. Senyawa organotimah alkoksida dan fenoksida  
Senyawa ini dapat diperoleh dari reaksi alkali logam alkoksida atau fenoksida dengan organotimah halida.
- e. Senyawa organotimah hidrida  
Senyawa ini dapat diperoleh dengan mereduksi suatu organotimah halida dengan logam hidrida (Davies, 2004).

Senyawa organotimah yang paling penting dan memiliki aplikasi yang luas adalah organotimah karboksilat. Senyawa-senyawa turunan ini memiliki struktur yang beragam dan terbagi dalam tiga jenis yaitu mono-organotimah karboksilat, di-organotimah karboksilat dan tri-organotimah karboksilat (Gielen *et al.*, 2008).

## 2.2 Sintesis Senyawa Organotimah

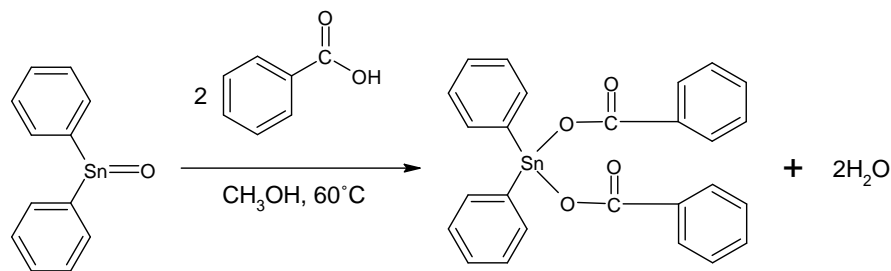
Sebagian besar turunan senyawa organotimah(IV) karboksilat di sintesis melalui reaksi kondensasi antara organotimah(IV) oksida atau organotimah(IV) hidroksida dengan asam karboksilat tertentu, dengan skema seperti yang tertera pada Gambar 1 (Matela *and* Aman, 2012).



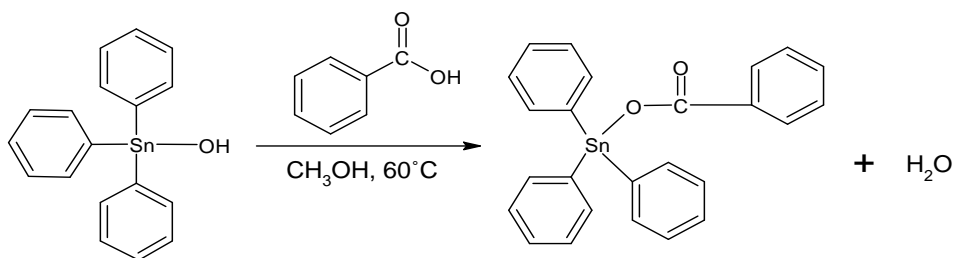
**Gambar 1.** Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) karboksilat (Matela *and* Aman, 2012).

Sintesis senyawa organotin(IV) benzoat yang umumnya menggunakan senyawa utama seperti dibutiltin(IV) oksida, difeniltin(IV) oksida, dan trifeniltin(IV) hidroksida yang direaksikan dengan suatu asam benzoat. Reaksi dapat berlangsung sempurna melalui proses refluks pada suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam, dalam pelarut metanol (Hadi *and* Rilyanti, 2010).

Pada sintesis difeniltin(IV) dibenzoat, perbandingan antara senyawa difeniltin(IV) dengan asam benzoat yang digunakan sebanyak 1 : 2 mol, reaksi dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan pada trifeniltin(IV), perbandingan antara senyawa trifeniltin(IV) dengan asam benzoat yang digunakan sebanyak 1 : 1 mol, reaksi dapat dilihat pada Gambar 3. Rendemen hasil sintesis senyawa organotin(IV) benzoat dengan menggunakan metode ini rata-rata mencapai 90% (Hadi *et al.*, 2018).



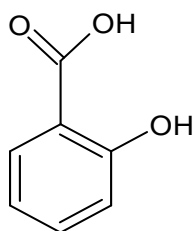
**Gambar 2.** Reaksi Sintesis Difeniltin(IV) dibenzoat (Hadi *et al.*, 2018).



**Gambar 3.** Reaksi Sintesis Trifeniltin(IV) benzoat (Hadi *et al.*, 2018).

### 2.3 Asam 2-Hidroksibenzoat

Asam 2-hidroksibenzoat merupakan senyawa golongan asam karboksilat yang memiliki rumus kimia  $C_7H_6O_3$ , di mana gugus OH berada pada posisi *ortho* terhadap gugus karboksil dan memiliki berat molekul sebesar 43,29 gram/mol. Asam 2-hidroksibenzoat kurang larut dalam air (2 g/L pada 20°C). Berikut adalah struktur asam 2-hidroksibenzoat ditunjukkan oleh Gambar 4:



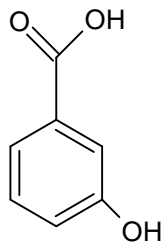
**Gambar 4.** Struktur Asam 2-Hidroksibenzoat

Asam 2-hidroksibenzoat atau asam *ortho*-hidroksibenzoat dapat dihasilkan melalui reaksi glukosilasi, metilasi atau hidroksilasi dari cincin aromatik. Asam 2-hidroksibenzoat dan derivatnya dikenal dapat mengurangi rasa sakit, demam, membantu mengobati banyak penyakit inflamasi, mencegah penyakit jantung dan serangan jantung koroner. Selain itu, asam 2-hidroksibenzoat juga diketahui memiliki efek sebagai antiinflamasi dan antirematik pada manusia.

Karena sifatnya yang sangat iritatif, penggunaannya secara oral dihindari. Telah banyak dilakukan berbagai modifikasi terhadap struktur asam 2-hidroksibenzoat untuk memperkecil efek samping dan untuk meningkatkan aktivitas dari senyawa ini. Modifikasi struktur yang telah dilakukan yaitu pada gugus karboksil, gugus hidroksi fenolik, maupun pada cincin benzena. Senyawa hasil modifikasi gugus hidroksi fenolik antara lain ialah asam asetil salisilat yang berkhasiat sebagai analgesik-antipiretik, antiinflamasi dan antiplatelet. Contoh senyawa hasil modifikasi gugus antara lain ialah metil salisilat untuk pemakaian topikal (Rudyanto *et al.*, 2015).

## 2.4 Asam 3-Hidroksibenzoat

Asam 3-hidroksibenzoat atau asam *meta*-hidroksibenzoat memiliki nama IUPAC *3-hydroxybenzoic acid*. Asam 3-hidroksibenzoat sedikit larut dalam air, mudah larut dalam etanol panas (95%) *p.a.*, dalam *eter p.a.*, larutan alkali hidroksida dan larutan asam gliserin (Depkes RI, 1995). Asam 3-hidroksibenzoat memiliki titik leleh sebesar 203°C dan memiliki molekul 138 gram/mol. Struktur asam 3-hidroksibenzoat ditunjukkan oleh Gambar 5 berikut:



**Gambar 5.** Struktur Asam 3-Hidroksibenzoat

## 2.5 Aplikasi Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah dikenal memiliki aplikasi di berbagai bidang. Pada bidang industri, senyawa organotimah digunakan sebagai senyawa penstabil suhu (Han *et al.*, 2020), penghambat fotodegradasi PVC (Mahmood *et al.*, 2020) katalis (Storozhenko *et al.*, 2020), agen *antifouling* dalam cat (Cetinturk and Unlu, 2022), *carbon dioxide capture media* (Hadi *et al.*, 2019), aktivitas biosidal (Mehmood *et al.*, 2020), pestisida (Ma *et al.*, 2019), inhibitor korosi (Hazani *et al.*, 2022) dan berbagai macam aplikasi dalam dunia medis (Simanjuntak *et al.*, 2019) dan farmasi (Hadi *et al.*, 2019)

Di antara berbagai kompleks organotimah dengan molekul biologi, kompleks organotimah karboksilat diketahui memiliki aktivitas biologis yang lebih kuat dibandingkan dengan kompleks lainnya, di antaranya menunjukkan aktivitas sebagai disinfektan (Hadi *et al.*, 2021), antitumor (Banti *et al.*, 2019), antifungi (Anggraini *et al.*, 2020), antioksidan (Arraq and Hadi, 2023), antiinflamasi (Antonenko *et al.*, 2022), antimikroba (Saroya *et al.*, 2022), antikanker (Pallerito *et al.*, 2022), antibakteri (Hadi *et al.*, 2018), dan antimalaria (Hadi *et al.*, 2019).

## **2.6 Analisis Senyawa Organotimah**

Senyawa hasil penelitian ini, dianalisis menggunakan spektrofotometer Ultraviolet-Visible (UV-Vis), *Fourier Transform-Infrared Spectroscopy* (FT-IR), *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) serta analisis unsur C, H, S dan N menggunakan *Microelemental Analyzer*.

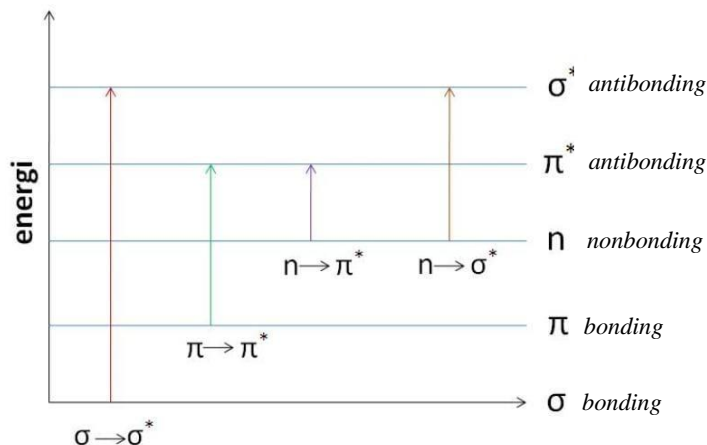
### **2.6.1 Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis**

Spektrofotometri Sinar Tampak (UV-Vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400-750 nm.

Spektrofotometri digunakan untuk mengukur besarnya energi yang diabsorpsi atau diteruskan. Sinar radiasi monokromatik akan melewati larutan yang mengandung zat yang dapat menyerap sinar radiasi tersebut (Harmita, 2006).

Pada spektroskopi UV-Vis, senyawa yang dianalisis akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi sinar UV dan sinar tampak oleh senyawa yang dianalisis. Interaksi sinar ultraviolet menghasilkan transisi elektronik dari elektron-elektron ikatan, baik ikatan sigma ( $\sigma$ ) dan pi ( $\pi$ ) maupun elektron non ikatan (n) yang berada dalam molekul organik.

Transisi elektronik yang terjadi merupakan perpindahan elektron dari orbital ikatan atau non ikatan ke tingkat orbital antiikatan atau disebut dengan tingkat tereksitasi, skemanya ditunjukkan melalui Gambar 6.



**Gambar 6.** Skema transisi elektronik dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Suhartati, 2017).

Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital elektron. Agar elektron dalam ikatan sigma dari tingkat dasar tereksitasi menuju tingkat tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada rentang 120-200 nm, daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur.

Serapan diatas 200 nm merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital  $p$ ,  $d$ , dan orbital  $\pi$  terutama sistem  $\pi$  terkonjugasi mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan. Kegunaan spektrofotometer UV-Vis ini terletak pada kemampuannya mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik di dalam suatu molekul. Spektrofotometer ini dapat secara umum membedakan diena terkonjugasi dan diena tak terkonjugasi. Letak serapan dapat dipengaruhi oleh substituen dan terutama yang berhubungan dengan substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1985).

Spektrum UV maupun tampak terdiri dari pita absorpsi lebar pada daerah panjang gelombang yang lebar. Hal ini disebabkan transisi elektronik yaitu suatu elektron dalam orbital ikatan (*bonding*) dieksitasikan ke orbital antiikatan (*antibonding*). Transisi elektronik dapat terjadi dari subtingkat apa saja dari keadaan dasar ke subtingkat apa saja dari keadaan eksitasi. Data Serapan  $\lambda_{\text{maks}}$  senyawa organotimah(IV) karboksilat ditunjukkan oleh Tabel 1.

**Tabel 1.** Serapan  $\lambda_{\text{maks}}$  senyawa organotimah(IV) karboksilat

Senyawa	$\lambda_{\text{maks}}$ (nm)	
	$\pi \rightarrow \pi^*$	$n \rightarrow \pi^*$
$[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{SnO}]$	215	262
$[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{Sn}(2\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO})_2]$	-	302
$[(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{Sn}(3\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO})_2]$	212	297

(Hadi dan Afriyani, 2017)

Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, hal ini dikarenakan pita serapan pada daerah UV-Vis terlalu lebar dan kurang terperinci. Tetapi gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung menunjukkan puncak karakteristik dan dapat diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus tersebut dalam molekul (Day dan Underwood, 1998).

### 2.6.2 Analisis dengan Spektrofotometer FT-IR

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*) atau spektroskopi inframerah adalah suatu metode analisis berdasarkan pada prinsip interaksi suatu senyawa kimia dengan radiasi elektromagnetik yang akan menghasilkan suatu getaran (vibrasi) dari suatu ikatan kimia poliatomik atau gugus fungsional senyawa kimia. Teknik ini disebut juga dengan spektroskopi vibrasional (Moros *et al.*, 2010).



Spektroskopi FTIR memiliki kemampuan yang cepat dalam menganalisis, tidak merusak sampel yang dianalisis dan hanya dibutuhkan preparasi sampel yang sederhana (Vlachos *et al.*, 2006). Serapan radiasi inframerah oleh suatu molekul terjadi karena interaksi vibrasi ikatan kimia. Terdapat dua macam getaran molekul, yaitu getaran ulur dan getaran tekuk. Getaran ulur adalah suatu gerakan berirama di sepanjang sumbu ikatan sehingga jarak antar atom bertambah atau berkurang. Getaran tekuk dapat terjadi karena perubahan sudut-sudut ikatan antara ikatan-ikatan pada sebuah atom, atau karena gerakan sebuah gugusan atom terhadap sisa molekul tanpa gerakan relatif atom-atom di dalam gugusan. Contohnya liukan (*twisting*), goyangan (*rocking*). Asam karboksilat mempunyai dua karakteristik absorpsi IR yang membuat senyawa -COOH dapat diidentifikasi dengan mudah. Gugus -O-H dari golongan karboksil diabsorpsi pada daerah 2500 sampai 3300  $\text{cm}^{-1}$ , dan gugus -C=O yang ditunjukkan diabsorpsi di antara 1710 sampai 1750  $\text{cm}^{-1}$  (McMurry, 2008).

Daerah spektrum inframerah dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Daerah frekuensi gugus fungsional

Terletak pada daerah radiasi 4000-1400  $\text{cm}^{-1}$ , bagian dari spektrum ini menunjukkan absorpsi yang timbul karena ikatan dan gugus, kebanyakan puncak absorpsi dalam daerah spektrum ini mudah dikenal dan berasal dari gugus fungsional yang khas.

2. Daerah sidik jari (*Fingerprint*)

Terletak pada daerah radiasi 1400-400  $\text{cm}^{-1}$ , pita-pita absorpsi pada daerah ini berhubungan dengan vibrasi molekul secara keseluruhan. Setiap atom dalam molekul akan saling mempengaruhi sehingga dihasilkan pita-pita absorpsi yang khas untuk setiap model (Mudasir dan Candra, 2008).

Data jenis ikatan senyawa organotimah karboksilat ditunjukkan oleh Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Data Jenis Ikatan Senyawa Organotimah Karboksilat

Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )
-Sn-O-	600-400
-Sn-O-C-	1250-1000
-O-H	3500-3100
Fenil	1479; 1428; 729
-C=O	1740-1650
-C=C-	1650-1450
-C-O-	1320-1210

(Elianasari dan Hadi 2012; Dewi dkk., 2006))

### 2.6.3 Analisis dengan Spektrometer <sup>1</sup>H-NMR dan <sup>13</sup>C-NMR

*Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Ketika atom hidrogen (proton) diketahui, maka dapat ditentukan jumlah dari tiap tipe yang jelas dari inti hidrogen. Informasi yang sama juga dapat ditentukan untuk inti karbon. Kombinasi data NMR dan spektroskopi inframerah sering digunakan untuk menentukan struktur molekul yang belum diketahui (Pavia *et al.*, 2001).

Berbeda dari jenis spektroskopi lainnya yang didasarkan pada eksitasi elektron, NMR didasarkan pada serapan inti. Semua inti bermuatan dapat mengalami putaran (*spin*) pada sumbunya, sehingga menghasilkan dipol magnet di sepanjang sumbu dengan momentum magnetik ( $\mu$ ). Ketika inti tersebut diletakkan dalam medan magnet yang kuat, maka unsur akan mengalami rotasi pada sumbu intinya, hal ini mengakibatkan energi inti unsur pecah menjadi dua tingkat energi terkuantisasi.

Transisi antara tingkatan energi yang terjadi karena diinduksi medan magnet bisa berlangsung apabila terjadi absorpsi radiasi elektromagnet, pada frekuensi yang sesuai atau sama. Prinsip dari resonansi magnet yang terjadi pada inti yaitu karena tidak setiap inti atom dalam satu molekul akan mengalami resonansi dengan frekuensi yang sama. Suatu inti atom yang dikelilingi elektron menyebabkan adanya perbedaan lingkungan antara satu inti dengan inti lainnya, sehingga frekuensi yang dihasilkan ketika beresonansi tentu akan berbeda. Perputaran elektron-elektron valensi dari inti di dalam medan magnet akan menghasilkan medan magnet yang berlawanan dengan medan magnet yang digunakan. Densitas elektron yang mengelilingi inti mempengaruhi besarnya perlindungan yang terjadi. Semakin besar kerapatan elektron yang mengelilingi inti, maka semakin besar pula medan yang dihasilkan untuk melawan medan yang digunakan, sehingga inti merasakan medan magnet yang mengenaunya menjadi lebih kecil dan inti akan mengalami presisi pada frekuensi yang lebih rendah (Kealey *and* Haines, 2002).

Instrumen NMR sangat akurat dalam menentukan struktur molekul senyawa organik maupun anorganik. Frekuensi dari instrumen NMR terdapat pada rentang  $60 \times 10^6$  -  $800 \times 10^6$  Hz. Pergeseran kimia ( $\delta$ ) suatu inti merupakan perbedaan frekuensi resonansi inti dan standar relatif terhadap standar, dengan satuan ppm (Hz/MHz atau  $1 : 10^6$ ). Adanya perbedaan frekuensi ini diukur berdasarkan resonansi senyawa standar tetrametilsilan (TMS) pada  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$ . Senyawa TMS dipilih sebagai standar karena beberapa sifatnya, yaitu larut dalam semua jenis pelarut organik, *inert*, sangat mudah menguap, serta memiliki 12H dan 4C yang ekuivalen.

Nilai pergeseran kimia yang dihasilkan, diakibatkan adanya elektron dalam molekul yang menghasilkan *shielding effect* pada *spin* inti, karena memiliki arah medan magnet yang berlawanan dengan  $B_0$  (medan magnet statis) sehingga memiliki nilai  $\delta$  rendah dan serapannya terletak di atas medan (*upfield*). Atom dengan nilai  $\delta$  rendah (dekat dengan TMS) disebut *shielded* atau terperisai. Sebaliknya, jika nilai  $\delta$  tinggi disebut *deshielded* atau tidak terperisai.

Keadaan *deshielded* dapat terjadi akibat adanya efek induksi medan magnet oleh atom yang bersifat elektronegatif (misalnya N atau O) atau anisotrop (misalnya alkena, alkuna, karbonil, dan aromatik). Efek induksi pada keadaan *deshielded* disebabkan oleh sirkulasi awan elektron yang searah dengan medan magnet luar  $B_0$ , sehingga serapannya terletak di bawah medan (*downfield*) (Jenie *et al.*, 2014).

Berbagai pola pemisahan (*splitting pattern*) pada spektrum  $^1\text{H-NMR}$ :

- a. Singlet, merupakan sinyal tunggal. Sinyal singlet dihasilkan bila sebuah proton tidak memiliki proton tetangga yang secara magnetik tidak ekuivalen dengannya.
- b. Doublet, merupakan sinyal yang terbelah menjadi sinyal rangkap atau doublet. Dihasilkan bila sebuah proton memiliki satu proton tetangga yang secara magnetik tidak ekuivalen dengannya. Perbandingan luas kedua sinyalnya seharusnya 1 : 1, tetapi bisa berbeda pada aril. Jarak antara kedua sinyal dalam sebuah doublet dinamakan tetapan kopling ( $J$ ).
- c. Triplet, merupakan sinyal yang terdiri dari tiga sinyal atau triplet. Dihasilkan bila sebuah proton memiliki dua proton tetangga yang ekuivalen satu sama lain, tetapi tidak ekuivalen dengan dirinya. Maka sinyal pada NMR adalah  $(n+1)$ ,  $n$  merupakan banyaknya proton tetangga, sehingga  $2 + 1 = 3$ . Perbandingan luas kedua sinyalnya seharusnya 1 : 2 : 1.
- d. Quartet, merupakan sinyal yang terdiri dari empat sinyal atau quartet. Dihasilkan bila sebuah proton memiliki tiga proton tetangga yang ekuivalen satu sama lain, tetapi tidak ekuivalen dengan dirinya. Maka sinyal pada NMR adalah  $(n + 1)$ ,  $n$  merupakan banyaknya proton tetangga, sehingga  $3 + 1 = 4$ . Perbandingan luas kedua sinyalnya seharusnya 1 : 3 : 3 : 1.

Nilai pergeseran kimia yang dihasilkan pada spektra  $^1\text{H-NMR}$  berbeda-beda berdasarkan kondisi lingkungan kimia atom hidrogennya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Pergeseran Kimia pada Spektra  $^1\text{H-NMR}$

<b>Pergeseran kimia proton pada karbon <math>\text{sp}^3</math>:</b>	<b>Nilai <math>\delta</math> (ppm)</b>
$\text{RCH}_3$	0.8-1.2
$\text{R}_2\text{CH}_2$	1.1-1.5
$\text{R}_3\text{CH}$	~ 1.5
$\text{ArCH}_3$	2.2-2.5
$\text{R}_2\text{NCH}_3$	2.2-2.6
$\text{R}_2\text{CHOR}$	3.2-4.3
$\text{R}_2\text{CHCl}$	3.5-3.7
$\text{R}_2\text{CHCR}=\text{CR}_2$	~ 1.7
$\text{RCOCH}_2\text{R}$	2.0-2.7
<b>Pergeseran kimia proton pada karbon <math>\text{sp}^2</math>:</b>	
$\text{R}_2\text{C} = \text{CHR}$	4.9-5.9
$\text{ArH}$	6.0-8.0
$\text{RCHO}$	9.4-10.4
<b>Pergeseran kimia proton pada N atau O:</b>	
$\text{R}_2\text{NH}$	2-4
$\text{ROH}$	1-5
$\text{ArOH}$	6-8
$\text{RCO}_2\text{H}$	10-12

(Supratman, 2010).

Pada  $^{13}\text{C}$ -NMR dari spektrum resonansi magnet inti protonnya, dapat diperoleh informasi jenis karbon, jumlah karbon, dan lingkungan di sekitar karbon dalam senyawa tersebut (Supratman, 2010). Nilai pergeseran kimia yang dihasilkan pada spektra  $^{13}\text{C}$ -NMR berbeda-beda berdasarkan kondisi lingkungan kimia atom karbonnya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Pergeseran Kimia pada Spektra  $^{13}\text{C}$ -NMR

Pergeseran Kimia	Nilai $\delta$ (ppm)
Karbon Primer ( $-\text{CH}_3$ )	10-30
Karbon Sekunder ( $-\text{CH}_2-$ )	15-55
Karbon Tersier ( $=\text{CH}-$ )	25-58
Karbon Kuarternar ( $=\text{C}=\text{}$ )	30-40
$\text{CH}_2=\text{C}-\text{R}$	110-150
$\text{CH}_2=\text{C}-\text{X}$	80-170
Ar-R	120-150
Ar-X	95-160
R-OH	45-85
R-F <sub>1-3</sub>	70-135
R-Cl <sub>1-4</sub>	20-98
R-NR <sub>2</sub>	20-70
R-NO <sub>2</sub>	60-78
RCHO	198-220
R <sub>2</sub> C=O	195-220
RCOOH	168-185
Garam (RCOO <sup>-</sup> )	175-195
R-C=C-COOH	158-175
RCOOR'	158-178

(Supratman, 2010).

#### **2.6.4 Analisis dengan *Microelemental Analyzer***

Mikroanalisis adalah penentuan kandungan unsur penyusun suatu senyawa yang dilakukan dengan menggunakan *microelemental analyzer*. Unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Alat yang biasanya digunakan untuk tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai CHNS *microelemental analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini selanjutnya dibandingkan dengan perhitungan secara teori, meskipun biasanya hasil persentase antara hasil mikroanalisis dengan perhitungan secara teori sedikit berbeda, namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian suatu sampel (Costech Analytical Technologies, 2011).

Prinsip dasar dari *microelemental analyzer* yaitu sampel dibakar pada suhu tinggi. Produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang telah dimurnikan kemudian dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, sampel yang diketahui jenisnya, dapat diperkirakan beratnya dengan menghitung setiap berat unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi (Caprette, 2007). Senyawa yang telah disintesis dikatakan murni jika perbedaan hasil yang diperoleh dari mikroanalisis dibandingkan dengan perhitungan secara teori masih berkisar antara 0,5-1%.

### **2.7 Bakteri**

Bakteri adalah sebuah kelompok mikroorganisme bersel tunggal dengan konfigurasi selular prokariotik (tidak mempunyai selubung inti). Bakteri sebagai makhluk hidup tentu memiliki informasi genetik berupa DNA, tapi tidak terlokalisasi dalam tempat khusus (nukleus) dan tidak ada membran inti. DNA pada bakteri berbentuk sirkuler, panjang dan biasa disebut nukleoid. DNA bakteri tidak mempunyai intron dan hanya tersusun atas ekson saja. Bakteri juga memiliki DNA ekstrakromosomal yang tergabung menjadi plasmid yang berbentuk kecil dan sirkuler.

Bakteri dapat diklasifikasikan dengan berbagai cara. Salah satu klasifikasi yang paling sering digunakan adalah dengan menggunakan pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram adalah prosedur mikrobiologi dasar untuk mendeteksi dan mengidentifikasi bakteri. Pewarnaan Gram ditemukan oleh H. C. J. Gram, seorang histologis berkebangsaan Denmark, pada tahun 1884. Prosedur pewarnaan Gram dimulai dengan pemberian pewarna basa, kristal violet. Larutan iodine kemudian ditambahkan menyebabkan semua bakteri akan terwarnai biru pada fase ini, suspensi kemudian diberi alkohol. Sel Gram positif akan tetap mengikat senyawa kristal violet-iodine sehingga bewarna biru, sedangkan Gram negatif akan hilang warnanya oleh alkohol. Sebagai langkah terakhir, counterstain (misalnya safranin yang berwarna merah) ditambahkan sehingga sel Gram negatif yang tidak berwarna akan mengambil warna kontras, sedangkan sel Gram positif terlihat dalam warna biru keunguan (violet). Perbedaan ini terjadi karena perbedaan penyusun peptidoglikan pada struktur dinding selnya. Berikut adalah klasifikasi golongan bakteri berdasarkan pewarnaan Gram.

#### 1. Bakteri Gram negatif

Bakteri Gram negatif merupakan bakteri yang mempunyai lapisan peptidoglikan tipis pada ruang periplasmik, yaitu ruang antara membran luar dengan membran plasma bakteri. Bakteri ini tidak mampu mempertahankan warna kristal violet pada dinding selnya saat pewarnaan Gram dilakukan. Bakteri Gram negatif mwmiliki sifat patogen sehingga lebih berbahaya jika dibandingkan dengan bakteri Gram positif, hal ini karena membran luar di bagian dinding selnya dapat melindungi bakteri tersebut, sehingga menghalangi masuknya zat antibiotik dan melindungi sistem pertahanan inang (Wheelis, 2007).

#### 2. Bakteri Gram positif

Bakteri Gram positif merupakan jenis bakteri yang dapat mempertahankan zat warna kristal violet seaktu proses pewarnaan Gram sehingga akan berwarna ungu jika diamati menggunakan mikroskop. Ciri-ciri dari bakteri jenis ini adalah dinding sel yang homogen dengan ketebalan 20-80 nm dan tersusun atas peptidoglikan.



Karakteristik yang membedakan bakteri Gram positif adalah dinding selnya. Jika pada bakteri Gram positif beberapa lapisan peptidoglikan bergabung bersama membentuk struktur tebal dan kaku. Sebaliknya, bakteri Gram negatif hanya memiliki lapisan tipis peptidoglikan (Wheelis, 2007).

Bakteri merupakan mikroorganisme yang banyak jumlahnya dan tersebar luas di berbagai tempat, banyaknya keberadaan bakteri memungkinkan menjadi salah satu penyebab penyakit pada manusia (Radji, 2011). Bakteri yang menyebabkan penyakit pada manusia adalah bakteri patogen, bakteri patogen menyebabkan berbagai jenis penyakit, infeksi, hingga kematian (Bierowiec *et al.*, 2016).

## **2.8 Bakteri *Salmonella sp.***

*Salmonella sp.* merupakan bakteri Gram negatif yang memiliki bentuk batang lurus, tidak memiliki spora, dan memiliki alat gerak berupa flagel peritrik. Bakteri ini berukuran 2-4  $\mu\text{m}$  x 0,5-0,8  $\mu\text{m}$ . Bakteri ini memiliki kemampuan tumbuh cepat dalam media yang sederhana (Jawetz *et al.*, 2005). Bakteri *Salmonella sp.* bersifat aerob sekaligus anaerob fakultatif, bakteri ini mengalami pertumbuhan secara optimal pada suhu 37°C dan pada pH 6-8 (Radji, 2011). Bakteri ini sensitif terhadap suhu tinggi, tidak tahan pada suhu lebih dari 70°C sehingga bakteri ini akan mati pada proses sterilisasi basah, bakteri ini dapat mati pada suhu pasteurisasi dan sensitif terhadap pH rendah atau kondisi asam yaitu sekitar kurang dari pH 4 (Pertiwi *et al.*, 2015).

Bakteri Gram negatif sendiri merupakan bakteri dengan lapisan peptidoglikan yang tipis yang terdapat pada ruang periplasmik. Dinding sel bakteri jenis ini tidak mampu mempertahankan warna kristal violet karena dapat menyerap zat warna merah pada pewarnaan Gram (Radji, 2011).

Bakteri Gram negatif bersifat patogen, sehingga lebih berbahaya dibandingkan bakteri Gram positif. Hal ini disebabkan karena membran luar pada bagian dinding sel bakteri Gram negatif dapat melindungi dan menghalangi masuknya zat antibiotik yang merupakan sistem pertahanan inang (Wheelis, 2007).

Spesies *Salmonella* terbagi dalam dua jenis yaitu kelompok *typhoidal* dan *non typhoidal*. Kelompok *typhoidal* biasanya menyebabkan demam tifoid (tifus) dan untuk kelompok *non typhoidal* biasanya menyebabkan diare (Brands, 2006).

*Salmonella sp.* menjadi masalah kesehatan penting di seluruh dunia karena menginfeksi hingga 1,9 milyar manusia dengan 715.000 penderitanya mengalami kematian (Besser, 2018). Berdasarkan (Kuswiyanto, 2017) taksonomi

*Salmonella sp* adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Bacteria
Divisi	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Salmonella</i>
Spesies	: <i>Salmonella sp.</i>

## **2.9 Bakteri *Staphylococcus aureus***

Bakteri *S. aureus* termasuk kedalam golongan bakteri Gram positif. Bakteri ini merupakan salah satu bakteri patogen yang menyebabkan penyakit pada manusia. Menurut Plata *et al.*, (2009) menyatakan bahwa bakteri *S. aureus* dapat menyebabkan terjadinya berbagai jenis infeksi mulai dari infeksi kulit ringan, keracunan makanan sampai dengan infeksi sistemik. Infeksi yang terjadi misalnya keracunan makanan karena *Staphylococcus*, gejala keracunan makanan akibat *Staphylococcus* adalah kram perut, muntah-muntah yang kadang-kadang diikuti oleh diare (Karimela *et al.*, 2017).

Berdasarkan (Syahrurahman *et al.*, 1993) taksonomi *S. aureus* adalah sebagai berikut :

Domain : Bacteria  
Kingdom : Eubacteria  
Ordo : Eubacteriales  
Famili : Micrococcaceae  
Genus : *Staphylococcus*  
Spesies : *Staphylococcus aureus*

*S. aureus* merupakan kelompok bakteri Gram positif berbentuk bulat berdiameter 0,7-1,2  $\mu\text{m}$ , yang tersusun dalam kelompok-kelompok yang tidak teratur seperti buah anggur, fakultatif anaerob, tidak membentuk spora, dan tidak bergerak (Pelczar dan Chan, 1986). Berdasarkan bakteri yang tidak membentuk spora, maka *S. aureus* termasuk jenis bakteri yang paling kuat daya tahannya. Pada agar miring tetap hidup sampai berbulan bulan, baik dalam lemari es maupun pada suhu kamar. Dalam keadaan kering pada benang, kertas, kain dan dalam nanah tetap hidup selama 6-14 minggu (Syahrurahman *et al.*, 1993). Bakteri ini tumbuh pada suhu optimum 37°C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25°C). Bakteri *S. aureus* mudah hidup dalam berbagai kondisi dan dalam suhu ruang sehingga menyebabkan pertumbuhannya sangat banyak dan menyebabkan infeksi terhadap manusia, bakteri *S. aureus* diketahui menjadi salah satu bakteri patogen utama yang menginfeksi setidaknya 30% dari total populasi manusia (Tong *et al.*, 2015) dan menyebabkan infeksi kulit, keracunan, bahkan infeksi pada jantung (endokarditis) sehingga menyebabkan gagal jantung hingga kematian (Bierowiec *et al.*, 2016).

## 2.10 Disinfektan

Disinfektan merupakan zat kimia yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen yang umumnya digunakan untuk benda mati seperti meja, kursi, dan lemari. Bahkan pada saat pandemi Covid-19, disinfektan digunakan pada area publik dan lingkungan sekitar rumah untuk mengurangi penyebaran virus. Proses disinfeksi dapat menghilangkan hingga 60-90% jasad renik (Irianto, 2007). Bahan disinfektan diartikan sebagai bahan yang mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri, sehingga bahan tersebut dapat menghambat pertumbuhan bahkan membunuh bakteri.

Kriteria suatu disinfektan yang ideal adalah bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, berspektrum luas, aktivitasnya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembaban, tidak toksik pada hewan dan manusia, tidak bersifat korosif, tidak mengiritasi kulit, aman untuk dihirup, bersifat *biodegradable*, memiliki kemampuan menghilangkan bau yang kurang sedap, tidak meninggalkan noda, stabil, mudah digunakan, dan ekonomis (Butcher and Ulaeto, 2010). Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas disinfektan yang digunakan untuk membunuh jasad renik adalah ukuran dan komposisi populasi jasad renik, konsentrasi zat antimikroba, lama paparan, temperatur, dan lingkungan sekitar (Pratiwi, 2008).

Mekanisme kerja disinfektan terhadap bakteri Gram positif maupun negatif, terjadi pada dinding sel bakteri yang berbeda rigiditasnya, sehingga afinitas hidrofilitiknya berbeda. Selain itu dapat terjadi terhadap membran sitoplasma (mempengaruhi transport), energi metabolisme, nukleus (jumlah kromosom) (Black, 2008). Berikut Tabel 10 menunjukkan beberapa senyawa yang memiliki bioaktivitas sebagai disinfektan.

Tabel 10. Beberapa Senyawa dengan Bioaktivitas Antimikroba

<b>Senyawa</b>	<b>Cara Kerja</b>	<b>Penggunaan</b>
Sabun dan deterjen	Memperkecil tegangan permukaan, sehingga mikroba bereaksi dengan senyawa.	<i>Hand wash, laundry</i> , dsb.
Surfaktan	Melarutkan lipid, mengganggu kerja membran, mendenaturasi protein, dan menonaktifkan enzim.	Deterjen kationik (pembersih perkakas), deterjen anionik (pembersih pakaian), senyawa ammonium kuarternar (antiseptik).
Asam	pH rendah mendenaturasi protein.	Pengawet makanan.
Basa	pH tinggi mendenaturasi protein.	Terdapat pada sabun.
Logam Berat	Mendenaturasi protein.	Perak nitrat untuk mencegah infeksi bakteri <i>gonorrhoea</i> , senyawa tembaga menghambat pertumbuhan alga, dan selenium mencegah pertumbuhan jamur.
Halogen	Mengoksidasi komponen sel.	Klorin untuk membunuh bakteri pantogen dalam air dan disinfeksi perkakas, iodin untuk antiseptik kulit.
Alkohol	Mendenaturasi protein saat dicampurkan dengan air.	Isopropil alkohol untuk antiseptik kulit, propil glikol untuk aerosol.
Fenol	Merusak membran, mendenaturasi protein, menginaktivasi enzim.	Fenol untuk disinfeksi permukaan, amilfenol membunuh organisme vegetatif.
Agen Pengoksidasi	Merusak ikatan disulfida.	Hidrogen peroksida untuk membersihkan luka, kalium permanganat untuk disinfeksi instrument.
Agen Alkilasi	Merusak struktur protein dan asam nukleat.	Formaldehid untuk menginaktivasi virus, betapropiolakton untuk merusak virus hepatitis.

(Black, 2008).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dimulai pada Agustus 2022 s.d. Januari 2023, di Laboratorium Kimia Anorganik dan Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Uji bioaktivitas disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis, dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Kimia Fisik Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$  dan analisis *Microelemental Analyzer* dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universitas Kebangsaan Malaysia*.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam melakukan sintesis senyawa, yaitu neraca analitik, spatula, gelas ukur 100 mL, alat refluks, termometer 0-100°C, aluminium foil, penangas air, *hot plate stirrer*, botol vial 30 mL, desikator, dan oven. Instrumen yang digunakan dalam menganalisis senyawa, yaitu Spektrofotometer UV-Vis, *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), Spektrofotometer  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$ , serta *Microelemental Analyzer*.

Peralatan yang digunakan dalam melakukan uji bioaktivitas disinfektan, yaitu neraca analitik, spatula, Erlenmeyer 250 mL, *hot plate stirrer*, sumbat kapas, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 5 mL, pipet ukur 10 mL, mikropipet 100-1000  $\mu$ L, *ball pipet*, cawan petri, tabung reaksi 15x150 mm, rak tabung reaksi, pembakar spritus, gelas ukur 10 mL, gelas *beaker* 100 mL, jarum ose, *glass rod spreader*, *vertical shaker*, autoklaf, *laminar air flow*, dan inkubator.

Bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis senyawa ini, yaitu difeniltimah(IV) oksida merek *Sigma-Aldrich*, asam 2-hidroksibenzoat merek *Sigma-Aldrich*, asam 3-hidroksibenzoat merek *Sigma-Aldrich*, metanol *p.a.*, dan akuades. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji bioaktivitas disinfektan yaitu metanol *p.a.*, dimetil sulfoksida, aquades, *nutrient agar*, *nutrient broth*, disinfektan komersil merek Saniter (70% alkohol + 0,05% benzalkonium klorida), bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

### 3.3 Prosedur Kerja

#### 3.3.1 Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat)

Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat), dilakukan dengan mengadopsi prosedur Szorcsik *et al.* (2002). Sebanyak 1,0567 gram (0,0037 mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1,0165 gram (0,0074 mol) asam 2-hidroksibenzoat, dalam 30 mL pelarut metanol, dan direfluks selama 4 jam pada suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ . Setelah proses refluks selesai, campuran dikeringkan dalam desikator selama  $\pm 3$  bulan, untuk menguapkan pelarut metanol, sehingga diperoleh padatan difeniltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis, *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR), spektrofotometer  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$ , serta *Microelemental Analyzer*. Uji aktivitas disinfektan senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat), selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

### 3.3.2 Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)

Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat), dilakukan dengan mengadopsi prosedur Szorcik *et al.* (2002). Sebanyak 1,0567 gram (0,0037 mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1,0165 gram (0,0074 mol) senyawa asam 3-hidroksibenzoat, dalam 30 mL pelarut metanol, dan direfluks selama 4 jam pada suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$ . Setelah proses refluks selesai, campuran dikeringkan dalam desikator selama  $\pm 3$  bulan, untuk menguapkan pelarut metanol, sehingga diperoleh padatan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis *Double Beam*, *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR), spektrofotometer  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$ , serta *Microelemental Analyzer*. Uji aktivitas disinfektan senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat), selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

### 3.3.3 Karakterisasi UV-Vis

#### 3.3.3.1 Karakterisasi UV-Vis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat)

Karakterisasi senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dilakukan dengan melarutkan 0,0547 gram senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dengan pelarut metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%) sebanyak 10 mL sehingga dihasilkan larutan senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat). Kemudian larutan tersebut diukur panjang gelombang maksimumnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-400 nm.



### **3.3.3.2 Karakterisasi UV-Vis Senyawa Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)**

Karakterisasi senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) dilakukan dengan melarutkan 0,0547 gram senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) dengan pelarut metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%) sebanyak 10 mL sehingga dihasilkan larutan senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat). Kemudian larutan tersebut diukur panjang gelombang maksimumnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-400 nm.

### **3.3.4 Peremajaan Bakteri**

#### **3.3.4.1 Peremajaan Bakteri *Salmonella sp.***

Peremajaan dilakukan dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *Salmonella sp.*, dan digoreskan pada media agar miring steril (*Nutrient Agar*). Kemudian, media yang sudah ditanam bakteri ini, diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

#### **3.3.4.2 Peremajaan Bakteri *S. aureus***

Peremajaan dilakukan dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *S. aureus*, dan digoreskan pada media agar miring steril (*Nutrient Agar*). Kemudian, media yang sudah ditanam bakteri ini, diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

### 3.3.5 Pembuatan Suspensi Bakteri Uji

#### 3.3.5.1 Pembuatan Suspensi Bakteri Uji *Salmonella sp.*

Pembuatan suspensi bakteri uji dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella sp.* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 200 mL media *Nutrient Broth* steril. Media berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* selama 24 jam. Kemudian, *optical density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

#### 3.3.5.2 Pembuatan Suspensi Bakteri Uji *S. aureus*

Pembuatan suspensi bakteri uji dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *S. aureus* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 200 mL media *Nutrient Broth* steril. Media berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* selama 24 jam. Kemudian, *optical density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

### 3.3.6 Pembuatan Larutan Disinfektan

#### 3.3.6.1 Pembuatan Larutan Disinfektan Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat)

Larutan stok disinfektan difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat)  $1 \times 10^{-2}$  M, dibuat dengan menimbang 0,0547 gram padatan difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat), dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%), hingga volumenya 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan hingga konsentrasi  $0,5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-3}$  M, menggunakan pelarut campuran metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%), hingga volumenya 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

### **3.3.6.2 Pembuatan Larutan Disinfektan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)**

Larutan stok disinfektan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)  $1 \times 10^{-2}$  M, dibuat dengan menimbang 0,0547 gram padatan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat), dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%), hingga volumenya 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan hingga konsentrasi  $0,5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-3}$  M, menggunakan pelarut campuran metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%), hingga volumenya 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

### **3.3.7 Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri**

#### **3.3.7.1 Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) terhadap Bakteri *Salmonella sp.***

Suspensi bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu$ L larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat)  $0,5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-3}$  M. Pada waktu kontak 5, 10, 15, dan 20 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, 15, dan 20 menit ini, diambil sebanyak 100  $\mu$ L, dimasukkan masing-masing ke dalam empat buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

### 3.3.7.2 Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) terhadap Bakteri *S. aureus*

Suspensi bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu$ L larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat)  $0,5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-3}$  M. Pada waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit ini, diambil sebanyak 100  $\mu$ L, dimasukkan masing-masing ke dalam empat buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

### 3.3.7.3 Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Suspensi bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu$ L larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)  $0,5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-3}$  M. Pada waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit ini, diambil sebanyak 100  $\mu$ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

#### **3.3.7.4 Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) terhadap Bakteri *S. aureus***

Suspensi bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu$ L larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat)  $0,5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-3}$  M. Pada waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit ini, diambil sebanyak 100  $\mu$ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

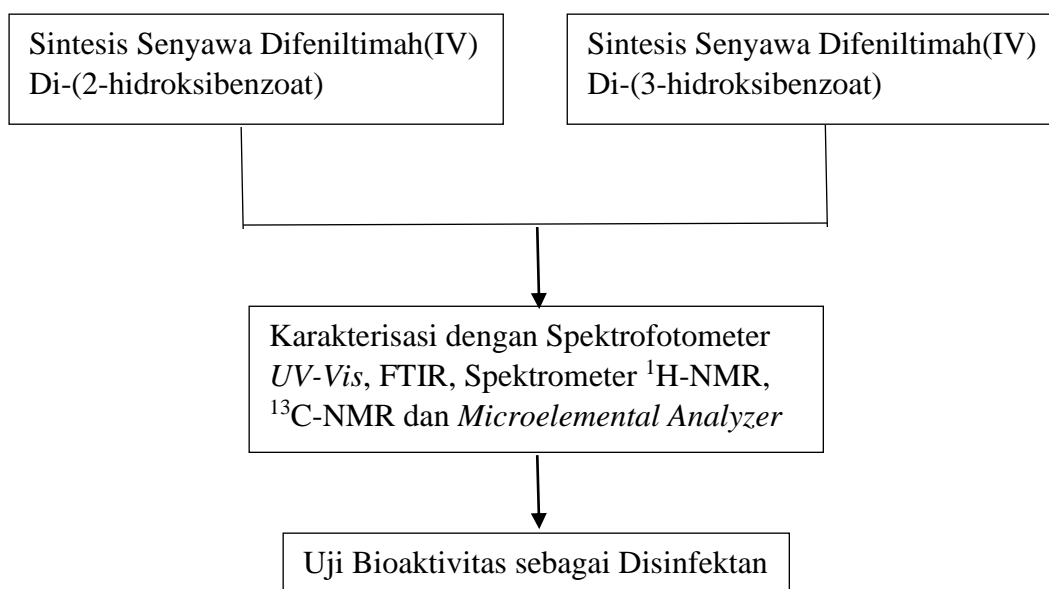
#### **3.3.7.5 Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif terhadap Bakteri *Salmonella sp.***

Suspensi bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 500  $\mu$ L pelarut, yang terdiri dari campuran metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%). Pada tabung reaksi kedua, ditambahkan 500  $\mu$ L kontrol positif, yang merupakan disinfektan komersil merek Saniter. Pada tabung reaksi ketiga, ditambahkan 500  $\mu$ L kontrol negatif, yang merupakan media *Nutrient Broth* steril. Pada waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit ini, diambil sebanyak 100  $\mu$ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

### 3.3.7.6 Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif terhadap Bakteri *S. aureus*

Suspensi bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  pelarut, yang terdiri dari campuran metanol ditambah larutan DMSO (95% : 5%). Pada tabung reaksi kedua, ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  kontrol positif, yang merupakan disinfektan komersial merek Saniter. Pada tabung reaksi ketiga, ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  kontrol negatif, yang merupakan media *Nutrient Broth* steril. Pada waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, 15 dan 20 menit ini, diambil sebanyak 100  $\mu\text{L}$ , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

Alur kerja penelitian ini ditunjukkan melalui Gambar 7 berikut:



**Gambar 7.** Alur Kerja Penelitian

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan data penelitian yang diperoleh, maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) telah berhasil disintesis dan diperoleh hasil masing-masing berupa padatan berwarna putih kecokelatan dengan rendemen sebesar 82,47% dan padatan berwarna putih sedikit merah muda dengan rendemen sebesar 87,03%.
2. Hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis, FTIR, NMR dan *Microelemental Analyzer* menunjukkan bahwa senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat) telah berhasil disintesis dengan baik dan dalam keadaan murni.
3. Hasil uji bioaktivitas senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV) di-(3hidroksibenzoat) berhasil menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri *Salmonella sp.*, dengan nilai KHM  $0,5 \times 10^{-3}$  M pada waktu kontak 10 menit untuk senyawa difeniltimah(IV) di-(2-hidroksibenzoat), dan nilai KHM  $0,5 \times 10^{-3}$  M pada waktu kontak 5 menit untuk senyawa difeniltimah(IV) di-(3-hidroksibenzoat). Dan terhadap bakteri *S. aureus* dengan nilai KHM  $0,5 \times 10^{-3}$  M, pada waktu kontak 5 menit untuk masing-masing senyawa.

## 5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian, didapat beberapa saran yang dapat dijadikan catatan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Mengembangkan penelitian senyawa organotimah(IV) dengan variasi senyawa awal lainnya seperti dibutyltimah atau trifeniltimah dengan berbagai ligan untuk mengetahui perbandingan bioaktivitasnya sebagai disinfektan.
2. Mengembangkan pengujian bioaktivitas senyawa organotimah(IV) karboksilat sebagai disinfektan terhadap jamur dan virus.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, J.M. 2001. Determination of Minimum Inhibitory Concentrations. *J. Antimicrob. Chemother.* **48**(1):5-16.
- Anggraini, S.M., Hadriyati, A. dan Sanuddin, M. Sintesis Senyawa Obat Difenilstannum(IV) N-Metilbenzilditiokarbamat sebagai Antifungi. 2020. *J. Healthcare. Tech. Med.* **6**(1):308-317.
- Annissa, Suhartati, T., Yandri, Hadi, S. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chlorobenzoate Against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Orient. J. Chem.* **33**(3):1133-1139.
- Antonenko, T.A., Gracheva, Y.A., Shpakovsky, D.B., Varobyev, M.A., Tfeenko, V.A., Mazur, D.M. and Milaeva, E.R. 2022. Cytotoxic Activity of Organotin Compounds Containing Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs. *J. Org. Met. Chem.* **9**(6):1221-1227.
- Arraq, R.R and Hadi, A.G. 2023. Synthesis, Identification, and Anti-Oxidant Activity of Di-Organotin(IV)-Cephalexin Complexes. *J. Med. Chem.* **6**(3):392-401.
- Banti, N.C., Hadjikakou, S.K., Sismanoglu, T. and Hadjiliadis, N. 2019. Anti-Proliferative and Antitumor Activity of Organotin(IV) Compounds. An Overview of the Last Decade and Future Perspectives. *J. Inorg. Biochem.* **19**(4):114-152.
- Be1sser, J.M. 2018. Salmonella epidemiology: A whirlwind of Change. *J. of Food Microbiology.* 71:55-59.
- Bierowiec, K., Ploneczka-Janeczko, K. and Rypula, K. 2016. *Is the Colonisation of S. aureus in Pets Associated with Their Close Contact with Owners.* PLOS One. **11**(5):1-14.
- Black, J.G. 2008. *Microbiology Principles and Explorations 7<sup>th</sup> Edition.* John Wiley & Sons. New Jersey USA.
- Boleng, D.T. 2015. *Bakteriologi Konsep-Konsep Dasar.* UMM Press. Malang.

- Brands, D. 2006. *Salmonella Deadly Diseases and Epidemics*. Chelsea House Publisher. New York USA.
- Butcher, W. and Ulaeto, D. 2010. *Contact Inactivation of Orthopoxviruses by Household Disinfectants*. Philadelphia: Department of Biomedical Sciences. Dstl Porton Down.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides. Rice University.
- Centitürk, K. and Unlu S. 2022. The First Observation of Antifouling Organotin Compounds and Booster Biocides in Sediments from Samsun Port Area, Black Area, Turkey. *J. Mar. Poll. Bull.* **17**(6):113-117.
- Costech Analytical Technologies. 2011. *Elemental Combustion System CHNS*. <http://costechanalytical.com/>. Diakses pada 3 Juni 2022 pukul 19.25
- Cotton, F.A. and Wilkinson, G. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry: A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. LPTIK, Universitas Andalas. Padang.
- Davies, A.G. 2004. *Organotin Chemistry*. VCH Weinheim. Germany.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- De Brito, R.C., Da Silva, G.N., Farias, T.C., Ferreira, P.B. and Ferreira, S.B. 2017. *Standardization of the Safety; Level of the Use of DMSO in Viability Assays in Bacterial Cells*. *MOL2NET*. **3**:1-6.
- Departemen Kesehatan RI. 1995. *Farmakope Indonesia Edisi IV*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Dewi, S.A., Fatirissia dan Supriyanto, P. 2006. *PKMP: Pemanfaatan Senyawa Difeniltimah Disalisilat untuk Mengatasi Panu*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Lampung.
- Elianasari dan Hadi, S. 2012. Aktivitas in Vitro dan Studi Perbandingan Beberapa Senyawa Organotin(IV) 4-Hidroksibenzoat terhadap Sel Kanker Leukimia, L-1210. *J. Sains MIPA*. **18**(1):23-28.
- Gielen, M., Davies, A.G., Pannell, K. and Tiekink E.R. 2008. *Tin Chemistry Fundamentals, Frontiers, and Application*. John Wiley & Sons, Oxford UK.

- Hadi A.G., Jawad, K., Ahmed, D.S. and Yousif, E. 2019. Synthesis and Biological Activities of Organotin(IV) Carboxylates A Review. *Synthesis Reviews in Pharmacy: A Multifaceted Review Journal in The Field of Pharmacy*. **10**(1):26-31.
- Hadi, A.G., Jawad, K., Yousif, E., El-Hiti, A.G., Altaibi, H.M. and Ahmed, S.D. 2019. Synthesis of Telmisartan Organotin Complexes and Their Use as Carbon Dioxide Capture Media. *J. Mol.* **24**(8):1631-1645.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and In Vitro Activity and Comparative Studies of Some Organotin(IV) benzoat Compounds. *Indonesian. J. Chem.* **12**(1):172-77.
- Hadi, S. dan Afriyani, H. 2017. Studi Perbandingan Sintesis dan Karakterisasi Dua Senyawa Oranotimah(IV) 3-Hidroksibenzoat. *Alkimia*. **1**(1): 26-31.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany, Suhartati, T. and Yandri. 2018. Antibacterial Activity Test of Diphenyltin(IV) Dibenzoate and Triphenyltin(IV) Benzoate Compounds Against *Bacillus Subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian J. Microbiol. Biotechnol. Environ. Sci.* **20**(1):113-119.
- Hadi, S., Irawan, B. and Efri. 2008. The Antifungal Activity Test of Some Organotin(IV) Carboxylates. *Appl. Sci. Res.* **4**(11): 1521-1525.
- Hadi, S., Irianti, N.T. dan Noviany. 2022. Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Organotimah(IV) 4-Nitrobenzoat. *ALCHEMY*. **18**(1):19-29
- Hadi, S., Suhartati, T., Noviany, Pandiangan, K.D., Yandri and Simanjuntak, W., Junaidi. 2021. Disinfecting Activity of Some Diphenyltin(IV) Benzoate Derivative Compounds. *Pure Appl. Chem.* **17**(6):1-9.
- Hadi, S., Ambarwati, Y. dan Noviany. 2019. Uji Antibakteri dan Antimalaria Senyawa Difeniltimah(IV) dan Trifeniltimah(IV) Di-(3-Nitrobenzoat). *J. Fmipa. Unila.* **4**(2):113-120.
- Han, W., Zhang, M., Kong, Y., Li, D., Liu, L., Tang, S., Ding, J. and Liu, S., 2020. Pentaerythritol Stearate Ester Based Tin(II) Metal Alkoxides: A Tri-Functional Organotin as Poly(Vinyl Chloride) Thermal Stabilizers. 2020. *J. Pol. Deg. Stab.* **7**(2):1137-1148.
- Harmita. 2006. *Buku Ajar Fisikokimia*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Hazani, N.N., Dzulkifli, N.N., Izaddin, A.S., Ghazali, M.S. and Mohd, Y. 2022. Synthesis, Characterization and Corrosion Inhibition of Mild Steel by Butyltin(IV) 2-Acetylpyridine (4-Methyl-3-Thiosemicarbazone) in HCl. *Trends. Sci.* **19**(12):4615-1623.

- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. CV Yrama Widya. Bandung.
- Jawetz, E., Melnick, L.J., dan Adelberg, A.E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3*. Alih Bahasa. Huriwati Hartanto. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Jenie, U.A., Kardono, L.B.S., Hanafi, M., Rumampuk, R.J. dan Darmawan, A. 2014. *Teknik Modern Spektroskopi NMR Teori dan Aplikasi dalam Elusidasi Struktur Molekul Organik*. LIPI Press. Jakarta.
- Karimela, E.J., Frans, I. dan Henny A.D. 2017. Karakteristik *Staphylococcus aureus* yang Diisolasi dari Ikan Asap Pinekuhe Hasil Olahan Tradisional Kabupaten Sangihe. *J. PHPI*. **20**(1):1-11.
- Kealey, D. and Haines, P. J. 2002. *Analytical Chemistry*. UK: BIOS Scientific Publishers Ltd. Oxford. England.
- Kesehatan Masyarakat. 2020. *Surat Edaran Nomor: HK.02.02/III/375/2020 tentang Penggunaan Bilik Disinfeksi dalam Rangka Pencegahan Covid-19*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kurniasih, H., Nurissalam, M., Iswantoro, B., Afriyani, H., Qudus, H.I. and Hadi, S. 2015. The Synthesis, Characterization and Comparative Anticorrosion Study of Some Organotin(IV) 4-Chlorobenzoates. *Orient. J. Chem.* **31**(4):2377-2383.
- Kuswiyanto. 2017. *Bakteriologi 2: Buku Ajar Analisis Kesehatan*. BukuKedokteran EGC. Jakarta.
- Ma., Y. Chen, M., Mou, R. and Chao, Z. 2019. Simultaneous Determination of Three Organotin Pesticides in Fruits and Vegetables by High-Performance Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *J. Rap. Com. Mass. Spec.* **33**(9):867-874.
- Mahmood, N.Z., Yousif, E., Alias, M., El-Hiti, A.G., Ahmed., S.D. Synthesis, Characterization, Properties, and Use of New Fusidate Organotin Complexes as Additive to Inhibit Poly(Vinyl Chloride) Photodegradation. *J. Pol. Res.* **27**:1-12.
- Matela, G., and Aman, R. 2012. Organotin(IV) Complexes of Carboxylic Acid Derivatives. *Cent. Eur. J. Chem.* **10**(1):1-15.
- Matlock, B.C. 2019. Differences in Bacterial Optical Density Measurements between UV-Visible Spectrofotometer. *Thermoscientific Technical Note*. 52236:1-4.

- McMurry, J.E. 2008. *Organic Chemistry 7<sup>th</sup> Edition*. Thomson Learning Inc. California.
- Mehmood, M., Din, I., Raheel, A., Haq, I., Nawaz, M. and Tahir. Preparation, Structural Elucidation and Biocidal Applications of Trimethyltin(IV) Complexes Derived from Substituted Carboxylic Acids. *Heliyon*. **6**(10):5156.
- Moros, J., Garrigues, S. and Guardia, M.D.L. 2010. Vibrational Spectroscopy Provides a Green Tool for Multi-component Analysis. *Trend. Analyt. Chem.* **29**(7):578-591.
- Mudasir dan Chandra, M. 2008. *Spektrometri*. Penerbit Fmipa UGM. Yogyakarta.
- Musafira, F.Q.L., Fatimah, M.F., Ardiputra, S. dan Asrirawan. 2020. Edukasi Pembuatan dan Penyemprotan Disinfektan pada Masyarakat di Desa Suruang Kecamatan Campalagian Kabupaten Polewali Mandar. *Com. Dev. J.* **1**(3):416-421.
- Pallerito, C., Emanuele, S. and Giuliano, M. 2022. Organotin(IV) Complexes with Epigenic Modulator Ligands: New Promising Candidates in Cancer Therapy. *J. Inor. Chim. Acta.* **12**(9):901-1003.
- Pavia, D.L., Lampman, G.M. and George S. Kris. 2001. *Introduction to Spectroscopy : A Guide for Students of Organic Chemistry (Third Edition)*. Thomson Learning. Washington.
- Pelczar, M. J. dan Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-dasar mikrobiologi 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Pertiwi, D. P., Farhan, A., dan Prasetyaningsih, D. 2015. *Identifikasi Bakteri Salmonellasp. dan E. coli pada Bakso yang Dijual di Alun-Alun Kota Jombang*. 151310008 Diajeng Puspita Pertiwi Artikel.(stikesicme-jbg.ac.id). Diakses pada 20 April 2023.
- Plata, K., Adriana, E.R. and Wehrzyn, G. 2009. *Staphylococcus aureus* as an infectious agent: overview of biochemistry and molecular genetics of its pathogenicity. *Acta Biochim Pol.* **56**(4):597-612.
- Pratiwi. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga. Jakarta.
- Radji, M. 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Rudyanto, M., Suzana. dan Astika, G.N. 2015. Sintesis N-metilsalsilamida, N,N-dimetil salisilamida dan salisilapiperida. *J. Akta Kimindo.* **1**(1).

- Sanders, E.R. 2012. Aseptic Laboratory Techniques: Plating Methods. *J. Vis.* **63**(3064):1-18.
- Saroya, S., Asija, S., Kumar, N. and Deswall, Y. 2022. Organotin(IV) Complexes Derived from Tridentate Schiff Base Ligands: Synthesis, Spectroscopic Analysis, Antimicrobial and, Antioxidant Activity. *J. Ind. Chem. Soc.* **99**(3):1003-113.
- Seniati, M. and Irham, A. 2019. Measurement Standard of Population Density of *Vibrio harveyi* Using Method of Plate Count (TPC) AND Spectrofotometer. *J. PNPP.* **19**(2):12-19.
- Silva, R.R., Moraes, C.A., Bessan, J. and Vanetti, M.C.D. 2009. Validation of a Predictive Model Describing Growth of *Salmonella* in Enteral Feeds. *Braz. J. Microbiol.* **40**(1):149-154.
- Strelkauskas, A. and Strelkauskas, J. 2010. *Microbiology A Clinical Approach*. Garland Science. New York. 730.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. CV. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.
- Supratman, U. 2010. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik: Metode Spektroskopi untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Widya Padjajaran. Bandung.
- Storozhenko, P.A., Veselov, A.V., Grachev, A.A., Kirilina, N.I. and Shiryaev, V.I. 2020. Organotin Compounds in Industrial Catalysis, Part 1: Processes of (Trans) Esterification. *J. Cat. Ind.* **12**(6):292-303.
- Syahrurahman, A., Chatim, A. dan Soebadrio., Kurniawati., Santoso, H. 1993. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Szorcsik, A., Nagy, L., Gadjá-Schranz, K., Pallerito, L., Nagy, E. and Edelmann E.T. 2002. Structural Studies on Organotin(IV) Complexes Formed with Ligands Containing {S, N, O} Donor Atoms. *J. Radioanalyt. Nucl. Chem.* **252**(3): 523–530.
- Tong, S.Y.C., Davis, J.S., Eichenberger, E., Holland, T.L. and Fowler, V.G. 2015. Staphylococcus aureus Infections: Epidemiology, Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Management. *Am. Soc. Microbiol. J.* **28**(3):603-661.
- Vlachos, N., Skopetilis, Y., Psaroudaki, M., Konstantinidou, V., Chatzilazarou, A. and Tegou, E. 2006. Applications of Fourier Transform Infrared Spectroscopy to Edible Oils. *Analyt Chimica Acta.* **573**:459-465.

- Wangkanusa, D., Lolo, W.A. dan Wewengkang, D.S. 2016. Uji Aktivitas Antibakteri dari Ekstrak Daun Prasman (*Eupatorium triplinerve* Vahl.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Pharmacon.* **5**(4):203-210.
- Wasinton, S., Qudus, H.I. and Hadi, S. 2019. The Potential of Derivates of Organotin(IV) Benzoat Compounds in Medicinal Chemistry. *J. Phys: Confe. Ser.* **1338**(1):012014.
- Wheelis, M.L. 2007. *Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eukarya*. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.
- Willey, J.M., Sherwood, L.M. and Woolverton, C.J. 2009. *Prescott's Principles of Microbiology*. McGraw-Hill Higher Education. New York USA.
- Zumdahl, S.S. and Zumdahl, S.L. 2010. *Chemistry (eighth edition)*. Cengage Learning. United States of America.