

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIFENILTIMAH(IV) DIBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV)
BENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

ALFONSA MAURENA WIDHIA CHARITA SANTI



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

ABSTRAK

SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DIBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV) BENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

ALFONSA MAURENA WIDHIA CHARITA SANTI

Senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat telah berhasil disintesis melalui reaksi antara senyawa difeniltimah(IV) oksida dan trifeniltimah(IV) hidroksida masing-masing dengan ligan asam benzoat. Rendemen yang diperoleh untuk senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat masing-masing sebesar 91,04% dan 81,38%. Senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat telah berhasil disintesis yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR, UV-Vis, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, dan *Microelemental Analyzer*. Aktivitas biologis senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan telah diuji terhadap bakteri Gram negatif *Salmonella* sp. dan bakteri Gram positif *Staphylococcus aureus*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua senyawa hasil sintesis aktif sebagai disinfektan dengan nilai konsentrasi hambat minimum $0,5 \times 10^{-3}$ M. Senyawa trifeniltimah(IV) benzoat diketahui paling aktif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* pada waktu kontak 5 menit dengan konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$ M.

Kata kunci: Sintesis organotimah, organotimah(IV) karboksilat, uji disinfektan, *Salmonella* sp., *S. aureus*.

ABSTRACT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND BIOACTIVITY TEST OF DIPHENYLTIN(IV) DIBENZOATE AND TRIPHENYLTIN(IV) BENZOATE COMPOUNDS AS DISINFECTANT

By

ALFONSA MAURENA WIDHIA CHARITA SANTI

Diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate have been successfully synthesized by the reaction between diphenyltin(IV) oxide and triphenyltin(IV) hydroxide with benzoic acid ligands. The yields obtained for diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate were 91.04% and 81.38%. Diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate compounds have been successfully synthesized as evidenced by the results of the characterization using FTIR spectrophotometer, UV-Vis, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, and Microelemental Analyzer. The biological activity of the synthesized compound as a disinfectant has been tested against the Gram-negative bacteria *Salmonella* sp. and the Gram positive *Staphylococcus aureus*. The results showed that the two synthesized compounds were active as disinfectants with a minimum inhibitory concentration value of $0,5 \times 10^{-3}$ M. The triphenyltin(IV) benzoate compound was found to be the most active in inhibiting the growth of *S. aureus* bacteria at 5 minutes contact time with a concentration of $0,5 \times 10^{-3}$ M

Keywords: Synthesis of organotin, organotin(IV) carboxylate, disinfectant test, *Salmonella* sp., *S. aureus*.

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIFENILTIMAH(IV) DIBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV)
BENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

ALFONSA MAURENA WIDHIA CHARITA SANTI

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 Skripsi : **SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI
BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIFENILTIMAH(IV) DIBENZOAT DAN
TRIFENILTIMAH(IV) BENZOAT SEBAGAI
DISINFECTAN**

Nama Mahasiswa : *Alfonsa Maurena Widhia Charita Santi*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011072

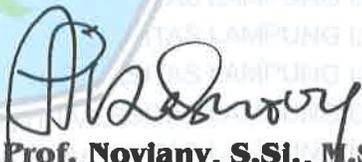
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing


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


Prof. Novlany, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 197311191998022001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA


Mulyono, Ph.D.
NIP 197406112000031002

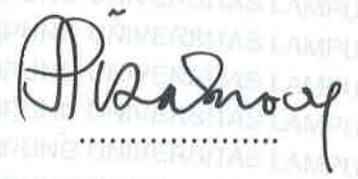
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

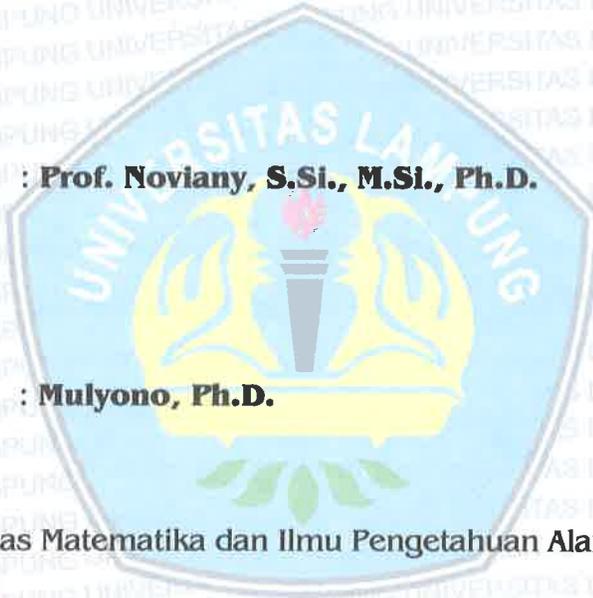
Ketua : Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.



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



Anggota : Mulyono, Ph.D.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 12 Juni 2023

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfonsa Maurena Widhia Charita Santi
Nomor pokok Mahasiswa : 1917011072
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

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

Bandar Lampung, 15 Juni 2023
Menyatakan



Alfonsa Maurena Widhia Charita Santi
1917011072

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Alfonsa Maurena Widhia Charita Santi, dilahirkan di Pringsewu pada 1 Juli 2001 sebagai anak pertama dari pasangan Bowo Nugroho Widhi dan Mistri Susparni dengan adik laki-laki bernama Fritz Denis Setyoaji Nugroho.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Fransiskus Tanjungkarang pada tahun 2007, Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Beringin Raya pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama di SMP Xaverius Pringsewu pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK-SMTI Bandar Lampung pada tahun 2019.

Penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten matakuliah Praktikum Kimia Anorganik I pada tahun 2023 dan aktif mengikuti organisasi sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia pada tahun 2020, serta sebagai Bendahara Departemen Hubungan Luar dan Pengabdian Masyarakat Unit Kegiatan Mahasiswa Penelitian Universitas Lampung tahun 2021.

Penulis melaksanakan program Karya Wisata Ilmiah yang diadakan oleh BEM FMIPA Unila tahun 2019 dan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Ketapang, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu kepada masyarakat.

MOTTO

“Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur. Damai sejahtera Allah, yang melampaui segala akal, akan memelihara hati dan pikiranmu dalam Kristus Yesus”

(Filipi 4:6-7)

“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah Firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan”

(Yeremia 29:11)

“Bear with each other and forgive one another if any of you has a grievance against someone. Forgive as the Lord forgave you”

(Colossians 3:13)

"Success is not final; failure is not fatal: It is the courage to continue that counts."

(Winston S. Churchill)

PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan berkat kesehatan fisik, jiwa, dan raga serta kesempatan emas untuk bisa menempuh pendidikan di tingkat Universitas.

Dengan penuh rasa syukur, kupersembahkan hasil jerih payahku berupa karya tulis sederhana ini kepada:

Papa Bowo Nugroho Widhi dan Mama Mistri Susparni

Papa, Mama terimakasih atas segala doa, dukungan, perhatian dan kasih sayang yang tidak ada habisnya dalam mengiringi langkahku hingga saat ini.

Rasa hormat dan bakti saya kepada:

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

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

Kepada Para Pendidik, Guru, dan Dosen

Atas dedikasi dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di kampus.

Sahabat-sahabat terbaik yang selalu menemani dan mengingatkan penulis untuk sabar dan bertahan dalam kebaikan.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul "Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Senyawa Difeniltimah(IV) benzoat dan Trifeniltimah(IV) benzoat sebagai Disinfektan" sebagai salah satu media penambah ilmu dan wawasan mengenai senyawa organotimah bagi penulis maupun pembaca.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis dengan hormat dan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D., sebagai pembimbing skripsi, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungan, motivasi, bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi dilakukan dan penulisan laporan ini. Semoga selalu diberi kesehatan dan ilmu yang diberikan dapat memberikan manfaat bagi penulis.
2. Ibu Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua yang sudah banyak membantu penulis, senantiasa memotivasi dan memberikan pengarahan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan motivasi, saran, serta masukan yang membangun guna penyempurnaan skripsi ini sekaligus sebagai Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Unila

6. Bapak Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila atas segala ilmu, nasihat, motivasi dan waktu yang telah diberikan selama penulis melaksanakan perkuliahan.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Mba Liza Apriliyana selaku laboran Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik dan Mba Della Rahmadhani Putri selaku laboran Laboratorium Biokimia FMIPA Unila atas izin, arahan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik
9. Kedua orangtua penulis, Bapak Bowo Nugroho Widhi dan Ibu Mistri Susparni selaku orangtua penulis yang telah memberikan doa dan dukungan penuh kepada penulis yang tidak ada habisnya.
10. Adik penulis, Fritz Denis Setyoaji Nugroho yang selalu memberikan dukungan dan doa semoga selalu diberikan kesehatan dan kelancaran dalam pendidikan.
11. Sabrina Ocha Felinda, Munifah, dan Cantona Sasmitha sebagai rekan dalam menyelesaikan penelitian untuk segala bantuan, dukungan, dan kerjasamanya. Semangat selalu kedepannya, terima kasih telah berjuang bersama. Kak Cindy, Kak Aisyah, Kak Gustin, Kak Natasha, Kak Meydhea, Kak NiaM dan Mba Dayah, serta Kak Steven yang telah memberikan nasihat, arahan, dan motivasi selama penulis melakukan penelitian.
12. Sahabat-sahabatku tercinta “ABCDEFGHIJKLOVEYOU” yang selalu memberikan canda tawa, bertukar informasi, nasihat, motivasi, dan emosi. Perangkai memori indah yang akan selalu dikenang ketika kita berjuang bersama dalam menempuh pendidikan di kampus ini: Dewa Ayu Putu Agustiani, Afrilia Anggraini, Cici Nurhidayah, Novani Aludra Zafira, Ahmad Barep Prayogo, Mhd. Afif Alim Nasution, dan Ahmad Isro.
13. Keluarga Besar kimia Angkatan 2019, teman-teman kelas B, dan teman-teman Lab Kimia Anorganik-Fisik serta Lab Biokimia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, semoga selalu diberikan kesehatan dan rahmat berlimpah.

14. Hilarius Digo Mario yang telah memberikan dukungan, semangat dan menemani dalam setiap proses yang dilalui oleh penulis. Terima kasih sudah menjadi *support system* yang terbaik.
15. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang senantiasa membantu dalam kelancaran sistem akademik, penelitian, penyusunan skripsi, dan selama penulis menjalani perkuliahan di jurusan Kimia FMIPA Unila. Terima kasih atas segala bantuan dan arahan yang telah diberikan.
16. *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 trying to give more than I receive, for trying to do more right than wrong, for just being me at all times.*

Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga laporan ini dapat memberikan informasi, wawasan, dan ilmu yang bermanfaat serta semoga Tuhan Yang Maha Kuasa selalu memberikan berkat kesehatan dan kebaikan-kebaikan dalam hidup.

Bandar Lampung, 15 Juni 2023

Menyatakan

Alfonsa Maurena Widhia Charita Santi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	2
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Senyawa Organologam.....	5
2.2. Timah.....	7
2.3. Organotimah.....	8
2.3.1. Turunan Senyawa Organotimah.....	8
2.4. Sintesis Senyawa Organotimah.....	10
2.5. Analisis Senyawa Organotimah.....	11
2.5.1. Analisis Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infrared</i>	12
2.5.2. Analisis Spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	14
2.5.3. Analisis Spektrometer <i>Nuclear Magnetic Resonance</i>	15
2.5.4. Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	16
2.6. Aplikasi Senyawa Organotimah.....	17
2.7. Bakteri.....	17
2.7.1. Bakteri Gram Positif.....	18
2.7.2. Bakteri Gram Negatif.....	19
2.8. Bakteri <i>Salmonella</i> sp.....	21
2.9. Bakteri <i>S. aureus</i>	22
2.10. Disinfektan.....	23
III. METODE PENELITIAN	27
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.2. Alat dan Bahan.....	27
3.3. Prosedur Kerja.....	28
3.3.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) benzoat.....	28
3.3.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) benzoat.....	29
3.3.3. Uji Bioaktivitas Senyawa Disinfektan.....	29

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1. Sintesis Senyawa Organotimah	37
4.1.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) benzoat	37
4.1.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) benzoat.....	37
4.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer FTIR.....	39
4.2.1. Karakterisasi Spektrofotometer FTIR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida	39
4.2.2. Perbandingan Karakterisasi Spektrofotometer FTIR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) benzoat.....	39
4.2.3. Karakterisasi Spektrofotometer FTIR Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida	40
4.2.4. Perbandingan Karakterisasi Spektrofotometer FTIR Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) benzoat.....	40
4.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	42
4.3.1. Perbandingan Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) benzoat.....	42
4.3.2. Perbandingan Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) benzoat.....	44
4.4. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR.....	45
4.4.1. Senyawa Difeniltimah(IV) benzoat.....	45
4.4.2. Senyawa Trifeniltimah(IV) benzoat	47
4.5. Analisis Senyawa Hasil Sintesis dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	49
4.6. Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan	50
4.6.1. Uji Disinfektan Terhadap Bakteri <i>Salmonella</i> sp.	53
IV. KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	72
1. Perhitungan Stoikiometri Reaksi Sintesis Senyawa Organotimah(IV)	72
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Organotimah(IV).....	74
3. Perhitungan Persentase Kandungan Unsur Teoritis.....	75
4. Pembuatan dan Pengenceran Larutan Disinfektan.....	76
5. Data Pengukuran <i>Optical Density</i> pada Uji Disinfektan dari Senyawa Hasil Sintesis	78
6. Data Hasil Mikroanalisis Unsur	80
7. Dokumentasi Hasil <i>Optical Density</i>	81

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan Khas Inframerah untuk Senyawa Organotimah Karboksilat.....	14
2. Puncak Serapan Infra Red Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) benzoat	40
3. Puncak Serapan Infra Red Senyawa Trifeniltimah(IV) oksida dan Trifeniltimah(IV) benzoat	42
4. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) benzoat	44
5. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Trifeniltimah(IV) hidroksida dan Trifeniltimah(IV) benzoat	45
6. Perbandingan pergeseran kimia dari spektrum 1H dan ^{13}C -NMR senyawa difeniltimah(IV) benzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat	49
7. Hasil Mikroanalisis Unsur.....	50
8. Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Difeniltimah(IV) benzoat dan Trifeniltimah(IV) benzoat Terhadap Bakteri <i>Salmonella</i> sp.	54
9. Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Difeniltimah(IV) benzoat dan Trifeniltimah(IV) benzoat Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida	9
2. Struktur Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida	9
3. Struktur Asam Benzoat.	10
4. Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) karboksilat	10
5. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) dibenzoat(a) dan Trifeniltimah(IV) benzoat(b).	11
6. Skema Transisi Elektronik dari Tingkat Energi Rendah ke Tingkat Energi yang Lebih Tinggi.	14
7. Struktur Bakteri Gram Positif	19
8. Struktur Bakteri Gram Negatif.....	20
9. Diagram Alir Penelitian	35
10. Padatan Senyawa Difeniltimah(IV) dibenzoat.....	37
11. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) dibenzoat	37
12. Padatan Senyawa Trifeniltimah(IV) benzoat	38
13. Reaksi Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) benzoat	38
18. (a) $^1\text{H-NMR}$ (b) $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) dibenzoat.....	46

19. (a) ^1H -NMR (b) ^{13}C -NMR Senyawa Trifeniltimah(IV) benzoat48

20. Kurva Pertumbuhan Bakteri (a) *Salmonella* sp. dan (b) *S. aureus*.51

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit infeksi merupakan salah satu masalah kesehatan yang terus berkembang pesat dan menjadi penyebab utama kematian di dunia (Salima, 2014). Data *World Health Organization* (2018) menunjukkan bahwa lebih dari 70% kematian disebabkan oleh penyakit infeksi. Penyakit ini disebabkan oleh adanya mikroorganisme seperti bakteri yang masuk dan berkembang biak di dalam tubuh sehingga mengakibatkan kerusakan organ. Bakteri yang dapat menyebabkan penyakit infeksi disebut sebagai bakteri patogen (Brooks *et al.*, 2013). Bakteri patogen dapat berupa bakteri Gram negatif seperti *Salmonella* sp. dan bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* (Boleng, 2015). *Salmonella* sp. dapat menyebabkan penyakit yang mengganggu saluran pencernaan seperti diare dan demam tifoid (Sartika *et al.*, 2016). Menurut Besser (2018), sebanyak 1,9 miliar orang di seluruh dunia menderita diare setiap tahunnya, dan 715.000 diantaranya mengalami kematian. Bakteri patogen *S. aureus* menginfeksi sekitar 30% dari populasi manusia (Tong *et al.*, 2015). *S. aureus* menyebabkan infeksi pada kulit, hidung dan selaput lendir (Apriliantisyah dkk., 2022).

Pada umumnya, penyakit infeksi dapat disembuhkan dengan mengonsumsi antibiotik (Utami, 2012). Namun, penggunaan antibiotik yang irasional, berlebihan dan dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan terjadinya resistensi. Kasus resistensi bakteri terhadap antibiotik ini menjadi suatu masalah serius dalam dunia kesehatan (Fredella dkk., 2022).

Data *World Health Organization* (2022) menunjukkan bahwa lebih dari 4,9 juta orang meninggal di 204 negara karena infeksi bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Tercatat 23.000 kematian per tahun di Amerika Serikat dan 33.000 kematian di Eropa yang disebabkan oleh resistensi antibiotik (Blair *et al.*, 2015). Oleh karena itu, untuk mengurangi risiko infeksi dan resistensi antibiotik dapat dilakukan suatu tindakan pencegahan. Salah satu cara pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan membunuh bakteri patogen yang terdapat di permukaan menggunakan bahan kimia berupa cairan disinfektan (Putri, 2021).

Disinfektan adalah zat kimia yang digunakan untuk membunuh bakteri patogen pada benda mati (Wastiti dkk., 2017). Disinfektan yang banyak digunakan umumnya berbahan dasar alkohol, glutaraldehyd, dan formaldehyd. Sebagai contoh disinfektan berbahan dasar alkohol banyak digunakan karena stabil dalam membunuh mikroorganisme, tidak merusak material, dan dapat dibiodegradasi. Namun, alkohol memiliki bau yang menyengat dan cara penyimpanan yang tidak baik akan menyebabkan penurunan efektivitas alkohol sehingga dapat menyebabkan kontaminasi yang mengakibatkan terjadinya infeksi (Elizabeth dkk., 2013). Disinfektan yang mengandung formaldehyd juga efektif dalam membunuh mikroorganisme patogen. Akan tetapi, disinfektan ini cenderung menimbulkan bau, serta menyebabkan keracunan pada membran kulit sehingga penggunaannya tidak boleh berlebihan (Shaffer, 2013). Oleh karena itu, diperlukan bahan alternatif dengan toksisitas rendah untuk digunakan sebagai disinfektan seperti senyawa organologam karena memiliki sifat-sifat biologis untuk membunuh bakteri patogen (Samsuar *et al.*, 2021).

Senyawa organologam merupakan suatu senyawa yang memiliki minimal satu atom karbon dari gugus organik yang terikat dengan logam. Salah satu senyawa organologam yang diketahui memiliki aktivitas biologis adalah senyawa organotimah khususnya organotimah(IV) karboksilat. Senyawa organotimah(IV) karboksilat bersifat non toksik atau sedikit toksik pada mamalia (Cotton and Wilkinson, 2007). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, senyawa organotimah(IV) karboksilat terbukti efektif sebagai antimikroba (Bacchi *et al.*, 2005), antifungi (Hadi *et al.*, 2009), antikanker (Hadi and Rilyanti, 2010),

antimalarial (Hadi *et al.*, 2018), antioksidan (Ahmad *et al.*, 2020), dan antibakteri (Hadi *et al.*, 2021).

Menurut Hadi *et al.*, (2022), beberapa senyawa organotimah(IV) karboksilat menunjukkan adanya aktivitas biologis yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri khususnya pada konsentrasi 5×10^{-4} M. Senyawa yang telah diketahui diantaranya; difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat, difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat, difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat, dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat. Senyawa difeniltimah(IV) dengan ligan turunan asam benzoat tersebut bersifat elektropositif oleh adanya ligan fenil yang kemudian mengubah dinding sel bakteri yang bersifat elektronegatif sehingga terjadi interaksi yang mengganggu perkembangan bakteri. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa senyawa organotimah(IV) karboksilat dapat berperan sebagai agen disinfektan.

Berdasarkan keterangan di atas, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa turunan organotimah(IV) yaitu senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat melalui senyawa prekursor difeniltimah(IV) oksida dan trifeniltimah(IV) hidroksida dengan ligan asam benzoat. Kedua senyawa tersebut akan diuji kemampuannya dalam membunuh bakteri patogen seperti *Salmonella* sp. dan *Staphylococcus aureus* sehingga dapat digunakan sebagai bahan disinfektan.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu mensintesis senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat, mengkarakterisasi senyawa hasil sintesis dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer FTIR, spektrometer ^1H NMR, spektrometer ^{13}C NMR dan *microelemental analyzer*, serta menguji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai bahan pembuat disinfektan.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini yaitu meningkatkan pengetahuan tentang senyawa organotimah(IV) karboksilat berpotensi sebagai bahan pembuatan disinfektan, serta memberikan informasi mengenai bioaktivitas senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat sebagai disinfektan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam adalah senyawa yang memiliki minimal satu karbon dari gugus organik yang membentuk ikatan langsung dengan logam. Senyawa ini biasanya didefinisikan sedikit longgar yang mengandung ikatan antara karbon dengan arsen, fosfor, silikon, atau boron. Senyawa yang memiliki ikatan antara logam dengan oksigen, nitrogen, belerang, atau unsur-unsur halogen tidak termasuk dalam kategori senyawa organologam. Seperti halnya alkoksida ($C_3H_7O_4$)Ti bukan termasuk senyawa organologam karena gugus organik terikat pada logam Ti melalui atom oksigen. Sedangkan, untuk senyawa (C_6H_5)Ti(OC₃H₇)₃ termasuk senyawa organologam karena adanya ikatan langsung antara logam Ti dengan karbon dari gugus fenil. Dilihat dari bentuk ikatan pada senyawa organologam, senyawa tersebut dapat dikatakan sebagai jembatan antara kimia organik dan anorganik (Cotton and Wilkinson, 2007).

Senyawa organologam memiliki sifat umum dimana atom karbon lebih elektronegatif dari logamnya. Berikut beberapa kecenderungan jenis ikatan yang terbentuk dari senyawa organologam:

a. Senyawa ionik dari logam elektropositif

Senyawaan organologam yang sangat elektropositif umumnya bersifat ionik, tidak dapat larut dalam pelarut organik, serta sangat reaktif terhadap air dan udara. Senyawa jenis ini dapat terbentuk ketika suatu radikal pada logam terikat dengan logam yang memiliki keelektropositifan sangat tinggi, sebagai contoh logam alkali atau alkali tanah. Kereaktifan dan kestabilan dari senyawa ionik ditentukan berdasarkan dari satu bagian oleh kestabilan

ion karbon. Kestabilan garam logam ion-ion karbon diperkuat oleh delokalisasi elektron meskipun masih relatif reaktif. Contoh dari gugus organik pada garam-garaman tersebut adalah $(C_6H_5)_3CNa^+$ dan $(C_5H_5)_2Ca^{2+}$.

b. Senyawa yang memiliki ikatan $-\sigma$ (sigma)

Senyawa organologam dimana sisa organiknya terikat pada atom logam dengan suatu ikatan digolongkan sebagai ikatan kovalen (meskipun masih terdapat sifat-sifat ionik dari senyawaan ini). Ikatan ini dibentuk oleh kebanyakan logam yang keelektropositifannya relatif lebih rendah dari golongan pertama. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya beberapa faktor berikut:

- 1) Kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi, misalnya pada SiR_4 yang tidak tampak dalam CR_4 .
- 2) Kemampuan donor dari alkil atau aril dengan pasangan elektron menyendiri.
- 3) Keasaman Lewis yang sehubungan dengan kulit valensi tidak penuh, contohnya pada BR atau koordinasi tidak jenuh seperti ZnR_2 .
- 4) Pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam-karbon (M-C) atau pada ikatan karbon-karbon (C-C).

c. Senyawa yang terikat secara non klasik

Menurut Zhang *et al.*, (2016), pada banyak senyawaan organologam, terdapat jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk ionik atau kovalensi. Sebagai contoh golongan alkil yang terdiri dari Li, Be, Al yang mempunyai gugus-gugus alkil berjembatan dimana akan terdapat atom yang memiliki sifat kekurangan elektron seperti atom boron pada $B(CH_3)_3$. Atom boron yang termasuk dalam golongan IIIA tersebut memiliki 3 elektron valensi, dimana hal ini akan sulit untuk dapat membentuk konfigurasi oktet pada senyawaannya. Terdapat kecenderungan untuk memanfaatkan orbital-orbital kosong yang ada dalam atom B dengan menggabungkannya pada gugus suatu senyawa yang memiliki kelebihan

pasangan elektron menyendiri. Senyawa ini terbagi menjadi dua golongan:

1. Senyawa organologam yang terbentuk antara logam-logam transisi dengan alkena, alkuna, benzena, dan senyawa organik tak jenuh lainnya.
2. Senyawa organologam yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan.

2.2. Timah

Timah merupakan salah satu logam yang dapat digunakan untuk membentuk senyawa organologam. Unsur ini dapat membentuk kompleks dengan ligan karboksilat melalui ikatan kovalen koordinasi, misalnya senyawa organotimah(IV) benzoat. Kekuatan biologis dari senyawa ini dipengaruhi oleh banyaknya kelompok atau gugus organik yang mampu terikat dengan atom pusat pada senyawa (Sirajuddin *et al.*, 2012).

Timah adalah salah satu unsur yang kandungannya berlimpah pada kerak bumi. Dalam sistem periodik unsur, timah merupakan unsur yang memiliki lambang Sn pada golongan IVA. Senyawaan timah dapat ditemukan di lingkungan dalam keadaan oksidasi +2 dan +4. Senyawa timah(I) (SnX_2) yang merupakan timah bivalen dan senyawa timah(IV) (SnX_4) berupa timah tetravalen adalah dua jenis utama timah (Bakirdere, 2013). Senyawa timah dengan tingkat oksidasi +4 cenderung lebih stabil daripada +2 dikarenakan pada tingkat oksidasi +4, timah menggunakan seluruh elektron valensinya yaitu $5s^25p^2$ dalam ikatan. Sedangkan pada tingkat oksidasi +2, timah hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ saja. Sebagai anggota dari golongan IVA, struktur geometri senyawa SnCl_4 telah dikarakterisasi adalah tetrahedral seperti CCl_4 . Akan tetapi, logam timah lebih memungkinkan untuk lebih berikatan koordinasi dengan ligannya. Hal ini dikarenakan ukuran atom S lebih besar daripada atom C dan adanya orbital $5d$ yang dimiliki oleh Sn. Oleh karena itu, timah memiliki fleksibilitas valensi yang lebih besar karena memiliki bilangan koordinasi lebih dari empat (Cotton and Wilkinson, 2007).

Timah memiliki tiga bentuk alotrop yaitu timah abu-abu (α), timah putih (β), dan timah rombik (γ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih

(Sn- β) dalam bentuk tetragonal, sedangkan pada suhu rendah timah putih (Sn- β) berubah menjadi timah abu-abu (Sn- α) yang berupa non logam dan berbentuk intan kubik. Perubahan ini terjadi dengan cepat karena timah membentuk lapisan oksida film dimana peristiwa ini dikenal sebagai plak hitam (Davies, 2004).

2.3. Organotimah

Senyawa organotimah adalah senyawa yang memiliki paling sedikit satu ikatan kovalen antara C dan Sn. Sebagian besar senyawa organotimah dianggap sebagai turunan dari $R_n\text{Sn(IV)}X_{4-n}$ ($n=1, 2, 3,$ dan 4) yang diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetra- organotimah(IV) tergantung jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Anion yang terikat (X) pada senyawa organotimah biasanya berupa klorida, florida, oksida, hidroksida serta suatu karboksilat atau thiolat (Pellerito dan Nagy, 2002). Kestabilan senyawa organotimah(IV) dikarenakan hibridisasi sp^3 dari orbital valensinya yang menyebabkan orientasi ikatan tetrahedral (Das *et al.*, 1987).

Senyawa organotimah dapat tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi meskipun dibakar menjadi SnO_2 , CO_2 , dan H_2O . Kemudahan terputusnya ikatan antara Sn-C oleh suatu halogen atau pereaksi lain bervariasi, tergantung pada gugus organikya dimana akan meningkat berdasarkan pada urutan: Butil (paling stabil) < Propil < Etil < Metil < Fenil < Benzil < Alil < CH_2CN < CH_2COOR (paling tidak stabil) (Alama *et al.*, 2009). Senyawa organotimah telah dikenal sejak tahun 1850. Secara komersial, senyawa ini dimanfaatkan sebagai *PVC stabilizer* sejak tahun 1940. Gugus organik yang umum berikatan dengan timah adalah metil, butil, oktil, fenil, dan sikloheksil (Davies, 2004).

2.3.1. Turunan Senyawa Organotimah

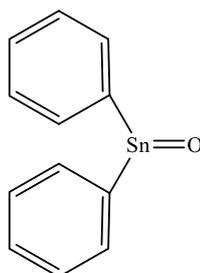
2.3.1.1. Senyawa Organotimah Halida

Menurut Davies (2004), Senyawa organotimah halida memiliki rumus umum $R_n\text{Sn}X_{4-n}$ dengan ($n = 1-3$; $X = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$). Umumnya, senyawa ini berupa padatan

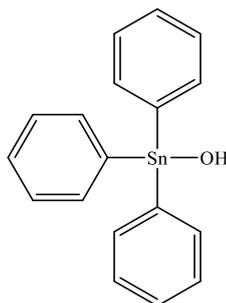
kristalin yang sangat reaktif. Senyawa ini dapat diperoleh dari reaksi langsung antara halida organik dengan logam timah atau timah(II) halida, reaksi tetraorganotimah dengan gas halogen (X_2) atau asam halogen (HX) atau logam halida (MX_n), reaksi senyawa organologam dengan timah tetrahalida (SnX_4), dan sebagainya.

2.3.1.2. Senyawa Organotimah Oksida dan Hidroksida

Senyawa organotimah oksida dan hidroksida merupakan produk umum dari hidrolisis halida organotimah. Sebagai contoh senyawa organotimah oksida dan hidroksida adalah difeniltimah(IV) oksida dan trifeniltimah(IV) hidroksida. Struktur kedua senyawa tersebut dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 berikut.



Gambar 1. Struktur Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida (Hadi *et al.*, 2018).



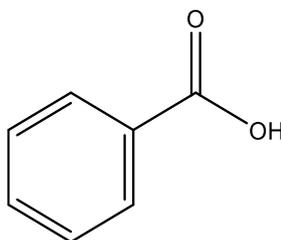
Gambar 2. Struktur Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida (Hadi *et al.*, 2018).

2.3.1.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Senyawa organotimah karboksilat dapat disintesis melalui dua cara yaitu mereaksikan organotimah oksida atau organotimah hidroksidanya dengan asam

karboksilat, ataupun mereaksikan organotimah halidanya dengan asam karboksilat. Umumnya, metode yang digunakan untuk sintesis organotimah karboksilat adalah menggunakan organotimah halida sebagai material awal. Organotimah halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida. Reaksi esterifikasi dari asam karboksilat dengan organotimah hidroksida atau oksida dilakukan melalui dehidrasi azeotropik dari reaktan dalam toluena (Abel *et al.*, 2002).

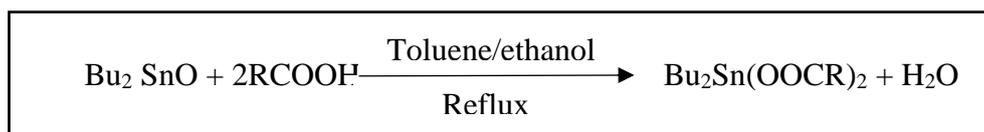
Asam karboksilat yang umumnya digunakan untuk menghasilkan senyawa organotimah karboksilat adalah asam benzoat. Menurut Olmo *et al.*, (2017), Asam yang memiliki nama lain *Benzenecarboxylic acid*, *Carboxybenzene*, *Dracylic acid*, dan *Phenylmetanoic acid* ini memiliki bentuk kristal tidak berwarna dengan berat molekul 122,12 g/mol, titik leleh 122,4 °C, serta titik didih 249,2 °C yang sukar larut dalam air, namun sangat mudah larut dalam alkohol, aseton, dan benzena. Adapun struktur dari asam benzoat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Asam Benzoat (Adilla, 2021).

2.4. Sintesis Senyawa Organotimah

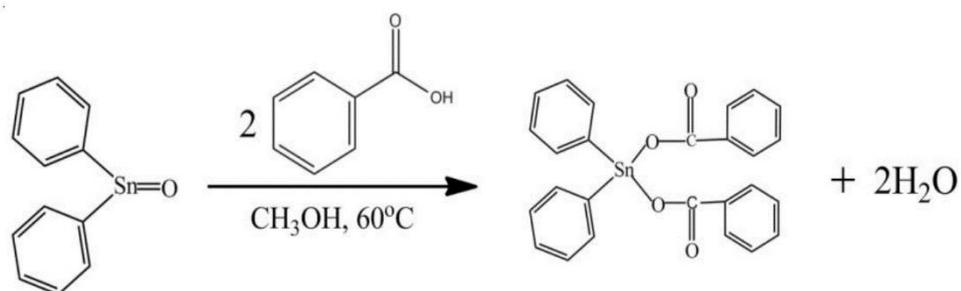
Sebagian besar turunan senyawa organotimah(IV) karboksilat dapat disintesis melalui reaksi kondensasi antara organotimah(IV) oksida atau hidroksida dengan asam karboksilat. Skema sintesis yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.



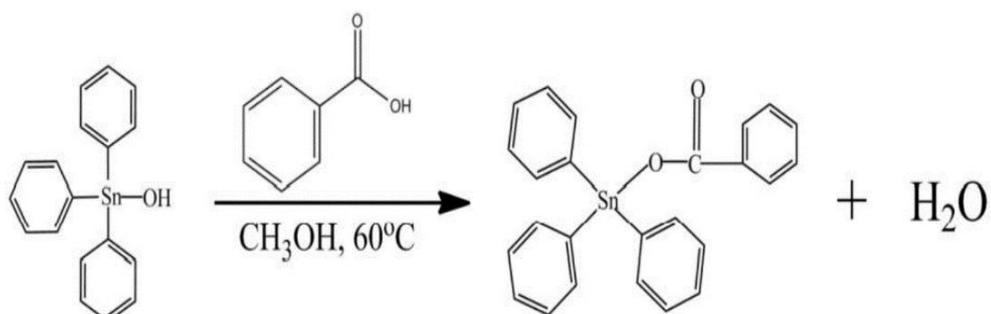
Gambar 4. Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) karboksilat (Matela and Aman, 2012)

Reaksi sintesis senyawa organotin(IV) benzoat dapat berlangsung sempurna melalui proses refluks dalam pelarut metanol pada suhu 60-65°C selama 4 jam (Hadi and Rilyanti, 2010). Sintesis senyawa organotin(IV) benzoat seperti difeniltimah(IV) benzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat menggunakan senyawa awal berupa organotin(IV) oksida dan hidroksida yang direaksikan dengan asam benzoat dapat dilihat pada Gambar 5.

a



b



Gambar 5. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) dibenzoat (a) dan Trifeniltimah(IV) benzoat (b) (Hadi *et al.*, 2018).

2.5. Analisis Senyawa Organotin

Senyawa hasil yang diperoleh dari penelitian ini akan dianalisis dengan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), spektrofotometer *Ultra Violet-Visible (UV-Vis)*, , spektrofotometer *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), serta analisis unsur C, H dan N dalam senyawa menggunakan *microelemental analyzer*.

2.5.1. Analisis Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Analisis dengan spektrofotometer FTIR didasarkan pada penyerapan panjang gelombang inframerah yang dilewatkan terhadap sampel. Dalam suatu sampel yang dilewatkan radiasi inframerah, molekul-molekulnya akan menyerap sebagian atau seluruh radiasi tersebut. Hal ini berhubungan dengan adanya sejumlah vibrasi yang terkuantitasi dari ikatan kovalen antara atom-atom pada molekul-molekul tersebut. Serapan sebagian atau seluruh radiasi tersebut diteruskan untuk ditangkap oleh detektor yang kemudian diukur intensitasnya (Hardjono, 2018).

Terdapat 2 jenis instrumen yang dapat digunakan untuk memperoleh spektra inframerah, yaitu spektrofotometer dispersif dan spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FTIR). Spektra yang diberikan oleh kedua instrumen tersebut berada pada kisaran bilangan gelombang $4.000-400\text{ cm}^{-1}$ (bilangan gelombang spektrum inframerah di daerah tengah). Walaupun keduanya mampu memberikan spektra IR yang identik, spektrofotometer FTIR saat ini lebih banyak digunakan karena perolehan spektra IR instrumen ini lebih cepat dibandingkan dengan spektrofotometer IR dispersif (Rohman, 2021).

Pada dasarnya, spektrofotometer FTIR sama dengan spektrofotometer IR dispersi. Perbedaannya terletak pada pengembangan sistem optik sebelum berkas sinar inframerah melewati sampel. Spektrofotometer FTIR didasarkan pada interferensi radiasi antara 2 berkas sinar untuk menghasilkan interferogram. Interferogram adalah sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi perubahan *pathlength* antara 2 berkas sinar. Dua domain (jarak dan frekuensi) dapat ditukarbalikkan dengan metode matematis yang disebut dengan transformasi Fourier (Sembiring dkk., 2019). Cahaya inframerah dapat dibagi berdasarkan bilangan gelombang menjadi inframerah dekat, pertengahan, dan jauh. Rentang inframerah dekat terjadi pada $14.300-4.000\text{ cm}^{-1}$ dengan fenomena absorpsi overtone C-H. Pada inframerah pertengahan, terjadi di rentang $4.000-650\text{ cm}^{-1}$ dimana fenomena yang terjadi adalah vibrasi dan rotasi. Inframerah jauh terjadi pada bilangan gelombang $650-200\text{ cm}^{-1}$ dengan fenomena penyerapan oleh ligan atau spesi lain yang memiliki energi rendah. Melalui analisis dengan spektrofotometer IR terhadap senyawa

organotin(IV) karboksilat, dapat diketahui adanya vibrasi ulur Sn-O pada bilangan gelombang 500-400 cm^{-1} dan Sn-C pada 600-500 cm^{-1} . Hasil yang didapat berupa sinyal kromatogram yang menunjukkan hubungan antara intensitas inframerah terhadap panjang gelombang (Sastrohamidjojo, 2018).

Gambaran struktur molekul suatu senyawa dapat ditunjukkan dari spektra inframerah senyawa tersebut. Spektra ini dapat dihasilkan dengan mengukur absorpsi, radiasi, refleksi, atau emisi pada daerah inframerah. Vibrasi semua atom dalam molekul terjadi pada temperatur di atas temperatur nol absolut. Pada saat terjadi frekuensi vibrasi spesifik sama dengan frekuensi inframerah yang mengenai molekul secara langsung, maka radiasi akan diserap oleh molekul tersebut (Schechter *et al.*, 1997).

Spektrofotometer FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu senyawa, khususnya senyawa organik. Informasi mengenai adanya suatu gugus fungsi diketahui dengan mengukur daerah penyerapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang. Radiasi yang diserap pada panjang gelombang tertentu menunjukkan adanya suatu gugus fungsi spesifik. Syarat suatu gugus fungsi dalam senyawa untuk dapat diidentifikasi oleh infra merah adalah terdapat perbedaan momen dipol pada gugus fungsi tersebut (Ratih, 2013).

Reaksi dalam sintesis suatu senyawa organotin(IV) dapat dilihat dari perubahan spektrum IR senyawa awal, ligan, dan senyawa akhir. Fokus perhatian tertuju pada daerah munculnya puncak karbonil senyawa akhir yang menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi dari senyawa awal dengan ligan asam karboksilat. Serapan gugus fungsional pada senyawa organotin(IV) karboksilat dapat dilihat pada Tabel 1.

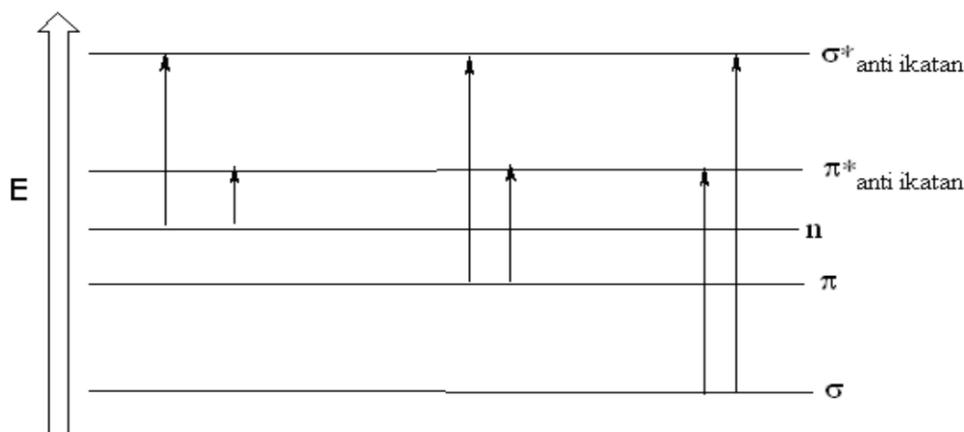
Tabel 1. Serapan Khas Inframerah untuk Senyawa Organotin Karsilat

No	Vibrasi Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
1	Sn-Cl	390-310
2	Sn-O	600-400
3	Sn-O-C	1290-1000
4	O-H	3500-3100
5	CO ₂ asimetris	1500-1400
6	C=O	1760-1600

(Hadi *et al.*, 2016)

2.5.2. Analisis Spektrofotometer *UV-Vis*

Spektrofotometer *UV-Vis* adalah alat yang digunakan untuk menganalisis suatu senyawa berdasarkan pada transisi elektronik yang dialami oleh senyawa tersebut sebagai akibat penyerapan radiasi sinar *ultraviolet* pada panjang gelombang 230-380 nm dan sinar tampak (*visible*) pada panjang gelombang 380-780 nm. Transisi elektronik ini terjadi dari tingkat energi keadaan dasar ke tingkat energi tereksitasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema Transisi Elektronik dari Tingkat Energi Rendah ke Tingkat Energi yang Lebih Tinggi (Suhartati, 2017).

Transisi elektronik terjadi antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital antiikatan. Transisi elektronik dihasilkan melalui interaksi sinar *ultraviolet* atau sinar tampak dengan elektron-elektron baik pada ikatan sigma (σ), ikatan phi

(π), maupun elektron non ikatan (n) yang ada dalam molekul organik. Panjang gelombang serapan adalah ukuran perbedaan tingkat energi dari orbital-orbital. Perbedaan energi dari berbagai transisi elektronik tersebut biasanya hanya sedikit, sehingga panjang gelombang absorpsinya juga hanya berbeda sedikit sehingga spektrum yang dihasilkan berupa pita lebar (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Transisi-transisi elektronik yang terjadi di antara tingkat-tingkat energi di dalam suatu molekul ada 4, yaitu transisi *sigma-sigma star* ($\sigma \rightarrow \sigma^*$) yang melibatkan elektron sigma, transisi *n-sigma star* ($n \rightarrow \sigma^*$) dan transisi *n-phi star* ($n \rightarrow \pi^*$) yang melibatkan elektron tidak berpasangan, serta transisi *phi-phi star* ($\pi \rightarrow \pi^*$) yang melibatkan elektron phi. Untuk memungkinkan terjadinya transisi $n \rightarrow \pi^*$ dan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$, suatu senyawa harus mempunyai gugus fungsional yang tidak jenuh, sehingga ikatan rangkap dalam gugus tersebut menyediakan orbital phi yang diperlukan. Jenis transisi ini merupakan transisi yang paling cocok untuk analisis senyawa organik karena sesuai dengan panjang gelombang antara 200-700 m. Panjang gelombang ini secara teknis dapat diaplikasikan pada spektrofotometer UV-Vis (Gandjar dan Rohman, 2018).

Spektrofotometer UV-Vis memberikan informasi adanya ikatan rangkap atau terkonjugasi dari gugus kromofor yang terikat pada aksamokrom. Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-Vis karena mengandung elektron, baik elektron ikatan maupun pasangan elektron bebas yang dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi (Day dan Underwood, 2002).

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

Spektrometer *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) adalah salah satu metode analisis menggunakan sifat magnet dari inti atom. NMR mempelajari tentang molekul yang dianalisis secara spektrometri magnetik inti untuk memperoleh gambaran dari perbedaan sifat magnet dari berbagai inti agar dapat menentukan letak ini yang ada dalam suatu molekul (Sudjaji, 2007). Karakterisasi yang sering digunakan dalam spektrometri ini adalah ^1H NMR dan ^{13}C NMR karena dinilai

paling efektif untuk menentukan struktur semua jenis senyawa (Sastrohamidjojo, 2018).

Suatu pergeseran kimia dapat dianggap sebagai ciri bagian tertentu suatu struktur. Sebagai contoh, pergeseran kimia proton dalam gugus metil sekitar 1 ppm apapun struktur bagian lainnya. Pada spektra ^1H NMR, intensitas sinyal terintegrasi sebanding dengan jumlah inti yang relevan dengan sinyalnya. Pergeseran kimia pada ^1H NMR merupakan satu-satunya informasi yang dihasilkan untuk penentuan struktur oleh spektroskopi NMR. Oleh karena itu, pergeseran ini sangat besar manfaatnya dalam penentuan struktur senyawa organik. Selain itu, spektroskopi NMR juga dapat memberikan informasi tambahan berupa informasi yang berkaitan dengan kopling spin-spin (Takeuchi, 2006).

2.5.4. Analisis dengan *Microelemental Analyzer*

Microelemental analyzer adalah alat yang dapat digunakan untuk menentukan kandungan unsur penyusun dalam suatu senyawa. Unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S) sehingga alat ini biasanya dikenal dengan CHNS *microelemental analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini kemudian dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Meskipun hasil yang diperoleh seringkali berbeda, perbedaan ini biasanya berkisar antara 1-2% sehingga analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian dari suatu sampel (Costech Analytical Technologies, 2011).

Prinsip dasar *Microelemental analyzer* adalah sampel dibakar pada suhu tinggi menghasilkan gas yang telah dimurnikan sebagai produk hasil pembakaran tersebut. Selama proses pembakaran, karbon yang ada dalam sampel diubah menjadi karbon dioksida, hidrogen menjadi air, dan nitrogen dan belerang menjadi nitrogen dan belerang oksida. Setelah itu, gas dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis menggunakan detektor yang sesuai. Jenis sampel yang telah diketahui, beratnya dapat diperkirakan dengan menghitung setiap berat unsur yang dibutuhkan untuk mencapai nilai kalibrasi

terendah atau tertinggi (Caprette, 2007). Dari massa awal yang telah diketahui, kemudian perangkat akan memberikan persentase massa nitrogen, karbon, dan hidrogen, yang terkandung dalam sampel sehingga kemurnian dari suatu sampel dapat ditentukan dengan melihat selisih perbedaan secara teoritis dan hasil analisis (Nzihou, 2020).

2.6. Aplikasi Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah telah banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam industri, senyawa organotimah digunakan sebagai senyawa penyetabil polivinil klorida, pestisida non sistemik, katalis antioksidan, *antifouling agents* dalam cat, *stabilizer* pada plastik dan kart sintetis, *stabilizer* untuk parfum dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi. Senyawa organotimah juga dapat dimanfaatkan untuk katalis dalam sintesis kimia. Senyawa ini merupakan katalis homogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan, dan sintesis senyawa poliester (Pellerito dan Nagy, 2002).

Manfaat lain dari senyawa organotimah(IV) karboksilat yang diperoleh berdasarkan penelitian. Senyawa organotimah(IV) karboksilat dimanfaatkan sebagai antijamur (Hadi *et al.*, 2008; Hadi *et al.*, 2009), antitumor (Hadi *et al.*, 2012; Hadi dan Rilyanti, 2010), *antiviral* (Carragher dan Roner, 2014), antibakteri (Annissa *et al.*, 2017) dan anti korosi (Kurniasih *et al.*, 2015). Selain itu, senyawa ini juga memiliki aktivitas biologi sebagai anti malaria (Hansch dan Verma, 2009), agen antimalaria (Pellei *et al.*, 2006; Hadi *et al.*, 2018; Awang *et al.*, 2014) dan antioksidan (Ahmad *et al.*, 2020).

2.7. Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme bersel tunggal dan tidak memiliki membran inti. Bakteri tergolong mikroorganisme karena berukuran sangat kecil dengan ukuran sel 0.5-1.0 μm kali 2.0-5.0 μm sehingga untuk mendeteksinya harus menggunakan mikroskop. Dinding sel bakteri sangat tipis dan elastis yang terbentuk dari peptidoglikan, berfungsi sebagai pemberi bentuk sel, melindungi

sel dari lingkungan luar, serta mengatur pertukaran zat-zat dari luar ke dalam sel dan sebaliknya (Rahayu dkk., 2007).

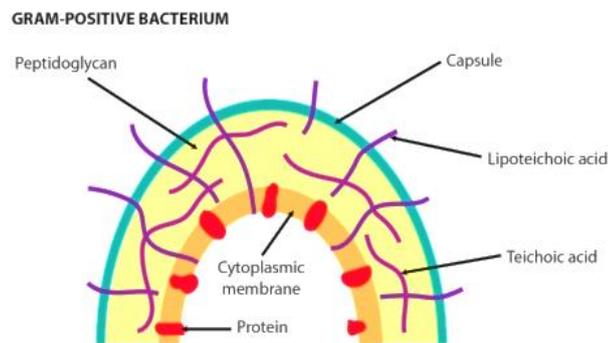
Bakteri berkembang biak secara aseksual (vegetatif) dengan membelah diri. Pembelahan sel bakteri merupakan pembelahan biner yakni setiap 1 sel bakteri membelah menjadi dua sehingga terjadi meiosis dan mitosis. Pada proses pembelahan biner, bakteri akan membesar dan material genetik ikut menduplikasi diri serta mendistribusikan dirinya menjadi dua sel baru (Radji, 2011). Bagian sel yang berperan dalam proses pembelahan adalah membran sel. Dalam kondisi optimum, bakteri dapat berkembang biak sangat cepat dimana dalam waktu 20-30 menit, satu sel bakteri bisa menjadi satu juta sel bakteri baru (Hakim, 2022).

Bakteri yang terdapat di alam memiliki bentuk bulat, batang atau silindris, spiral atau melingkar, dan berbentuk benang atau filamen. Sel bakteri tidak berwarna sehingga sulit untuk diamati secara langsung. Oleh karena itu, untuk membedakannya dapat dilakukan dengan pewarnaan Gram yang ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram. Prinsip pewarnaan ini didasari oleh perbedaan komponen dinding sel bakteri dimana besar kecilnya kandungan peptidoglikan dan keberadaan membran luar mempengaruhi kemampuan dinding sel mengikat warna dasar (*crystal violet*) setelah pencucian alkohol. Sel bakteri yang tidak mengandung membran luar berupa lemak, dindingnya yang dominan mengandung peptidoglikan akan mengikat *crystal violet* dengan kuat. Bakteri ini kemudian dikelompokkan sebagai bakteri Gram positif, sedangkan bakteri yang memiliki membran luar dikelompokkan sebagai bakteri Gram negatif karena *crystal violet* yang terikat dengan membran luar akan tercuci oleh alkohol pada proses pewarnaan (Harahap dkk., 2021).

2.7.1. Bakteri Gram Positif

Bakteri Gram positif adalah kelompok bakteri yang mampu mempertahankan zat warna kristal violet saat proses pewarnaan Gram sehingga terlihat berwarna ungu di bawah mikroskop. Golongan bakteri ini memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal yaitu 20-80 nm yang tersusun dari *teichoic*, asam teichuronat, dan berbagai

macam polisakarida. Asam teikhoat berfungsi sebagai antigen permukaan pada Gram positif. Asam ini terletak di antara lapisan membran sitoplasma dan lapisan peptidoglikan. Dinding sel bakteri Gram positif memiliki 40 lembar peptidoglikan yang merupakan 50% dari seluruh komponen penyusun dinding sel. Ketebalan dinding sel bakteri Gram positif dikarenakan memiliki polisakarida dan asam amino pada lembar peptidoglikan bersifat sangat polar. Namun, lembar peptidoglikan ini rentan terhadap lisozim sehingga dapat dirusak oleh senyawa bakterisidal (Hanif, 2009). Adapun struktur bakteri Gram positif ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Struktur Bakteri Gram Positif

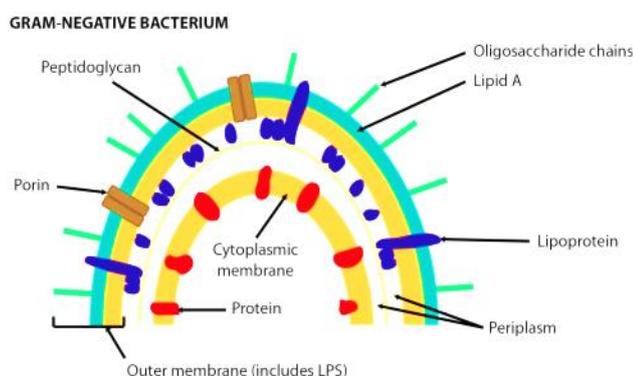
2.7.2. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif adalah bakteri yang tidak dapat mempertahankan zat warna kristal violet pada dinding selnya saat proses perwarnaan Gram. Bagian dinding sel bakteri ini dapat menyerap zat warna merah sehingga di bawah mikroskop akan terlihat berwarna merah. Golongan bakteri ini memiliki lapisan peptidoglikan tipis yaitu 5-10 nm yang terdapat pada ruang periplasmik, yaitu antara membran luar dengan membran plasma. Komposisi utama lapisan peptidoglikan pada golongan ini berupa lipoprotein, membran luar dan lipopolisakarida. Bakteri Gram negatif umumnya memiliki membran luar di bagian dinding sel yang dapat melindungi bakteri, menghalangi masuknya zat antibiotik dan juga sistem dari pertahanan inang. Membran luar ini bersifat hidrofilik, sedangkan komponen lipid pada dinding selnya bersifat hidrofobik.

Terdapat juga saluran spesial pada bakteri ini yang terbuat dari protein disebut dengan Porins. Saluran ini berfungsi sebagai tempat masuknya komponen hidrofilik seperti gula dan asam amino yang penting untuk kebutuhan nutrisi bakteri (Carr, 2016).

Komponen lipid berupa molekul yang mengikat peptidoglikan ke membran luar disebut lipoprotein. Membran luar ini merupakan struktur bilayer dimana komposisi lebar dalam mirip dengan membran sitoplasma, namun fosfolipid pada lapisan luar diganti dengan molekul lipopolisakarida (LPS). Terdapat ruang antara membran luar dan membran dalam dinamakan ruang periplasma. Ruang ini terdiri dari lapisan murein dan larutan protein mirip gel, enzim hidrolitik, dan enzim detoksifikasi (Brooks *et al.*, 2013).

Lipopolisakarida (LPS) dinding sel bakteri Gram negatif terdiri dari lipid A yang merupakan lipid kompleks dimana terdapat polisakarida yang melekat dengan pusat dan ujung unit pengulangan, inti polisakarida, dan antigen O. LPS membentuk ikatan hidrofobik dengan membran luar dinding sel. Sintesis LPS terjadi di membran sitoplasma yang kemudian dibawa ke posisi akhir di sebelah luar. Fungsi LPS adalah sebagai antigen (antigen O pada rantai karbohidratnya) dan *toxin* (endotoxin yang berasal dari komponen lipid A) (Rahayu dkk., 2007). Adapun struktur bakteri Gram negatif ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 8. Struktur Bakteri Gram Negatif

2.8. Bakteri *Salmonella* sp.

Bakteri *Salmonella* sp. adalah bakteri yang berada pada famili *Enterobacteriaceae* yang dapat diklasifikasikan berdasarkan spesies, subspecies dan serotipe. Genus *Salmonella* dapat dibagi menjadi 2 spesies yaitu *Salmonella enterica* dan *Salmonella bongori*. Spesies *Salmonella enterica* terbagi lagi menjadi 6 subspecies yang terdiri dari subspecies *enteric* atau subspecies I; subspecies *salamae* atau subspecies II; *arizonae* atau IIIa; *diarizonae* atau IIIb; *houtenae* atau IV; *indica* atau VI (Lubi, 2015; Jorgensen *et al.*, 2010; Ryan dan Ray, 2014).

Bakteri *Salmonella* sp. adalah bakteri Gram negatif yang memiliki ukuran 1-3.5 $\mu\text{m} \times 0.5-0.8$, berbentuk batang, tidak berspora dan sebagian besar isolat bersifat motil dengan flagel peritriks (*peritrichous flagella*). Bakteri *Salmonella* sp. dapat tumbuh dengan mudah meskipun pada medium yang sederhana. Bakteri ini dapat membentuk asam dan umumnya menghasilkan gas H_2S . Mikroorganisme ini dapat bertahan pada air yang beku, serta resisten terhadap bahan kimia tertentu yang bisa menghambat pertumbuhan (Jawetz dkk., 2013).

Bakteri *Salmonella* sp. dapat tumbuh pada suasana aerob maupun anaerob fakultatif dengan suhu 15-41°C (suhu optimum pada 37,5 °C dan pH 6-8) (Radji, 2011). Bakteri ini akan mati pada suhu lebih dari 60°C (Rahmat dkk., 2019). Perkembangan bakteri ini dapat dikatakan sangat cepat karena setiap selnya mampu membelah diri setiap 20 menit. Oleh karena itu, satu sel bakteri *Salmonella* sp. dapat berkembang menjadi 90.000 hanya dalam waktu 6 jam (Brooks *et al.*, 2010).

Bakteri *Salmonella* sp. termasuk dalam golongan bakteri mesofilik yang berarti dapat hidup pada temperatur antara 30°C hingga 37°C. Oleh karena itu, bakteri ini dapat hidup bebas dan bersembiose dengan hewan yang berdarah panas. Secara umum, hewan dan manusia adalah makhluk yang berdarah panas sehingga mudah tercemar bakteri *Salmonella* sp. yang berasal dari makanan atau minuman terkontaminasi (Ilyas, 1983).

Salmonella sp. merupakan bakteri patogenik enterik yang menjadi penyebab utama penyakit bawaan makanan (*Food-borne diseases*). Terdapat lebih dari 2.500 serotipe *Salmonella* sp. telah menginfeksi manusia hingga menyebabkan kematian. Dari jumlah tersebut, serotipe yang paling umum menyebabkan penyakit manusia adalah *S. typhi* dan *S. enteritidis* di negara-negara Amerika dan Eropa (Lee *et al.*, 2015). *Salmonella* sp. masuk ke dalam tubuh melalui makanan yang terkontaminasi, kemudian menginvasi saluran cerna sehingga menimbulkan gejala demam, mual, terkadang muntah, dan diare (Zuhairiah dkk., 2021).

2.9. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* adalah bakteri fakultatif anaerob yang dapat tumbuh pada suhu optimum 37 °C. Akan tetapi, bakteri ini mampu membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar sekitar 20-25 °C. Koloni bakteri ini berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bulat dengan diameter 1-2 mm, halus, menonjol dan berkilau (Jawetz *et al.*, 2005). Bakteri ini termasuk dalam bakteri Gram positif yang dilihat dari adanya jaringan makromolekul pada dinding sel bakteri atau peptidoglikan (Syahrurachman dan Chatim, 2010).

Bakteri *S. aureus* merupakan salah satu bakteri yang bersifat patogen bagi manusia. Bakteri ini ditemukan dalam saluran pernapasan, tenggorokan, saluran pencernaan manusia, rambut hewan berdarah panas termasuk manusia, dan permukaan kulit (Radji, 2011). Infeksi oleh bakteri ini dapat terjadi pada hampir setiap orang dengan derajat yang bervariasi. Kasus infeksi oleh *S. aureus* dapat berupa keracunan makanan hingga infeksi kulit yang ringan sampai berat. Infeksi yang disebabkan oleh *S. aureus* ditandai dengan kerusakan jaringan yang disertai abses seperti bisul, jerawat, impetigo, dan infeksi luka (Kusuma, 2009). Bakteri ini juga dapat menyebabkan infeksi serius yang bersifat invasif seperti endokarditis, septicemia, dan pneumonia yang dapat menyebabkan kematian. Bakteri *S. aureus* masuk ke dalam tubuh melalui folikel rambut, tusukan jarum, atau melalui saluran pernafasan, dan sering terjadi di rumah sakit atau disebut infeksi nosokomial (Astridwiyanti dkk., 2019).

S. aureus dapat menyebabkan penyakit karena bakteri ini mampu menyebar luas dalam jaringan serta dapat membentuk berbagai zat ekstraseluler. Zat ini berupa toksin leukosidin, dan enterotoksin. Leukosidin merupakan toksin yang dapat mematikan sel darah putih pada beberapa hewan. Sedangkan enterotoksin adalah enzim tahan panas yang juga tahan terhadap suasana basa di dalam usus sehingga dapat menyebabkan keracunan makanan (Jawetz *et al.*, 2005).

2.10. Disinfektan

Disinfeksi adalah tindakan membunuh mikroorganisme patogen dengan cara kimia pada benda mati. Hal ini berbeda dengan antiseptik yang merupakan tindakan mencegah pertumbuhan atau aktivitas mikroorganisme baik dengan menghambat atau membunuh, yang dilakukan terhadap organisme patogen yang berada pada makhluk hidup. Jadi terdapat perbedaan yaitu jika bertujuan melakukan tindakan membunuh terhadap organisme patogen pada makhluk hidup, maka digunakan antiseptik, sedangkan untuk membunuh mikroorganisme pada benda mati digunakan disinfektan (Irianto, 2007).

Disinfektan adalah bahan kimia yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme pada benda mati. Disinfektan banyak digunakan pada rumah tangga, laboratorium, dan rumah sakit untuk tujuan sanitasi. Hal ini dikarenakan disinfektan dapat menghilangkan 60% - 90% mikroorganisme. Bahan yang digunakan untuk disinfektan adalah bahan yang dapat mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri, atau bahkan membunuhnya (Shaffer, 1965).

Menurut Larson (2013), disinfektan yang ideal harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Toksisitas yang tinggi terhadap mikroba. Kemampuan untuk membunuh mikroba merupakan hal terpenting bagi disinfektan agar dapat membunuh mikroorganisme walaupun dalam konsentrasi kecil.
2. Stabilitas tinggi.
3. Tidak bersifat toksik terhadap manusia dan binatang.

4. Homogen
5. Tidak mudah membentuk ikatan dengan zat organik lain, kecuali dengan zat organik yang ada didalam sel mikroba agar konsentrasi yang akan sampai ke mikroorganisme tidak berkurang,
6. Tidak bersifat korosif dan tidak menimbulkan warna agar tidak merusak benda yang didisinfeksi
7. Tidak berbau yang mengganggu, jika memungkinkan berbau harum
8. Daya tembusnya tinggi agar dapat membunuh mikroba yang ada pada lapisan lebih dalam.

Berdasarkan mekanisme kerjanya, disinfektan yang ideal bekerja secara cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, memiliki spektrum luas, aktivasinya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembaban lingkungan sekitar. Bahan kimia yang berfungsi sebagai disinfektan dikelompokkan ke dalam beberapa golongan, diantaranya golongan alkohol yang mengandung gugus $-OH$; golongan aldehid yang mengandung gugus $-COH$; dan golongan halogen atau senyawa terhalogenasi yaitu senyawa kimia yang mengandung gugus $-X$. Golongan-golongan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Alkohol

Alkohol sebagai bahan disinfektan bekerja dengan cara mendenaturasi protein dan melarutkan lemak yang mengakibatkan rusaknya membran sel sehingga enzim-enzim mikroorganisme akan diinaktivasi. Kerusakan membran sel ini dapat menghambat sintesis DNA, RNA, protein, dan peptidoglikan karena komponen intraseluler telah terbuang. Jenis alkohol yang biasanya digunakan sebagai bahan disinfektan adalah metanol (CH_3OH), etanol (CH_3CH_2OH), dan isopropanol ($(CH_3)_2CHOH$). Konsentrasi yang paling sering digunakan pada bahan ini adalah 70-80%. Alkohol tidak merusak logam karena tidak bersifat korosif terhadap logam, namun dapat merusak bahan karet atau plastik (Aidilfiet, 2010).

2. Aldehid

Aldehid bekerja dengan cara agen pengikat yang berinteraksi dengan amina tidak berproton pada dinding luar sel menyebabkan kegagalan fungsi

dinding sel. Hal ini mengakibatkan terjadi ikatan silang antara tiol, sulfidril, dan asam amino yang menyebabkan terhambatnya sintesis protein, DNA, dan RNA pada mikroorganisme (Hendro, 2007).

Contoh senyawa aldehyd yang digunakan sebagai bahan disinfektan adalah formaldehyd dan glutaraldehyd. Kedua senyawa ini memiliki daya bunuh yang luas terhadap macam-macam bakteri patogen dan tidak bersifat korosif terhadap logam. Namun, bahan ini memiliki efek samping berupa menyebabkan iritasi pada mata, kulit, dan pernapasan.

3. Penghasil Halogen

Zat penghasil halogen merupakan zat pengoksidasi aktif tingkat tinggi yang dapat merusak aktivitas protein dan mengganggu aktivitas membran.

Contoh dari zat ini adalah klorin, iodin dan derivatnya. Bahan tersebut memiliki spektrum luas dengan tingkat toksisitas rendah, dan biayanya murah serta mudah digunakan. Pada konsentrasi rendah, klorin sudah aktif untuk membunuh mikroorganisme meskipun klorin bebas berbau sangat tajam. Derivat organik dari klorin biasanya digunakan untuk disinfeksi air yang banyak dimanfaatkan pada kolam renang umum. Penggunaan klorin tidak boleh melebihi 0,5% dengan pemaparan lebih dari 20 menit karena dapat bersifat korosif (Aidilfiet, 2010).

Iodin efektif membunuh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan virus. Iodin bereaksi dengan kelompok sistein dan metionil thiol, nukleotida, dan asam lemak yang menyebabkan kematian sel. Iodin umumnya diformulasi dalam bentuk sabun sehingga relatif aman. Namun, jika konsentrasinya terlalu tinggi, sabun berbahan dasar iodin dapat menyebabkan iritasi kulit dan merusak logam (Glenda, 2008).

Konsentrasi minimum penghambatan beberapa senyawa disinfektan seperti di atas yaitu; glutaraldehyd 0,19 % (0,02 M); iodin 2,19% (0,42 M), dan etanol 8,75% (1,5 M) (Mazzola *et al.*, 2009). Disinfektan pada umumnya menggunakan bahan

aktif alkohol dengan konsentrasi 70% atau setara dengan 12 M. Hal ini dikarenakan disinfektan yang mengandung alkohol 70% bekerja dengan cepat dalam mengendapkan protein dan menghancurkan membran lipid bakteri (Srikartika dkk., 2016).

Selain senyawa-senyawa tersebut, menurut Hadi *et al.*, (2022), senyawa organologam khususnya organotimah karboksilat juga dapat digunakan sebagai disinfektan. Terdapat beberapa turunan difeniltimah(IV) benzoat yang telah diketahui aktif menghambat pertumbuhan bakteri seperti senyawa difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat pada konsentrasi penghambatan 0,0005 M. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian menggunakan senyawa organotimah karboksilat sebagai bahan utama dalam pembuatan disinfektan karena diketahui memiliki aktivitas biologis sebagai antibakteri pada konsentrasi yang kecil.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 sampai bulan Maret 2023. Sintesis senyawa uji dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer *UV - Visible*, dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Instrumentasi FMIPA Terpadu Universitas Islam Indonesia. Analisis senyawa dengan Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ serta *Microelemental Analyzer* dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia*. Uji aktivitas disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan untuk sintesis senyawa uji adalah neraca analitik, spatula, gelas ukur 100 mL, set refluks 250 mL, termometer 0-100°C, penangas air, *hot plate stirrer*, botol vial 30 mL, desikator, dan oven. Instrumen yang digunakan dalam menganalisis senyawa yaitu Bruker VERTEX 70 *FT-IR Spectrophotometer*, *UV Shimadzu UV-245 Spectrophotometer*, Bruker AV 600 MHz *NMR Spectrometer*, serta *Microelemental Analyzer Fision EA 1108*.

Peralatan yang digunakan untuk menguji bioaktivitas sebagai disinfektan yaitu neraca analitik, spatula, Erlenmeyer 250 mL, hot plate stirrer, sumbat kapas, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 5 mL, pipet ukur 10 mL, mikropipet 100-1000 μL , *rubber bulb*, cawan petri, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pembakar spritus, gelas ukur 10 mL, gelas beaker 100 mL, jarum ose, *glass rod spreader*, *vertical shaker*, autoklaf, *laminar air flow*, dan inkubator.

Bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis senyawa uji yaitu difeniltimah(IV) oksida, trifeniltimah(IV) hidroksida, asam benzoat, metanol, aluminium foil dan akuabides. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji aktivitas disinfektan yaitu, metanol, dimetilsulfoksida, akuabides, *nutrient agar*, *nutrient broth*, disinfektan komersil merk Prokleen dari PT. Tandil Jaya Perkasa dengan Benzalkonium klorida 5%, bakteri *Salmonella* sp. dan bakteri *S. aureus*.

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) dibenzoat

Sintesis senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat, dilakukan dengan mengadopsi prosedur Szorcik *et al.*, (2002). Sebanyak 1,1216 gram ($3,882 \times 10^{-3}$ mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida, direaksikan dengan 1,8963 gram ($7,764 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam benzoat, dalam 30 mL pelarut metanol, dan direfluks selama 4 jam pada suhu 60-62°C. Setelah proses refluks selesai dan reaksi telah berlangsung sempurna, campuran dikeringkan dalam desikator selama ± 3 bulan untuk menguapkan pelarut metanol, sehingga diperoleh padatan difeniltimah(IV) dibenzoat kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible*, *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*. Uji aktivitas disinfektan senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat, selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella* sp. dan bakteri *S. aureus*.

3.3.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) benzoat

Sintesis senyawa trifeniltimah(IV) benzoat, dilakukan dengan mengadopsi prosedur Szorcsik *et al.* (2002). Sebanyak 1,5599 gram ($4,25 \times 10^{-3}$ mol) senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida, direaksikan dengan 0,5190 gram ($4,25 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam benzoat, dalam 30 mL pelarut metanol, dan direfluks selama 4 jam pada suhu 60-62°C. Setelah proses refluks selesai dan reaksi telah berlangsung sempurna, campuran dikeringkan dalam desikator selama ± 3 bulan, untuk menguapkan pelarut metanol, sehingga diperoleh padatan trifeniltimah(IV) benzoat kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible Double Beam, Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*. Uji aktivitas sebagai disinfektan senyawa trifeniltimah(IV) benzoat, selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

3.3.3. Uji Bioaktivitas Senyawa Disinfektan

3.3.3.1. Peremajaan Bakteri

A. Peremajaan Bakteri *Salmonella sp.*

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

B. Peremajaan Bakteri *S. aureus*

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

3.3.3.2. Pembuatan Kurva Pertumbuhan Bakteri

Pembuatan kurva pertumbuhan bakteri dilakukan dengan mengadopsi prosedur Liou *et al.*, (2015). Sebanyak satu ose masing-masing bakteri *Salmonella sp* dan bakteri *S. aureus* hasil peremajaan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Selanjutnya, campuran di-*shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, dipindahkan sebanyak 6 mL ke dalam media *Nutrient Broth* 300 mL, kemudian di-*shaker* sambil diukur *optical density* pada panjang gelombang 600 nm setiap 2 jam menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis* hingga pertumbuhan bakteri mulai memasuki fase stasioner.

3.3.3.3. Pembuatan Suspensi Bakteri

3.3.3.3.1. Pembuatan Suspensi Bakteri *Salmonella sp.*

Pembuatan suspensi bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella sp.* hasil peremajaan dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Selanjutnya di-*shaker* selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah itu, inokulum dipindahkan ke dalam 500 mL media *Nutrient Broth* steril sebanyak 10 mL, kemudian di-*shaker* selama 12 jam. *Optical density* suspensi bakteri kemudian diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.3.3.2. Pembuatan Suspensi Bakteri *S. aureus*

Pembuatan suspensi bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *S. aureus* hasil peremajaan, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Selanjutnya di-*shaker* selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah itu, inokulum dipindahkan ke dalam media 500 mL media *Nutrient Broth* steril sebanyak 10 mL, kemudian di-*shaker* selama 12 jam. *Optical density* suspensi bakteri diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.3.4. Pembuatan Larutan Disinfektan

3.3.3.4.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Difeniltimah(IV) dibenzoat

Larutan stok disinfektan 1×10^{-2} M dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,0515 g padatan difeniltimah(IV) dibenzoat dan dilarutkan dalam pelarut metanol + 5% DMSO hingga volume 10 mL. Larutan stok kemudian diencerkan dengan konsentrasi 5×10^{-3} M, 1×10^{-3} M, dan $0,5 \times 10^{-3}$ M menggunakan pelarut metanol + 5% DMSO hingga 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini kemudian diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.3.4.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) benzoat

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) benzoat 1×10^{-2} M dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,0471 g padatannya, dan dilarutkan dalam pelarut metanol + 5% DMSO hingga volume 10 mL. Larutan stok kemudian diencerkan dengan konsentrasi 5×10^{-3} M, 1×10^{-3} M, dan $0,5 \times 10^{-3}$ M menggunakan pelarut metanol + 5% DMSO hingga 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini kemudian diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.3.4.3. Pembuatan Larutan Disinfektan Kontrol Positif

Larutan stok disinfektan kontrol positif 1×10^{-2} M dibuat dengan mengambil sebanyak 0,7440 mL dari larutan disinfektan komersial merk Prokleen dan dilarutkan dalam aquades hingga volume 10 mL. Larutan stok kemudian diencerkan dengan konsentrasi 5×10^{-3} M, 1×10^{-3} M, dan $0,5 \times 10^{-3}$ M menggunakan aquades hingga 10 mL. Ketiga larutan kontrol positif hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.3.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri

3.3.3.5.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) dibenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella* sp.

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

3.3.3.5.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) dibenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

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

3.3.3.5.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) benzoat Terhadap Bakteri *Salmonella* sp.

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

3.3.3.5.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) benzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

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

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

Suspensi bakteri *Salmonella* sp. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung reaksi ditambahkan 2 mL larutan kontrol positif 5×10^{-3} M, 1×10^{-3} M, dan $0,5 \times 10^{-3}$ M. Kemudian, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis* dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit. Pekerjaan dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

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

Suspensi bakteri *S. aureus*. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung reaksi ditambahkan 2 mL larutan kontrol positif 5×10^{-3} M, 1×10^{-3} M, dan $0,5 \times 10^{-3}$ M. Kemudian, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis* dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit. Pekerjaan dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

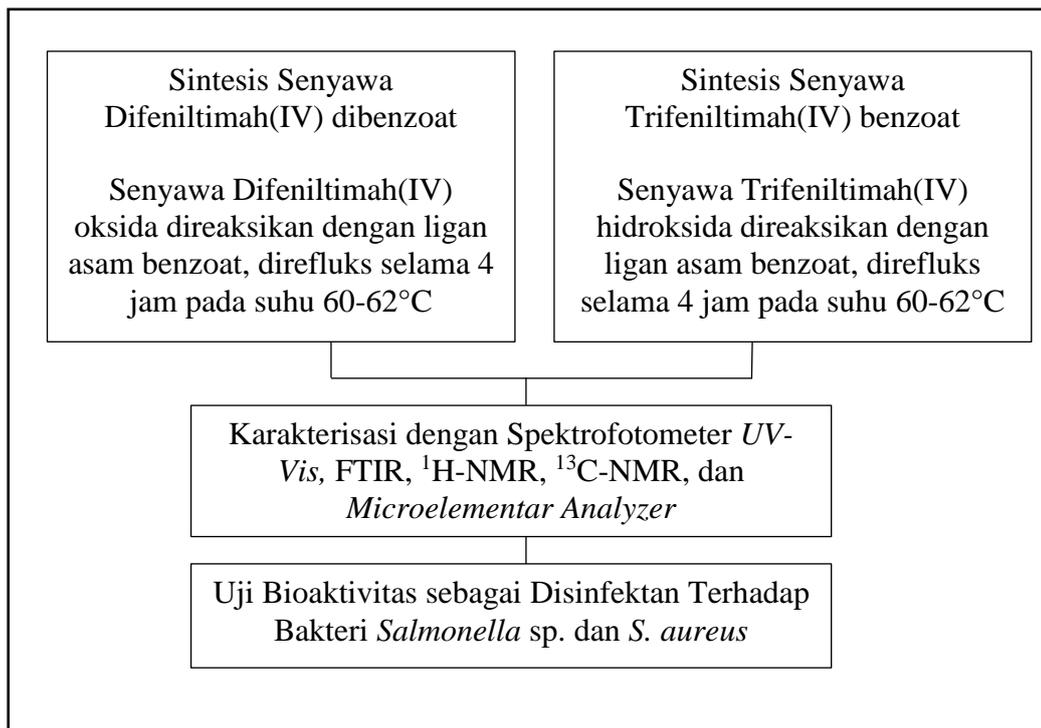
3.3.3.5.7. Uji Bioaktivitas Pelarut dan Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *Salmonella* sp.

Suspensi bakteri *Salmonella* sp. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam dua tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 2 mL pelarut (campuran metanol + 5% DMSO). Sedangkan pada tabung reaksi kedua digunakan sebagai kontrol negatif sehingga tidak ditambahkan senyawa apapun. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, diukur *optical density* masing-masing menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang 600 nm. Pengukuran dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

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

Suspensi bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam dua tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 2 mL pelarut (campuran metanol + 5% DMSO). Sedangkan pada tabung reaksi kedua digunakan sebagai kontrol negatif sehingga tidak ditambahkan senyawa apapun. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, diukur *optical density* masing-masing menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang 600 nm. Pengukuran dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

Secara keseluruhan, penelitian ini terangkum dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data dan pembahasan dari hasil penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Senyawa difeniltimah(IV) benzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat telah berhasil disintesis serta diperoleh hasil berupa padatan berwarna putih dan merah muda dengan rendemen masing-masing sebesar 91,04% dan 81,38%.
2. Hasil karakterisasi senyawa difeniltimah(IV) benzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat menggunakan spektrofotometer FTIR, *UV-Vis*, NMR, dan *Microelemental Analyzer* menunjukkan bahwa senyawa telah berhasil disintesis dengan baik serta dalam keadaan murni.
3. Hasil uji bioaktivitas senyawa difeniltimah(IV) benzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat sebagai disinfektan menunjukkan bahwa senyawa trifeniltimah(IV) benzoat paling aktif berfungsi sebagai disinfektan terhadap bakteri *S.aureus* dengan konsentrasi $0,5 \times 10^{-3}$ M pada waktu kontak 5 menit ditandai dengan penurunan nilai absorbansi yang sangat signifikan.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Menguji bioaktivitas senyawa awal sebagai disinfektan agar dapat dibandingkan dengan senyawa hasil sintesis
2. Melakukan uji disinfektan terhadap bakteri jenis lain untuk mengetahui efektivitas disinfektan selain pada bakteri *Salmonella* sp. dan *S. aureus*

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, E., Wilkinson, G., and Stone, F. 2002. Comprehensive Organometallic Chemistry I. *International Tin Research Institute*. Publication No. 618. Pergamon Press.
- Adilla, F. 2021. Review: Metode Analisis Senyawa Asam Benzoat Dalam Produk Makanan dan Minuman. *Jurnal Dunia Farmasi*. 5(2): 63-73.
- Ahmad, I., Zia-ur-Rehman, A., Waseem, M., Tariq, C., MacBeth, J, Bacsu, and Tabassum, S. 2020. Organotin(IV) Derivatives of Amide-Based Carboxylates: Synthesis, Spectroscopic Characterization, Single Crystal Studies and Antimicrobial, Antioxidant, Cytotoxic, Anti-Leishmanial, Hemolytic, Noncancerous, Anticancer Activities. *Inorganica Chimica Acta*. 505: 1-11.
- Aidilfiet, C.S. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Binarupa Aksara. Tangerang.
- Alama, A., Tasso, B., Novelli, F. and Sparatore, F. 2009. Organometallic Compounds in Oncology: Implications of Novel Organotins as Antitumor Agents. *Drug Discovery Today*. 14(9-10): 500-508.
- Anggitasari, L.W., Andi, H.A., dan Rudiansyah. 2020. Karakterisasi Senyawa Fenolik Kulit Akar Sukun (*Artocarpus communis*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 8(3): 1-8.
- Annissa, Suhartati, T., Yandri, A.S., and Hadi, S. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(TV) 3-Chlorobenzoate Againsts *Pseudomonas Aeruginosa* and *Bacillus Subtilis*. *Oriental Journal of Chemistry*. 33(3): 1133-1139.
- Apriandini, A., Fauziatul, F., Adilah, A., dan Endang, C. 2022. Pengaruh Waktu Ekstraksi Kulit Pisang Raja Nangka Sebagai Capping Agent Terhadap Karakteristik dan Aktivitas Antibakteri Nanopartikel ZnO terhadap *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 10(2): 151-159.

- Apriliantisyah, W., Kirmayanti, H., Rasfayanah, Yani, S., Masita, F., dan Said, M. 2022. Daya Hambat Ekstrak Kunyit (*Curcuma domestica* Val) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Fakumi Medical Journal*. 2(10): 694-703.
- Astridwiyanti, A.A.B., Mahendra, A.N., dan Dewi, N.W.C. 2019. Uji efektivitas ekstrak etanol kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 secara in vitro. *Intisari Sains Medis*. 10(3):482-486.
- Astutiningsih, C., Setyani, W., Hindratna, H. 2014. Uji Daya Antibakteri dan Identifikasi Isolat Senyawa Katekin Dari Daun Teh (*Camellia sinensis* L. var *Assamica*). *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*. 11(2): 50-57.
- Awang, N., Hafizah, J., Shafariatul, A. I. dan Nurul, FK. 2014. Evaluation of the ex vivo Antimalarial Activity of Organotin(IV)Ethylphenyldithiocarbamate on Erythrocytes Infected With Plasmodium berghei. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 7(6): 836-842.
- Bacchi, A., Carcelli, M., Pelagatti, P., Pelizzi, C., Rodriguez-Arguelles, M. C., Rogolino, D., and Zani, F. 2005. Antimicrobial And Nutagenic Properties of Organotin(IV) Complexes with Isatin and N-Alkylisatin Bisthiocarbonohydrazones. *Journal of Inorganic Biochemistry*. 99(2): 397-408.
- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, LIC. France.
- Besser, J.M. 2018. *Salmonella* epidemiology: A whirlwind of change. *Food Microbiology* 71(2018) : pp 55-59.
- Blaire, J.M.A., Mark A.W., Alison, J.B., David O, O., and Laura J. V. P. 2015. Molecular Mechanisms of Antibiotic Resistance. *Nature Reviews Microbiology*. 13(1):42–51.
- Boleng, D.T. 2015. *Bakteriologi Konsep-Konsep Dasar*. UMM Press, Malang. 137 hlm.
- Brooks, G.F., Karen, C.C., Janet, S.B., Stephen, A.M., dan Timothy, A.M. 2010. *Mikrobiologi Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Brooks, G.F., Carrol, K.C. dan Butel, J.S. 2013. *Mikrobiologi Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Caprette, D. R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides Rice University. Texas.
- Carr, F.J. 2016. *Microbiology: A Fundamental Introduction*. Journal of Microbiology & Experimentation. MedCrave Groups LIC. Louisville.

- Carraher, C. E., dan Roner, M. R. 2014. Organotin Polymers as Anticancer and Antiviral Agents. *Journal of Organometallic Chemistry*. 751: 67-82.
- Costech Analytical Thechnologies. 2011. *Elemental Combiustion System CHNS*. <http://costechanalytical.com/>. Diakses pada 7 Mei 2022.
- Cotton, F.A. and Wilkinson, G. 2007. *Advance Inorganic Chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York. 1171 hlm.
- Das, V.G.K., Mun, L.K., Wei, C., Mak, T.C.W. 1987. Synthesis Spectroscopic Study, and X-ray Crystal Structure of bis [3-(2-pyridyl)-2-thienyl-C,N] diphenytin(IV): The First Example of a Six-Coordinate Tetraorganotin Compound. *Organometallics*. 6(1): 10-14.
- Davies, A.G. 2004. *Organotin Chemistry*. VCH Weihein. Germany. 436 hlm.
- Day, R. A. dan Underwood, A. I. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh Sopyan, I. Erlangga. Jakarta. 180 hlm.
- Desiyanto, F. A. dan Djannah, S. N. 2013. Efektivitas Mencuci Tangan Menggunakan Cairan Pembersih Tangan Antiseptik (*Hand Sanitizer*) Terhadap Jumlah Angka Kuman. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*. 7(2): 75-82.
- Elizabeth, R., Ety, A., dan Prambudi, R. 2013. Uji Efektivitas Pada Antiseptik Di Unit Perinatologi Rumah Sakit Umum Abdul Moeloek Bandar Lampung. *Medical Journal of Lampung University*. 2(5): 119-128.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1986. *Kimia Organik Edisi Ketiga Jilid 1*. Terjemahan oleh Pudjaatmaka, A.H. Erlangga. Jakarta. 437 hlm.
- Fredella, D.M., Ave, O.R., dan Miftahurrahmah. 2022. Perbandingan Daya Hambat Minyak Atsiri Green Teadan Tea Tree terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Journal of Medical Studies*. 2(1): 68-75.
- Gandjar, I.G. dan Rohman, A. 2018. *Spektroskopi Molekuler untuk Analisis Farmasi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 15 hlm.
- Glenda, D. 2008. *Characteristics of Selected Disinfectans*. www.cfsph.iastate.edu. Diakses pada 1 Juni 2022.
- Hadi, S., Irawan, B., and Efri. 2008. Antifungal Activity Test of Some Organotin (IV) Carboxylates. *Journal of Applied Sciences Research*. 4(11): 1521-1525.
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Nurhasanah. 2009. Comparative Study on the Antifungal Activity of Some Di-and Tributyltin (IV) Carboxylate Compounds. *Modern Applied Science*. 3(1): 2-17.

- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and *in vitro* Anticancer Activity of Some Organotin(IV) Benzoate Compounds. *Oriental Journal of Chemistry*. 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. *Indonesian Journal of Chemistry*. 12 (1): 172-177.
- Hadi, S., Afriyani, H., Noviany and Qudus, H.I. 2016. The anticorrosion activity of dibutyltin(IV) and diphenyltin(IV) dihydroxybenzoate compounds towards HRP mild steel in NaCl. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 8(8):975-980.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany, N., Suhartati, T., and Yandri, A,S. 2018. Antibacterial Activity Test of Diphenyltin(IV) Dibenzoate and Triphenyltin(IV) Benzoate Compounds Against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences*. 20(1): 113-119.
- Hadi, S., Noviany, N. and Rilyanti, M. 2018. *In Vitro* Antimalarial Activity Of Some Organotin(IV)2-Nitrobenzoate Compounds Against *Plasmodium Falciparum*. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 37(2): 185-191.
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, T., Qudus, H.I, Rilyanti, M., Herasari, D., and Yandri, Y. 2021. Synthesis and Comparative Study on The Antibacterial Activity Organotin(IV) 3-Hydroxybenzoate Compounds. *Pure and Applied Chemistry*. 93:623-628.
- Hadi, S., Nova, T.R., dan Noviany. 2022. Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Organotin(IV) 4-Nitrobenzoat. *ALCHEMY Jurnal penelitian Kimia*. 18(1): 19-29.
- Hadi, S., Tati, S., Noviany, Kamisah, D.P., Yandri, Wasinton, S., and Junaidi. 2022. Disinfecting Activity of Some Diphenyltin(IV) benzoate Derivative Compounds. *Pure and Applied Chemistry*. 94(7): 799-807.
- Hakim, L. 2022. *Bakteri Patogen Tumbuhan*. Syah Kuala University Press. Banda Aceh. 38 hlm.
- Hanif, M. S. 2009. *Pola Resistensi Bakteri dari Kultur Darah Terhadap Golongan Penicillin di Laboratorium Mikrobiologi Klinik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (IMK-FKUI) Tahun 2001-2006* (Skripsi). 4-30.
- Hansch, C. dan Verma, R. P. 2009. Larvicidal Activities of Some Organotin Compounds on Mosquito Larvae: A QSAR Study. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 44(1): 260-273.

- Harahap, D.G.S., Ariyani, N., Rudy, H., Nur, A.Y., Endik, D.N., Fafa, N., Dyah, A.W., Khariri, Rina H.P., Dessyre, M.N., Sandriana, J.N., Ary, N., Shafa, N., Theopilus, W.W., Eni, S., Solikah, A.E. 2021. *Dasar-Dasar Mikrobiologi dan Penerapannya*. Widina Bakti Persada. Bandung. 53 hlm.
- Hardjono, S. 2018. *Kimia Dasar*. UGM Press. Yogyakarta. 47 hlm.
- Hendro, W. 2007. *Peran Mikrobiologi Klinik pada Penanganan Penyakit Infeksi*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang. 13 hlm.
- Ilyas, S. 1983. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan Jilid I: Teknik Pendinginan Ikan*. Paripurna. Jakarta. 27 hlm.
- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Mengukir Dunia Mikroorganisme*. Yrama Widya. Bandung. 91 hlm.
- Jawetz, E., Melnick, L. J., Adelberg A.E. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran (XX)*. EGC. Jakarta. 15 hlm.
- Jawetz, E., Melnick, J.L, Adelberg, E. A. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran (XXII)*. Salemba Medika. Jakarta. 66 hlm.
- Jawetz, E., Melnick, J.L, Adelberg, EA. 2013. *Mikrobiologi Kedokteran (XXV)*. Salemba Medika. Jakarta. 149 hlm.
- Jorgensen, J.H, Jawetz, E., Melnick and Adelberg's. 2010. *Medical Microbiology 25th edition Chapter 15*. McGraw Hill Companies. New York. 30 hlm.
- Karlina, C.Y., Muslimin, I., Guntur, T. 2013. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herba Krokot (*Portulaca oleracea L.*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Lentera Bio*. 2(1): 87-93.
- Kurniasih, H., Nurissalam, M., Iswanto, B., Afriyani, H., Qudus, H.I dan Hadi, S. 2015. The Synthesis, Characterization and Comparative Anticorrosion Study of Some Organotin(IV) 4-Chlorobenzoates. *Oriental Journal of Chemistry*. 31(4), 2377-2383.
- Kusuma, F. 2009. *Staphylococcus aureus*. Universitas Padjajaran. Jatinangor. 54 hlm.
- Larson, E. 2013. Monitoring hand hygiene: meaningless, harmful, or helpful?. *American Journal of Infection Control*. 41: 42-45.
- Lee, K., Runyon, M., Herrman, T.J., Phillips, R., Hsieh, J. 2015. Review of *Salmonella* detection and identification methods: Aspects of rapid emergency response and food safety. *Food Control*. 47:264-276.

- Liou, J.W., Hung, Y.J., Yang, C.H., Chen, Y.C. 2015. The Antimicrobial Activity of Gramicidin A Is Associated with Hydroxyl Radical Formation. *PLOS One*. 10(1): 1-15.
- Lubi, P.A.H. 2015. *Identifikasi Bakteri Escherichia coli serta Salmonella sp. Yang Disolasi dari Soto Ayam* (Skripsi). Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UI Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Manna, S., Chandan, G., Piyush, B., Tarun, K.B., Santi, M.M. 2020. Electrochemical communication in biofilm of bacterial community. *Journal of Basic Microbiology*. 60(10): 819-827.
- Matela, G., and Aman, R. 2012. Organotin(IV) Complexes of Carboxylic Acid Derivatives. *Central European Journal of Chemistry*. 10(1): 1-15.
- Mazzola, P.G., Jozala, A.F., Novaes, L.C.D.L., Moriel, P., and Penna, T.C.V. 2009. Minimal Inhibitory Concentration (MIC) Determination of Disinfectant and/or Sterilizing Agents. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 45(2): 241-248.
- Nzihou, A. 2020. *Handbook on Characterization of Biomass, Biowaste and Related By-products*. Springer International Publishing. Cham. 544 hlm.
- Olmo, A.D., Javier, C., and Manuel, N. 2017. Benzoic Acid and its Derivatives as Naturally Occurring Compounds in Foods and as Additives: Uses, Exposure and Controversy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 57(14): 3084-3103.
- Pelczar, M. J. dan Chan, E. C. S. 1996. *Dasar-dasar Mikrobiologi 2*. Terjemahan Oleh Hadioetomo, RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pellei, M., Lobbia, G.G., Mancini, M., Spagma, R., and Santini, C. 2006. Synthesis and Characterization of New Organotin(IV) Complexes with Polyfunctional Ligands. *Journal of Organometallic Chemistry*. 691(8): 1615-1621.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin(IV)ⁿ⁺ Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Structural Studies, And Some Biological Aspects. *Coordination Chemistry Reviews*. 224(1-2): 111-150.
- Purwanto dan Irianto, I. D. K. 2022. *Senyawa Alam sebagai Antibakteri dan Mekanisme Aksinya*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Putri, M.H. 2021. *Mikrobiologi Keperawatan Gigi*. Nasya Expanding Management. Pekalongan. 225 hlm.

- Radji, M. 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 46 hlm.
- Rahayu, T., Fauzia, R. S. dan Maryati. Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Daun Kemangi (*Ocimum basilicum L*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*. 8(1) : 30-38.
- Rahmat, W., Kartin, A., dan Sabir, M. 2019. Demam Tifoid dengan Komplikasi Sepsis: Pengertian, Epidemiologi, Patogenesis, dan Sebuah Laporan Kasus. *Jurnal Medical Profession*. 3(3):220-225.
- Ratih, U. 2013. *Pengendapan*. Chemical Analyst. Jakarta. 238 hlm.
- Rizal, H., Zaenal, A., Trivadila, dan Nurul, H. 2022. Sintesis Komposit Zeolit X/Oksida Perak Dan Tembaga Melalui Reaksi Tollens Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 24(2): 87-95.
- Rohman, A. 2021. *Spektroskopi Vibrasional Teori dan Aplikasinya Untuk Analisis Farmasi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 18 hlm.
- Ryan, K.J and Ray, C.G.2014. *Sherris Medical Microbiology 6th edition*. McGraw-Hill.p. New York.
- Salima, J. 2014. Antibacterial Activity of Garlic (*Allium sativum L.*) on Multi-Drug Resistant. *International Journal of Enteric Pathogens*. 4(2): 30-39.
- Samsuar S., Simanjuntak, W., Qudus, H.I., Yandri, Y., Herasari, D., dan Hadi, S. 2021. In Vitro Antimicrobial Activity Study of Some Organotin(IV) Chlorobenzoates against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research*. 11(2): 17-22.
- Sartika, D., Susilawati, dan Gusman, A. 2016. Identifikasi Cemaran *Salmonella* sp. pada Ayam Potong dengan Metode Kuantifikasi di Tiga Pasar Tradisional dan Dua Pasar Modern di Kota Bandar Lampung. *Jurnal Teknologi & Hasil Pertanian*. 21(2) : 89-96.
- Sastrawan, I. G. G., Fatmawati, N. N. D., Budayanti, N. N. S., & Darwinata, A. E. (2020). Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol 96% Daun Gamal (*Gliricidia Sepium*) Terhadap Bakteri Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) ATCC 3351. *Jurnal Medika Udayana*. 9(7):1-6.
- Sastrohamidjojo, H. 2018. *Dasar-Dasar Spektroskopi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 47 hlm.
- Schechter, I. Barzilai, I.L., and Bulatov, V. 1997. Online Remote Prediction of Gasoline Properties by Combined Optical Method. *Analytica Chimica Acta*. 339(1-2): 193-199.

- Sembiring, T., Indri, D., dan Martha, R. 2019. *Alat Penguji Material*. GUEPEDIA. Bogor. 19 hlm.
- Shaffer, J. G. 1965. *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. University of Michigan, School of Public Health. Michigan.
- Shaffer, J.G. 2013. *The Role of Labortory in Infectin Control in the Hospital*. Arbor: University of Michigan. School of Public Health. 354 hlm.
- Sirajuddin, M., Ali, S., Haider, A., Shah, A.N., Shah, A. dan Khan, M.R. 2012. Synthesis, Characterization, Biological Screenings and Interaction with Calf Thymus DNA as Well as Electrochemical Studies of Adducts Formed by Azomethine [2-((3,5-dimethylphenylimino)methyl)phenol] and Organotin(IV) chlorides. *Polyhedron*. 40(1): 19-31.
- Srikartika, P., Suharti, N., and Anas, E. 2016. Kemampuan Daya Hambat Bahan Aktif Beberapa Merek Dagang Hand sanitizer terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 5(3): 540-545.
- Sudjaji. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 53 hlm.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA (CV. Anugrah Utama Raharja). Bandar Lampung. 106 hlm.
- Sulaiha, S., Dewi, M., Talitha, W., dan Pramesti, D. 2022. Senyawa Bioaktif *Trichoderma erinaceum* dan *Trichoderma koningiopsis* Serta Potensinya Sebagai Antibakteri. *Jurnal Life Science*. 11(2): 120-131.
- Syahrurachman, A. dan Chatim, A.A. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Szorcsik, A., Nagy, L., Gadja-Schranz, K., Pallerito, L., Nagy, E., and Edelmann, E.T. 2002. Structural Studies on Organotin(IV) Complexes Formed with Ligands Containing (S, N, O) Donor Atoms. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 252(3): 523 - 530.
- Takeuchi, Y. 2006. *Buku Teks Pengantar Kimia*. Terjemahan oleh Ismunandar. Iwanami Publishing Company. Bogor. 272 hlm.
- Tarigan, I.L. dan Muadifah, A. 2020. *Senyawa Antibakteri Bahan Alam*. Media Nusa Creative. Malang. 18 hlm.
- 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.

- Ulfah, M.U. 2020. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Aseton Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Farmasi Muhammadiyah Kuningan*. 5(1):25–31.
- Utami, P. 2012. *Antibiotik Alami untuk Mengatasi Aneka Penyakit*. Agro Media Pustaka. Jakarta. 15 hlm.
- Wastiti, T., Muryani, S., dan Werdiningsih, I. 2017. Pemanfaatan Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum L.*) sebagai Desinfektan untuk Menurunkan Angka Kuman Dining di Rung Laboratorium. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(4), 171-185.
- World Health Organization. 2018. *The Global Burden of Diseases*. World Health Organization. Geneva.
- World Health Organization. 2022. *Antimicrobial Resistance Surveillance in Europe*. World Health Organization. Geneva.
- Yuni, U., Titik, I., dan Heru, S. 2015. Pengaruh Penambahan Nano-ZnO Dan Nano-Al₂O₃ Sebagai Agen Anti Bakteri Dalam Pembuatan Membran Selulosa Asetat-Kitosan Terhadap Biofouling Yang Disebabkan Oleh Bakteri Gram Negatif. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 4(4): 1-11.
- Zhang, X., Dai, H., Yan, H., Zou, W. and Cremer, D. 2016. B-H π Interaction: A New Type of Nonclassical Hydrogen Bonding. *Journal of the American Chemical Society*. 138(13): 4334-4337.
- Zuhairiah, Z., Maimunah, S., dan Silitonga, M. 2021. Pemeriksaan Cemaran *Escherichia coli*, *Shigella sp.* dan *Salmonella sp.* Pada Susu Sapi Perah Yang Diperoleh Dari Peternakan Asam Kumbang Kecamatan Medan Selayang. *Jurnal Farmanesia*. 8(1):42–51.