

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-
(4-NITROBENZOAT) DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-(4-
KLOOROBENZOAT) SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

**MUNIFAH
NPM 1917011005**



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

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-(4-NITROBENZOAT) DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-(4-KLOROBENZOAT) SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

MUNIFAH

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) yang memiliki efektivitas sebagai disinfektan. Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis kedua senyawa tersebut dengan mereaksikan senyawa dibutiltimah(IV) oksida dengan ligan asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-klorobenzoat. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, FTIR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, dan *microelemental analyzer*. Produk hasil sintesis berupa padatan berwarna putih dengan rendemen berturut-turut sebesar 87,44% dan 85,53%. Kedua senyawa tersebut diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella sp.* Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan menunjukkan senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) mengalami penurunan absorbansi yang lebih baik dibandingkan dengan senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) terhadap bakteri *Salmonella sp.* yaitu pada konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$ M dengan waktu kontak 15 menit dan terhadap bakteri *S. aureus* yaitu pada konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$ M dengan waktu kontak 5 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kedua senyawa yang disintesis memiliki aktivitas yang baik sebagai disinfektan dilihat dari nilai penurunan absorbansi.

Kata kunci: disinfektan, dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat), dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat), *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.*

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DIBUTYLTIN(IV) DI-(4-NITROBENZOATE) AND DIBUTYLTIN(IV) DI-(4-CHLOROBENZOATE) AND BIOACTIVITY TEST AS A DISINFECTANT

By

MUNIFAH

This study aims to obtain dibutyltin(IV) di-(4-nitrobenzoate) and dibutyltin(IV) di-(4-chlorobenzoate) compounds which have effectiveness as disinfectants. In this research, the synthesis of both compounds was carried out by reacting dibutyltin (IV) oxide with 4-nitrobenzoic acid and 4-chlorobenzoic acid ligands. The synthesized compounds were characterized using a UV-Vis spectrophotometer, FTIR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, and a microelemental analyzer. The product of the synthesis is a white solid with a yield of 87.44% and 85.53% respectively. The two compounds were tested for their bioactivity as a disinfectant against *Staphylococcus aureus* and *Salmonella sp.* The results of the bioactivity test as a disinfectant showed that dibutyltin(IV) di-(4-chlorobenzoate) had a better absorbance reduction compared to dibutyltin(IV) di-(4-nitrobenzoate) against *Salmonella sp.* that is at a concentration of 0.5×10^{-3} M with a contact time of 15 minutes and against *S. aureus* bacteria that is at a concentration of 0.5×10^{-3} M with a contact time of 5 minutes. The results of this study indicate that the two synthesized compounds have good activity as disinfectants in terms of the decrease in absorbance values.

Keywords: disinfectant, dibutyltin(IV) di-(4-nitrobenzoate), dibutyltin(IV) di-(4-chlorobenzoate), *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.*

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-
(4-NITROBENZOAT) DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-(4-
KLOOROBENZOAT) SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

Oleh

MUNIFAH

Skripsi

**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 Proposal : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI
SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-(4-
NITROBENZOAT) DAN
DIBUTILTIMAH(IV) DI-(4-
KLOBENZOAT) SERTA UJI
BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

Nama Mahasiswa : **Munifah**
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011005
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D.
NIP 197104151995121001

Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 1973111919980220001

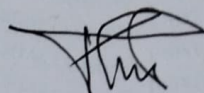
2. Ketua Jurusan Kimia

Mulyono, Ph.D.
NIP 197406112000031002

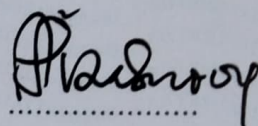
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

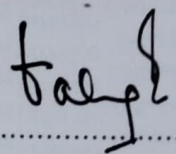
Ketua : Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D.



Sekretaris : Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D.




Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




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

NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Juni 2023

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Munifah
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011005
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan Dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) serta Uji Biaktivitas sebagai Disinfektan” adalah benar karya sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan dan sepanjang nama saya disebutkan.

Bandar Lampung, 19 Juni 2023
Menyatakan



Munifah
1917011005

RIWAYAT HIDUP



Munifah lahir di Waringinsari Barat, pada 07 Juli 2002.

Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Riyanto dan Ibu Aminah Sadiyah. Penulis memiliki adik perempuan bernama Dede Hanafiah dan Sabila Rosaida serta adik laki-laki bernama Alfian Zaidan. Penulis telah menyelesaikan pendidikan mulai dari Taman Kanak-kanak di TK ABA

Waringinsari Barat pada tahun 2008, pendidikan sekolah dasar di MIN Model Bandung Baru pada tahun 2014, pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Sukoharjo pada tahun 2017, dan pendidikan menengah atas di SMAN 2 Pringsewu pada tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswi di Universitas Lampung, program S-1 Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai anggota Biro Penerbitan Himaki FMIPA Unila periode 2020 dan aktif sebagai anggota Biro Usaha Mandiri (BUM) Himaki FMIPA Unila periode 2021. Penulis pernah mengikuti kegiatan Karya Wisata Ilmiah (KWI) yang diselenggarakan oleh BEM FMIPA Unila pada tahun 2019 di desa Tambah Dadi, Lampung Timur dan melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Sidodadi, Pagelaran pada tahun 2022. Beberapa prestasi penulis yang pernah didapat yaitu meraih Medali Perunggu pada Olimpiade Sains Mahasiswa (OSM) tingkat Mahasiswa dan Guru se-Indonesia pada tahun 2020 dan meraih Medali Perunggu pada Kompetisi Sains Indonesia (KSI) tingkat Mahasiswa se-Indonesia pada tahun 2021 yang diselenggarakan oleh Pelatihan Olimpiade Sains Indonesia (POSI).

MOTTO

*“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah
(nikmat) kepadamu”
(Q.S. Ibrahim : 7)*

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan
kesanggupannya”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)*

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”
(Q.S. Al Insyirah : 5)*

*“Berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat
baik kepadamu”
(Q.S. Al-Qassas: 77)*

*“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang telah melewatkanmu
tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku
tidak akan pernah melewatkanmu.”
(Umar bin Khattab)*

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Alhamdulillahilalamin kepada Allah Subhanahu Wa Ta'alla

Kupersembahkan goresan tinta dalam karya kecil ini sebagai tanda cinta, kasih sayang, hormat dan baktiku terhadap kedua malaikat dalam hidupku :

Bapak Riyanto dan Ibu Aminah Sadiyah

*Yang telah menjadi sumber kekuatan dan semangat bagiku, keringat yang selalu menjadi saksi akan perjuangannya untukku. Bapak dan Ibu, lewat karya ini aku ingin berterimakasih atas segala cinta, kesabaran, pengorbanan, kasih sayang serta ketulusan yang tak pernah lelah dalam setiap sujudnya mendo'akan hidupku. Untuk adikku tercinta **Dede Hanafiah, Sabila Rosaida, dan Alfian Zaidan** yang telah memberikan dukungan, semangat dan keceriaan kepadaku dalam menyelesaikan karya ini.*

Rasa hormat saya kepada :

Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D.

Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D.

Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas dedikasi dan ilmu yang telah diberikan selama menempuh pendidikan di kampus.

Keluarga besarku dan teman-teman yang senantiasa memberikan semangat dan bantuan untukku, selalu mengajarkan tentang arti berbagi, cinta dan kebersamaan.

*Serta
Almamaterku Tercinta*

SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah SWT, karena atas rahmat, ridho, dan karunia-Nya, skripsi ini dapat penulis selesaikan. Skripsi dengan judul **“Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan Dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) serta Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung. Penulis menyadari, penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si, M.Si. selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
3. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan s.d. penyelesaian skripsi.
5. 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 s.d. penyelesaian skripsi.
6. Ibu Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II, atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan s.d. penyelesaian skripsi.

7. Ibu Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S. selaku Dosen Pembahas, atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan s.d. penyelesaian skripsi.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung;
9. Bapak dan Ibu Tenaga Kependidikan, serta PLP Laboratorium Kimia Anorganik - Fisik dan Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
10. Sahabat terbaik “MADESU (Masa Depan Sukses)”: Happy, Shilvia, Zahra, Devy, Ejak, Jamil, Yohana atas segala hal selama 4 tahun berkuliah.
11. M. Farhan Abdilah, atas *support* dan *effort*, serta segala hal yang telah dilalui bersama.
12. Organotin Research Team: Mba Cindy, Mba Aisyah, Mba Natasha, Mba Gustin, Mba Mey, Mba Nia, Mba Dayah, Sabrina, Mauren, Cantona atas segala bantuan dalam penyelesaian skripsi.
13. Teman-teman yang telah membantu memahami materi (Bang Hadi, Kania, Maysya, Devi, Dito, dll).
14. Teman-Teman Kimia 2019 terutama Kelas A atas segala kenangan selama kuliah.
15. 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, 19 Juni 2023
Penulis

Munifah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Senyawa Organologam	5
2.2. Timah	6
2.3. Senyawa Organotimah	8
2.4. Sintesis Senyawa Organotimah	9
2.5. Aplikasi Organotimah	11
2.6. Analisis Senyawa Organotimah	12
2.6.1. Analisis spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	12
2.6.2. Analisis Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	13
2.6.3. Analisis Spektrometer <i>Nuclear Magnetik Resonance (NMR)</i>	14
2.6.4. Analisis <i>Microelemental Analyzer</i>	16
2.7. Bakteri	17
2.7.1. Bakteri <i>S. aureus</i>	19
2.7.2. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	20
2.8. Disinfektan	21
III. METODE PENELITIAN	24
3.1. Waktu dan Tempat	24
3.2. Alat dan Bahan	24
3.3. Prosedur Penelitian.....	25

3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat).....	25
3.3.2. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat).....	26
3.3.3. Penyiapan Media Uji.....	26
3.3.4. Peremajaan Bakteri.....	26
3.3.5. Penentuan Waktu Optimum Media Fermentasi.....	27
3.3.6. Pembuatan Suspensi Bakteri Uji.....	27
3.3.7. Pembuatan Larutan Disinfektan.....	28
3.3.8. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri.....	29
3.3.9. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif, Kontrol Negatif dan Pelarut Terhadap Bakteri.....	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat.....	34
4.1.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat).....	34
4.1.2. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat).....	36
4.2. Karakterisasi Senyawa Hasil Sintesis.....	37
4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	37
4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer FTIR.....	41
4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$	45
4.2.4. Analisis Unsur Menggunakan <i>Microelemental Analyzer</i>	50
4.3. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan.....	51
4.3.1. Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	55
4.3.2. Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus.</i>	58
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan khas IR untuk organotimah karboksilat	14
2. Nilai geseran kimia untuk ^1H - NMR dan ^{13}C -NMR	16
3. Data spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat).....	39
4. Data spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat).....	41
5. Data vibrasi ikatan senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat).....	43
6. Data vibrasi ikatan senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat).....	45
7. Data pergeseran kimia ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR senyawa hasil sintesis	50
8. Perbandingan komposisi unsur teoritis dan hasil analisis	51
9. Nilai <i>optical density</i> untuk senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i>	56
10. Nilai <i>optical density</i> untuk senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) terhadap bakteri <i>S. aureus.</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Senyawa dibutiltimah(IV) oksida	9
2. Senyawa asam 4-nitrobenzoat.....	10
3. Senyawa asam 4-klorobenzoat.....	11
4. Diagram alir penelitian.....	33
5. Reaksi sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat)	35
6. Senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat)	35
7. Reaksi sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat).....	36
8. Senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat).....	37
9. Spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa dibutiltimah(IV) oksida (a) dan senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) (b)	38
10. Spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa dibutiltimah(IV) oksida (a) dan senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) (b).....	40
11. Spektrum FTIR senyawa dibutiltimah(IV) oksida (a) dan senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) (b)	42
12. Spektrum FTIR senyawa dibutiltimah(IV) oksida (a) dan senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) (b)	44
13. Spektrum ¹ H-NMR (a) dan ¹³ C-NMR (b) senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat)	46
14. Struktur dan penomoran senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat)	47
15. Spektrum ¹ H-NMR (a) dan ¹³ C-NMR (b) senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat)	48

16. Struktur dan penomoran senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat)	49
17. Kurva pertumbuhan bakteri <i>Salmonella sp.</i> dan <i>S. aureus</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan rendemen reaksi sintesis senyawa dibutyltin(IV) di-(4-nitrobenzoat).....	73
2. Perhitungan rendemen reaksi sintesis senyawa dibutyltin(IV) di-(4-klorobenzoat).....	74
3. Perhitungan persentase kandungan unsur teoritis dan data hasil pengukuran <i>microelemental analyzer</i>	75
4. Pembuatan dan pengenceran larutan disinfektan	78
5. Data <i>optical density</i> uji bioaktivitas senyawa organotin(IV) terhadap bakteri <i>S. aureus</i>	81
6. Data <i>optical density</i> uji bioaktivitas senyawa organotin(IV) terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i>	82
7. Foto uji bioaktivitas senyawa organotin(IV) terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i>	83
8. Foto uji bioaktivitas senyawa organotin(IV) terhadap bakteri <i>S. aureus</i>	87

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit infeksi merupakan penyakit yang perkembangannya tergolong cepat dan pesat. Penyakit infeksi menjadi salah satu masalah dari waktu ke waktu yang terus berkembang dalam bidang kesehatan (Jawetz *et al.*, 2005). Penyakit infeksi diakibatkan oleh masuk dan berkembang biaknya mikroorganisme yang menyebabkan terjadinya kerusakan organ di dalam tubuh. Mikroorganisme penyebab penyakit infeksi yaitu mikroorganisme patogen seperti virus, bakteri, parasit, dan jamur (Brooks *et al.*, 2013). Faktor interaksi penyakit infeksi dapat melalui faktor manusia, faktor penyebab penyakit, dan faktor lingkungan.

Penyakit infeksi menjadi salah satu penyakit yang menyebabkan kematian utama di dunia berdasarkan laporan dari UNICEF (2018). Selain itu, lebih dari 70% kematian, khususnya pada balita disebabkan oleh penyakit infeksi dan 50% kasus penyakit infeksi berada di Asia Tenggara menurut data *World Health Organization* (2018). Penyakit infeksi dapat disebabkan oleh bakteri patogen, contohnya yaitu penyakit yang diakibatkan oleh kontaminasi makanan akibat adanya bakteri *Salmonella sp.* yang menginfeksi tubuh manusia (Widoyono, 2011). Selain itu, terdapat juga penyakit kulit yang sangat mudah menginfeksi tubuh manusia pada kondisi yang lembab atau saat kulit terbuka karena adanya bakteri *Staphylococcus aureus* (Gillespie dan Bamford, 2008).

Pengobatan penyakit infeksi dapat dilakukan dengan mengonsumsi antibiotik. Namun konsumsi antibiotik dapat mengakibatkan terjadinya resistensi apabila tidak digunakan secara rasional. Resistensi bakteri pada manusia dapat diakibatkan oleh penggunaan antibiotik dalam jangka waktu yang lama dan

berlebihan. Sehingga untuk mengatasi penggunaan antibiotik secara berlebihan, perlu diperhatikan faktor lingkungan sebagai upaya pencegahan penyakit infeksi. Pencegahan penyakit infeksi salah satunya dapat dilakukan dengan menciptakan lingkungan hidup yang bersih dan sehat. Hal ini dapat diwujudkan melalui proses penyemprotan menggunakan disinfektan secara rutin untuk membantu mengurangi adanya mikroorganisme patogen dari luar tubuh manusia (Irianto, 2007).

Disinfektan merupakan zat kimia yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen pada benda-benda (Wastiti dkk., 2017). Hingga saat ini, sudah semakin banyak zat kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengurangi jumlah mikroorganisme patogen. Namun, zat kimia pada disinfektan yang digunakan cenderung berbahaya untuk manusia, hewan dan tumbuhan sekitar. Penyemprotan disinfektan dapat membunuh seluruh virus, tetapi dapat menimbulkan dampak negatif bagi kulit, salah satunya yaitu iritasi. Iritasi yang muncul diantaranya iritasi kulit, mata, jalur pernapasan dan dapat mengakibatkan keracunan (Zulfikri dan Ashar, 2020). Oleh karena itu, perlu dipilih zat kimia yang mampu membunuh mikroorganisme patogen tanpa merusak bahan yang terkena disinfektan dengan waktu tersingkat (West *et al.*, 2018).

Senyawa yang diketahui memiliki fungsi biologis untuk menjadi bahan yang mampu membunuh mikroorganisme patogen adalah senyawaan dari organologam. Senyawa organologam banyak digunakan pada bidang kesehatan untuk pengobatan, salah satunya yaitu senyawa organotimah (Samsuar *et al.*, 2021). Senyawa organotimah memiliki fungsi biologis yang cukup beragam, khususnya senyawa organotimah(IV) karboksilat. Keaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) ditentukan oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn (Cotton *and* Wilkinson, 2007).

Senyawa organotimah(IV) karboksilat diketahui memiliki aktivitas biologis lebih tinggi di antara organotimah dengan ligan lainnya. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan dan posisi ligan pada senyawa organotimah yang mengakibatkan perbedaan aktivitas biologisnya (Abang *and* Yong, 2017). Aktivitas biologis

tersebut di antaranya sebagai sitotoksik dan antimikroba (Galván-Hidalgo *et al.*, 2017), antifungi (Hadi *et al.*, 2008), antikanker (Hadi *and* Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012), antikorosi (Iswantoro *et al.*, 2015), antimalaria (Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2020), antitumor (Mohan *et al.*, 1988), dan antibakteri (Maiti *et al.*, 2007). Senyawa organotimah tidak membahayakan tubuh selama digunakan dengan dosis yang sesuai (Javed *et al.*, 2016).

Dilihat dari banyaknya aktivitas biologis dari senyawa organotimah(IV) karboksilat, maka akan dilakukan penelitian terkait senyawa organotimah(IV) karboksilat dan uji aktivitasnya sebagai disinfektan. Beberapa senyawa organotimah(IV) karboksilat yang telah dilakukan uji aktivitas sebagai disinfektan yaitu senyawa turunan difeniltimah(IV) benzoat. Adapun senyawa tersebut di antaranya yaitu difeniltimah(IV) di-(4-aminobenzoat), difeniltimah(IV) di-(4-klorobenzoat), difeniltimah(IV) di-(4-hidroksibenzoat), dan difeniltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) (Hadi *et al.*, 2022).

Pada penelitian ini, dipilih senyawa di-organotimah dengan gugus butil karena senyawa dibutiltimah(IV) memiliki nilai toksisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan tributiltimah(IV), sehingga diharapkan dapat menjadi alternatif sebagai bahan dasar pembuatan disinfektan. Maka dilakukan sintesis senyawa dibutiltimah(IV) oksida dengan variasi ligan asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-klorobenzoat, kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), spektrometer *Nuclear Magnetik Resonance* (NMR) dan *Microelemental Analyzer*, selanjutnya dilakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mensintesis dan melakukan karakterisasi senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis*, FTIR, NMR dan *Microelemental Analyzer*, serta menguji bioaktivitas sebagai disinfektan terhadap

bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan bakteri Gram negatif (*Salmonella sp.*).

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah menambah pengetahuan mengenai bioaktivitas senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) sebagai disinfektan serta memperoleh informasi terkait potensi senyawa organotimah(IV) untuk digunakan sebagai disinfektan yang berguna dalam bidang kesehatan dan pertanian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang terdiri dari logam sebagai atom pusat yang berikatan langsung dengan minimal satu atom karbon dari gugus organik. Senyawa yang berikatan antara karbon dengan fosfor, arsen, silikon, maupun boron dapat dikategorikan dalam senyawa organologam. Selain unsur golongan utama, ikatan atom karbon suatu gugus organik dengan unsur lantanida, aktinida, serta metaloid dapat disebut sebagai organologam. Atom karbon senyawa organologam umumnya cenderung bersifat elektronegatif dibandingkan dengan kebanyakan logamnya. Senyawa organologam dikatakan sebagai senyawa penghubung antara kimia anorganik dan organik berdasarkan bentuk ikatannya (Cotton *et al.*, 2007).

Terdapat tiga jenis bentuk ikatan pada senyawa organologam, diantaranya:

a. Senyawa organologam ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam yang terbentuk dari logam elektropositif cenderung bersifat ionik, memiliki kereaktifan yang tinggi terhadap udara dan air, serta tidak larut dalam pelarut organik. Senyawa organologam ionik ini berasal dari ikatan suatu radikal pada logam dengan logam yang memiliki keelektropositifan yang sangat tinggi, misalnya dengan logam alkali atau alkali tanah. Kestabilan ion karbon dapat menentukan kestabilan serta kereaktifan pada senyawa organologam ionik. Garam logam ion-ion karbon lebih stabil walaupun masih cenderung reaktif apabila kestabilannya diperkuat oleh delokalisasi elektron.

b. Senyawa organologam dengan ikatan σ (sigma)

Senyawa ini diperoleh dari pembentukan ikatan σ dua pusat elektron antara gugus organik dengan atom karbon yang memiliki sifat keelektropositifan rendah. Senyawa organologam dengan ikatan σ (sigma) dikategorikan sebagai senyawa ikatan kovalen walaupun masih terdapat karakter ioniknya. Beberapa faktor penyebab sifat kimia pada senyawa organologam, yaitu adanya kemungkinan penggunaan orbital d yang tinggi seperti pada SiR_4 yang tidak tampak pada CR_4 , kemampuan donor aril atau alkil dengan pasangan elektron bebas (PEB), keasaman Lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak penuh dan pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan karbon-karbon (C-C) dan ikatan logam-karbon (M-C).

c. Senyawa organologam yang terikat nonklasik

Terdapat jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk pasangan elektron atau kovalensi maupun ionik, yang disebut senyawa organologam yang terikat nonklasik. Misalnya pada gugus-gugus alkil berjembatan yaitu satu kelas alkil yang terdiri dari Li, Be dan Al. Senyawa organologam yang terikat nonklasik ini terbagi menjadi 2 golongan, di antaranya:

1. Senyawa organologam yang terbentuk antara logam transisi dengan alkena, alkuna, benzena, dan senyawa organik tak jenuh serta sistem cincin lainnya seperti C_5H_5 .
2. Senyawa organologam yang mempunyai gugus-gugus alkil berjembatan (Gora, 2005).

2.2. Timah

Timah merupakan salah satu unsur yang memiliki nomor atom 50 dengan lambang Sn. Dalam sistem periodik unsur, timah terletak pada golongan IV A dan periode 5 bersama-sama dengan karbon, silikon, germanium dan timbal. Timah memiliki titik leleh sebesar $231,968^\circ\text{C}$ serta memiliki titik didih sebesar $2,602^\circ\text{C}$.

Timah larut dalam asam dan basa dan akan membentuk garam apabila senyawa oksida dari timah dilarutkan dengan asam atau basa. Beberapa jenis timah yaitu timah α dengan ciri berwarna merah dan timah β berwarna putih (Bonati *and* Ugo, 1967).

Pada lingkungan senyawa timah ditemukan dalam bentuk oksidasi +2 dan +4. Timah dengan bentuk oksidasi +4 cenderung lebih stabil dibandingkan dengan bentuk oksidasi +2. Hal itu dikarenakan timah dengan bentuk oksidasi +4 menggunakan seluruh elektron valensinya dalam ikatan yaitu $5s^2 5p^2$, sedangkan timah dengan bentuk oksidasi +2 hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ (Cotton dan Wilkinson, 1989). Timah dalam bentuk trivalen (+3) bersifat tidak stabil sehingga dua jenis utama timah yang dikenal karena kestabilannya yaitu senyawa *stannous* (SnX_2) berupa timah bivalen dan *stannic* (SnX_4) berupa timah tetravalen (Bakirdere, 2013).

Struktur geometri dari SnCl_4 setelah dikarakterisasi menunjukkan bentuk yang sama dengan struktur pada CCl_4 yang memiliki bentuk tetrahedral. Kedua senyawa tersebut merupakan senyawa dengan bentuk cairan tidak berwarna pada suhu ruang dan masing-masing memiliki titik didih sebesar 114 dan 77 pada tekanan atmosfer. Akan tetapi di luar keadaan tersebut, senyawa SnCl_4 dan CCl_4 menunjukkan sifat dan karakter yang cukup berbeda. Perbedaan sifat dan karakter ini diakibatkan karena adanya orbital 5d yang dimiliki oleh atom Sn dan juga karena atom Sn memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan ukuran dari atom C (Cotton *and* Wilkinson, 2007).

Timah merupakan salah satu logam yang dapat dimanfaatkan untuk membuat suatu senyawa organologam. Seperti pada senyawa organotimah(IV) benzoat yang dibentuk melalui ikatan kovalen koordinasi antara senyawa kompleks dengan ligan karboksilat. Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan biologisnya adalah karena banyaknya kelompok gugus organik yang mampu membentuk ikatan dengan atom pusat Sn (Munir *et al.*, 2017).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah merupakan senyawa yang berikatan kovalen antara atom karbon dengan timah (C-Sn), dimana atom Sn umumnya berada pada bilangan oksidasi +4. Sebagian besar senyawa organotimah termasuk turunan dari $R_n\text{Sn(IV)}X_{4-n}$ ($n=1-4$) dan dikategorikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetraorganotimah(IV) tergantung jumlah gugus alkil atau aril yang terikat. Gugus organik yang terikat seperti metil, butil, fenil, oktil, dan sikloheksil (Davies, 2004). Anion yang terikat (X) umumnya berupa klorida, florida, oksida, hidroksida dan karboksilat atau suatu thiolat (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Dilihat dari sifat fisika dan kimianya, senyawa organotimah ialah suatu monomer yang membentuk makromolekul padat dan stabil, seperti metiltimah, feniltimah, dan dimetiltimah. Sedangkan butiltimah berbentuk cairan tidak berwarna yang mudah menguap dan menyublim, serta stabil terhadap hidrolisis dan antioksidan. Organotimah mudah lepas dan membentuk garam dengan logam golongan utama apabila terikat pada atom halogen, khususnya klor. Senyawa organotimah dapat disintesis karena kekuatan ikatannya yang bervariasi (Greenwood *and* Earnshaw, 1990). Kemudahan putusnya ikatan timah-karbon oleh suatu halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya, dengan urutan sebagai berikut:

(Paling Stabil) Butil < Propil < Metil < Fenil < Benzil < Alil < CH_2CN < CH_2COOR (Paling Tidak Stabil).

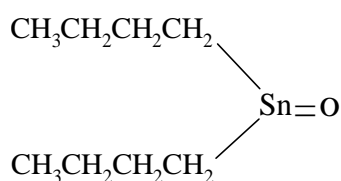
(Van der Weij, 1981).

Terdapat beberapa jenis senyawa organotimah sebagai berikut:

- a. Organotimah halida ($R_n\text{SnX}_{4-n}$). Senyawa ini dapat diperoleh dari reaksi langsung antara halida organik dengan logam timah atau timah(II) halida, reaksi tetraorganotimah dengan gas halogen (X_2) atau asam halogen (HX) atau logam halida (MX_n), reaksi senyawa organologam dengan timah tetrahalida (SnX_4), dsb.

- b. Organotimah hidroksida dan oksida. Senyawa ini dapat diperoleh dari hidrolisis turunan organotimah (R_nSnX_{4-n}) dimana X dapat berupa halida, OCOR', OR', NR'₂, dsb.

Pada penelitian ini digunakan senyawa organotimah oksida yaitu dibutiltimah(IV) oksida yang berperan sebagai material awal yang selanjutnya direaksikan dengan asam karboksilat untuk membentuk senyawa dibutiltimah(IV) karboksilat. Struktur dari senyawa dibutiltimah(IV) oksida dapat dilihat pada Gambar 1.

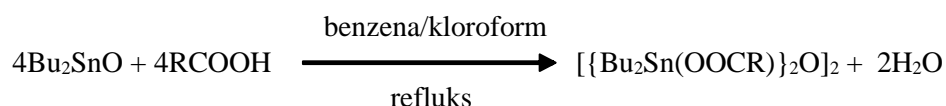


Gambar 1. Senyawa dibutiltimah(IV) oksida

- c. Organotimah karboksilat ($R_nSn(O_2CR')_{4-n}$). Senyawa ini umumnya dapat diperoleh dari reaksi antara organotimah hidroksida atau oksida dengan asam karboksilat.
- d. Organotimah alkoksida dan fenoksida. Senyawa ini dapat diperoleh dari reaksi alkali logam alkoksida atau fenoksida dengan organotimah halida serupa.
- e. Organotimah hidrida. Senyawa ini dapat diperoleh dengan mereduksi suatu organotimah halida dengan logam hidrida (Davies, 2004).

2.4. Sintesis Senyawa Organotimah

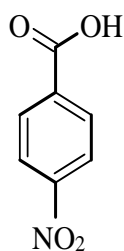
Sebagian besar turunan senyawa organotimah(IV) karboksilat didapat melalui reaksi kondensasi antara organotimah(IV) oksida atau hidroksida dengan asam karboksilat tertentu. Adapun skema sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat sebagai berikut:



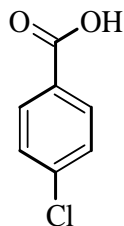
(Matela *and* Aman, 2012).

Sintesis senyawa organotimah(IV) benzoat umumnya menggunakan senyawa dibutiltimah(IV) oksida, difeniltimah(IV) oksida, dan trifeniltimah(IV) hidroksida yang direaksikan dengan suatu asam benzoat. Reaksi dapat berlangsung sempurna melalui proses refluks pada suhu 60- 70°C selama 4 jam, dalam pelarut metanol (Hadi *and* Rilyanti, 2010). Pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) dengan menggunakan senyawa awal berupa dibutiltimah(IV) oksida dan menggunakan variasi ligan yaitu asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-klorobenzoat.

Asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-klorobenzoat merupakan senyawa turunan asam benzoat. Asam 4-nitrobenzoat adalah senyawa organik dengan rumus $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)\text{CO}_2\text{H}$ yang berbentuk serbuk putih kekuningan. Senyawa asam 4-nitrobenzoat larut dalam metanol dan dietil eter serta memiliki berat molekul sebesar 167,2 g/mol. Senyawa ini dapat digunakan sebagai pewarna, kosmetik, dan obat-obatan (Hans Dieter *and* Jeschkeit, 1994). Sedangkan senyawa asam 4-klorobenzoat adalah senyawa organik dengan rumus $\text{C}_6\text{H}_2(\text{Cl})\text{CO}_2\text{H}$ yang berbentuk padatan putih. Senyawa asam 4-klorobenzoat larut dalam beberapa pelarut organik dan dalam basa berair serta memiliki berat molekul 156,57 g/mol. Garam dari senyawa asam 4-klorobenzoat dapat digunakan sebagai pengawet. Struktur senyawa asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-klorobenzoat ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Senyawa asam 4-nitrobenzoat



Gambar 3. Senyawa asam 4-klorobenzoat

2.5. Aplikasi Organotimah

Senyawa organotimah memiliki banyak aplikasi dalam bidang kehidupan. Salah satunya yaitu pada bidang industri, senyawa organotimah dapat dimanfaatkan sebagai senyawa penstabil PVC (Pereyre *et al.*, 1987), sebagai katalis (Evans *and* Karpel, 1985), stabilizer untuk parfum, pengawet kayu, kaca untuk pelapis timah oksida (Gitlitz *et al.*, 1992) dan berbagai peralatan pada medis dan gigi (Pellerito *and* Nagy, 2002). Selain itu, pada bidang industri juga digunakan sebagai biosidal dalam pembuatan cat karena aktivitas biosidal senyawa organotimah dengan mikroorganisme dan pengurainya tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Senyawa organotimah merupakan katalis homogen yang baik dalam pembuatan poliuretan, polisilikon dan sintesis senyawa poliester (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Dalam beberapa penelitian, senyawa organotimah(IV) diketahui memiliki aktivitas biologis yang cukup tinggi (Davies, 2004). Keaktifan biologis senyawa organotimah(IV) didasarkan pada sifat dasar dan jumlah gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Aktivitas biologis tersebut di antaranya sebagai antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antimikroba (Bonire, 1985; Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2021; Samsuar *et al.*, 2021), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Hadi *and* Rilyanti, 2010; Ruan *et al.*, 2011), antibakteri (Maiti *et al.*, 2007), antiviral (Singh *et al.*, 2000), antikorosi (Hadi *et al.*, 2015).

2.6. Analisis Senyawa Organotimah

Untuk membuktikan senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) yang disintesis telah terbentuk dengan baik, maka pada penelitian ini perlu dilakukan pengujian secara kualitatif dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer FTIR, spektrometer ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR serta analisis unsur C, H dan N dengan menggunakan alat *Microelemental Analyzer*.

2.6.1. Analisis spektrofotometer *UV-Vis*

Analisis senyawa dengan spektrofotometer *UV-Vis* didasarkan pada transisi elektronik pada suatu senyawa akibat penyerapan radiasi sinar *UV* (200-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm). Transisi elektronik yang terjadi dimulai dari tingkat energi pada keadaan dasar ke tingkat energi pada keadaan tereksitasi. Umumnya transisi elektronik ini terjadi antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dengan orbital antiikatan. Perbedaan energi dari berbagai transisi elektronik relatif hanya sedikit, menyebabkan panjang gelombang absorpsinya juga berbeda sedikit, sehingga spektrum yang muncul berupa pita lebar.

Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan pada tingkat energi dalam orbital-orbital yang digunakan. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi dan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$) diperlukan energi yang paling tinggi. Daerah pada serapan tersebut dikenal sebagai daerah *UV* hampa karena tidak boleh ada udara dalam proses pengukuran, sehingga sangat sulit dilakukan dan tidak cukup memberikan keterangan terkait penentuan struktur. Pengukuran yang cenderung lebih mudah dan memberikan banyak keterangan pada spektrumnya yaitu di daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan π terutama sistem π terkonjugasi.

Spektrofotometer *UV-Vis* mampu melakukan pengukuran pada jumlah ikatan rangkap atau konjugasi dalam suatu molekul. Faktor yang mempengaruhi letak

serapan ialah substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dan senyawa karbonil (Sudjadi, 1985). Selain itu, dari spektrofotometer *UV-Vis* ini dapat diperoleh informasi mengenai adanya ikatan rangkap atau terkonjugasi pada gugus kromofor yang terikat pada auksokrom. Radiasi pada daerah *UV-Vis* dapat diserap oleh molekul yang mengandung elektron, baik elektron ikatan ataupun pasangan elektron bebas yang mampu tereksitasi ke tingkat energi yang tinggi (Day and Underwood, 2002).

Pada analisis spektrofotometer *UV-Vis* dapat diukur jumlah ikatan yang ada pada suatu sampel. Selain itu, dapat diperoleh informasi yang berguna terkait ada atau tidaknya gugus dalam suatu molekul melalui gugus-gugus fungsional seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung. Dalam senyawa organik, identifikasi kualitatif pada daerah *visible* jauh lebih terbatas dibandingkan pada daerah inframerah. Hal tersebut disebabkan karena pita serapan daerah *UV-Vis* subtingkat yang ada terlalu lebar dan kurang terperinci. Oleh karena itu, perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut menggunakan spektrofotometer FTIR dan spektrometer NMR (Day and Underwood, 2002).

2.6.2. Analisis Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

FTIR merupakan alat yang digunakan untuk analisis gugus fungsi secara kualitatif dalam suatu senyawa kimia. FTIR juga dapat digunakan untuk analisa kuantitatif dengan data intensitas pada panjang gelombang tertentu untuk perhitungan. FTIR dapat dikatakan sama dengan spektrofotometer *infra red* dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistem optiknya sebelum berkas sinar infra merah melewati sampel.

Spektrofotometer IR lebih banyak digunakan pada analisa kualitatif daripada kuantitatif. Spektroskopi IR umumnya digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa, biasanya senyawa organik. Suatu gugus fungsi spesifik digambarkan pada panjang gelombang setiap serapan. Pada spektra IR gugus fungsi dalam suatu senyawa dapat diukur dengan syarat adanya perbedaan momen

dipol pada gugus fungsi tersebut yang berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} (Hardjono, 1992). Daerah pada bilangan gelombang tersebut merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan senyawa organik yang disebut juga daerah IR sedang. Spektra IR suatu senyawa dapat memberikan informasi terkait struktur molekul dan gambaran dari senyawa tersebut. Spektra IR dapat diperoleh dengan mengukur absorpsi radiasi, refleksi atau emisi pada daerah IR.

Pada sintesis senyawa organotin(IV), reaksi dapat diamati pada perubahan spektrum IR dari ligan, senyawa awal, dan senyawa akhir. Hal yang harus mendapat perhatian lebih yaitu adanya vibrasi ulur Sn-O pada bilangan gelombang 500-400 cm^{-1} dan Sn-C pada bilangan gelombang 500 –600 cm^{-1} (Sudjadi, 1985). Selain itu, pada spektrum juga perlu diperhatikan munculnya pucak karbonil pada spektrum dari senyawa akhir yang mengidentifikasi telah terjadinya reaksi antara senyawa awal dengan ligan asam karboksilat. Berikut merupakan beberapa serapan karakteristik IR untuk gugus fungsi pada senyawa organotin karboksilat yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Serapan khas IR untuk organotin karboksilat

No.	Vibrasi Ikatan	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
1.	Sn-O ulur	800 – 600
2.	Sn-O-C ulur	1250 – 1000
3.	CO ₂ simetri ulur	1500 – 1400
4.	O-H ulur	3500 – 3100
5.	C=O ulur	1760 – 1600

(Bonire *et al.*, 1998).

2.6.3. Analisis Spektrometer *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR)

Spektrometer NMR merupakan cara analisis yang berkaitan dengan sifat magnet inti atom yang memberikan informasi mengenai jumlah, sifat dan lingkungan atom hidrogen ataupun karbon pada suatu molekul. Pada spektrometer NMR

dipelajari mengenai molekul senyawa organik atau anorganik yang dianalisis secara spektrofotometri resonansi magnetik. Maka dari itu, akan diperoleh gambaran tentang perbedaan sifat magnet berbagai inti untuk memperkirakan letak inti yang terdapat dalam suatu molekul (Sudjadi, 2007). Selain itu, konsep yang mendasari penggunaan spektrometer NMR adalah karena adanya fenomena inti atom yang memiliki medan magnet. Inti-inti atom dapat beresonansi dengan tenaga potensial yang sesuai apabila digunakan medan magnet yang kuat.

Dalam resonansi magnet ini tidak semua inti atom dalam molekul dapat beresonansi pada frekuensi yang sama. Hal ini dikarenakan inti atom dikelilingi elektron dan menunjukkan perbedaan lingkungan elektronik antara satu inti dengan inti atom lainnya. Medan magnet yang dihasilkan karena perputaran elektron valensi dari inti yang ada di dalam medan magnet akan melawan medan magnet yang digunakan. Ukuran perlindungan ini tergantung pada kerapatan elektron yang mengelilinginya. Makin besar kerapatan elektron yang mengelilingi inti, makin besar pula medan yang dihasilkan untuk melawan medan yang digunakan. Sehingga inti akan mengalami presisi pada frekuensi yang rendah dan medan magnet yang mengenainya akan menjadi lebih kecil (Kealey *and* Haines, 2002).

Karakterisasi yang umum digunakan dalam spektrometer NMR yaitu jenis ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR karena spektrometer NMR jenis ini dikenal paling efektif untuk menentukan struktur berbagai senyawa. Dari spektrum ^{13}C -NMR akan didapatkan informasi mengenai keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, maupun kuarterner. Sedangkan dari spektrum ^1H -NMR dapat diperkirakan jumlah atom hidrogen pada atom karbon tetangga dan jenis lingkungan hidrogen dalam molekul (Sudjadi, 1985). Bagian tertentu dari suatu struktur dicirikan dengan nilai pergeseran kimia. Berikut dapat dilihat nilai geseran kimia dari beberapa jenis senyawa dengan tetrametil silan (TMS) sebagai titik nol-nya pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai geseran kimia untuk ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR

No.	Jenis Senyawa	^1H (ppm)	^{13}C (ppm)
1.	Alkana	0,5-0,3	5-35
2.	R-CH ₂ -NR ₂	2-3	42-70
3.	R-CH ₂ -SR	2-3	20-40
4.	R-CH ₂ -PR ₃	2,2-3,2	50-75
5.	R-CH ₂ -OH	3,5-4,5	50-75
6.	R-CH ₂ -NO ₂	4-4,6	70-85
7.	Alkena	4,5-7,5	100-150
8.	Aromatik	6-9	110-145
9.	Benzilik	2,2-2,8	18-30
10.	Ester	-	160-175

(Settle, 1997).

2.6.4. Analisis *Microelemental Analyzer*

Kandungan unsur penyusun dalam suatu senyawa dapat ditentukan dengan analisis menggunakan *Microelemental Analyzer*. Kemurnian sampel senyawa organotimah yang telah disintesis dapat ditentukan dengan analisis unsur mikro melalui perbandingan data kadar unsur yang dihasilkan alat dengan data hasil perhitungan. Unsur yang umumnya ditentukan dalam mikroanalisis adalah unsur karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Alat yang biasa digunakan untuk mikroanalisis disebut dengan CHNS *Microelemental Analyzer*. Hasil yang peroleh dari mikroanalisis setelah dibandingkan secara teori seringnya berbeda. Namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mendapatkan informasi mengenai kemurnian suatu sampel (Costech Analytical Technologies, 2011).

Analisis dengan menggunakan *Microelemental Analyzer* didasarkan pada prinsip yaitu sampel dibakar menggunakan temperature yang tinggi. Produk yang diperoleh dari proses pembakaran tersebut berupa gas yang akan dimurnikan untuk kemudian dipisahkan berdasarkan komponen masing-masing dan dianalisis

menggunakan detektor yang sesuai. Menghitung setiap berat unsur pada sampel dapat dilakukan pada sampel yang telah diketahui jenisnya dengan memperkirakan beratnya untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi sehingga dapat ditentukan pula kemurnian pada sampel (Caprette, 2007).

2.7. Bakteri

Bakteri merupakan kelompok organisme yang tidak memiliki membran inti sel dengan bahasa Latin (*bacterium*; jamak: *bacteria*). Bakteri memiliki DNA dan RNA serta tidak memiliki klorofil yang bersel tunggal. Organisme ini termasuk ke dalam domain prokariota yang memiliki ukuran sel 0,5-1,0 μm kali 2,0-5,0 μm , sehingga hanya dapat dilihat melalui mikroskop. Karena ukurannya yang kecil, organisme ini sulit dideteksi. Bakteri terdiri dari tiga bentuk yaitu bentuk bulat atau kokus, bentuk batang atau *Bacillus*, dan bentuk spiral. Terdapat dua komponen lapisan terluar bakteri yaitu membrane sel dan dinding sel yang kaku. Sedangkan untuk lapisan dalam bakteri terdiri atas sitoplasma, seperti ribosom, mesosom, granula, vakuola, dan inti sel (Gupte, 1990). Dinding sel pada bakteri berfungsi untuk melindungi sel dari lingkungan luar, memberikan bentuk sel, dan mengatur pertukaran zat ke dalam sel (Maryati dkk., 2007).

Produksi aseksual bakteri terjadi melalui proses pembelahan sel. Pembelahan sel pada bakteri disebut juga pembelahan biner di mana setiap sel membelah menjadi dua. Material genetik juga ikut membelah dan menduplikasi diri serta mendistribusikan dirinya sendiri pada dua sel baru selama proses pembelahan. Pembelahan sel pada bakteri umumnya berlangsung dalam waktu yang sangat singkat, yaitu setiap 20 menit pada kondisi yang menguntungkan (Radji, 2011).

Bakteri adalah organisme yang tersebar luas dan jumlahnya banyak dibandingkan makhluk hidup lain. Bakteri terdiri dari ratusan ribu spesies yang mampu hidup di salju atau es, gurun pasir, hingga lautan (Maryati dkk., 2007). Bakteri yang ada dapat dibedakan dengan menggunakan teknik pewarnaan Gram. Pada teknik pewarnaan gram ini dapat ditunjukkan perbedaan yang mendasar dalam organisasi

struktur dinding sel bakteri. Hasil yang diperoleh dari teknik pewarnaan Gram terbagi menjadi dua yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif sebagai berikut:

a. Bakteri Gram Positif

Bakteri Gram positif merupakan bakteri yang memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal pada dinding sel mencapai 20-80 nm. Komposisi yang terdapat pada peptidoglikan tersebut yaitu *teichoic*, asam *teichuronic*, dan berbagai macam polisakarida. Dinding sel pada bakteri Gram positif lebih tebal dibandingkan pada bakteri Gram negatif. Perbedaan struktur dinding sel pada kedua bakteri tersebut dijelaskan melalui salah satu prosedur yang penting dalam klasifikasi bakteri yaitu prosedur pewarnaan Gram oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram (Brooks *et al.*, 2013).

Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang mampu menyerap zat warna violet pada proses pewarnaan Gram, sehingga bakteri ini berwarna biru atau ungu di bawah mikroskop. Bentuk sel dari bakteri Gram positif yaitu berupa filamen atau batang. Bakteri ini dapat melakukan reproduksi melalui proses pembelahan biner dengan alat gerak berupa flagella nonmotil atau menggunakan petritrikus. Contoh dari bakteri Gram positif diantaranya yaitu *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Arachnia*, *Bifidobacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, dan *Bacillus* (Wheelis, 2007).

b. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis yaitu berkisar antara 5-10. Lapisan peptidoglikan pada bakteri Gram negatif terdiri dari membrane luar, lipoprotein, dan lipopolisakarida. Jumlah peptidoglikan pada bakteri Gram positif tergolong rendah sehingga dinding selnya lebih rentan terhadap kerusakan mekanis. Bagian dinding sel bakteri ini mampu menyerap zat warna merah karena tidak mampu mempertahankan warna kristal violet pada pewarnaan Gram (Radji, 2011).

Bakteri Gram negatif lebih berbahaya daripada bakteri Gram positif karena memiliki sifat patogen. Sifat patogen pada bakteri Gram negatif disebabkan

karena membran luar pada bagian dinding sel dapat melindungi bakteri tersebut, sehingga menghalangi masuknya zat antibiotik dan sistem pertahanan inang. Contoh dari bakteri Gram negatif diantaranya *Salmonella sp.*, *Rhizobium leguminosarum*, *Haemophilus influenza*, dan *P. Aeruginosa* (Wheelis, 2007).

Bakteri yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

2.7.1. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri yang berbentuk bulat dengan diameter 0,7-1,2 μm , tidak membentuk spora, dan sel-selnya membentuk pasangan atau dalam jumlah 4 sel seperti buah anggur. Bakteri ini termasuk ke dalam familia *Staphylococaceae* yang bersifat Gram positif. Bakteri ini dapat tumbuh pada suhu optimum yaitu 37°C dan membentuk pigmen paling baik pada suhu 20-25°C (Jawetz *et al.*, 2005). Bakteri *S. aureus* dapat tumbuh hanya dalam udara yang mengandung hidrogen, hal ini disebabkan karena bakteri *S. aureus* memiliki sifat anaerob fakultif. pH yang optimum untuk pertumbuhan bakteri ini yaitu 7,4. Koloni pada perbenihan berbentuk bundar, halus, mononjol, dan berkilau serta menunjukkan warna abu-abu hingga kuning keemasan.

Bakteri *S. aureus* merupakan salah satu bakteri patogen pada manusia. Bakteri ini dapat ditemukan pada saluran pernafasan, permukaan kulit, tenggorokan, saluran pencernaan, serta rambut hewan berdarah panas termasuk manusia. Bakteri ini dapat menyebabkan penyakit seperti keracunan makanan yang berat atau infeksi kulit yang kecil, hingga menimbulkan infeksi yang tidak bisa disembuhkan (Radji, 2011). Gejala infeksi oleh bakteri ini ditandai dengan kerusakan jaringan yang disertai abses. Penyakit yang ditimbulkan oleh bakteri *S. aureus* dapat melalui pembentukan berbagai zat ekstraseluler. Zat yang berperan pada penyebaran penyakit dapat berupa protein termasuk enzim (Jawetz *et al.*, 2005).

Bakteri *S. aureus* mampu berkembang biak dan menyebar luas dalam jaringan tubuh serta dapat memproduksi beberapa zat yang menjadi penyebab penyakit dari bakteri ini. Zat yang dapat diproduksi yaitu koagulase yang merupakan enzim pengaktif faktor reaksi koagulasi, biasanya terdapat dalam plasma yang menyebabkan penggumpalan karena kemampuannya mengubah fibrinogen (Volk and Wheeler, 1993). Beberapa penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri *S. aureus* di antaranya jerawat, bisul, impetigo, infeksi luka, pneumonia, mastitis, plebitis, osteomielitis endokarditis meningitis, dan infeksi saluran kemih. Bakteri ini juga dapat menyebabkan infeksi nosokomial, sindroma syok toksik, dan keracunan makanan (Ryan *et al.*, 1994; Warsa, 1994).

2.7.2. Bakteri *Salmonella sp.*

Bakteri *Salmonella sp.* termasuk dalam familia *Enterobacteriaceae* yang bersifat Gram negatif. Bakteri ini memiliki bentuk batang lurus dengan ukuran 2-4 μm x 0,5- 0,8 μm , tidak berspora, dan bergerak menggunakan flagel peritrik. Bakteri ini mudah tumbuh dengan cepat pada medium sederhana (Jawetz *et al.*, 2005).

Bakteri *Salmonella sp.* bersifat aerob dan anaerob yang dapat tumbuh pada suhu optimum yaitu 37°C dengan pH 6-8 (Julius, 1990). Bakteri ini dapat mati karena sensitif terhadap suhu pasteurisasi, pH rendah yaitu kurang dari pH 4, dan sensitif terhadap proses sterilisasi basah suhu tinggi yaitu lebih dari 70°C.

Bakteri *Salmonella sp.* terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan struktur antigennya, sebagai berikut:

- a. Antigen O (somatik) merupakan jenis antigen yang tahan terhadap pemanasan dengan suhu 100°C, asam, dan alkohol. Antigen jenis ini serupa dengan antigen O pada kuman *Enterobacteriaceae*.
- b. Antigen H (flagel) merupakan antigen yang bersifat termolabil dan terletak pada flagela. Antigen jenis ini dapat rusak pada pemanasan dengan suhu di atas 60°C, alkohol, dan asam.

- c. Antigen Vi (kapsul) merupakan polimer dari polisakarida yang bersifat asam. Antigen jenis ini terletak pada bagian luar bakteri yang dapat rusak dengan pemanasan pada suhu 60°C selama 1 jam. Selain itu, antigen ini juga dapat rusak dengan penambahan fenol dan asam (Mahon, 2015).

Habitat utama dari bakteri *Salmonella sp.* yaitu pada pencernaan manusia dan hewan. Bakteri ini dapat ditularkan melalui konsumsi makanan dan minuman yang sudah tercemar. *Salmonella sp.* dapat menyebabkan radang usus apabila bakteri tersebut berhasil tumbuh dan berkembang biak di dalam saluran pencernaan. Radang usus yang terjadi dapat disebabkan oleh poliferasi *Salmonella sp.* yang mengakibatkan diare. *Salmonella sp.* yang telah menginfeksi dapat menghasilkan racun *cytotoxin* dan racun *enterotoxin* (Pertiwi dkk., 2015).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ketahanan tubuh terhadap infeksi bakteri *Salmonella sp.* di antaranya yaitu keasaman lambung, ketahanan usus lokal dan flora normal. Ketika kuman masuk ke dalam lambung untuk mencapai usus halus melalui mulut, sebagian kuman yang masuk tersebut akan menuju kelenjar getah bening dan memasuki bagian dalam dari saluran darah sampai ke hati, ginjal, limpa serta sumsum tulang yang menyebabkan timbulnya gejala. Namun sebagian kuman yang lain akan mati oleh asam lambung. Bakteri *Salmonella sp.* dapat berkembang biak di dalam organ tubuh tersebut (Julius, 1990).

2.8. Disinfektan

Disinfektan merupakan bahan kimia yang dapat digunakan untuk menghancurkan atau menghambat pertumbuhan jasad renik (bakterisid), khususnya pada benda mati. Keefektifan bahan kimia yang terkandung dalam suatu disinfektan dapat mempengaruhi seberapa besar jasad renik yang dihilangkan yaitu berkisar antara 60-90%. Umumnya penggunaan disinfektan secara luas yaitu untuk sanitasi baik di rumah tangga, laboratorium ataupun rumah sakit. Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas disinfektan diantaranya yaitu komposisi dan ukuran jasad renik serta lingkungan sekitar (Pratiwi, 2008).

Dilihat dari mekanisme kerjanya, disinfektan dapat dikatakan ideal apabila bekerja dengan cepat menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, berspektrum luas, aktivitasnya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembapan. Bahan yang digunakan pada disinfektan yaitu bahan yang dapat menghambat bahkan membunuh bakteri dengan mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri tersebut (Shaffer, 2013).

Adapun macam-macam jenis disinfektan sebagai berikut:

a. Grup Fenol

Fenol merupakan salah satu bahan yang efektif digunakan untuk membunuh kuman. Bahan ini dapat bekerja dengan meningkatkan permeabilitas membran sitoplasma yang menyebabkan terjadinya kebocoran progresif komponen intraseluler. Fenol yang umum digunakan sebagai bahan disinfektan di antaranya, fenol semi sintesis, kreosol dengan konsentrasi 2% dan lisol dengan konsentrasi 1%. Fenol dan kreosol bersifat korosif terhadap jaringan dan memiliki bau yang khas. Fenol mampu bertahan terhadap pemanasan dan pengeringan sehingga tidak terpengaruh oleh bahan kimia, akan tetapi bersifat kurang efektif terhadap spora. Senyawa golongan fenol ini umumnya digunakan sebagai disinfeksi pada permukaan lantai, bak mandi, dan dinding serta peralatan yang terbuat dari kayu (Darmadi, 2008).

b. Grup Alkohol

Alkohol merupakan zat paling aktif yang digunakan sebagai disinfeksi dan sterilisasi. Alkohol sebagai disinfektan bekerja dengan melakukan denaturasi protein melalui hidrasi dan melarutkan lemak. Hal tersebut menyebabkan membran sel rusak dan enzim pada mikroorganisme akan diinaktivasi. Membran sel yang telah rusak dapat menyebabkan komponen intraseluler akan terbuang dan sintesis DNA, RNA, protein, dan peptidoglikan akan terhambat.

Terdapat 3 jenis alkohol yang biasa digunakan sebagai disinfektan yaitu metanol (CH_3OH), etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), dan isopropanol ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$). Menurut ketentuan, semakin tinggi daya disinfektan dipengaruhi oleh

tingginya berat molekul. Di antara ketiga jenis alkohol tersebut, bahan yang paling banyak digunakan yaitu isopropil alkohol. Isopropil alkohol lebih efektif menurunkan tegangan permukaan sel bakteri dan denaturasi protein karena mempunyai aktivitas bakterisidal yang lebih tinggi dibandingkan dengan etanol. Alkohol yang banyak digunakan dalam praktek yaitu larutan alkohol dengan konsentrasi 70-80% dalam air. Konsentrasi alkohol yang terlalu tinggi atau rendah dengan kisaran di bawah 50% atau di atas 90% dinilai kurang efektif karena daya bakterisidnya berkurang.

c. Aldehid

Aldehid merupakan salah satu bahan disinfektan yang bekerja dengan cara mendenaturasi protein untuk membunuh sel mikroba. Aldehid yang umum digunakan sebagai bahan disinfektan yaitu formaldehid (CH_2O). Formaldehid memiliki sifat bakterisid, fungisida, virusida, dan sporisida. Larutan formaldehid 20% dalam 65-70% alkohol sangat baik digunakan sebagai cairan pensteril apabila alat-alat direndam selama 18 jam. Namun, sebelum alat-alat tersebut digunakan harus dibilas terlebih dahulu untuk menghilangkan residunya.

d. Senyawa Kompleks

Peran senyawa kompleks sebagai disinfektan belum banyak diketahui. Namun, salah satu senyawa kompleks yaitu senyawa turunan organotimah dikenal memiliki fungsi sebagai disinfektan. Senyawa turunan organotimah tersebut yaitu senyawa turunan tributiltimah. Terdapat dua jenis senyawa tributiltimah yang telah digunakan sebagai disinfektan yaitu senyawa tributiltimah benzoat dan senyawa tributiltimah oksida. Akan tetapi, penggunaan kedua senyawa tersebut sebagai disinfektan telah dihentikan karena memiliki sifat yang toksik terhadap makhluk hidup non parasit dan mengakibatkan hewan menjadi hermaprodit. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bahan disinfektan dari senyawa turunan organotimah yang tidak toksik bagi makhluk hidup non parasit (Craig, 2003).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai Maret 2023. Sintesis senyawa uji dan analisis Spektrofotometer *UV-Vis* dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan di Laboratorium Instrumentasi FMIPA Terpadu Universitas Islam Indonesia. Analisis menggunakan Spektrometer *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) dan analisis unsur menggunakan *Microelemental Analyzer* dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia*. Pengujian bioaktivitas sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, spatula, aluminium *foil*, gelas ukur 100 mL, set refluks 250 mL, termometer 0-100°C, penangas air, *hot plate stirrer*, botol *vial* 30 mL, desikator, oven, Erlenmeyer 250 mL dan 500 mL, sumbat kapas, pipet ukur 1 mL, 5 mL dan 10 mL, mikropipet 100-1000 μ L, *ball pipet*, tabung reaksi, pembakar spritus, gelas ukur 10 mL, gelas *beaker* 100 mL, jarum ose, *vertical shaker*, autoklaf, *laminar air flow*, inkubator, *UV Shimadzu UV-245 Spectrophotometer*, Bruker VERTEX 70 FT-IR *Spectrophotometer*, *Microelemental Analyzer* Fision EA 1108, dan Bruker AV 600 MHz NMR *Spectrophotometer*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dibutyltimah(IV) oksida, asam 4-nitrobenzoat, asam 4-klorobenzoat, metanol *p.a.*, dimetilsulfoksida, akuabides, *Nutrient Agar*, *Nutrient Broth*, disinfektan komersil merk Prokleen (Benzalkonium Klorida 5%) yang diproduksi oleh PT. Tandi Jaya Perkasa, bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

3.3. Prosedur Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sintesis senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) dilakukan berdasarkan prosedur pada penelitian sebelumnya (Hadi *and* Rilyanti, 2010) yang diadopsi dari (Szorcik *et al.*, 2002), karakterisasi hasil sintesis, serta uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan berdasarkan penelitian (Goy *et al.*, 2016; dan Susangka *et al.*, 2022). Adapun prosedur yang dilakukan dalam masing-masing tahapan sebagai berikut:

3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat)

Senyawa dibutyltimah(IV) oksida sebanyak 0,8812 gram ($3,54 \times 10^{-3}$ mol) direaksikan dengan senyawa asam 4-nitrobenzoat sebanyak 1,1832 gram ($7,08 \times 10^{-3}$ mol) dalam 30 mL metanol *p.a* dan direfluks selama 4 jam pada suhu pemanasan antara 60-62°C. Sesudah proses refluks selesai, campuran dikeringkan dalam desikator selama ± 3 bulan, untuk menguapkan pelarut metanol hingga diperoleh padatan kering dan konstan.

Padatan senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) yang didapatkan selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer FTIR, spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, *Microelemental Analyzer* dan dilakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.2. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat)

Senyawa dibutyltimah(IV) oksida sebanyak 0,7468 gram ($3,00 \times 10^{-3}$ mol) direaksikan dengan senyawa asam 4-klorobenzoat sebanyak 0,9394 gram ($6,00 \times 10^{-3}$ mol) dalam 30 mL metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam pada suhu pemanasan antara 60-62°C. Sesudah proses refluks selesai, campuran dikeringkan dalam desikator selama ± 3 bulan, untuk menguapkan pelarut metanol hingga diperoleh padatan kering dan konstan.

Padatan senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) yang didapatkan selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer FTIR, spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, *Microelemental Analyzer* dan dilakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.3. Penyiapan Media Uji

Penyiapan media uji dilakukan dengan pembuatan *Nutrient Agar* sebagai media kaldu nutrisi. Tahap pertama yaitu menyiapkan 12 tabung reaksi berukuran 20x150 mm dan dimasukkan *Nutrient Agar* ke dalam 12 tabung reaksi tersebut dengan membuat volume masing-masing 5 mL, lalu didiamkan dengan keadaan miring selama 3 hari.

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*).

Media yang sudah ditanam bakteri, 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*). Media yang sudah ditanam bakteri, diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.5. Penentuan Waktu Optimum Media Fermentasi

Penentuan waktu optimum untuk media fermentasi dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella sp* maupun *S. aureus*. hasil peremajaan. Kemudian masing-masing dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media inokulum ini selanjutnya *dishaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, dipindahkan ke dalam media fermentasi 300 mL sebanyak 2%. Media fermentasi ini kemudian *dishaker* sambil diukur *optical density* larutan bakteri tiap 2 jam menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 600 nm hingga diperoleh fase stasioner bakteri sebagai waktu optimum.

3.3.6. Pembuatan Suspensi Bakteri Uji

3.3.6.1. 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 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media, berisi bakteri ini selanjutnya *dishaker*

pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, dipindahkan ke dalam media fermentasi 500 mL sebanyak 2%. Media fermentasi ini kemudian *dishaker* selama waktu optimum dan diukur *optical density* nya pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.6.2. 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 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media, berisi bakteri ini selanjutnya *dishaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, dipindahkan ke dalam media fermentasi 500 mL sebanyak 2%. Media fermentasi ini kemudian *dishaker* selama waktu optimum dan diukur *optical density* nya pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.7. Pembuatan Larutan Disinfektan

3.3.7.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat)

Larutan stok disinfektan dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0565 gram padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan 5×10^{-3} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5% hingga 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.7.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat)

Larutan stok disinfektan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0544 gram padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan 5×10^{-3} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5% hingga 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.7.3. Pembuatan Larutan Disinfektan Kontrol Positif

Larutan stok 1×10^{-2} M disinfektan kontrol positif dibuat dari disinfektan komersil merk Prokleen (Benzalkonium Klorida 5%) yang diproduksi dari PT. Tandi Jaya Perkasa, dilakukan dengan mengambil sebanyak 0,7075 mL dari larutan disinfektan konsentrat dan melarutkannya menggunakan aquades hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan 5×10^{-3} M, menggunakan aquades 10 mL. Ketiga larutan kontrol positif hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.8. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri

3.3.8.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Suspensi bakteri *Salmonella sp.* dari media fermentasi dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 20 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan disinfektan dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan 5×10^{-3} M sebanyak 2000 μ L. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan

instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.8.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) Terhadap Bakteri *S. aureus*

Suspensi bakteri *S. aureus*. dari media fermentasi dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 20 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan disinfektan dibutiltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan 5×10^{-3} M sebanyak 2000 μ L. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.8.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Suspensi bakteri *Salmonella sp.* dari media fermentasi dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 20 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan disinfektan dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan 5×10^{-3} M sebanyak 2000 μ L. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.8.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) Terhadap Bakteri *S. aureus*

Suspensi bakteri *S. aureus* dari media fermentasi dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 20 mL. Masing-masing tabung ditambahkan

larutan disinfektan dibutyltin(IV) di-(4-klorobenzoat) $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan 5×10^{-3} M sebanyak 2000 μL . Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.9. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif, Kontrol Negatif, dan Pelarut Terhadap Bakteri

3.3.9.1. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Suspensi bakteri *Salmonella sp.* dari media fermentasi dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 20 mL. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL kontrol positif, yaitu disinfektan komersil merk Prokleen (Benzalkonium klorida 5%) yang telah dibuat dengan konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan $,5 \times 10^{-3}$ M. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.9.2. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif Terhadap Bakteri *S. aureus*

Suspensi bakteri *S. aureus*. dari media fermentasi dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 20 mL. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL kontrol positif, yaitu disinfektan komersil merk Prokleen (Benzalkonium klorida 5%) yang telah dibuat dengan konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$, 1×10^{-3} , dan $,5 \times 10^{-3}$ M. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.9.3. Uji Bioaktivitas Kontrol Negatif dan Pelarut Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Suspensi bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam dua buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 2000 μ L pelarut, yang terdiri dari campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua tidak dilakukan penambahan apapun yang digunakan sebagai kontrol negatif.

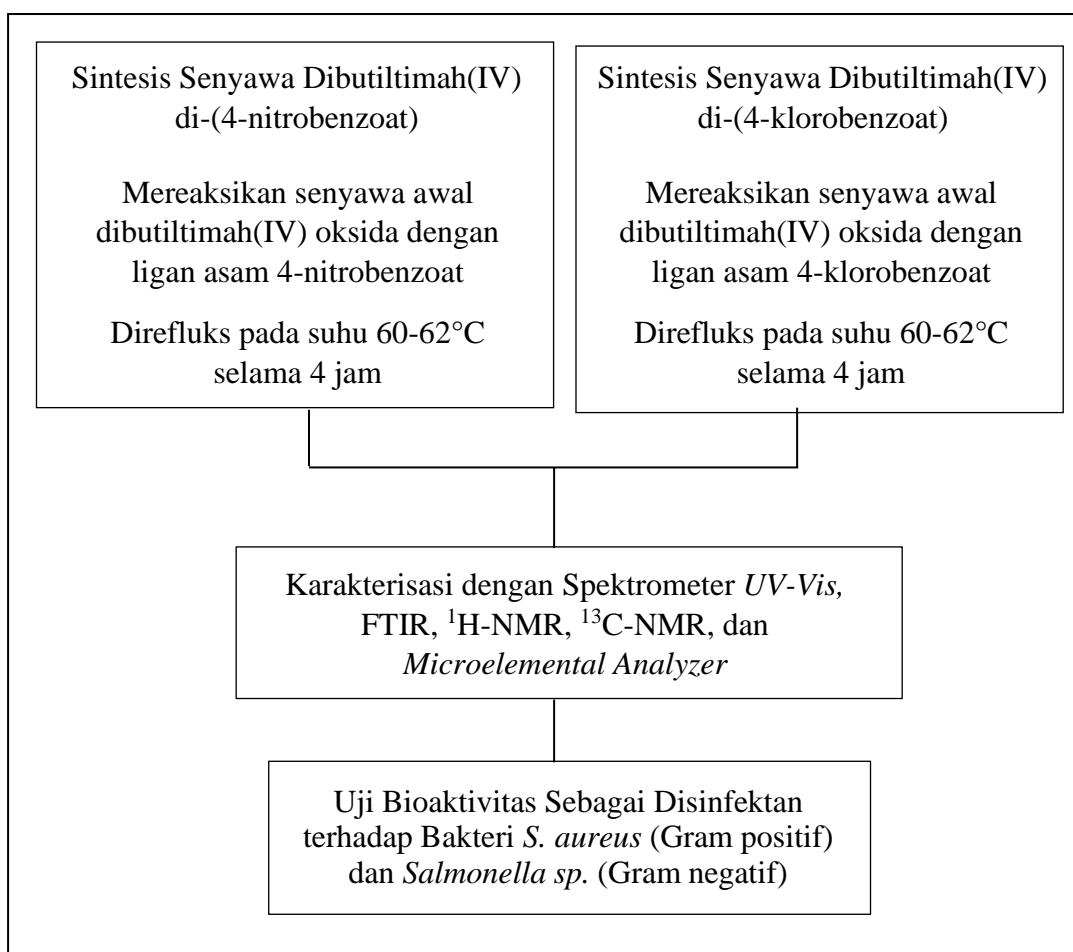
Selanjutnya, pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.9.4. Uji Bioaktivitas Kontrol Negatif dan Pelarut Terhadap Bakteri *S. aureus*

Suspensi bakteri *S. aureus*. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam dua buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 2000 μ L pelarut, yang terdiri dari campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua tidak dilakukan penambahan apapun yang digunakan sebagai kontrol negatif.

Selanjutnya, pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Pekerjaan ini dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

Nilai absorbansi yang bertambah setelah inkubasi menunjukkan adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup, sedangkan nilai konstan dan berkurangnya nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan tidak adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup (Astutiningsih dkk., 2014). Secara keseluruhan, penelitian ini terangkum dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

!

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Diperoleh senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) berupa padatan berwarna putih dengan rendemen masing-masing sebesar 87,44% dan 85,53%.
2. Senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) dan dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) telah dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer FTIR, spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *microelemental analyzer*. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kedua senyawa hasil sintesis tersebut telah murni.
3. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan menunjukkan senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-klorobenzoat) mengalami penurunan absorbansi yang lebih baik dibandingkan dengan senyawa dibutyltimah(IV) di-(4-nitrobenzoat) terhadap bakteri *Salmonella sp.* yaitu pada konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$ M dengan waktu kontak 15 menit dan terhadap bakteri *S. aureus* yaitu pada konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$ M dengan waktu kontak 5 menit.

5.2. Saran

Dari pembahasan yang telah dijelaskan, didapatkan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan sintesis senyawa organotimah(IV) dengan variasi senyawa awal lainnya seperti difeniltimah atau trifeniltimah dengan berbagai ligan yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan melakukan uji bioaktivitas disinfektan terhadap mikroorganisme yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abang, Z.D.N.J. and Yong, A.S.K. 2017. In-vitro screening of antioxidant, antibacterial and antifungal properties of herbs for aquaculture. *Int. J. Fish. Aquat. Stud.* **5**(4): 259–264.
- Andrews, J.M. 2001. Determination of Minimum Inhibitory Concentrations. *J. Antimicrob. Chemother.* **48** (1): 5-16.
- Astutiningsih, C., Setyaning, W., dan Hindratna, H. 2014. Uji daya antibakteri dan identifikasi isolat senyawa katekin dari daun the (*Camilla Sinensisl. Var Assamica*). *J. Farm. Sains Kom.* **11** (2): 50-57.
- Annisa, Suhartati, T., Yandri, dan 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.
- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, CRC Press. France.
- Black, J.G. 2008. *Microbiology Principles and Explorations 7 th Edition*. John Wiley & Sons, New Jersey USA. 970.
- Bonati, F. and Ugo, R. 1967. Organotin(IV) N,N-disubstituted dithiocarbamates. *J. Organomet. Chem.* **10**(2): 257–268.
- Bonire, J.J. 1985. Reactions of the pyridine adducts of organotin halides: Synthesis and spectral properties of some substituted pyridine adducts of $(\text{CH}_3)_3\text{SnOCOCF}_3$ and $(\text{CH}_3)_2\text{Sn}(\text{OCOCF}_3)_2$. *Polyhedron.* **4**(10): 1707–1710.
- Bonire, J.J., Ayoko, G.A., Olurinola, P.F., Ehinmidu, J.O., Jalil, N.S.N., and Omachi, A.A. 1998. Synthesis and antifungal activity of some organotin(IV) carboxylates. *Met. Based. Drug.* **5**(4): 233–236.

- Brooks, G.F., Carrol, K.C., Butel, J., Morse, S., and Meitzner. 2013. *Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology 26th edition*. Mc Graw-Hill. New York. 879.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides. Rice University.
- Costech Analytical Technologies. 2011. *Elemental Combustion System CHNS*, <http://costechanalytical.com/>. Diakses pada 20 Juni 2022.
- Cotton, F. and Wilkinson, G. 2007. *Advance Inorganic Chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publicistion. New York. 1171.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., and Bochmann, M. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry, 6th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Cotton, F.A. dan Wilkinson, G. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Terjemahan oleh : Suharto, S. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Craig, P.J. 2003. *Organometallic Compounds in The Environment*. Johns Wiley and Sons. England.
- Darmadi. 2008. *Infeksi Nosokomial problematika dan Pengendaliannya*. Jakarta.
- Davies, A.G. 2004. *Organotin Chemistry 2nd Edition*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. Weinheim Germany. 436.
- Day, R.A. and Underwood, A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. 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. *International Conferences Series on Multidiciplinary Science*. **3** (2017): 1-6.
- Evans, C.J. and Karpel, S. 1985. Organotin compounds in modern technology. *J. Organomet. Chem.* **293**(1): 302.
- Galván-Hidalgo, J.M., Chans, G.M., Ramirez-Apan, T., Nieto-Camacho, A., Hernandez-Ortega, S., and Gomez., E. 2017. Tin(IV) Schiff base complexes derived from pyridoxal: Synthesis, spectroscopic properties and cytotoxicity. *Appl. Organomet. Chem.* **31**(9): 1–12.

- Gillespie, S. dan Bamford, K. 2008. *Mikrobiologi Medis dan Infeksi*. Erlangga. Jakarta.
- Gitlitz, M.H., Dirx, R.E. and Russo, D.A. 1992. *Organtin Application*. American Chemical Society. Washington DC.
- Gora, W.B. 2005. *Synthesis and Characterization of Organotin(IV) Complexes with Donor Ligands*. Gomal University Dera Ismail Khan. Pakistan.
- Goy, R.C., Morais, S.T.B., and Assis, O.B.G. 2016. Evaluation of the antimicrobial activity of chitosan and its quarternized derivative on *E. coli* and *S. aureus* growth. *Rev Bras Farmacogn.* **26** (2016): 122-127.
- Greenwood, N.N. and Earnshaw, A. 1990. *Chemistry of Elements, 2nd Edition*. Pergamon Press. Tokyo.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Hadi, S., Afriyani, H., Anggraini, W.D., Qudus, H.I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and potency study of some Dibutyltin(IV) dinitrobenzoate compounds as corrosion inhibitor for mild steel HRP in DMSO-HCl solution. *Asian. J. Chem.* **27**(4): 1509–1512.
- Hadi, S., Suhartati, T., Noviany., Pandiangan, K.D., Yandri., Simanjuntak, W., and Junaidi. 2022. Disinfecting Activity of some Dipheniltin(IV) benzoate Derivative Compounds. *Pure. Appl. Chem.* **94**(7): 799-807.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany., Suhartati. T., and Yandri. 2018. Antibacterial activity test of diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate compounds against *Bacillus substilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian. J. Microbiol. Biotechnol. Environ. Sci.* **20**(1): 113–119.
- Hadi, S., Fenska, M.D., Wijaya, R.A., Noviany., and Suhartati, T. 2020. Antimalarial activity of some organotin(IV) chlorobenzoate compounds against *Plasmodium falciparum*. *Med. J. Chem.* **10**(3): 213–219.
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, T., Qudus, H.I., Rilyanti, M., Herasari, D. and Yandri. 2021. Synthesis and comparative study on the antibacterial activity organotin(IV) 3-hydroxybenzoate compounds. *Pure. Appl. Chem.* **93**(5): 623–628.

- Hadi, S., Irawan, B. and Efri. 2008. The antifungal activity test of some organotin(IV) carboxylate. *J. Appl. Sci. Res.* **4**(11): 1521–1525.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and in vitro anticancer activity of some organotin(IV) benzoate compounds. *Orient. J. Chem.* **26**(3): 775–779.
- Hadi, S., Rilyanti, M. and Suharso. 2012. In vitro activity and comparative studies of some organotin(IV) benzoate derivatives against leukemia cancer cell, L-1210. *Indones. J. Chem.* **12**(2): 172–177.
- Hans Dieter, J. and Jeschkeit, H. 1994. *Concise Encyclopedia Chemistry*. De Gruyer. New York.
- Hardjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Mengungkap Dunia Mikroorganisme*. CV. Yrama Widya. Bandung.
- Iswantoro, B., Nurissalam, M., Kurniasih, H., 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.
- Javed, F., Sirajuddin, M., Ali, S., Khalid, N., Nawaz, M., Ali, M., and M. Rashid. 2016. Organotin(IV) derivatives of o-isobutyl carbonodithioate: Synthesis, spectroscopic characterization, X-ray structure, HOMO/LUMO and in vitro biological activities. *Polyhedron*. 104: 80–90.
- Jawetz, E., Melnick, L. and Adelberg, A. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3*. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Julius, E.S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Kealey, D. and Haines, P. J. 2002. *Analytical Chemistry*. BIOS Scientific Publishers Ltd. Oxford, UK.
- Mahon, C.R. 2015. *Textbook of Diagnostic Microbiology 5th Edition*. Missouri: Elsevier. Philadelphia.

- Maiti, A., Dewanjee, S., Mandal, S.C., and Annadurai, S. 2007. Exploration of antimicrobial potential of methanol and water extract of seeds of *Swietenia macrophylla* (Family: *Meliaceae*), to substantiate folklore claim. *Iran. J. Pharmacol. Ther.* **6**(1): 99–102.
- Maryati, Sorayya, F.R. dan Rahayu, T. 2007. Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun Kemangi (*Ocinum basilicium L.*) Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *JPST.* **8**(1): 30–38.
- Matela, G., and Aman, R. 2012. Organotin(IV) Complexes of Carboxylic Acid Derivatives. *Central European Journal of Chemistry.* **10**(1): 1-15.
- Matlock, B.C. 2019. Differences in Bacterial Optical Density Measurements between UV-Visible Spectrofotometer. *Thermoscientific Technical Note.* 52236: 1-4.
- Mohan, M., Gupta, M.P., Chandra, L., and Jha, N.K. 1988. Synthesis, characterization and antitumour properties of some metal(II) complexes of 2-pyridinecarboxaldehyde 2'-pyridylhydrazone and related compounds. *Inorg. Chim. Acta.* **151**(1): 61–68.
- Munir, A., Sirajuddin, M., Zubair, M., Haider, A., Tirmizi, S.A., Ali, S., Khan, H., Ullah, K., and Aziz, I. 2017. Synthesis, spectroscopic characterization, and biological screening of levofloxacin based organotin(IV) derivatives. *Russ. J. Gen. Chem.* **87**(10): 2380–2390.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin(IV)ⁿ⁺ complexes formed with biologically active ligands: Equilibrium and structural studies, and some biological aspects. *Coord. Chem. Rev.* **224**(1–2): 111–150.
- Pereyre, M., Quintard, J.P. and Rahm, A. 1987. *Tin in Organic Synthesis.* Butterworths-Heinemann. Britania Raya.
- Pertiwi, D.P., Farhan, A. dan Prasetyaningsih, D. 2015. *Identifikasi Bakteri Salmonella s. dan Escherichia coli pada Bakso yang Dijual di Alun-Alun Kota Jombang.* 151310008 DIAJENG PUSPITA PERTIWI ARTIKEL.pdf (stikesicme-jbg.ac.id) diakses pada 20 Juni 2022.
- Pratiwi. 2008. *Mikrobiologi Farmasi.* Erlangga. Jakarta.
- Radji, M. 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran.* Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

- Ruan, B., Tian, Y., Zhou, H., Wu, J., Hu, R., Zhu, C., Yang, J., and Zhu, H. 2011. Synthesis, characterization and in vitro antitumor activity of three organotin(IV) complexes with carbazole ligand. *Inorg. Chim. Acta.* **365**(1): 302–308.
- Ryan, K.J., Champoux, J.J., Falkow, S., Plonde, J.J., Drew, W.L., Neidhardt, F.C., and Roy, C.G. 1994. *Medical Microbiology An Introduction to Infectious Disease*. Connecticut : Appleton & Lange.
- Samsuar, S., Simanjuntak, W., Qudus, H.I., Yandri, Herasari, D., and Hadi, S. 2021. In Vitro Antimicrobial Activity Study of Some Organotin(IV) Chlorobenzoates against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia Coli*. *J. Adv. Pharm. Educ. Res.* **11**(2): 17–22.
- Settle, F.A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Shaffer, J.G. 2013. *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. School of Public Health. University of Michigan, Arbor.
- 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. *Brazilian Journal of Microbiology* **40**(1) : 149-154.
- Singh, N.K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. In vitro and in vivo antitumour studies of a new thiosemicarbazide derivative and its complexes with 3d-metal ions. *Transit. Metal. Chem.* **25**(2): 133–140.
- Strelkauskas, A., and Strelkauskas, J. 2010. *Microbiology A Clinical Approach*. Garland Science, New York. 730.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Sudjadi. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA (CV. Anugrah Utama Raharja). Bandar Lampung. 106.

- Susangka, A.L., Hadi, S., Noviany., Kiswandono, A.A., Nurhasanah., and Pandiangan, K.D. 2022. Synthesis, Characterization, and Comparison of Disinfectant Bioactivity Test of Two Triphenyltin(IV) compound). *JOTCSA*. **9**(4): 1047-1054.
- Szorcsick, A., Nagy, L., Gadjá-Schrantz, K., Pallerito, L., Nagy, E., and Edelmann, E.T. 2002. Structural Studies on Organotin(IV) Complexes Formed with Ligands Containing (S, N, O) Donor Atom. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **252**(3): 523-530.
- Tong, S. Y. C., Davis, J.S., Eichenberger, E., Holland, T.L., Fowler, V.G. 2015. *Staphylococcus aureus* Infections: Epidemiology, Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Management. *American Society for Microbiology Journals* **28**(3) : 603-661.
- UNICEF. 2018. *The Challenge*. <https://www.unicef.org/indonesia/health>. Diakses pada 10 Agustus 2022.
- Van der Weij, F.W. 1981. Kinetics and Mechanism of Urethane Formation Catalyzed By Organotin Compounds - 2. the Reaction of Phenyl Isocyanate With Methanol in Dmf and Cyclohexane Under the Action of Dibutyltin Diacetate. *J. Polym. Sci.* **19**(12): 3063–3068.
- Volk, W.A. and Wheeler, M.F. 1993. *Mikrobiologi Dasar. Edisi Kelima. Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Warsa, U.C. 1994. *Kokus Positif Gram, dalam Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran, Edisi Revisi*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Wastiti, T.W., Muryani, S. and Werdiningsih, I. 2017. Pemanfaatan ekstrak bawang putih. Sanitasi. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. **8**(4): 175–181.
- West, A.M., Teska, P.J., Lineback, C.B., and Oliver, H.F. 2018. Strain, disinfectant, concentration, and contact time quantitatively impact disinfectant efficacy. *Antimicrob. Resist. Infect. Control*. **7**(1): 1–8.
- Wheeler, M.L. 2007. *Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria and Eukaria*. Proceeding of National Academy of Science. U.S.A.
- Widoyono. 2011. *Penyakit Tropis: Epidemiologi, Penularan, Pencegahan dan Pemberantasannya*. Erlangga. Jakarta.

Willey, J.M., Sherwood, L.M., and Woolverton, C.J. 2009. *Prescott's Principles of Microbiology*. McGraw-Hill Higher Education, New York USA. 969

World Health Organization. 2018. *The Global Burden of Diseases*. World Health Organization. Geneva.

Zulfikri, A. and Ashar, Y.K. 2020. Dampak Cairan Disinfektan Terhadap Kul Tim Penyemprot Gugus Tugas Covid-19 Kota Binjai. *Jurnal Menara Medika*. 3(1): 66–73.