

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-2-
NITROBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2-NITROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

NATASHA AZARIA



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-2-NITROBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2- NITROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

NATASHA AZARIA

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat yang memiliki efektivitas sebagai disinfektan. Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis kedua senyawa tersebut dengan mereaksikan senyawa difeniltimah(IV) oksida dan trifeniltimah(IV) hidroksida dengan ligan asam 2-nitrobenzoat. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer IR, *UV-Vis*, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, dan *microelemental analyzer*. Produk hasil sintesis berupa serbuk berwarna putih dengan rendemen berturut-turut sebesar 89,68 dan 95,71 %. Kedua senyawa tersebut diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella sp.* Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan menunjukkan bahwa senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat bersifat aktif sebagai disinfektan dengan konsentrasi paling efektif untuk menghambat bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.* yaitu 5×10^{-4} M dengan waktu kontak paling efektif adalah 30 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kedua senyawa yang disintesis memiliki aktivitas yang baik sebagai disinfektan dilihat dari nilai penurunan absorbansi.

Kata kunci : disinfektan, difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat, trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.*

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DIPHENYLTIN(IV) DI-2-NITROBENZOATE AND TRIPHENYLTIN(IV) 2-NITROBENZOATE AND BIOACTIVITY TEST AS A DISINFECTANT

By

NATASHA AZARIA

This research aimed to obtain diphenyltin(IV) di-2-nitrobenzoate and triphenyltin(IV) 2-nitrobenzoate compounds which have effectiveness as disinfectants. In this research, the two compounds were synthesized by reacting diphenyltin(IV) oxide and triphenyltin(IV) hydroxide with 2-nitrobenzoic acid as a ligand. The synthesized compounds were characterized using an IR spectrophotometer, UV-Vis, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, and a microelemental analyzer. The synthesized product was a white powder with yields of 89.68 and 95.71 %, respectively. Both compounds were tested for their bioactivity as disinfectants against *Staphylococcus aureus* and *Salmonella sp.* The results of the bioactivity test as a disinfectant showed that the compounds diphenyltin(IV) di-2-nitrobenzoate and triphenyltin(IV) 2-nitrobenzoate were active as disinfectants with the most effective concentrations to inhibit *S. aureus* and *Salmonella sp.*, is 5×10^{-4} M with the most effective contact time of 30 minutes. The results of this study indicated that the two synthesized compounds had good activity as disinfectants in terms of the decrease in absorbance value.

Key words : disinfectant, diphenyltin(IV) di-2-nitrobenzoate, triphenyltin(IV) 2-nitrobenzoate, *Staphylococcus aureus*, and *Salmonella sp.*

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-
2-NITROBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2-NITROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

NATASHA AZARIA

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
2022**

Judul Skripsi : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA
DIFENILTIMAH(IV) DI-2-NITROBENZOAT
DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2-NITROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFECTAN**

Nama Mahasiswa : **Natasha Azaria**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817011072**

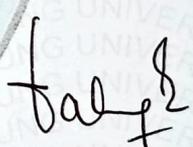
Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing


Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.
NIP 19710415 199512 1 001


Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.
NIP 19540510 198803 2 001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA


Mulyono, Ph.D.
NIP 19740611 200003 1 002

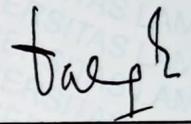
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



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



**Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Ir. Suharso, Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 05 Agustus 2022

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Natasha Azaria
NPM : 1817011072
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, skripsi saya berjudul :

“Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat serta Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan”

Adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, metode, hasil, dan analisisnya. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen/atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

Jika dikemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar sarjana maupun tuntutan hukum.

Bandar Lampung, 8 Agustus 2022
Yang Menyatakan



Natasha Azaria
NPM. 1817011072

RIWAYAT HIDUP

Natasha Azaria lahir di Tulung Agung, pada tanggal 04 Oktober 2001. Penulis merupakan putri pertama dari dua bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Ari Eko Saputro dan Ibu Inah Hidayati. Penulis memiliki seorang adik perempuan bernama Dinda Nindia Azzahra.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan mulai dari PAUD, Taman Kanak-kanak di TK Bhakti Murni, pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 3 Wonodadi pada tahun 2013, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Gadingrejo pada tahun 2016, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Gadingrejo pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis diterima sebagai mahasiswi di Universitas Lampung, program S1 Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) tertulis.

Selama menjadi mahasiswa, penulis terdaftar dalam Kader Muda Himaki (KAMI) FMIPA Universitas Lampung periode 2018-2019, aktif sebagai anggota Biro Kesekretariatan (Kestari) HIMAKI FMIPA Universitas Lampung periode 2019, menjadi anggota Bidang Sosial Masyarakat Ikatan Mahasiswa Muslim (IKAMM) Pringsewu periode 2020-2021, dan menjadi staff Keputrian Ikatan Mahasiswa Muslim (IKAMM) Pringsewu periode 2020-2021. Pada tahun 2018, penulis melaksanakan KWI di Desa Tanjung Tirto, Kecamatan Way Bungur, Kabupaten Lampung Timur pada bulan Desember 2018. Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan dengan judul Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di Desa Gadingrejo Utara, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu, Lampung pada bulan Februari sampai Maret 2021.

MOTTO

*Sesungguhnya hidupmu akan aman, bersama Allah yang
Maha Menakjubkan.*

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

*Berbuatbaiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah
telah berbuat baik kepadamu
(Q.S. Al-Qasas: 77)*

*Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah
(Q.S. Ghafir: 44)*

*Jangan engkau bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita
(Q.S. At-Taubah: 40)*

*Mulailah lagi dan jangan takut, semua akan baik-baik saja
jika kau percaya pada dirimu sendiri.
(NCT)*

*Treasure yourself well, so you can spread more love for
those people around you.
(Na Jaemin)*

*Be kind, be humble, be the love.
(Lee Sooman)*

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan anugerah, nikmat, kesehatan, rahmat dan hidayah-Nya serta ketenangan hati dalam menjalankan kehidupan ini.

Tidak lupa shalawat beriring salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang merupakan suri teladan terbaik bagi seluruh umat.

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan karya ini sebagai tanda bakti dan cintaku kepada :

Bapakku (Ari Eko Saputro) dan Ibuku (Inah Hidayati)

Kedua malaikat dalam hidupku yang tak pernah lelah menengadahkan tangan untuk mendoakan kesuksesanku. Melalui karya ini, ananda ingin berterimakasih atas segala kasih sayang, ketulusan, serta pengorbanan yang tak pernah terbayar dengan apapun dan sampai kapanpun.

Untuk adikku tercinta “Dinda Nindia Azzahra”, yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, dan keceriaan kepada penulis dalam menyelesaikan karya ini.

Rasa hormat saya kepada:
Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.

*Para Pendidik, Guru dan Dosen
Atas dedikasi, ilmu, bimbingan, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis agar penulis menjadi lebih baik.*

Keluarga besar dan sahabat-sahabatku yang senantiasa memberikan semangat dan bantuan, serta kebersamaan dalam suka maupun duka.

Serta
Almamaterku Tercinta

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'aalamiin. Puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia dan nikmat-Nya yang telah menganugerahkan nikmat iman dan islam, serta nikmat sehat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat, serta Uji Aktivitas sebagai Disinfektan**” sebagai salah satu syarat dalam meraih gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Sholawat dan salam selalu tercurah kepada nabi Muhammad SAW serta para sahabat dan keluarganya, semoga kita termasuk umatnya yang mendapatkan *Syafa'at* di *yaumul akhir* nanti, *aamiin yarabbal'aalamiin.*

Teriring doa dan segenap ketulusan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ilmu, bimbingan, arahan, saran, serta motivasi kepada penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT membalas kebaikan beliau dengan limpahan rahmat dan keberkahan.
2. Ibu Prof. Dr. Tati Suhartati, Ph.D, selaku dosen pembimbing II dan Bapak Prof. Ir. Suharso, Ph.D., selaku dosen penguji atas segala bimbingan, saran, nasihat, gagasan dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam penyelesaian penelitian serta skripsi ini. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan ibu dan bapak dengan limpahan rahmat dan keberkahan.
3. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan, saran, nasihat, semangat dan motivasi kepada

penulis selama penulis menjalankan studi di jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

4. Bapak Dr. Eng Suripto Dwi Yuwono, M.T. selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung atas segala ilmu dan wawasan yang telah diberikan kepada penulis selama perkuliahan. Semoga Allah SWT membalasnya dengan kebaikan.
7. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
8. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak dan Ibu yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, ketulusan, pengorbanan, semangat, motivasi, dukungan, dan doa yang tiada henti kepada penulis. Semoga Allah membalas cintanya dengan limpahan rezeki, keberkahan, perlindungan, serta *Jannah-Nya, aamiin yarabbal'aalamiin*.
9. Adikku tercinta, Dinda Nindia Azzahra yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, dan semangat kepada penulis. Semoga Allah senantiasa memberikan kemudahan, keberkahan, serta kebahagiaan dalam tiap langkahmu.
10. Kakekku tercinta, (Alm) *Mbah* Hamzah yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, doa, nasihat dan motivasi kepada penulis. Semoga Allah menempatkan *almarhum* dalam *Jannah-Nya* yang indah, *aamiin yarabbal'aalamiin. I know you will be so proud of me to see how I could walk this far. I miss you, Mbah.*
11. Sepupuku, Hazel Salma yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini, semoga Allah membalasnya dengan kebaikan dan keberkahan.
12. Sahabat-sahabat seperjuanganku, Gustin Lestiani, Ika Wahyu Lestari, Nia Mardanti, Mey Dhea Tami Putri, dan Fauzia Sabrina yang selalu memberikan semangat, dukungan, bantuan, keceriaan, motivasi, serta selalu kebersamai

dalam suka maupun duka. Semoga kalian selalu sehat, bahagia, dan sukses kedepannya, serta semoga Allah membalas kebaikan kalian dengan limpahan keberkahan.

13. Kakak-kakak satu bimbingan, mba Cindy, mba Aisyah, mba Anggit, mba Dini, mba Retta, dan kak Alfarizi yang selalu sabar memberikan bimbingan, bantuan, semangat, saran, dan motivasi selama penelitian dan menulis skripsi, semoga Allah memberikan balasan kebaikan dan keberkahan.
14. Adik-adik satu bimbingan, Munifah, Cantona Sasmitha, Sabrina Ocha Felinda, dan Alfonsa Maurena Widhia Charita Santi atas segala dukungan dan bantuannya selama ini, semoga kalian selalu diberikan kemudahan dan keberkahan dalam menyelesaikan kuliah, penelitian dan skripsinya.
15. Sahabat-sahabatku sejak sekolah, Miftah Nur Hasanah, Farsya Azka Alfayent, Veronika Tiarma Sinaga, Zulfa Khafiza Dewi, dan Wida Alifia Rahmatika yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta keceriaan kepada penulis. Semoga Allah senantiasa melindungi kalian dan memberikan limpahan keberkahan.
16. Teman-teman kelas B, teman-teman di lab Anorganik/Fisik dan Biokimia atas semua bantuan dan semangat selama penulis melakukan penelitian, semoga Allah membalas dengan kebaikan.
17. Teman-teman seperjuangan di jurusan kimia angkatan 2018 tercinta.
18. Semua pihak yang tidak bisa penulis ucapkan satu persatu yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.
19. Seluruh member NCT, khususnya Na Jaemin yang selalu memberikan hiburan dan semangat kepada penulis melalui karya-karyanya, serta memberikan motivasi agar tetap bekerja keras di usia yang masih sangat muda.
20. *Last but not least, I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for always being a giver and tryna give more than I receive, for tryna do more right than wrong, for just being me at all times.*

Atas segala kebaikan yang telah diberikan, semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala yang berlipat ganda. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, namun penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi rekan-rekan khususnya mahasiswa kimia dan pembaca pada umumnya.

Bandar Lampung, 8 Agustus 2022

Penulis,

Natasha Azaria

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|--|------------|
| DAFTAR TABEL | iii |
| DAFTAR GAMBAR..... | iv |
| DAFTAR LAMPIRAN | v |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.3. Manfaat Penelitian..... | 5 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1. Timah | 6 |
| 2.2. Senyawa Organologam..... | 7 |
| 2.3. Senyawa Organotimah | 8 |
| 2.3.1. Senyawa Organotimah Halida | 9 |
| 2.3.2. Senyawa Organotimah Oksida dan Hidroksida | 10 |
| 2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat..... | 11 |
| 2.4. Aplikasi Organotimah | 13 |
| 2.5. Analisis Senyawa Organotimah..... | 14 |
| 2.5.1. Analisis dengan Spektrofotometer <i>UV-Vis</i> | 14 |
| 2.5.2. Analisis dengan Spektrofotometer <i>Infra Red (IR)</i> | 16 |
| 2.5.3. Analisis dengan Spektroskopi ¹³ C-NMR dan ¹ H-NMR | 17 |
| 2.5.4. Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i> | 19 |
| 2.6. Bakteri | 20 |
| 2.6.1. Bakteri <i>S. aureus</i> | 22 |
| 2.6.2. Bakteri <i>Salmonella sp.</i> | 23 |
| 2.7. Disinfektan..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| III. METODE PENELITIAN | 27 |
| 3.1. Waktu dan Tempat | 27 |
| 3.2. Alat dan Bahan..... | 27 |
| 3.3. Prosedur Penelitian..... | 28 |
| 3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat | 28 |
| 3.3.2. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan | 29 |
| 3.3.3. Uji Bioaktivitas Pelarut dan Kontrol Positif Terhadap Bakteri | 34 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 36 |
| 4.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat | 36 |
| 4.1.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat | 36 |
| 4.1.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat | 38 |
| 4.2. Karakterisasi Senyawa Hasil Sintesis..... | 40 |
| 4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR..... | 40 |
| 4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer <i>UV-Vis</i> | 46 |
| 4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer ¹ H dan ¹³ C-NMR | 51 |
| 4.2.4. Analisis Unsur Menggunakan <i>Microelemental Analyzer</i> | 56 |
| 4.3. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan | 57 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 67 |
| 5.1. Kesimpulan | 67 |
| 5.2. Saran..... | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 69 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Serapan karakteristik IR untuk senyawa organotimah karboksilat | 17 |
| 2. Nilai geseran kimia untuk $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ | 19 |
| 3. Bilangan gelombang gugus fungsi pada senyawa difeniltimah(IV) oksida dan difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat | 43 |
| 4. Bilangan gelombang gugus fungsi pada senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat | 45 |
| 5. Perbandingan pergeseran λ_{maks} senyawa difeniltimah(IV) oksida dengan difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat | 48 |
| 6. Perbandingan pergeseran λ_{maks} senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dengan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat | 51 |
| 7. Perbandingan pergeseran kimia senyawa hasil sintesis | 56 |
| 8. Perbandingan komposisi unsur hasil analisis dan hasil teoritis | 57 |
| 9. Nilai untuk senyawa difeniltimah(IV) di 2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>Salmonella sp</i> | 60 |
| 10. Nilai untuk senyawa difeniltimah(IV) di 2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>S. aureus</i> | 62 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Senyawa difeniltimah(IV) oksida | 11 |
| 2. Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida..... | 11 |
| 3. Struktur asam-2-nitrobenzoat | 13 |
| 4. Diagram alir penelitian..... | 35 |
| 5. Hasil sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat..... | 37 |
| 6. Reaksi sintesis difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat..... | 37 |
| 7. Hasil sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat..... | 39 |
| 8. Reaksi sintesis trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat..... | 39 |
| 9. Spektrum IR senyawa difeniltimah(IV) oksida (a) dan senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat (b)..... | 41 |
| 10. Spektrum IR senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida (a) dan senyawa trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat (b)..... | 44 |
| 11. Spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa difeniltimah(IV) oksida (a) dan senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat (b)..... | 47 |
| 12. Spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida (a) dan senyawa trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat (b)..... | 49 |
| 13. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ (a) dan $^{13}\text{C-NMR}$ (b) senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat | 52 |

| | |
|--|----|
| 14. Spektrum ^1H -NMR (a) dan ^{13}C -NMR (b) senyawa trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat | 54 |
|--|----|

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|---------|
| 1. Perhitungan rendemen senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat | 77 |
| 2. Perhitungan rendemen senyawa trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat | 78 |
| 3. Perhitungan persentase kandungan unsur teoritis dan data hasil pengukuran <i>microelemental analyzer</i> | 80 |
| 4. Pembuatan dan pengenceran larutan disinfektan..... | 82 |
| 5. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan | 84 |

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap negara di dunia memiliki tingkat kesehatan yang berbeda. Negara-negara maju memiliki tingkat kesehatan yang tinggi, sedangkan beberapa negara berkembang termasuk Indonesia, masih memiliki tingkat kesehatan yang tergolong rendah. Salah satu faktor utamanya yaitu karena rendahnya kesadaran untuk menjaga kebersihan baik diri maupun lingkungan, sehingga mengakibatkan mudahnya terserang berbagai macam infeksi penyakit seperti diare, tifus, demam tifoid, infeksi saluran pernafasan dan penyakit infeksi lainnya akibat kontaminasi mikroba (UNICEF, 2012). UNICEF juga melaporkan bahwa penyakit infeksi merupakan salah satu penyebab kematian utama di dunia.

Infeksi merupakan masuknya suatu mikroorganisme ke dalam inang yang memasuki jaringan tubuh dan memperbanyak diri. Jika keadaan inang rentan terhadap infeksi dan fungsi biologinya rusak, maka hal ini dapat menimbulkan suatu penyakit (Potter dan Perry, 2005). Salah satu kasus infeksi yang banyak terjadi di dunia medis adalah infeksi nosokomial atau *Hospital Acquired Infections* (HAIs). Infeksi nosokomial adalah infeksi yang didapat oleh penderita rawat inap di rumah sakit dalam waktu 3 kali 24 jam, dan penyebab utamanya adalah bakteri. Infeksi nosokomial yang sering ditemui yaitu pneumonia, infeksi saluran kemih, infeksi di tempat operasi dan infeksi pada aliran darah. Infeksi tersebut dapat disebabkan oleh adanya aktivitas bakteri.

Bakteri patogen yang banyak menjadi penyebab tingginya kejadian infeksi nosokomial adalah *Staphylococcus aureus*. Jenis bakteri ini dapat membuat enterotoksin yang dapat menyebabkan keracunan makanan (Ajizah *et al.*, 2007). Bakteri ini menyebabkan infeksi nosokomial yang mempengaruhi aliran darah, kulit, jaringan lunak, saluran kemih dan saluran pernapasan bagian bawah. Pasien rawat inap memiliki risiko tinggi terinfeksi bakteri ini (Plata *et al.*, 2009). Selain disebabkan oleh bakteri *S. aureus*, infeksi nosokomial juga dapat disebabkan oleh bakteri *Salmonella sp.* Bakteri ini merupakan bakteri patogen yang menjadi indikator menurunnya kualitas suatu makanan, sehingga apabila tertelan oleh manusia akan mengakibatkan penyakit saluran pencernaan. Bakteri ini dapat menyebar melalui alat pengolahan yang digunakan kurang higienis dan waktu penyimpanan terlalu lama (Dharmojo, 2001).

Bakteri dapat hidup bebas di lingkungan dan sangat mudah berpindah dari tempat yang satu ke tempat yang lain. Sehingga benda mati ataupun makhluk hidup lainnya dapat dengan mudah terkontaminasi bakteri, bahkan bakteri tersebut dapat merusak atau menginfeksi apa yang ditempatinya (Amala and Ejikema, 2015). Oleh karena itu diperlukan peningkatan kesterilan lingkungan, salah satunya dengan penyemprotan zat yang dapat membunuh bakteri yang menempel di lingkungan atau benda mati, yaitu disinfektan. Disinfektan dapat membunuh mikroba atau bakteri dengan meresap pada dinding sel mikroba sehingga membuat dinding sel tersebut tidak aktif. Setelah itu, disinfektan akan memblokir sistem enzimatisnya sehingga cepat atau lambat sel mikroba tersebut akan mati (Tranggono dan Latifah, 2007).

Disinfektan umumnya mengandung bahan kimia berupa formaldehida yang dapat menimbulkan efek samping, seperti menimbulkan bau serta menyebabkan keracunan pada membran kulit dan mukosa (Shaffer, 2013). Sehingga penggunaannya tidak boleh berlebihan dan harus sesuai dengan instruksi yang tepat. Penemuan baru mengenai zat kimia sebagai bahan aktif disinfektan terus muncul dipasaran karena belum ada bahan kimia ideal yang dapat digunakan untuk segala keperluan.

Diperlukan bahan kimia yang dapat membunuh mikroorganisme dalam waktu singkat dan tidak merusak bahan yang dikenai disinfektan (West *et al.*, 2018). Banyaknya kasus infeksi yang terjadi dan diperlukannya disinfektan yang efektif tanpa adanya efek samping yang merugikan makhluk hidup lain, maka perlu dilakukan pencarian bahan baru untuk dijadikan bahan aktif disinfektan.

Salah satu senyawa yang dapat dijadikan alternatif bahan disinfektan buatan adalah senyawa turunan organotin karena organotin diketahui memiliki banyak aktivitas biologis. Senyawa organotin memiliki jangkauan aplikasi yang luas dan termasuk bahan kimia organologam yang paling banyak digunakan. Pada penelitian sebelumnya, senyawa organotin yang mengikat gugus organik diketahui memiliki aktivitas yang baik sebagai antifungi (Hadi *et al.*, 2008), antikanker (Hadi *et al.*, 2012), antimikroba (Bonire, 1985; Annisa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018), antivirus (Singh *et al.*, 2000), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011), antimalaria (Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2020 b), antikorosi (Hadi *et al.*, 2015), dan antihipertensi (Sadiq *et al.*, 2013).

Senyawa organotin dapat memberikan efek penghambatan yang tinggi meski pada konsentrasi rendah. Senyawa organotin(IV) karboksilat merupakan bagian dari organotin yang mendapat perhatian paling luas karena penemuan potensi aplikasi dari senyawa organotin(IV) karboksilat dan turunannya untuk berbagai uji biologis sudah semakin mendunia (Hadi dan Afriyani, 2017). Keaktifan biologis dari senyawa organotin(IV) karboksilat ditentukan oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn (Hadi dkk, 2020 a). Gugus penarik elektron pada atom Sn dapat mengakibatkan kerapatan elektron dalam senyawa menjadi berkurang, sehingga hal tersebut menyebabkan kereaktifan senyawa terhadap gugus-gugus tertentu. Oleh karena itu, variasi substituen alkil atau aril tidak menunjukkan efek pada aktivitas biologis senyawa organotin(IV) (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Dilihat dari banyaknya aktivitas biologis dari senyawa organotimah(IV) karboksilat, maka pada penelitian ini akan dilakukan sintesis dan karakterisasi senyawa organotimah(IV) karboksilat, serta dilakukan uji aktivitasnya sebagai disinfektan. Jenis gugus organik dapat mempengaruhi aktivitas dari senyawa organotimah. Dari sisi gugus organiknya, di-organotimah dan tri-organotimah mempunyai aktivitas biologis yang lebih baik dibanding mono-organotimah (Cotton *et al.*, 2007).

Pada penelitian ini akan disintesis senyawa difeniltimah(IV) dan trifeniltimah(IV). Dipilih organotimah dengan gugus fenil karena sebagian besar organotimah dengan gugus fenil menunjukkan bahwa hasil uji bioaktivitas antibakterinya memiliki zona hambat yang relatif besar dibandingkan gugus metil, namun lebih rendah dari gugus butil. Tetapi, gugus butil cenderung lebih toksik dibandingkan gugus fenil (Affan *et al.*, 2009; Ahmed *et al.*, 2002). Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat, lalu dilakukan karakterisasi dengan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrometer NMR, dan *microelemental analyzer*. Kemudian dilakukan uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat secara sintesis, mengkarakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, IR, NMR, dan *microelemental analyzer*, serta menguji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri Gram positif (*S. aureus*) dan bakteri Gram negatif (*Salmonella sp.*).

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai bioaktivitas senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat sebagai disinfektan.
2. Menambah jenis senyawa organotimah(IV) karboksilat yang dapat digunakan sebagai disinfektan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Timah

Timah atau *stannum* (Sn) merupakan unsur dengan nomor atom 50 yang terletak pada golongan IVA dan periode 5 dalam sistem periodik unsur. Timah memiliki titik didih 2602°C serta titik leleh 232°C. Timah bersifat lebih elektronegatif jika dibandingkan dengan timbal, tetapi memiliki sifat lebih elektropositif dibandingkan karbon, silikon, dan germanium (Dainith, 1990).

Timah dalam bentuk senyawanya mempunyai tingkat oksidasi +2 dan +4. Perbedaan energi antara kedua tingkat tersebut rendah (Cotton dan Wilkinson, 1989). Tetapi tingkat oksidasi +4 lebih stabil daripada tingkat oksidasi +2, karena pada tingkat oksidasi +2 timah hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ dalam ikatan, sedangkan pada tingkat oksidasi +4 timah menggunakan seluruh elektron valensinya ($5s^2 5p^2$) dalam ikatan.

Timah memiliki beberapa jenis, di antaranya yaitu timah abu-abu (α), timah putih (β) dan timah rombik (γ). Timah putih memiliki densitas yang lebih tinggi daripada timah abu-abu (Petrucci, 1999). Pada temperatur ruang, timah lebih stabil sebagai timah putih dalam bentuk tetragonal. Sedangkan pada temperatur rendah, timah putih berubah menjadi timah abu-abu dalam bentuk intan kubik berupa nonlogam. Perubahan ini cepat terjadi dikarenakan timah membentuk oksida film, peristiwa tersebut dikenal sebagai plak timah.

2.2. Senyawa Organologam

Senyawa organologam adalah senyawa yang memiliki minimal satu ikatan langsung antara karbon dari gugus organik (alkil/aril) dengan logam, baik logam utama maupun transisi. Senyawa yang mengandung ikatan karbon dengan semilogam seperti silikon, boron, arsen, ataupun fosfor termasuk sebagai senyawa organologam. Senyawa yang mengandung ikatan karbon suatu gugus organik dengan unsur lantanida, aktinida, serta metaloid juga termasuk sebagai senyawa organologam. Sedangkan, senyawa yang mengandung ikatan antara logam dengan oksigen, nitrogen, halogen, ataupun belerang tidak termasuk sebagai senyawa organologam.

Sifat senyawa organologam pada umumnya yaitu memiliki atom karbon yang lebih elektronegatif dari kebanyakan logam yang dimilikinya. Berdasarkan keelektronegatifannya, umumnya jika unsur-unsur yang berikatan dengan karbon berada pada bilangan oksidasi negatif, maka turunan organiknya sebagai senyawaan organik. Turunan senyawa organik jika unsur-unsur yang berikatan dengan karbon berada pada oksidasi positif, maka termasuk senyawaan organologam (Tayer, 1988). Dilihat dari bentuk ikatan pada senyawa organologam, senyawa ini dapat dikatakan sebagai jembatan antara kimia anorganik dan kimia organik (Cotton *et al.*, 2007).

Terdapat tiga jenis senyawa organologam berdasarkan ikatannya, yaitu:

a. Senyawa organologam ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam yang bersifat ionik umumnya terbentuk dari senyawa radikal organik yang terikat pada logam yang relatif sangat elektropositif, misalnya dengan logam alkali tanah atau alkali. Senyawa organologam ionik tersebut reaktif terhadap air dan udara, serta tidak larut dalam pelarut organik. Kereaktifan dan kestabilan senyawa organologam ionik ini ditentukan oleh kestabilan radikal organiknya.

b. Senyawa organologam yang memiliki ikatan σ (sigma)

Senyawa ini terbentuk karena adanya ikatan σ dari dua pusat elektron antara gugus organik dan atom logam yang memiliki keelektropositifan rendah. Ikatan utama dari senyawa organologam ini umumnya yaitu ikatan kovalen. Sifat kimia dari senyawa ini umumnya adalah dari kimiawi karbon yang disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu kemampuan donor aril atau alkil dengan Pasangan Elektron Bebas (PEB), kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi, keasaman Lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak penuh, serta pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan karbon-karbon (C-C) atau ikatan logam-karbon (M-C).

c. Senyawa organologam yang terikat secara non-klasik

Pada beberapa senyawaan organologam terdapat suatu jenis ikatan logam dengan karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk kovalen/pasangan elektron atau ikatan ionik. Senyawa ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Senyawa organologam yang mempunyai gugus-gugus alkil berjembatan.
2. Senyawa organologam yang terbentuk antara logam transisi dengan alkuna, alkuna, benzena, dan senyawaan organik yang bersifat tak jenuh lainnya.

(Cotton dan Wilkinson, 1989).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah adalah senyawa yang memiliki minimal satu ikatan kovalen antara karbon dengan timah. Sebagian senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $R_n\text{Sn(IV)}X_{4-n}$ ($n = 1-4$). Senyawa organotimah dapat diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetra- organotimah(IV), tergantung jumlah gugus alkil atau aril yang terikat. Berdasarkan gugus alkil (R) pada senyawa organotimah, terdapat empat tipe penstabil timah yaitu fenil, metil, butil, atau oktil. Oktiltimah

mempunyai kandungan timah paling sedikit serta paling kurang efisien (Van der Weij, 1981).

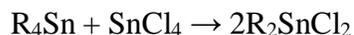
Gugus X (anion yang terikat) biasanya adalah klorida, oksida, hidroksida, fluorida, suatu karboksilat, atau suatu tiolat (Pellerito *and* Nagy, 2002). X merupakan gugus elektronegatif sehingga sifat basa lewis dan asam lewis meningkat membentuk kompleks dengan bilangan koordinasi yang lebih tinggi. Kemudahan putusannya ikatan timah-karbon (Sn-C) oleh halogen atau reagen lain bervariasi berdasarkan gugus organiknyanya. Kemudahan putusannya ikatan Sn-C meningkat sesuai dengan urutan: butil (paling stabil) < propil < etil < metil < vinil < fenil < benzil < alil < CH₂CN < CH₂COOR (paling tidak stabil).

Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis dan oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi H₂O, CO₂, dan SnO₂. Senyawa organotimah dapat membentuk makromolekul yang stabil, padat (contohnya: feniltimah, metiltimah, dan dimetiltimah) serta cairan (contohnya: butiltimah). Butiltimah sangat mudah menguap, mudah menyublim, tidak berwarna, serta stabil terhadap hidrolisis dan oksidasi. Atom halogen (khususnya Cl) yang terikat pada organotimah akan mudah lepas dan berikatan dengan logam golongan utama untuk membentuk garam. Walaupun kekuatan ikatannya bervariasi, tetapi atas dasar sifat tersebutlah senyawa organotimah dapat disintesis (Greenwood *and* Earhaw, 1990). Terdapat tiga turunan senyawa organotimah menurut Wilkinson (1982), yaitu sebagai berikut:

2.3.1. Senyawa Organotimah Halida

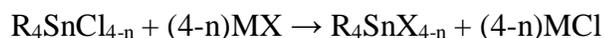
Senyawa organotimah halida mempunyai rumus umum R_nSnX_{4-n}, dimana n = 1-3, dan X = Cl, Br, F, atau I. Senyawa ini pada umumnya berupa padatan kristalin dan sangat reaktif. Senyawa organotimah halida dapat disintesis secara langsung melalui logam timah, Sn(IV) atau Sn(II) dengan alkil halida yang reaktif. Secara luas, metode

tersebut digunakan untuk pembuatan dialkiltimah halida. Metode lain yang sering digunakan dalam pembuatan organotimah halida adalah reaksi disproportionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida. Caranya yaitu dengan mengubah perbandingan bahan awal, seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut ini:



(Davies, 2004).

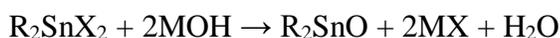
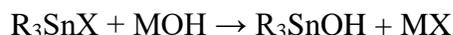
Untuk sintesis organotimah halida lainnya, digunakan senyawa organotimah klorida (sebagai bahan dasar) melalui penggantian langsung ion kloridanya dengan logam halida lain yang sesuai, seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut ini:



(Cotton *and* Wilkinson, 2007).

2.3.2. Senyawa Organotimah Oksida dan Hidroksida

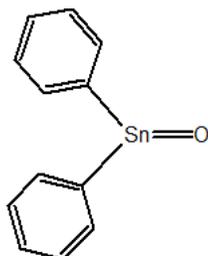
Senyawa organotimah oksida dan hidroksida merupakan produk yang diperoleh melalui reaksi hidrolisis dari trialkiltimah halida dan senyawa yang berikatan R_3SnX . Reaksinya ditunjukkan pada persamaan berikut:



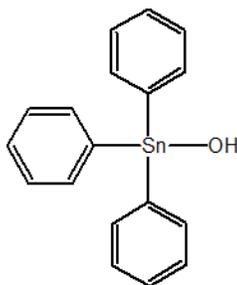
(Ingham *et al.*, 1960).

Penelitian ini menggunakan senyawa organotimah oksida dan hidroksida, yaitu senyawa difeniltimah(IV) oksida dan trifeniltimah(IV) hidroksida. Senyawa-senyawa tersebut merupakan bahan awal yang akan direaksikan dengan asam karboksilat sehingga menghasilkan difeniltimah(IV) karboksilat dan trifeniltimah(IV)

karboksilat. Struktur dari senyawa difeniltimah(IV) oksida dan trifeniltimah(IV) hidroksida ditunjukkan oleh Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Senyawa difeniltimah(IV) oksida



Gambar 2. Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida

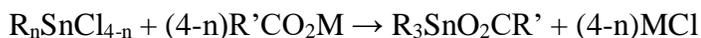
2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Senyawa organotimah karboksilat yang memiliki rumus umum $R_nSn(O_2CR')_{4-n}$ pada umumnya dapat disintesis dengan tiga cara, yaitu:

1. Mereaksikan organotimah halidanya dengan asam karboksilat

Organotimah halida sebagai bahan awal yang akan direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida.

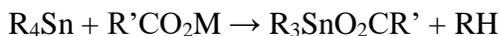
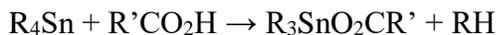
Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan berikut:



(Wilkinson, 1982).

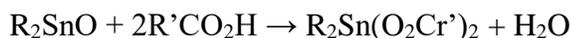
2. Pemutusan ikatan Sn-C dengan asam, merkuri(I), merkuri(II), atau timbal(IV) karboksilat

Pembuatan senyawa organotimah karboksilat dengan pemutusan ikatan Sn-C dapat lebih mudah terjadi ketika R berupa gugus aril, alil, dan vinil daripada ketika R berupa gugus alkil. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan berikut:

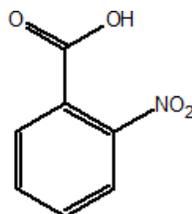


3. Mereaksikan organotimah oksida atau organotimah hidroksida dengan asam karboksilat

Metode sintesis senyawa organotimah karboksilat yang terakhir yaitu dengan mereaksikan organotimah oksida atau organotimah hidroksida dengan asam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, seperti metanol. Lalu, airnya dapat dipisahkan dengan dehidrasi azeotropik dalam pelarut toluena atau benzena. Reaksi yang terjadi ditunjukkan pada persamaan berikut:



Pada penelitian ini, dilakukan sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dengan reaksi yang kedua dan sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat dengan reaksi yang pertama. Asam 2-nitrobenzoat memiliki rumus kimia $C_7H_5NO_4$, memiliki berat molekul sebesar 167.1189 g/mol, titik lebur sebesar 146-148°C, berbentuk bubuk berwarna putih, memiliki stabilitas yang cukup baik, dan kompatibel dengan oksidator kuat (Caslab, 2013). Struktur asam 2-nitrobenzoat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur asam 2-nitrobenzoat

2.4. Aplikasi Organotimah

Senyawa organotimah(IV) menunjukkan aktivitas biologis yang signifikan (Kang *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2009; Alama *et al.*, 2009; Affan *et al.*, 2009). Keaktifan biologis tersebut dipengaruhi oleh jumlah dan sifat dasar gugus organik yang terikat pada pusat atom Sn. Dalam beberapa penelitian, telah didapat manfaat dari senyawa organotimah(IV), antara lain sebagai antibakteri (Maiti *et al.*, 1988; Gleeson *et al.*, 2008), antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011), antikorosi (Hadi *et al.*, 2015), dan antiviral (Singh *et al.*, 2000). Senyawa organotimah(IV) karboksilat dan semua turunannya diketahui memiliki aktivitas penghambatan yang tinggi meskipun pada konsentrasi rendah (Hadi dan Afriyani, 2017).

Senyawa organotin(IV) juga memiliki beberapa aplikasi di bidang industri, antara lain sebagai katalis antioksidan, senyawa *stabilizer* PVC, agen *antifouling* dalam cat (Blunden *and* Hill, 1990), senyawa penstabil untuk parfum, serta berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi (Pellerito *and* Nagy, 2002). Senyawa organotin juga bermanfaat sebagai katalis bersifat homogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan dan untuk sintesis poliester (Cotton dan Wilkinson, 1989).

2.5. Analisis Senyawa Organotin

Pada penelitian ini, dilakukan uji kualitatif pada senyawa hasil sintesis menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektroskopi ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR, dan analisis unsur C dan H menggunakan *microelemental analyzer*.

2.5.1. Analisis dengan Spektrofotometer *UV-Vis*

Senyawa yang dianalisis dengan spektrofotometer *UV-Vis* akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat dari penyerapan radiasi sinar *UV* dan sinar tampak oleh senyawa yang dianalisis. Transisi elektronik tersebut umumnya terjadi antara orbital ikatan atau PEB dengan orbital antiikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital yang bersangkutan. Agar elektron dalam ikatan σ (sigma) tereksitasi, maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm. Daerah ini dikenal sebagai daerah *UV* hampa, karena pada saat pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sulit dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur.

Serapan di atas 200 nm merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan π terutama sistem π terkonjugasi, sehingga pengukurannya cenderung lebih mudah dan

spektrumnya memberikan banyak keterangan. Spektrofotometer *UV-Vis* dapat mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik dalam suatu molekul. Spektrofotometer *UV-Vis* juga dapat secara umum membedakan antara diena terkonjugasi dari diena tak terkonjugasi, diena terkonjugasi dari triena, dan sebagainya. Letak serapan dapat dipengaruhi oleh substituen, terutama substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1985).

Pada spektrofotometri *UV-Vis*, spektrum *UV* memiliki rentang panjang gelombang antara 190-400 nm. Sedangkan, spektrum *visible* memiliki rentang panjang gelombang antara 400-800 nm. Informasi yang didapat dari spektrofotometri ini yaitu adanya ikatan rangkap atau terkonjugasi dan kromofor yang terikat pada auksokrom. Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah *UV-Vis* karena mengandung elektron yang dapat tereksitasi dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Day dan Underwood, 1998).

Kekuatan elektron yang terikat pada molekul akan menentukan panjang gelombang dan energi absorpsi yang terjadi. Elektron yang terikat dengan kuat memerlukan radiasi berenergi tinggi atau panjang gelombang yang lebih pendek untuk eksitasinya. Hal tersebut berarti suatu elektron dalam orbital *bonding* yang memiliki energi lebih rendah akan tereksitasi ke orbital *antibonding* yang memiliki energi lebih tinggi. Identifikasi kualitatif suatu senyawa organik dalam daerah *UV-Vis* jauh lebih terbatas daripada dalam daerah IR, hal ini karena daerah serapan *UV-Vis* terlalu lebar dan kurang terperinci. Oleh karena itu, perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut menggunakan spektrofotometri IR dan NMR (Day dan Underwood, 1998).

2.5.2. Analisis dengan Spektrofotometer *Infra Red* (IR)

Spektroskopi IR dapat mengukur daerah serapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang. Radiasi IR dengan intensitas dan rentang panjang gelombang tertentu dilewatkan terhadap sampel, lalu molekul-molekul senyawa pada sampel akan menyerap seluruh atau sebagian radiasi tersebut (Hardjono, 1992). Penyerapan itu berhubungan dengan adanya perubahan momen dari ikatan kovalen pada saat terjadi vibrasi. Setelah radiasi diserap, selanjutnya radiasi tersebut akan diteruskan. Lalu detektor akan menangkap radiasi yang diteruskan dan mengukur intensitasnya yang kemudian ditampilkan sebagai grafik intensitas radiasi versus panjang gelombang, yang biasa disebut spektra (Supriyanto, 1999).

Intensitas serapan IR dipengaruhi oleh perubahan momen dipol selama vibrasi yang menyebabkan molekul menyerap radiasi inframerah. Setiap tipe ikatan yang berbeda memiliki sifat frekuensi vibrasi yang berbeda, dan tipe ikatan yang sama dalam dua senyawa berbeda akan terletak dalam lingkungan yang sedikit berbeda pula. Oleh karena itu, tidak ada dua molekul dengan struktur berbeda yang akan memiliki bentuk spektrum IR yang tepat sama (Sastrohamidjojo, 1988).

Secara umum, spektrum serapan IR dibagi menjadi tiga daerah, yaitu:

1. IR dekat, dengan bilangan gelombang antara 14.300 sampai 4.000 cm^{-1} . Terjadi fenomena adsorpsi *overtone* C-H.
2. IR sedang, dengan bilangan gelombang antara 4.000 sampai 650 cm^{-1} . Terjadi fenomena rotasi dan vibrasi.
3. IR jauh, dengan bilangan gelombang antara 650 sampai 200 cm^{-1} . Terjadi fenomena penyerapan sinar inframerah oleh ligan atau spesi lainnya yang memiliki energi rendah.

Daerah yang perlu diperhatikan dalam spektrum ialah munculnya puncak karbonil dari senyawa akhir yang menandakan telah terjadi reaksi dari senyawa awal dengan

ligan asam karboksilat. Dalam analisis senyawa organotin karboksilat menggunakan spektroskopi IR, dapat diperhatikan adanya vibrasi ulur Sn-O pada bilangan gelombang 500-400 cm^{-1} dan Sn-C pada bilangan gelombang Sn-C pada bilangan gelombang 500-600 cm^{-1} (Sudjadi,1985). Beberapa serapan gelombang IR untuk gugus fungsi pada senyawa organotin karboksilat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Serapan karakteristik IR untuk senyawa 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 |
| 6. | -NO ₂ ulur | 1560-1515; 1385-1345 |

(Bonire *et al.*, 1998).

2.5.3. Analisis dengan Spektroskopi ¹³C-NMR dan ¹H-NMR

Spektroskopi NMR dapat memberi informasi mengenai sifat, jumlah, dan lingkungan atom hidrogen pada suatu molekul. Jumlah sinyal pada spektrum NMR menunjukkan seberapa banyak proton-proton ekuivalen yang terkandung dalam suatu molekul. Munculnya gugus tertentu akan memberi pergeseran yang khas, misalnya adanya gugus karbonil, fenil, dan benzoat pada kompleks Sn merupakan target karakterisasi analisis ¹³C-NMR dan ¹H-NMR (Kristianingrum, 2012). Oleh karena itu, pada penelitian ini akan digunakan spektroskopi ¹³C-NMR dan ¹H-NMR. Dari spektrum ¹³C-NMR, dapat diketahui keadaan lingkungan atom C tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, atau kuartener. Dari spektrum ¹H-NMR, dapat

diketahui jumlah atom H pada atom C tetangga dan adanya beberapa jenis lingkungan H dalam molekul (Sudjadi, 1985).

Konsep dasar spektroskopi NMR adalah adanya fenomena dari inti atom yang mempunyai medan magnet. Tidak semua inti atom dalam suatu molekul akan beresonansi pada frekuensi yang sama, karena inti atom dikelilingi oleh elektron dan ada perbedaan lingkungan elektronik antara satu inti atom dengan inti atom lainnya. Perputaran elektron-elektron valensi dari inti dapat menghasilkan medan magnet yang melawan medan magnet yang digunakan tergantung pada kerapatan elektron yang mengelilingi inti. Semakin besar kerapatan elektron yang mengelilingi maka semakin besar medan magnet yang dihasilkan untuk melawan medan magnet yang digunakan. Sehingga inti akan beresonansi pada frekuensi lebih rendah karena inti merasakan medan magnet yang mengenainya menjadi lebih kecil (Kealey *and* Haines, 2002).

Letak resonansi suatu proton pada spektrum diukur secara relatif terhadap letak resonansi suatu proton dari senyawa standar (senyawa tetrametilsilan atau TMS). Perbedaan letak resonansi suatu proton tertentu dengan letak resonansi suatu proton senyawa baku disebut pergeseran kimia. Beberapa faktor yang mempengaruhi pergeseran kimia yaitu faktor intramolekuler seperti suhu, konsentrasi, ikatan hidrogen, dan pelarut. Pelarut yang ideal yaitu yang tidak mengandung proton dalam strukturnya, memiliki titik didih rendah, tidak polar, bersifat inert, dan tidak mahal (Sudjadi, 1985). Nilai pergeseran kimia memiliki satuan ppm. Nilai pergeseran kimia dari beberapa jenis senyawa dengan tetrametilsilan (TMS) sebagai titik nol-nya ditunjukkan 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. | Alkana Termonosubstitusi | 2-5 | 25-65 |
| 3. | Alkana Terdisubstitusi | 3-7 | 20-75 |
| 4. | R-CH ₂ -NR ₂ | 2-3 | 42-70 |
| 5. | R-CH ₂ -SR | 2-3 | 20-40 |
| 6. | R-CH ₂ -PR ₃ | 2,2-3,2 | 50-75 |
| 7. | R-CH ₂ -OH | 3,5-4,5 | 50-75 |
| 8. | R-CH ₂ -NO ₂ | 4-4,6 | 70-85 |
| 9. | Alkena | 4,5-7,5 | 100-150 |
| 10. | Aromatik | 6-9 | 110-145 |
| 11. | Benzilik | 2,2-2,8 | 18-30 |
| 12. | Asam | 10-13 | 160-180 |
| 13. | Ester | - | 160-175 |
| 14. | Hidroksil | 4-6 | - |

(Settle, 1997).

2.5.4. Analisis dengan *Microelemental Analyzer*

Mikroanalisis adalah analisis yang dilakukan untuk menentukan kandungan unsur penyusun suatu sampel senyawa dengan membandingkan data hasil perhitungan secara teori dengan data kadar unsur yang dihasilkan oleh alat. Alat yang digunakan dalam mikroanalisis ini yaitu CHNS *microelemental analyzer*. Unsur-unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), nitrogen (N), hidrogen (H), dan sulfur (S). Senyawa dikatakan murni jika perbedaan hasil yang diperoleh antara data mikroanalisis dengan perhitungan teoritis berkisar antara 1-2% (Caprette, 2007).

Prinsip dasar dari alat *microelemental analyzer* ini adalah *combustion analyzer*. Sampel dibakar dengan bantuan oksigen pada suhu tinggi, menghasilkan gas-gas yang kemudian dimurnikan, lalu dipisah berdasarkan komponen masing-masing dan dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, berat suatu sampel yang diketahui jenisnya dapat diperkirakan dengan menghitung berat masing-masing unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi (Caprette, 2007).

2.6. Bakteri

Bakteri adalah organisme hidup bersel tunggal yang berukuran sangat kecil yang memiliki RNA dan DNA, serta tidak memiliki klorofil. Bakteri dapat berkembang biak, tumbuh, dan melakukan metabolisme. Bakteri memiliki lapisan terluar yang terdiri dari dua komponen, yaitu dinding sel kaku yang tersusun dari peptidoglikan dan membran plasma atau membran sitoplasma. Di dalamnya terdapat sitoplasma, seperti ribosom, mesosom, vakuola, granula, dan inti sel. Sel bakteri diliputi oleh lapisan berupa gel yang mudah lepas atau tersusun sebagai suatu simpai. Beberapa bakteri juga memiliki struktur tumbuhan lain seperti filamen yang menonjol keluar dari permukaan sel, yaitu flagela yang berfungsi sebagai alat penggerak dan *fimbria* yang berfungsi sebagai alat untuk melekatkan diri (Gupte, 1990).

Berdasarkan hubungannya dengan manusia, bakteri digolongkan menjadi tiga, yaitu golongan bakteri simbiosis, komensal, dan oportunistik. Bakteri simbiosis adalah bakteri yang saling menguntungkan terhadap manusia. Bakteri komensal adalah bakteri yang tidak membahayakan dan merupakan flora normal manusia. Bakteri oportunistik adalah bakteri yang membahayakan kehidupan manusia. Tetapi harus dipahami bahwa pada keadaan tertentu simbiosis dapat menjadi oportunistik hingga kemudian menjadi patogen sehingga dapat menyebabkan berbagai penyakit.

Berdasarkan bentuknya, bakteri dapat dibagi menjadi tiga, yaitu bentuk bulat (*coccus*) misalnya *Staphylococcus* dan *Streptococcus*, bentuk batang misalnya *E.coli* dan *Pseudomonas*, serta bentuk spiral atau lengkung misalnya *Vibrio sp.* (Sukidjo, 2002). Berdasarkan sifat Gramnya, bakteri dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Bakteri Gram Positif

Perbedaan bakteri Gram positif dan negatif didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel dan dapat dinyatakan oleh prosedur pewarnaan Gram yang merupakan prosedur penting dalam klasifikasi bakteri (Brooks *et al.*, 2013).

Bakteri Gram positif adalah bakteri yang mempunyai lapisan peptidoglikan yang tebal. Bakteri Gram positif akan berwarna ungu jika dilihat menggunakan mikroskop karena bakteri ini dapat mempertahankan zat warna kristal *violet* saat pewarnaan Gram.

Bakteri Gram positif berbentuk seperti batang atau filamen. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel homogen yang ketebalannya 20-80 nm. Bakteri ini tersusun dari gabungan senyawa peptidoglikan yang membentuk struktur tebal dan kaku. Sistem reproduksi bakteri ini yaitu melalui pembelahan secara biner. Alat gerak bakteri ini berupa flagela nonmotil, tetapi jika tidak memiliki flagela maka menggunakan petritrikus. Contoh bakteri Gram positif diantaranya yaitu *Lactobacillus*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Eubacterium*, *Arachnia*, *Actinomyces*, *Propionibacterium*, dan *Bifidobacterium* (Wheelis, 2007).

2. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif adalah bakteri yang memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis yang terletak di dalam ruang periplasma, yaitu ruang berisi cairan yang terletak di antara membran luar dan membran plasma. Dinding sel bakteri Gram negatif ini lebih rentan mengalami kerusakan mekanis karena jumlahnya lebih rendah dari peptidoglikan (Wheelis, 2007). Bagian dinding sel bakteri Gram negatif dapat menyerap zat warna merah karena tidak dapat mempertahankan

warna kristal *violet* pada dinding selnya saat dilakukan pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram sangat penting untuk mengetahui identifikasi dan klasifikasi bakteri (Radji, 2011).

Bakteri Gram negatif memiliki sifat patogen sehingga lebih berbahaya dibanding bakteri Gram positif. Hal tersebut dikarenakan membran luar di bagian dinding sel dapat melindungi bakteri tersebut sehingga dapat menghalangi masuknya zat antibiotik dan sistem dari pertahanan inang. Contoh bakteri Gram negatif di antaranya yaitu *Salmonella sp.*, *Haemophilus influenza*, *Rhizobium leguminosarum*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Azotobacter*, *P. aeruginosa*, dan *Helicobacter pylori* (Wheelis, 2007).

Pada penelitian ini, akan digunakan bakteri *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan bakteri *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

2.6.1. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif berbentuk bulat (*coccus*) yang termasuk dalam famili *Staphylococaceae*. Bakteri ini berdiameter 0,5-1,5 μL , tidak membentuk spora, dan sel-selnya tersusun membentuk pasangan dengan jumlah 4 sel seperti buah anggur. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif. Bakteri *S. aureus* tumbuh dalam kaldu nutrisi pada suhu 37°C dan dapat tumbuh dalam udara yang hanya mengandung hidrogen. Suhu pertumbuhan optimumnya adalah 35°C dan pH pertumbuhan optimumnya adalah 7,4. Bakteri *Staphylococcus* dapat tahan terhadap kondisi kering pada suhu 50°C selama 30 menit (Jawetz *et al.*, 2005).

Bakteri *S. aureus* tumbuh paling cepat pada suhu 37°C tetapi paling baik membentuk pigmen pada temperatur kamar, yaitu sekitar 20-25°C. Sifat pertumbuhannya dapat meragikan banyak karbohidrat secara lambat, dapat menghasilkan asam laktat, tetapi

tidak menghasilkan gas. Bakteri *S. aureus* merupakan salah satu *Staphylococcus* yang memiliki kemampuan besar untuk dapat menimbulkan penyakit. Manusia membawa bakteri *S. aureus* sebanyak 40-50% dalam hidung. Selain itu, bakteri tersebut dapat juga ditemukan pada sprei, baju, dan benda-benda lain di lingkungan sekitar (Jawetz *et al.*, 2005).

Bakteri *S. aureus* dapat menimbulkan penyakit karena kemampuannya untuk menyebar luas dan berkembang biak dalam jaringan tubuh. Selain itu juga karena adanya beberapa zat yang dapat diproduksi, seperti enzim koagulase yang mengaktifkan faktor untuk mereaksi koagulase yang biasanya terdapat dalam plasma, sehingga menyebabkan plasma menggumpal karena perubahan fibrinogen (Volk *and* Wheler, 2003). Bakteri *S. aureus* dapat menyebabkan intoksifikasi dan infeksi, seperti *meningitis*, *pneumonia*, *osteomyelitis*, jerawat, bisul, serta mastitis pada hewan dan manusia (Supardi dan Sukamto, 1999).

2.6.2. Bakteri *Salmonella sp.*

Bakteri *Salmonella sp.* merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang lurus yang termasuk famili *Enterobacteriaceae*. Bakteri ini tidak memiliki spora, bergerak dengan flagel peritrik, serta bersifat aerob dan anaerob fakultatif. Bakteri ini dapat tumbuh cepat dalam media yang sederhana (Jawetz *et al.*, 2005). Suhu pertumbuhan optimumnya adalah 37°C dan pH pertumbuhan optimumnya adalah 6-8. Bakteri *Salmonella sp.* akan mati pada suhu pasteurisasi. Bakteri ini juga akan mati pada proses sterilisasi basah karena sensitif terhadap suhu tinggi, tidak tahan pada suhu lebih dari 70°C. Bakteri ini sensitif terhadap pH rendah, yaitu sekitar kurang dari pH 4. Tetapi bakteri ini tahan hidup dalam air yang sudah dibekukan dalam waktu lama. Bakteri *Salmonella sp.* rentan terhadap bahan kimia tertentu yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri enterik lain.

Salmonella sp. termasuk bakteri patogenik enterik dan merupakan penyebab utama penyakit yang berasal dari mengkonsumsi minuman dan makanan (*foodborne disease*) yang tercemar. Habitat bakteri ini adalah di dalam alat pencernaan manusia dan hewan. Bakteri *Salmonella* yang sering menjadi penyebab penyakit pada manusia yaitu *S. typhi*, *S. paratyphi A*, *S. paratyphi B*, *S. paratyphi C*, dan *S. choleraesuis* (Kuswiyanto, 2017). Bakteri *Salmonella* yang berhasil masuk ke dalam tubuh manusia akan berkembang biak di dalam saluran pencernaan dan menyebabkan radang usus. Radang usus terjadi karena poliferasi bakteri *Salmonella sp.* sehingga menyebabkan diare. Bakteri *Salmonella sp.* yang telah berhasil menginfeksi dapat menghasilkan racun *cytotoxin* dan *enterotoxin* (Pertiwi *et al.*, 2019).

Saat ada bakteri yang masuk ke dalam saluran pencernaan manusia, sebagian mati oleh asam lambung dan sebagian berhasil masuk ke usus halus. Setelah berhasil masuk ke usus halus, bakteri tersebut melakukan penyerangan melalui sistem limfa ke limfa sehingga menyebabkan pembengkakan pada urat. Setelah satu periode, bakteri akan menyerang aliran darah. Aliran darah yang membawa bakteri tersebut akan menyerang hati, empedu, ginjal, dan sumsum tulang. Bakteri kemudian berkembang biak dan menginfeksi organ-organ tersebut. Bakteri akan terus menyerang aliran darah melalui organ-organ yang telah terinfeksi dan menyebabkan bakteremia sekunder yang menyebabkan terjadinya demam dan penyakit klinis lainnya (Widodo, 2009). Urin dan feses penderita bisa mengandung bakteri *S. typhi*, *S. paratyphi A*, *S. paratyphi B*, dan *S. paratyphi C*. Pada para penderita *carrier*, bakteri *Salmonella sp.* ini dapat terus ada di urin dan feses hingga bertahun-tahun.

2.7. Disinfektan

Disinfektan adalah bahan kimia yang digunakan untuk menghambat atau membunuh mikroorganisme pada permukaan benda mati. Disinfektan tidak digunakan langsung pada kulit karena dapat menyebabkan iritasi pada kulit. Disinfektan dapat membunuh

bakteri karena disinfektan dapat mengganggu metabolisme dan pertumbuhan bakteri, sehingga dapat menghambat pertumbuhan bahkan membunuh bakteri. Disinfektan yang ideal akan bekerja cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada temperatur ruang, memiliki spektrum yang luas, serta aktivasinya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, suhu, pH, dan kelembapan (Shaffer, 2013).

Ada beberapa jenis disinfektan, yaitu sebagai berikut:

1. Grup alkohol

Alkohol yang biasa digunakan dalam disinfektan yaitu metanol, etanol, dan isopropanol. Alkohol isopropil paling banyak digunakan karena semakin tinggi berat molekulnya maka semakin meningkat daya disinfektannya. Alkohol yang paling banyak digunakan dalam praktik adalah alkohol 70-80% dalam air. Konsentrasi di bawah 50% atau di atas 90% biasanya kurang efektif, kecuali isopropil alkohol yang dapat tetap efektif hingga konsentrasi 99%. Etanol dengan konsentrasi minimal 60% diketahui dapat melarutkan bagian lipid dari dinding virus, sehingga virus akan rusak.

2. Grup fenol

Contoh grup fenol yang biasa digunakan adalah kreosol, lisol, dan fenol semi sintetis. Kreosol dengan konsentrasi 2% dan lisol dengan konsentrasi 1%. Kelebihannya ialah aktivitasnya tidak akan hilang oleh bahan organik, air sadah, maupun sabun, serta tidak meninggalkan efek residu ketika telah mengering. Tetapi kreosol juga memiliki kelemahan, yaitu harus digunakan dalam air lunak.

3. Aldehida

Contoh aldehida yang biasa digunakan ialah formaldehida (CH_2O). Cara kerjanya yaitu membunuh sel mikroorganisme dengan mendenaturasikan protein. Larutan formaldehid dengan konsentrasi 20% dalam alkohol 65-70% dan dengan alat-alat yang direndam selama 18 jam merupakan cairan pensteril yang sangat baik. Tetapi, alat-alat harus dibilas sebelum dipakai karena meninggalkan residu.

4. Senyawa kompleks

Belum banyak diketahui contoh senyawa kompleks yang digunakan dalam disinfektan. Namun, salah satu senyawa turunan organotimah dapat berfungsi sebagai disinfektan. Senyawa tersebut adalah senyawa turunan tributiltimah. Senyawa tributiltimah oksida dan tributiltimah benzoat sudah pernah digunakan sebagai disinfektan tetapi penggunaannya dihentikan karena bersifat *toxic* pada makhluk hidup non-parasit, serta dapat mengakibatkan hewan menjadi hermaphrodit. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai senyawa turunan organotimah yang dapat digunakan sebagai disinfektan namun tidak bersifat *toxic* pada makhluk hidup non-parasit (Craig, 2003).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2021 sampai Mei 2022. Sintesis senyawa uji dan analisis senyawa menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan spektrofotometer IR dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Universitas Lampung. Analisis unsur menggunakan *microelemental analyzer* dan analisis senyawa menggunakan spektrometer NMR dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia*. Pengujian aktivitas sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, neraca analitik, *hot plate stirrer*, termometer, satu set alat refluks, desikator, oven, *Laminar Air Flow*, mikropipet, jarum ose bulat, 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 adalah senyawa difeniltimah(IV) oksida, trifeniltimah(IV) hidroksida, asam 2-nitrobenzoat, metanol *p.a.*, akuades, dimetil sulfoksida, *Nutrient Broth*, *Nutrient Agar*, Wipol, bakteri *Salmonella sp.*, dan bakteri *S. aureus*.

3.3. Prosedur Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat, karakterisasi senyawa hasil sintesis, serta uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan. Adapun prosedur yang dilakukan dalam masing-masing tahapan adalah sebagai berikut.

3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat

Prosedur sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat pada penelitian ini diadaptasi dari prosedur yang telah dilakukan oleh Szorcik *et al.* (2002). Adapun prosedur sintesis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

3.3.1.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat

Sebanyak 0,9549 gram senyawa difeniltimah(IV) oksida $[(C_6H_5)_2SnO]$ direaksikan dengan 1,1046 gram asam 2-nitrobenzoat $[(C_6H_4(COOH)NO_2)]$ dengan perbandingan mol 1:2 dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanas pada suhu 60-62°C. Setelah reaksi sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh padatan kering.

Padatan hasil senyawa yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrometer NMR, analisis mikroelementer, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.1.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat

Sebanyak 1,4223 gram senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida [(C₆H₅)₃SnOH] direaksikan dengan 0,6476 gram asam-2-nitrobenzoat [(C₆H₄(COOH)NO₂] dengan perbandingan mol 1:1 dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanas pada suhu 60-62°C. Setelah reaksi sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh padatan kering.

Padatan hasil senyawa yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrometer NMR, analisis mikroelementer, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.2. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan

Uji disinfektan dari senyawa hasil sintesis dilakukan dengan metode dilusi cair. Metode ini menguji daya suatu senyawa untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri. Uji disinfektan ini dilakukan dalam kondisi aseptis di dalam *Laminar Air Flow* untuk menghindari kontaminasi dari bakteri lain. Adapun prosedur pengujian senyawa sebagai disinfektan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

3.3.2.1. 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.

3.3.2.2. Peremajaan Bakteri

3.3.2.2.1. 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 24-48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.2.2.2. 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 24-48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.2.3. Pembuatan Larutan Bakteri

3.3.2.3.1. Pembuatan Larutan Bakteri *Salmonella sp.*

Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella sp.* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 300 mL media *Nutrient Broth* steril. Media berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *Optical Density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis* (Warokka dkk, 2016).

3.3.2.3.2. Pembuatan Larutan Bakteri *S. aureus*

Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *S. aureus* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 300 mL media *Nutrient Broth* steril. Media berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *Optical Density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis* (Warokka dkk, 2016).

3.3.2.4. Pembuatan Larutan Disinfektan

3.3.2.4.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat

Larutan stok disinfektan difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0605 gram padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol +

DMSO 5% hingga 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.2.4.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0516 gram padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5% hingga 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.2.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan terhadap Bakteri

3.3.2.5.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.2.5.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-

masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.2.5.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.2.5.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.3. Uji Bioaktivitas Pelarut dan Kontrol Positif terhadap Bakteri

3.3.3.1. Uji Bioaktivitas Pelarut terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan metanol + DMSO 5% dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda, selanjutnya ditambahkan 500 µL larutan bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.3.2. Uji Bioaktivitas Pelarut terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan metanol + DMSO 5% dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda, selanjutnya ditambahkan 500 µL larutan bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

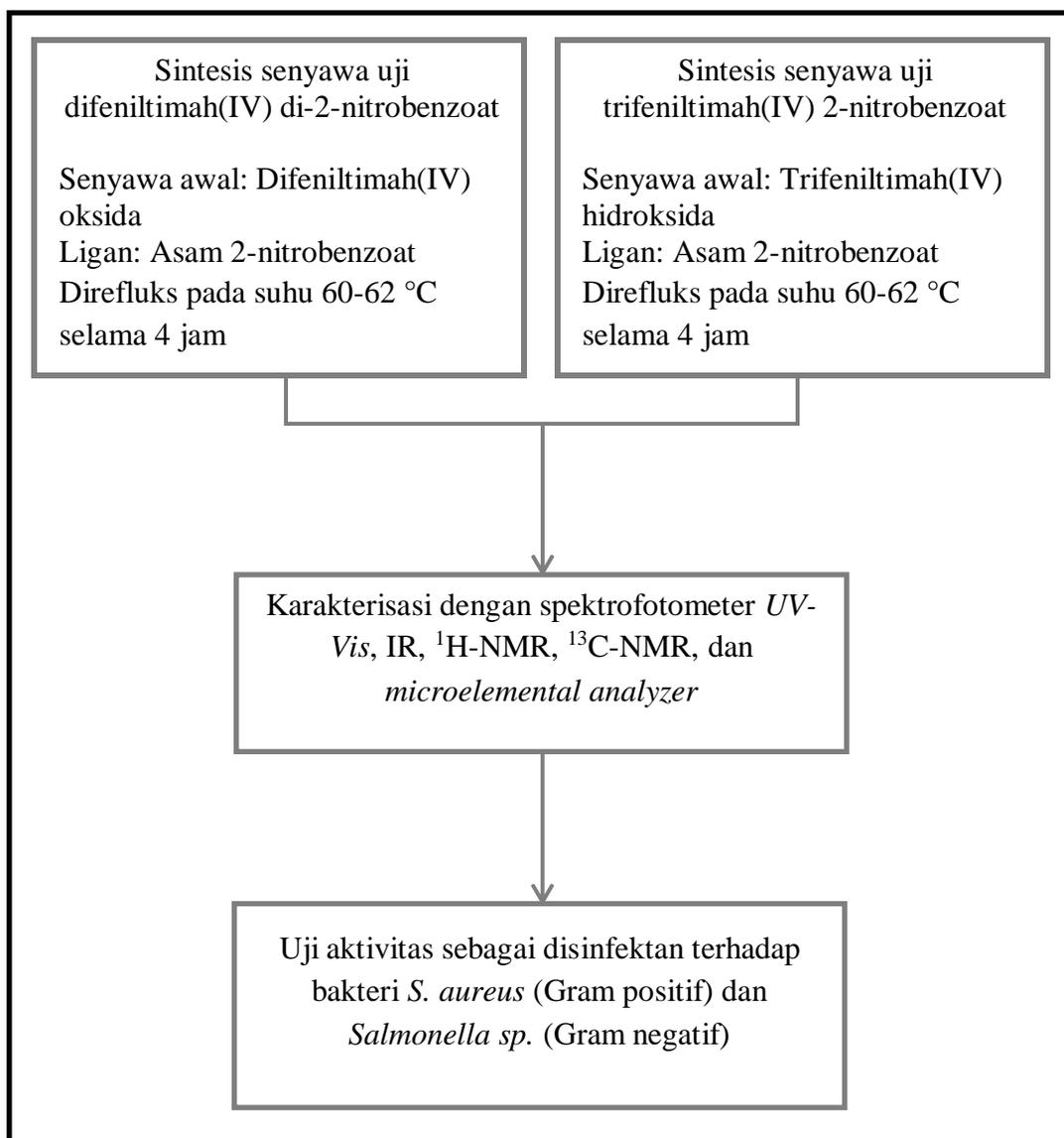
3.3.3.3. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan Wipol dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda, selanjutnya ditambahkan 500 µL larutan bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.3.4. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan Wipol dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda, selanjutnya ditambahkan 500 µL larutan bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

Jika nilai absorbansi setelah penambahan larutan disinfektan bertambah, maka hal tersebut menunjukkan adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup. Sedangkan, jika nilai absorbansinya konstan atau berkurang, maka hal tersebut menunjukkan tidak ada pertumbuhan sel bakteri yang hidup (Astutiningsih dkk., 2014). Secara keseluruhan, prosedur penelitian ini terangkum dalam diagram alir yang ditunjukkan oleh 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 difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat berupa padatan berwarna putih dengan rendemen masing-masing sebesar 89,68 dan 95,71%.
2. Senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat telah dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer IR, *UV-Vis*, $^1\text{H-NMR}$ 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 bahwa senyawa difeniltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 2-nitrobenzoat bersifat aktif sebagai disinfektan dengan konsentrasi terbaik yaitu konsentrasi 5×10^{-4} M dan waktu kontak paling efektif yaitu 30 menit.

5.2. Saran

Dari pembahasan yang telah dijelaskan, didapatkan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan uji disinfektan terhadap senyawa awal yaitu difeniltimah(IV) oksida, trifeniltimah(IV) hidroksida, serta asam-2-nitrobenzoat kemudian dibandingkan dengan hasil uji disinfektan senyawa hasil sintesis.

DAFTAR PUSTAKA

- Affan, A., Foo, S. W., Jusoh, I., and Hanapi, S. 2009. Synthesis, characterization and biological studies of organotin(IV) complexes with hydrazone ligand. *Inorg. Chim. Acta.* **362** (14): 5031-5037
- Ahmed, S., Ali, F., Ahmed, M. H., Bhatti, A., Badshah, M., Mazhar, and Khan, K. M. 2002. Synthesis, spectroscopic characterization, and biological applications of organotin(IV) derivatives of 2-(n-maleoyl)-3- phenylpropanoic acid. *Syn. Reactiv. Inorg. Met.Org. Chem.* **32** (8): 1521- 1536.
- Ajizah, A., Thihana, dan Mirhanuddin. 2007. Potensi Ekstrak Kayu Ulin (*Euksideroxylon zwageri*) dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* secara in Vitro. *Bioscientiae.* **4** (1): 37-42.
- Alama, A., Tasso, B., Novelli, F., and Sparatore, F. 2009. Organometallic compounds in oncologi: implications of novel organotins as antitumor agents. *Drug Discov. Today.* **14**: 500-508.
- Amala, S., and Ejikema, I. 2015. Bacteria Associated with the Mobile Phones of Medical Personel. *Am. J. Biomed Sci.* **7**: 26-32.
- Andrews, J. M. 2001. Determination of minimum inhibitory concentration. *J. Antimicrob. Chem.* **48**: 5-16
- Annisa, Hadi, S., Suhartati, T., and Yandri. 2017. Antibacterial activity of diphenyltin(IV) and triphenyltin(IV) 3-chlorobenzoate against. *Pseudomonas aeruginosa and Bacillus subtilis.* *Orient. J. Chem.* **33** (3): 1133-1139.
- Astutiningsih, C., Setyaning, W., dan Hindratna, H. 2014. Uji daya antibakteri dan identifikasi isolat senyawa katekin dari daun teh (*Camellia Sinensisl. Var Assamica*). *J. Farm. Sains Kom.* **11** (2): 50-57.

- Blunden, S. J. and Hill, R. 1990. Bis(tributyltin) oxide as a wood preservative: Its conversion to tributyltin carboxylates in *Pinus sylvestris*. *Appl. Organomet. Chem.* **4**: 63-68.
- 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., Carroll, K. C., Butel, J., Morse, S., and Meitzner, T. A. 2013. *Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology 26th edition*. Mc Graw-Hill. New York.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides Rice University.
- Caslab. 2013. 2-Nitrobenzoic acid. www.caslab.com_CAS_552-16-9/ diakses pada 25 September 2021.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., and Eaton, A.D. 1998. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. 20th Ed. APHA. Washington DC.
- Cotton, F. A. and Wilkinson G. 2007. *Advance Inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York.
- 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 S. Suharto. UI Press. Jakarta.
- Craig, P. J. 2003. *Organometallic Compounds in The Environment*. Johns Wiley and Sons. England.
- Dainith, J. 1990. *Kamus Lengkap Kimia (Oxford)*. Erlangga. Jakarta

- Dharmojojo. 2001. *Lima belas Penyakit Menular dari Binatang ke Manusia*. Milenia Populer. Jakarta.
- Davies, A. G. 2004. *Organotin Chemistry*. WILEY-VCH Weinheim. Germany.
- Day, R. A. dan Underwood, A. L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. PAU Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gleeson, B., Claffey, J., Ertler, D., Hogan, M., Muller-Bunz, H., Paradisi, F., Wallis, D., and Tacke, M. 2008. Novel organotin antibacterial and anticancer drug. *Polyhedron*. **27**: 3619-3624.
- 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., Irawan, B. and Efri. 2008. The antifungal activity test of some organotin(IV) carboxylate s. *J. Appl. Sci. Res.* **4** (11): 1521-1525
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. In vitro activity and comparative studies of some organotin(IV) benzoate compounds. *Indones. J. Chem.* **12** (1): 172-177.
- 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. Biotech. Env. Sci.* **20** (1): 113-119. (a)
- Hadi, S., Noviany., and Rilyanti, M. 2018. In Vitro Antimalarial Activity Of Some Organotin(IV)2-nitrobenzoate Compounds Against *Plasmodium falciparum*. *Maced. J. Chem. Chem. Eng.* **37** (2). (b)
- Hadi, S., Afriyani, H., Anggraini, W.D., Qudus, H. I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and potency study of some dibutyl(IV) dinitrobenzoate compounds as corrosion inhibitor for mild steel HRP in DMSO-HCl solution. *Asian. J. Chem.* **27** (4): 1509-1512

- Hadi, S., Andani, B., dan Ambarwati, Y. 2020. Uji Antibakteri dan Antimalaria Senyawa Difeniltimah(IV) dan Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat. *Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung*. **1**:113–120. (a)
- Hadi, S., Fenska, M. D., Wijaya, R. A., Noviany., and Suhartati, T. 2020. Antimalarial activity of some organotin(IV) chlorobenzoate compounds against *Plasmodium falciparum*. *Mediterr. J. Chem.* **10** (3): 213-219. (b)
- Hadi, S., dan Afriyani, H. 2017. Studi Perbandingan Sintesis dan Karakterisasi Dua Senyawa Organotin(IV) 3-Hidroksibenzoat. *ALKIMIA : J. Ilmu Kim. Terap.* **1** (1): 26–31
- Hardjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Ibrahim, M. 2007. *Mikrobiologi: Prinsip dan Aplikasi*. Unesa University Press. Surabaya.
- Ingham, R. K., Rosenberg, S. D., and Gilman, H. 1960. Organotin compounds. *Chem. Rev.* **60**: 459-459.
- Jawetz, E., Melnick, L.J., dan Adelberg, A.E. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A. E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3*. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Kang, W., Wu, X., and Huang, J. 2009. Synthesis, crystal structure and biological activities of four novel tetranuclear di-organotin(IV) carboxylates. *J. Organo.Chem.* **694**: 2402-2408.
- Kealey, D. and Haines, P.J. 2002. *Analytical Chemistry*. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers Ltd.
- Kristianingrum, S. 2012. *Spektroskopi Resonansi Magnetik Inti (NMR)*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kuswiyanto, 2017. *Bakteriologi Buku Ajar Analisis Kesehatan*. Jakarta

- Maiti, A., Guha, A. K., and Ghosh, S. 1988. Ligational behavior of two biologically actives N-S donors toward oxovanadium(IV) ion and potentiation of their antibacterial activities by chelation to. *J. Inorg. Biochem.* **33**: 57-65.
- Mohan, M., Agarwal, A. and Jha, N. K. 1988. Synthesis, characterization, and antitumor properties of some metal complexes of 2,6-diacetylpyridinebis (N4-azacyclic thiosemicarbazones). *J. Inorg. Biochem.* **34**: 41-54.
- 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**: 111-150.
- Pelczar, M. J. and 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. 2019. Identifikasi Bakteri *Salmonella sp.* dan *Escherichia coli* pada Bakso yang Dijual di Alun-Alun Kota Jombang. *J. Insan Cendekia.* **6** (1): 18-22.
- Petrucci, R. H. 1999. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Plata, K., Adriana, E.R., and Wegrzyn, G. 2009. *Staphylococcus aureus* as an infection agent: overview of biochemistry and molecular genetics of its pathogenicity. *Acta. Biochim. Pol.* **56** (4): 597-612.
- Potter, P. dan Perry, A.G. 2005. *Buku Ajar Fundamental Keperawatan: Konsep, Proses dan Praktek Edisi ke-4*. EGC. Jakarta.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi*. 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**: 302-308

- Sadiq, U. R., Shahid, K., Ali, S., Bhatti, M. H. and Parvez, M. 2013. Synthesis spectroscopic characterization and X-ray crystal analysis of organotin (IV) compounds of biological importance. *J. Organomet. Chem.* **690**: 1396–1408.
- Sastrohamidjojo, H. 1988. *Spektroskopi Inframerah*. UGM. Yogyakarta.
- 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*. Arbor: University of Michigan. School of Public health. hal. 354, 357.
- Singh, N. K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. In vitro and in vivo antitumor studies of a newthiosemicarbazide derivative and its complexes with 3d-metal ions, Transit. *Metal Chem.* **25**: 133-140.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Sukidjo, N. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Supardi, I., dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi Dalam Pengolahan Dan Keamanan Pangan*. Penerbit Alumni Bandung. Bandung.
- Supriyanto, R. 1999. *Buku Ajar Kimia Analitik III*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Szorcsik, A., Nagy, L., Gadjá-Schrantz, L., Pallerito, E., and Edelmann, E. T. 2002. Structural Studies on Organotin(IV) Complexes Formed with Ligands Containing {S, N, O} Donor Atoms. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **252** (6): 523 – 530.
- Tayer, J. 1988. *Organometallic Chemistry and Overview*. VCH Publisher Inc. United State. Page 7, 12, 14
- Tranggono, R.I., dan Latifah, F. 2007. *Buku Pegangan Ilmu Pengetahuan Kosmetik*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. **167**: 90-93.
- UNICEF. 2012. *Ringkasan Kajian Kesehatan Ibu dan Anak*. UNICEF Indonesia. Jakarta.

- Van Der Weij, F.W. 1981. Kinetics and mechanism of urethane formation catalysed by organotin compound. *J. Polym. Sci: Polym. Chem. Ed.* **19** (2): 381-388.
- Volk, W. A and Wheeler, M. F. 1993. *Mikrobiologi Dasar. Edisi Kelima. Jilid 1.* Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Warokka, K.E., Wuisan, J., dan Juliarti. 2016. Uji Konsentrasi hambat minimum (KHM) ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia Steenis*) sebagai antibakteri terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. *Jurnal e-GiGi (eG)*. **4** (2) : 155-159.
- West, A. M., Teska, P. J., Lineback, C. B., and Oliver, H. F. 2018. Strain, disinfectant, concentration, and contact time quantitatively impact disinfectant efficacy. *J. Antimicrob. Resist. Infect. Cont.* **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. USA.
- Widodo, D. 2009. *Demam Tifoid: Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam, Jilid III, Edisi V.* Perhimpunan Dokter Spesialis Penyakit Dalam. Jakarta
- Wilkinson, G. 1982. *Comprehensive Organometallic Chemistry.* International Tin Research Institute. Publication No.618. Pergamon Press. Oxford.
- Wu, X., Kang, W., Zhu, D., Zhu, C., and Liu, S. 2009. Synthesis, crystal structure and biological activities of two novel organotin(IV) complexes constructed from 12-(methylbenzoyl)-9,10-dihydro-9,10-ethanoanthracene-11-carboxylic acid. *J. Organo. Chem.* **694**: 2981-2986.