

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV) 3-
KLOROBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV) 4-KLOROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

**GUSTIN LESTIANI
1817011035**



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

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV) 3-KLOROBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV) 4-KLOROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

Gustin Lestiani

Sintesis dan uji aktivitas disinfektan terhadap senyawa turunan trifeniltimah(IV) benzoat telah dilakukan. Senyawa yang digunakan yaitu trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat, yang disintesis dengan mereaksikan trifeniltimah(IV) hidroksida dengan turunan asam benzoat yaitu asam 3-klorobenzoat dan asam 4-klorobenzoat. Rendemen yang diperoleh untuk senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat masing-masing sebesar 87,10 % dan 98,515 %. Senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat telah berhasil disintesis dengan baik yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer IR, UV-Vis, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, dan *microelemental analyzer*. Uji disinfektan dilakukan terhadap dua bakteri, Gram-negatif *Salmonella sp.*, dan Gram-positif *Staphylococcus aureus*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua senyawa tersebut aktif sebagai disinfektan (agen disinfektan) dengan nilai konsentrasi hambat minimum pada 5×10^{-4} M. Senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat diketahui paling aktif dalam penghambatan bakteri *S. aureus* yaitu pada waktu kontak 30 menit dan konsentrasi 5×10^{-4} M.

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

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF 3-CHLOROBENZOATE AND TRIPHENYLTIN(IV) 4-CLOROBENZOATE COMPOUNDS AND TEST BIOACTIVITY AS DISINFECTANTS

By

Gustin Lestiani

Synthesis and testing of disinfectant activity of triphenyltin(IV) benzoate derivatives have been carried out. The compounds used were triphenyltin(IV) 3-chlorobenzoate and triphenyltin(IV) 4-chlorobenzoate, which were synthesized by reacting triphenyltin(IV) hydroxide with benzoic acid derivatives, namely 3-chlorobenzoic acid and 4-chlorobenzoic acid. The yields obtained for triphenyltin(IV) 3-chlorobenzoate and triphenyltin(IV) 4-chlorobenzoate were 87.10% and 98.515 %, respectively. The compounds have been successfully synthesized as evidenced by the results of characterization using IR spectrophotometer, UV-Vis, ^1H -NMR, ^{13}C -NMR, and microelemental analyzer. The disinfectant test was carried out on two bacteria, Gram-negative *Salmonella* sp., and Gram-positive *Staphylococcus aureus*. The results showed that both compounds were active as disinfectants (disinfectant agents) with a minimum inhibitory concentration value of 5×10^{-4} M. Triphenyltin(IV) 3-chlorobenzoate was known to be the most effective in inhibiting *S. aureus* bacteria. at a contact time of 30 minutes and a concentration of 5×10^{-4} M.

Keywords: Synthesis organotin, triphenyltin(IV) benzoate derivative; disinfecting activity; *S. aureus.*, *Salmonella* s

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV) 3-KLOROBENZOAT DAN TRIFENILTIMAH(IV) 4-KLOROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

GUSTIN LESTIANI

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Penelitian

: **SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA
TRIFENILTIMAH 3-KLOROBENZOAT DAN
TRIFENILTIMAH (IV) 4-KLOROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

Nama Mahasiswa

: **Gustin Lestiani**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1817011035**

Jurusan

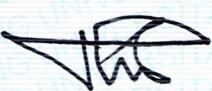
: **Kimia**

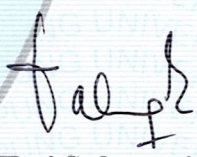
Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. **Komisi Pembimbing**


Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 197104151995121001


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

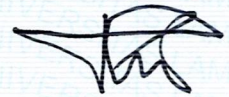
2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**

Mulyono, Ph.D.
NIP. 197406112000031002

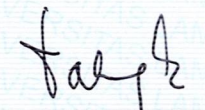
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

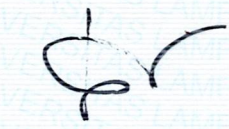
Ketua : Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc.


.....

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


.....

Penguji : Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.


.....



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP. 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Agustus 2022

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Gustin Lestiani
NPM	: 1817011035
Jurusan	: Kimia
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi	: Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat serta Uji Bioktivitas Sebagai Disinfektan" adalah benar karya sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Bandar Lampung, 21 Agustus 2022
Yang Menyatakan



Gustin Lestiani
1817011035

RIWAYAT HIDUP

Gustin Lestiani lahir di Labuhan Maringgai, pada 08 Agustus 2000. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Deddy Iskandar dan Ibu Warfu'ah. Penulis memiliki adik laki-laki bernama Khoirul Anam dan adik perempuan bernama Arni Oktaviani Safitri.

Penulis menyelesaikan Pendidikan taman kanak-kanak di TK Tunas Harapan pada tahun 2006, Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 2 Muara Gading Mas dan menyelesaikannya pada tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Islam Nurul Iman pada tahun 2012-2015. Pada tahun 2015-2018 Penulis melanjutkan pendidikan di MAN 1 Lampung Timur. Penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti Karya Wisata Ilmiah yang diadakan oleh BEM FMIPA Unila pada tahun 2018. Penulis pernah menjadi asisten matakuliah praktikum kimia dasar 1 tahun 2021 dan tutor untuk matakuliah organologam pada tahun 2022. Penulis memulai aktivitas organisasi sebagai Kader Muda HIMAKI Unila dan pada tahun 2019 penulis menjabat sebagai anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu dan menjadi sekretaris koordinator untuk acara Olimpiade Kimia Indonesia oleh Kimia HIMAKI FMIPA Unila. Pada tahun 2020-2021 penulis menjabat sebagai Ketua departemen riset dan penalaran UKM Penelitian Unila. Penulis mendapatkan pendanaan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) tingkat universitas pada tahun 2020 dan 2021. Penulis melaksanakan Program Kuliah Kerja Nyata di Desa Muara Gading Mas. Penulis juga mengikuti program kampus merdeka berupa Kredensial Mikro

Mahasiswa Indonesia (KMMI) dengan *course* Teknologi Produksi Vaksin Terkini Padjadjaran pada tahun 2021.

.

MOTTO

Barangsiapa bertakwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barangsiapa yang bertawakkal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya. Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Diatelah menjadikan untuk setiap sesuatu sesuai kadarnya (Q.S. Ath-Thalaq: 2-3)

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

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

Jadikan akhirat dihatimu, dunia ditanganmu, dan kematian dipelupuk matamu (Imam Syafi'i)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap Alhamdulillahirobbil'alamiin

Segala puji bagi Allah, yang maha pengasih lagi maha penyayang yang senantiasa memberikan nikmat sehat, rahmat, hidayah, iman dan islam serta kekuatan untuk selalu berusaha menggapi Ridho-Nya.

Shalawat beriring salam selalu tercurahkan kepada sang uswatun hasanah, khotamun nabiyyin, Nabi agung Muhammad SAW.

Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati kepada Allah SWT kupersembahkan karya kecilku sebagai tanda bakti dan cintaku kepada :

Ayah Deddy Iskandar dan Mama Warfu'ah

Mama, Ayah terima kasih atas segala do'a dan dukungan, kasih sayang, perhatian, dan semangat yang tulus dan tidak pernah putus dalam mengiringi setiap langkahku yang takkan pernah terbalaskan oleh apapun dan sampai kapanpun.

Rasa hormat dan bakti saya kepada:

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

Kepada Para Pendidik, Guru dan Dosen

Atas segala dedikasi, ilmu, dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh Pendidikan dan menyelesaikan karya ini .

Keluarga besar dan serta sahabat-sahabat terbaik yang selalu mengingatkanku dalam kebaikan dan ketaataatan, selalu memberikan keceriaan, hadir dikala suka duka, menuntut ilmu bersama, meniti hari guna mencapai ridho Allah SWT.

Serta

Almamaterku tercinta

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rohman, rohim, hidayah, dan karunia-Nya yang tiada pernah terputus dan menjadi sumber kekuatan bagi penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat Serta Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan” sebagai syarat untuk mendapat gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Teriring doa dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan *jazakumullah khoyron katsir wa jazakumullah ahsanal jaza'* kepada:

1. Kedua orangtuaku tercinta, Ayah Deddy Iskandar dan Mama Warfu'ah yang selalau mendukung dan mendo'akan aku serta selalu menjadi kekuatan untuk terus berjuang menggapai Ridho Allah SWT. Ayah, mama terima kasih banyak atas segala cinta, kasih sayang, dan pengorbanan yang telah engkau berikan untukku, segala upaya pun tak dapat dan tidak akan cukup untuk membalas jasa-jasamu. Semoga Allah SWT hadiahkan *Jannah*-Nya untukmu, *Aamiin yaa Robbal'alamin*.
2. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing I yang telah memberikan segala ilmu, motivasi, arahan, serta bimbingan terbaiknya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi dengan waktu yang tepat. Semoga Allah SWT catat sebagai amal jariyah disisi-Nya dan melimpahkan segala nikmat dan karuniaNya dalam kehidupan bapak.
3. Ibu Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S. selaku pembimbing II atas semua waktu dan ilmu yang telah didedikasikan dengan penuh kelembutan, kesabaran, dan keikhlasan selama memberikan bimbingan penelitian. Sehingga penulis dapat

menjalankan tanggung jawab terhadap diri sendiri dan orangtua. Semoga Allah SWT catat sebagai amal jariyah disisi-Nya dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan ibu.

4. Bapak Sonny Widiarto, M. Sc. selaku Pembahas dalam penelitian saya, terimakasih atas segala ilmu, masukan, dan nasihat yang telah didedikasikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT melimpahkan rohman dan rohim-Nya serta Allah SWT permudah dalam segala urusan ibu.
5. Ibu Dr. Kamisah Delilawati Pandiangan, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan, saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT catat sebagai amal *jariyah* dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan Ibu.
6. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila.
7. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Unila.
8. Bapak Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila atas segala ilmu, nasihat, arahan, motivasi, dan waktu yang telah diberikan selama penulis menempuh perkuliahan. Semoga Allah SWT catat dengan amal jariyah disisi-Nya dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan bapak ibu.
9. Bapak Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan FMIPA Unila.
10. Mba Liza Apriliyana selaku laboran Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik atas arahan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik. Semoga Allah SWT melimpahkan rohman dan rohim-Nya serta Allah SWT permudah dalam segala urusan mba.
11. Adik-adikku tersayang dan yang aku banggakan Khoirul Anam dan Arni Oktaviani Safitri yang selalu memberikan do'a dan dukungannya, serta memberikan aku semangat untuk terus berjuang. Semoga kami dapat menjadi anak yang *sholeh* dan *sholehah*, senantiasa berbakti kepada kedua orangtua serta dapat bermanfaat bagi agama, Nusa dan Bangsa. . Semoga Allah SWT senantiasa melindungi setiap langkah kalian dan kelak Allah SWT pertemuan kita di Jannah-Nya. *Aamiin yaa Robbal'alamin*.

12. Mideku tercinta Mide Purnami yang sudah merawat, selalu mendukung dan senantiasa mendo'akan penulis. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan dan keberkahan serta kasih sayangnya kepada Mide. *Aamiin yaa Robbal'alamin.*
12. Sahabat-sahabat terbaikku "STANNUM RESEARCH" dan "RANDOM" yang selalu memberikan canda tawa, bertukar nasihat, motivasi, dan emosi. Perangkai kisah yang tiada ternilai indahnyanya dan menjadi penyemangat untuk berjuang bersama: Ika Wahyu Lestari, Intan, Mey Dhea Tami Putri, Natasha Azaria dan Nia Mardanti. Semoga kita dipertemukan dan disatukan fiddunya hattal akhirah. *Aamiin ya Robbal'alamin.*
13. Sutopo Research Group, percayalah setelah hujan ada pelangi yang indah. Allah SWT punya rencana dan cerita terindah untuk kita, bagaimana pun kenyataannya dan dalam keadaan seperti apa pun itu, bersyukur adalah salah satu yang harus kita lakukan. Terima kasih telah bersedia bersama-sama medayuh kapal hingga sampai pada titik ini. Mey, Shaa, Nia, Mba Cindy, mba Aisy, mba Dini, mba Anggit, kak Retta, kak Alfa, dan mba Ulfia atas segala nasihat dan arahan selama penulis melakukan penelitian. Muni, Ocha, Mauren, dan Cantona, semangat semoga selalu diberikan kemudahan dalam setiap langkahnya. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan untuk kita mencapai cita-cita dan *ridho-Nya. Aamiin ya Robbal'alamin.*
14. Keluarga besar kimia Angkatan 2018 dan kelas B "Bersinar" serta teman-teman Lab Kimia Anorganik/Fisik dan Lab Biokimia yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, semoga kalian selalu dalam lindungan Allah SWT dan selalu diberikan kelancaran dan keberkahan dalam setiap langkah. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan untuk kita mencapai cita-cita dan *ridho-Nya.*
15. Para Ustadzah dan saudariku RQM Lampung yang senantiasa mendukung dan saling mengingatkan serta mendo'akan dalam kebaikan. Tidak lupa untuk *my roommate*, Inayah Fitri yang selalu menjadi pendengar yang baik, serta *partner diskusi random things.*

16. Para member NCT terutama *bias* aku Mark Lee, Jeno Lee, dan Huang Renjun Serta tak lupa *partner NCTzen*, Fauzia, Natasha, Ninid dan Mba Nawwal yang memberikan hiburan, semangat dan dukungan dalam mengerjakan skripsi ini.
17. 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 dukungannya. Semoga segala yang diberikan terhitung sebagai *amal jariyah* oleh Allah SWT.
18. *Last but not least, Alhamdulillahirobbil'alamiin, 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 guver ad tryna give more than I receive, for tryna do more right than wrong, for just being me at all times.*

Alhamdulillah, Terima kasih atas segala bantuan dan dukungan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga segala sesuatu yang diberikan terhitung sebagai *amal jariyah* oleh Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya rekan-rekan mahasiswa.
Aamiin.yarobbal'alamiin

Bandar Lampung, 18 Agustus 2022

Penulis,

Gustin Lestiani

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Senyawa Organologam	6
2.2. Timah	7
2.3. Senyawa Organotimah	8
2.4. Turunan Senyawa Organotimah	9
2.4.1. Senyawa Organotimah Halida	10
2.4.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida	10
2.4.3. Senyawa Organotimah Karboksilat	11
2.5. Asam 3-klorobenzoat dan Asam 4-klorobenzoat	12
2.5.1. Asam 3-klorobenzoat	12
2.5.2. Asam 4-klorobenzoat	13
2.6. Aplikasi Senyawa Organotimah	14
2.7. Analisis Senyawa Organotimah	14
2.7.1. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis	15
2.7.2. Analisis dengan Spektrofotometer IR	17
2.7.3. Analisis dengan Spektroskopi ¹³ C-NMR dan ¹ H-NMR	19
2.7.4. Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	20
2.8. Bakteri	21
2.8.1. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	22
2.8.2. Bakteri <i>S. aureus</i>	24
2.9. Disinfektan	26
2.9.1. Grup Fenol	27

2.9.2. Alkohol.....	27
2.9.3. Aldehid	27
2.9.4. Senyawa Kompleks	28
III. METODE PENELITIAN	29
3.1. Waktu dan Tempat	29
3.2. Alat dan Bahan.....	29
3.3. Prosedur Penelitian	30
3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat	30
3.3.2 Karakterisasi Senyawa Hasil Sintesis.....	31
3.3.3. Uji Senyawa Hasil Sintesis Sebagai Disinfektan	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat.....	39
4.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR	42
4.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	48
4.4. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer ^1H - dan ^{13}C - NMR	51
4.5. Analisis Senyawa Hasil Sintesis Menggunakan <i>Microelemetal</i> <i>Analyzer</i>	56
4.6. Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan	57
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan Panjang Gelombang Maksimum Senyawa Organotimah Karboksilat	17
2. Serapan Khas IR untuk Senyawa Organotimah Karboksilat.....	18
3. Nilai Pergeseran Kimia untuk ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR.....	20
4. Bilangan Gelombang Gugus Fungsi yang Terdapat Pada Senyawa Trifeniltimah Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat	45
5. Bilangan Gelombang Gugus Fungsi yang Terdapat Pada Senyawa Trifeniltimah Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat	47
6. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dengan Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat	49
7. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dengan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat	51
8. Perbandingan pergeseran kimia dari spektrum ^1H dan ^{13}C -NMR senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat.....	55
9. Hasil Mikroanalisis Unsur	56
10. Hasil Uji Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	64
11. Hasil Uji Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida.....	11
2. Struktur asam 3-klorobenzoat.....	13
3. Struktur asam 4-klorobenzoat (Sigma-Aldrich, 2014).....	13
4. Skema transisi Elektronik (Suhartati, 2017).....	15
5. Diagram alir aenelitian.....	40
6. Padatan merah muda trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat	40
7. Reaksi pembentukan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat	40
8. Padatan putih trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat	41
9. Reaksi pembentukan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat	42
10. Spektrum IR trifeniltimah(IV) hidroksida.....	43
11. Spektrum IR senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida(a), dan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat(b).....	44
12. Spektrum IR senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida(a), dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat(b).....	46
13. Perbandingan spektra <i>UV-Vis</i> senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida (a) dan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat (b)	48
14. Perbandingan spektra <i>UV-Vis</i> senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida (a) dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat (b).....	50
15. (a) ^1H -NMR (b) ^{13}C - NMR senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat.	52
16. (a) ^1H -NMR (b) ^{13}C - NMR senyawa trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Rendemen Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat	80
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat	82
3. Perhitungan Presentase Kandungan Unsur Teoritis.....	84
4. Pembuatan dan Pengenceran Larutan Disinfektan	86
5. Data Pengukuran <i>Optical Density</i> pada Uji Disinfektan dari Senyawa Hasil Sintesis	88

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infeksi merupakan salah satu jenis penyakit yang paling banyak diderita oleh penduduk di negara berkembang, termasuk Indonesia. Penyebab penyakit infeksi menurut *World Health Organization* (WHO) disebabkan oleh mikroorganisme patogen, seperti virus, bakteri, jamur, atau parasit. Salah satu tempat yang penuh resiko akan sumber infeksi dengan jumlah mikroorganisme yang tinggi adalah rumah sakit (Caroline *et al.*, 2016). Kasus infeksi yang banyak terjadi di rumah sakit yaitu infeksi nosokomial atau dengan kata lain disebut *Healthcare Associated Infections* (HAIs). Penyakit infeksi ini umumnya menyerang pasien dengan perawatan selama kurang lebih 72 jam (Brooker, 2009). Persentase infeksi nosokomial di rumah sakit di seluruh dunia mencapai 9% atau lebih dari 1,4 juta pasien rawat inap di rumah sakit seluruh dunia mengalami infeksi nosokomial (WHO, 2016). Kasus infeksi nosokomial di Indonesia sendiri berada pada angka 15,74%, angka ini cukup tinggi karena melampaui kasus pada negara maju dengan hanya 4,8-15,5% kejadian (Sapardi *et al.*, 2018).

Bakteri *Staphylococcus aureus* telah lama menjadi penyebab masalah infeksi nosokomial (Khan *et al.*, 2018). *S. aureus* merupakan salah satu bakteri Gram positif yang menyebabkan berbagai infeksi, umumnya infeksi kulit dan jaringan lunak. Pencegahan infeksi secara universal harus dilaksanakan dari segi pelayanan kesehatan sehingga dapat melindungi dari kejadian infeksi nosokomial baik itu pada pasien, staf pelayanan kesehatan, dan pengguna rumah sakit lainnya (Kemenkes, 2017).

Pemegang peranan penting dalam hal pencegahan infeksi nosokomial adalah perawat, sebagaimana diketahui rerata perawat terpapar dengan pasien sekitar 7-8 jam per hari kemudian sekitar 4 jam perawat dengan efektif kontak langsung dengan pasien, sehingga kemungkinan terjadinya infeksi nosokomial lebih tinggi (Situmorang, 2020). Petugas kesehatan khususnya perawat perlu menerapkan *universal precaution* (tindakan pengendalian infeksi sederhana) seperti pembuangan sampah dengan benar serta peningkatan dalam hal kesterilan alat dan lingkungan rumah sakit (Heriyati *et al.*, 2020). Peningkatan kesterilan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu bahan antiseptik seperti halnya disinfektan.

Disinfektan biasa digunakan untuk mencegah terjadinya penyakit yang disebabkan oleh infeksi. Cara penggunaannya dengan menyemprotkan secara langsung disinfektan pada bahan atau benda yang ingin dijaga kebersihannya, hal ini dianggap sebagai cara yang paling aman (Athena *et al.*, 2020). Penggunaan disinfektan sebagai pencegah terjadinya infeksi merupakan pilihan yang sangat tepat karena disinfektan merupakan zat yang dapat membunuh patogen di lingkungan (Larasati *et al.*, 2020). Disinfektan telah digunakan secara luas untuk sanitasi baik di rumah, laboratorium dan rumah sakit. Cara kerja disinfektan dalam membunuh bakteri adalah dengan menghambat pertumbuhan dan metabolisme bakteri tersebut. Berdasarkan mekanisme kerjanya, disinfektan yang ideal adalah yang mampu dengan cepat menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, berspektrum luas, serta aktivasinya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembapan (Shaffer, 2013).

Kandungan bahan kimia yang umum terdapat pada disinfektan biasanya berupa glutaraldehyd dan formaldehyd. Menurut Lachenmeier (2016), glutaraldehyd dan formaldehyd termasuk kedalam bahan disinfektan jenis aldehid. Disinfektan yang mengandung formaldehyd memiliki beberapa kekurangan di antaranya yaitu cenderung menimbulkan bau, keracunan pada membran kulit dan membran mukosa (Shaffer, 2013) sehingga penggunaannya tidak boleh berlebihan dan perlu pengawasan. Pemilihan bahan kimia untuk disinfektan perlu dilakukan secara tepat untuk memperoleh disinfektan yang mampu membunuh mikroorganisme

yang ada, dalam waktu tersingkat dan tanpa merusak bahan yang terkena disinfektan (West *et al.*, 2018; Rutala and Weber, 2014; Hasdianah, 2012). Banyaknya kasus infeksi, timbulnya efek samping penggunaan disinfektan, serta tingginya kebutuhan akan disinfektan yang efektif, berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan pencarian bahan baru sebagai alternatif bahan kimia yang dapat digunakan sebagai disinfektan.

Beberapa alternatif bahan disinfektan buatan dapat disintesis dengan menggunakan senyawa-senyawa anorganik. Organotimah dikenal sebagai salah satu senyawa anorganik yang memiliki aktivitas biologis yang sangat luas (Cotton and Wilkinson, 2007). Berbagai penelitian telah mengemukakan aktivitas biologis senyawa organotimah yakni sebagai antiinflamasi (Kadu *et al.*, 2015), sitotoksik dan antimikroba (Galvan-Hildago *et al.*, 2017), antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antibakteri (Bonire, 1985; Annisa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018a), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011), antivirus (Singh *et al.*, 2000), antikanker (Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012), dan antimalaria (Hadi *et al.*, 2018b; Hadi *et al.*, 2020). Keistimewaan lain dari senyawa organotimah yakni mampu memberikan efek penghambatan yang tinggi meski pada konsentrasi rendah (Hadi *et al.*, 2017) sehingga penggunaannya dapat diminimalisir. Banyaknya aktivitas biologis serta tingginya efek penghambatan senyawa organotimah menunjukkan potensi organotimah untuk dapat dijadikan sebagai alternatif bahan kimia untuk disinfektan.

Senyawa organotimah dapat berbentuk mono, di, tri, dan tetraorganotimah bergantung pada jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat pada atom pusat Sn. Kereaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) ditentukan oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn (Affan *et al.*, 2009 dan Ahmed *et al.*, 2002). Diketahui dari berbagai gugus yang terikat pada atom Sn, gugus karboksilat ditemukan sebagai ligan yang menambah kereaktifan paling baik pada senyawa kompleks organotimah untuk berbagai uji aktivitas biologi (Cotton and Wilkinson, 2007). Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukkan bahwa senyawa organotimah dengan ligan karboksilat

menunjukkan aktivitas biologis yang cukup baik sebagai antibakteri (Annisa *et al.*, 2017 dan Hadi *et al.*, 2018a).

Pada penelitian ini, dipilih senyawa tri-organotimah dengan gugus fenil. Hal tersebut dikarenakan hasil uji bioaktivitas antibakteri tri-organotimah menunjukkan hasil yang lebih baik dalam hal penghambatan bakteri dibandingkan dengan di-organotimah, hal ini berhubungan dengan kemampuan ligan fenil untuk menarik elektron dari pusat logam sebagai hasilnya logam menjadi lebih positif dan bereaksi secara aktif dengan sel bakteri yang elektronegatif (Annisa *et al.*, 2017). Selain itu, pemilihan gugus fenil pada senyawa ini dikarenakan gugus fenil memiliki zona hambat yang relatif besar daripada metil namun lebih rendah daripada gugus butil. Akan tetapi, tingkat toksisitas gugus fenil lebih rendah dibandingkan gugus butil (Affan *et al.*, 2009; Ahmed *et al.*, 2002). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa organotimah dengan gugus fenil yaitu trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat, yang selanjutnya dikarakterisasi dengan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrometer NMR dan *Microelemental Analyzer* serta diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus*.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mensintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat, melakukan karakterisasi terhadap senyawa hasil sintesis, serta menguji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan terhadap terhadap bakteri Gram positif (*S. aureus*) dan Gram negatif (*Salmonella sp.*)

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah menambah pengetahuan terkait bioaktivitas senyawa trifenitimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat sebagai disinfektan.dan memperoleh informasi terkait kemampuan senyawa organotimah(IV) karboksilat yang berpotensi untuk dijadikan sebagai disinfektan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang memiliki setidaknya satu ikatan langsung antara logam dengan atom karbon (C) dari senyawa organik. Bentuk ikatan pada senyawa organologam menjadikannya sebagai penghubung antara kimia anorganik dan organik. Suatu senyawa dengan logam yang hanya terikat dengan oksigen, belerang, nitrogen, ataupun halogen serta atom karbon yang bukan berasal dari senyawa organik seperti karbon dioksida dan karbon tetraklorida tidak termasuk senyawa organotimah. Logam pada senyawa organologam tidak hanya berasal dari logam golongan utama, melainkan juga dapat berasal dari unsur lantanida, aktinida, dan metaloid. Karbon yang terdapat pada senyawa organologam memiliki sifat yang lebih elektronegatif dari kebanyakan logamnya, hal ini merupakan sifat yang umum terdapat pada senyawa organologam (Cotton *et al.*, 2007).

Berdasarkan ikatan yang terjadi, organologam terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Senyawa organologam ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam ionik terjadi apabila suatu radikal pada logam berikatan dengan logam yang memiliki keelektropositifan yang sangat tinggi, seperti dengan logam alkali atau alkali tanah. Logam yang bersifat sangat positif secara umum akan membentuk senyawa organologam yang bersifat ionik, tidak larut dalam suatu pelarut organik, serta memiliki tingkat kereaktifan yang tinggi terhadap udara dan air.

2. Senyawa organologam dengan ikatan sigma

Ikatan yang terbentuk pada senyawa organologam ini terjadi melalui pembentukan ikatan sigma dua pusat elektron antara gugus organik dan atom logam dengan memiliki tingkat keelektronegatifan yang rendah. Umumnya, Senyawa organologam ini memiliki ikatan utama kovalen. Sifat kimia yang terdapat pada organologam ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: kemungkinan yang lebih tinggi dalam penggunaan orbital, kemampuan untuk dapat mendonorkan aril atau alkil dengan pasangan elektron bebas, keasaman Lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak penuh serta pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam-karbon (M-C) ataupun ikatan karbon-karbon (C-C).

3. Senyawa organologam dengan ikatan nonklasik

Terdapat senyawa organologam yang ikatannya tidak dapat dijelaskan melalui ikatan ionik maupun pasangan elektron. Senyawa tersebut terbagi menjadi 2 golongan yaitu :

- a. Senyawa organologam yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan
- b. Senyawa organologam yang terbentuk antara logam transisi dengan senyawa organik berupa alkena, alkuna, benzena, dan senyawa organik bersifat tidak jenuh lainnya.

2.2. Timah

Timah atau *stannum* (Sn) merupakan unsur kimia dengan nomor atom 50. Pada sistem periodik unsur, Timah terletak pada golongan IVA periode 5 yang terletak satu golongan dengan unsur karbon, silikon, germanium serta unsur timbal. Timah memiliki tingkat elektronegativitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan karbon, silikon, dan germanium, akan tetapi jika dibandingkan dengan timbal, maka timah lebih bersifat elektronegatif (Daintith, 1990). Sifat fisik timah di antaranya yaitu memiliki berat molekul sebesar 118,71 sma, titik didih 2602 °C dan titik leleh 232 °C. Adapun sifat kimia timah yaitu dapat larut dalam asam dan basa, senyawa

oksidanya dapat membentuk garam dengan suatu asam maupun basa. Pelapisan timah dengan suatu oksida film akan membuatnya tidak reaktif terhadap oksigen (Svehla, 1985).

Di alam, timah ditemukan dalam bentuk senyawanya dengan tingkat oksidasi +2 dan +4. Timah dengan tingkat oksidasi +2 (SnX_2) disebut *stannous* yang merupakan timah bivalen, dan untuk timah dengan tingkat oksidasi +4 disebut *stannic* (SnX_4) yang merupakan timah trivalen. Timah abu-abu (α), timah putih (β) dan timah rombik (γ), ketiganya merupakan bentuk alotrop timah. Bentuk timah sebagai logam putih (β -Sn) dengan geometri tetrahedral stabil pada suhu ruang. Akan tetapi, pada suhu rendah (13,2 °C) timah putih akan berubah menjadi timah abu-abu (α -Sn) yang memiliki bentuk intan kubik berupa nonlogam.

Pembentukan oksida film pada timah atau timah *plague* menyebabkan perubahan tersebut terjadi dengan cepat hal yang mendasari terjadinya peristiwa ini yaitu karena densitas timah abu-abu lebih rendah dari timah putih (Petrucchi, 1999).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah merupakan suatu senyawa yang memiliki setidaknya satu ikatan langsung antara logam timah dengan karbon dari gugus organik. Sebagian besar senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $\text{R}_n\text{SnX}_{4-n}$ ($n = 1-4$) dan diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetra- organotimah(IV) tergantung pada jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Gugus (R) pada senyawaan organotimah biasanya metil, butil, oktil atau fenil, sedangkan gugus (X) biasanya adalah klorida, fluorida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu thiolat (Pellerito and Nagy, 2002)

Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi SnO_2 , CO_2 , dan H_2O . Kemudahan putusnya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan urutannya meningkat dengan urutan: Bu (paling stabil) < Pr < Et < Me < vinil <

$\text{Ph} < \text{Bz} < \text{alil} < \text{CH}_2\text{CN} < \text{CH}_2\text{CO}_2\text{R}$ (paling tidak stabil). Derajat ion pada ikatan Sn-X dipengaruhi oleh anion (X) dan alkil (R). Contohnya yaitu pada senyawa $(\text{CH}_3)_3\text{SnX}$ dengan anion yang berbeda maka akan menghasilkan titik leleh yang berbeda pula sebagai berikut: fluorida ($300\text{ }^\circ\text{C}$) > klorida ($37\text{ }^\circ\text{C}$) > bromida ($27\text{ }^\circ\text{C}$) > iodida ($3,4\text{ }^\circ\text{C}$) (Tayer, 1988).

Senyawa organotimah merupakan monomer yang dapat membentuk makromolekul stabil, padat (metiltimah, feniltimah, dan dimetiltimah) dan cairan (butiltimah) yang sangat mudah menguap, menyublim, dan tidak berwarna serta stabil terhadap hidrolisis dan oksidasi. Atom halogen, khususnya klor yang dimiliki oleh senyawa organotimah mudah lepas dan berikatan dengan senyawa-senyawa yang mengandung atom dari golongan IA atau golongan IIA pada sistem periodik atau ion logam positif lainnya. Meskipun kekuatan ikatannya bervariasi, akan tetapi atas dasar sifat itulah senyawa organotimah dapat disintesis (Greenwood *and* Earshaw, 1990)

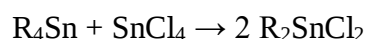
Senyawa organotimah(II) memiliki kereaktifan yang cukup tinggi, contohnya yaitu senyawa dialkil timah dan diaril timah sederhana, hal ini dikarenakan senyawa tersebut mengalami polimerisasi yang cepat. Keadaan ini dapat terjadi pada senyawa organotimah yang mempunyai kestabilan *divalent* yang kemungkinan besar terjadi pada senyawa organik, bentuk *adduct* dengan basa lewis. Perbedaan bilangan koordinasi dan geometri juga mungkin terjadi pada senyawa organotimah(II) pada penggunaan orbital 5d, yaitu bentuk trigonal planar (hibridisasi sp^2), tetrahedral (sp^3), trigonal bipiramida (sp^3d), dan oktahedral (sp^3d^2) hal ini dapat terjadi pada asam lewis yang sesuai (Van der Weji, 1981).

2.4. Turunan Senyawa Organotimah

Menurut Wilkinson pada tahun 1982, terdapat 3 macam turunan senyawa organotimah, di antaranya yaitu:

2.4.1. Senyawa Organotimah Halida

Rumus umum untuk senyawa organotimah halida adalah R_nSnX_{4-n} ($n = 1-3$; $X = Cl, Br, I$) pada umumnya berupa padatan kristalin dan sangat reaktif. Senyawa organotimah halida dapat disintesis dengan beberapa cara, di antaranya dengan direaksikan secara langsung melalui logam timah, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida yang reaktif. Metode lain yang sering digunakan untuk pembuatan organotimah halida adalah reaksi disproportionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida. Caranya adalah dengan mengubah perbandingan material awal, seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:

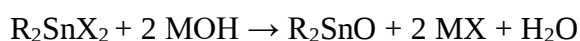
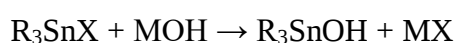


(Davies, 2006).

Senyawa organotimah halida biasanya digunakan sebagai material awal dalam pembuatan senyawa organotimah R_nSnY_{4-n} dengan Y berupa gugus -H, -OR', OCOR' dan -NR₂'. Sebagai contoh yaitu senyawa organotimah klorida yang digunakan sebagai material awal untuk sintesis organotimah halida lainnya, melalui penggantian langsung ion kloridanya dengan memakai logam halida lain yang sesuai (Cotton *and* Wilkinson, 2007).

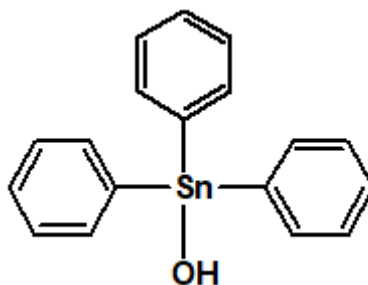
2.4.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida

Senyawa organotimah jenis ini merupakan hasil dari reaksi hidrolisis senyawa alkitimah halida. Berikut ini reaksi hidrolisis suatu senyawa alkitimah halida:



(Ingham *et al.*, 1960)

Pada penelitian ini, digunakan suatu senyawa organotimah hidroksida yaitu trifeniltimah(IV) hidroksida. Struktur dari senyawa ini dapat dilihat pada Gambar 1.

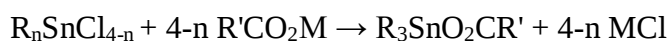


Gambar 1. Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida

Senyawa ini digunakan sebagai material awal yang akan bereaksi dengan dengan asam karboksilat untuk menghasilkan produk berupa senyawa trifeniltimah(IV) karboksilat.

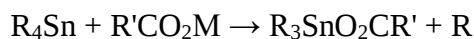
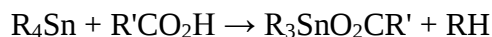
2.4.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Sintesis senyawa organotimah karboksilat, umumnya dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu dari organotimah halidanya dengan garam karboksilat, dari pemutusan ikatan Sn-C dengan asam atau merkuri(I) atau merkuri(II) atau timbal(IV) karboksilat, dan dari organotimah oksida atau organotimah hidroksida dengan asam karboksilat. Cara yang pertama, dapat dilakukan dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal yang kemudian direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, umumnya berupa aseton. Berikut ini reaksi yang berlangsung:

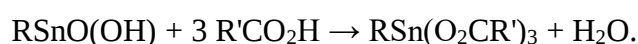
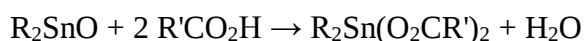


(Wilkinson, 1982)

Cara yang kedua, yaitu dengan pemutusan ikatan Sn-C yang dapat lebih mudah terjadi ketika R berupa gugus vinil, alil, aril daripada gugus alkil. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Cara sintesis organotimah karboksilat yang terakhir, yaitu dengan mencampurkan aliquot timah oksida atau hidroksidanya dengan asam karboksilat dalam pelarut yang sesuai sebagai contoh metanol. Selanjutnya air yang terbentuk dapat dengan mudah dipisahkan dengan dehidrasi azeotropik dalam pelarut benzena atau toluena. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Senyawa organotimah karboksilat yang telah disintesis pada penelitian ini berupa senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan senyawa trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat dengan menggunakan cara yang ketiga (Davies, 2006).

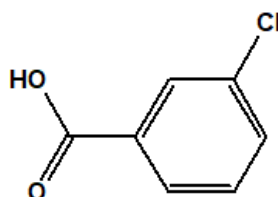
2.5. Asam 3-klorobenzoat dan Asam 4-klorobenzoat

Asam 3-klorobenzoat dan asam 4-klorobenzoat merupakan senyawa yang digunakan sebagai ligan pada penelitian ini. Kedua senyawa ini termasuk turunan asam benzoat.

2.5.1. Asam 3-klorobenzoat

Asam 3-klorobenzoat berupa padatan berwarna putih pucat, memiliki berat molekul 156,57 g/mol dengan rumus kimia $C_7H_5ClO_2$ memiliki rentan titik leleh 154-157 °C. Asam 3-klorobenzoat serta cepat larut dalam air panas dan etanol

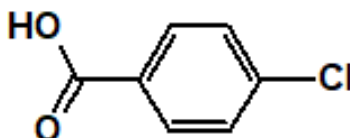
memiliki nilai $pK_a = 3,80$ (Fessenden dan Fessenden, 1986). Asam 3-klorobenzoat memiliki berat molekul 156,57 g/mol dengan rumus kimia $C_7H_5ClO_2$. Senyawa ini dapat diaplikasikan dalam bidang kesehatan yaitu sebagai obat-obatan seperti parasetamol (Widiandani dkk., 2013). Struktur asam 3-klorobenzoat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur asam 3-klorobenzoat

2.5.2. Asam 4-klorobenzoat

Adapun senyawa asam 4-klorobenzoat berupa bubuk berwarna putih larut dalam metanol, etanol, eter, air, dan toluene serta memiliki nilai $pK_a = 4,0$ (Fessenden dan Fessenden, 1986). Asam 4-klorobenzoat dengan rumus kimia $C_7H_5ClO_2$ dan memiliki berat molekul 156,57 g/mol memiliki titik lebur antara 238-241 °C (Sigma-Aldrich, 2014). Senyawa ini banyak digunakan sebagai pewarna, pestisida, antiseptik dan obat fungisida (*dimethomorph, coumatetralyl*). Gambar 3. Menunjukkan struktur senyawa asam 4-klorobenzoat.



Gambar 3. Struktur asam 4-klorobenzoat (Sigma-Aldrich, 2014)

2.6. Aplikasi Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah dikenal memiliki aplikasi yang sangat luas diberbagai bidang. Pada bidang industri, senyawa organotimah digunakan sebagai senyawa penstabil PVC (Pereyre *et al.*, 1987), katalis (Evans and Karpel, 1985), aktivitas biosidal, antigumpal cat, pengawet kayu, kaca untuk pelapis timah oksida (Gitlitz *et al.*, 1992), pestisida nonsistematik, katalis antioksidan, agen *antifouling* dalam cat, *stabilizer* pada plastik dan karet sintetik, *stabilizer* untuk parfum, aktivitas biosidal, pengawet kayu, inhibitor korosi (Rastogi *et al.*, 2005; Singh *et al.*, 2010; Rastogi *et al.*, 2011; Hadi *et al.*, 2015) dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi (Pellerito and Nagy, 2002).

Senyawa organotimah(IV) memiliki aplikasi yang luas karena memiliki efek biologis yang kuat (Davies, 2006). Keaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) ini dipengaruhi oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Senyawa organotimah karboksilat mendapat perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologi yang kuat dibandingkan senyawa organotimah lainnya (Mahmood *et al.*, 2003, Pellerito and Nagy, 2002, Hadi *et al.*, 2012). organotimah(IV) karboksilat dikenal memiliki manfaat sebagai antibakterial (Maiti *et al.*, 1988; Gleeson *et al.*, 2008), antimikroba (Bonire, 1985; Hadi *et al.*, 2021; Samsuar *et al.*, 2021), antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antikorosi (Hadi *et al.*, 2015) dan antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011; Hadi *et al.*, 2012; Hadi and Rilyanti, 2010).

2.7. Analisis Senyawa Organotimah

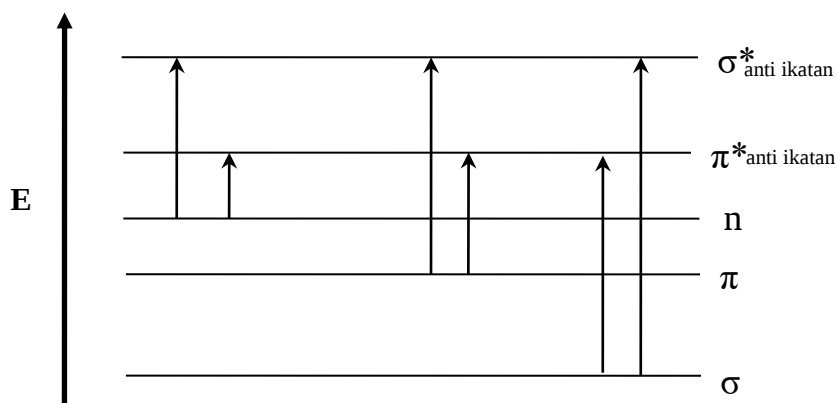
Senyawa organotimah(IV) karboksilat yang berhasil disintesis pada penelitian ini akan dilakukan analisis untuk membuktikan bahwasannya senyawa trfeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat yang disintesis telah terbentuk dengan baik. Adapun analisis untuk kedua senyawa

tersebut dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), *Ultra Violet-Visible* (UV-Vis), *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), serta analisis unsur C, H, S, dan N menggunakan *microelemental analyzer*.

2.7.1. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer *UV-Vis* adalah pengukuran serapan cahaya di daerah ultraviolet (200-350 nm) dan sinar tampak (350-800 nm) oleh suatu senyawa. Serapan cahaya *UV* atau *Visible* (cahaya tampak) mengakibatkan transisi elektronik, yaitu promosi elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih rendah (Sastrohamidjojo, 2007).

Transisi elektronik terjadi antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital antiikatan. Berikut ini transisi elektron yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema transisi elektronik (Suhartati, 2017).

Transisi elektronik dari elektron-elektron ikatan ini dihasilkan melalui interaksi sinar *ultraviolet* atau sinar tampak dengan elektron-elektron baik pada ikatan sigma (σ), ikatan pi (π) maupun elektron non ikatan (n) yang ada dalam molekul organik. Transisi elektronik yang terjadi merupakan perpindahan elektron dari

orbital ikatan atau non ikatan ke tingkat orbital antiikatan atau disebut dengan tingkat eksitasi. Orbital ikatan atau non ikatan sering disebut dengan orbital dasar, sehingga transisi elektron sering dinyatakan sebagai transisi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi.

Tingkat tereksitasi dari elektron molekul organik hanya ada dua jenis, yaitu pi bintang (π^*) dan sigma bintang (σ^*), sehingga bila molekul organik yang memiliki elektron-elektron sigma, pi, dan elektron nonikatan, misalnya pada molekul aseton, maka tipe transisi elektroniknya meliputi $\sigma \rightarrow \sigma^*$, $\sigma \rightarrow \pi^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$, $\pi \rightarrow \sigma^*$, $n \rightarrow \sigma^*$, $n \rightarrow \pi^*$ (Suhartati, 2017).

Spektrofotometer *UV-Vis* mampu mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik di dalam suatu molekul. Spektrofotometer ini dapat secara umum membedakan antara diena terkonjugasi dari diena tidak terkonjugasi, diena terkonjugasi dari triena dan sebagainya. Letak serapan dapat dipengaruhi oleh substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dan senyawa karbonil (Sudjadi, 1985).

Pada spektroskopi *UV-Vis*, spektrum tampak (*Vis*) memiliki rentang antara 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan spektrum *ultraviolet (UV)* memiliki rentang antara 200-400 nm. Informasi yang diperoleh dari spektroskopi ini yaitu adanya ikatan rangkap atau ikatan terkonjugasi dan gugus kromofor yang terikat pada aoksokrom. 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 and Underwood, 1998).

Tabel 1. Serapan Panjang Gelombang Maksimum Senyawa Organotinmah Karboksilat

Senyawa	λ_{maks} (nm)	
	$\pi \rightarrow \pi^*$	$n \rightarrow \pi^*$
$[(p\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO})]$	233.00	290.00
$[(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Sn}(\text{OH})]$	204.00	293.00
$[(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Sn}(m\text{-C}_6\text{H}_4(\text{Cl})\text{COO})]$	236.00	285.00
$[(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Sn}(p\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO})]$	206.00	254.00

(Annisa *et al.*, 2017).

2.7.2. Analisis dengan Spektrofotometer IR

Spektrofotometri IR (*Infrared*) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75-1000 μm atau pada bilangan gelombang 13000 - 10 cm^{-1} menggunakan alat yang disebut spektrofotometer. Prinsip dari analisis spektrofotometer IR yaitu dengan melewati radiasi infra merah dengan rentang panjang gelombang dan intensitas tertentu terhadap sampel yang dianalisis. Molekul-molekul senyawa pada sampel akan mengabsorpsi seluruh atau sebagian radiasi tersebut. Absorpsi ini ditentukan berdasarkan pada adanya sejumlah vibrasi ikatan yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul dalam sampel (Day dan Underwood, 1998).

Perbedaan momen dipol pada gugus fungsi menyebabkan suatu senyawa dapat terukur pada spektra IR. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik. Untuk pengukuran menggunakan IR biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} yang disebut juga daerah sedang yang merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Sastrohamidjojo, 1992).

Penyerapan ini berhubungan dengan adanya sejumlah vibrasi yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul dan perubahan momen dari ikatan kovalen pada waktu terjadinya vibrasi. Bila radiasi itu diserap sebagian atau seluruhnya, radiasi itu akan diteruskan. Detektor akan menangkap radiasi yang diteruskan itu dan mengukur intensitasnya.

Daerah serapan pada spektrum IR dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Daerah IR dekat, fenomena yang terjadi adalah absorpsi *overtone* C-H dengan bilangan gelombang antara 14.300 hingga 4.000 cm^{-1} .
2. Daerah IR sedang, fenomena yang terjadi adalah vibrasi dan rotasi dengan bilangan gelombang antara 4.000 hingga 650 cm^{-1} .
3. Daerah IR jauh, fenomena yang terjadi adalah penyerapan sinar IR oleh ligan atau spesi lainnya yang berenergi rendah dengan bilangan gelombang 650 hingga 200 cm^{-1} .

Perubahan spektrum IR dari senyawa awal, ligan dan juga senyawa akhir memperlihatkan adanya reaksi dalam sintesis senyawa organotimah (IV). Adapun serapan yang perlu diperhatikan yaitu pada bilangan gelombang daerah 500-400 cm^{-1} untuk vibrasi Sn-O dan bilangan gelombang 500-600 cm^{-1} untuk vibrasi ikatan Sn-C (Sudjadi, 1985). Berikut ini beberapa serapan IR untuk gugus fungsi pada sintesis senyawa organotimah karboksilat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Serapan Khas IR untuk Senyawa Organotimah Karboksilat

No.	Vibrasi Ikatan	Panjang 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)

2.7.3. Analisis dengan Spektroskopi ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR

Spektrometer NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) atau spektrometer resonansi magnet inti merupakan jenis spektrometer yang berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Alat ini mampu memberikan gambaran perbedaan sifat magnet dari berbagai inti yang ada untuk dapat meramalkan letak inti yang terdapat dalam suatu molekul dengan cara mempelajari tentang molekul senyawa organik maupun anorganik yang dianalisis secara spektrometer resonansi magnet inti (Sudjadi, 2007).

Pada penelitian ini digunakan 2 jenis spektrometri NMR yaitu spektrometri ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR. Spektrum ^1H -NMR yang dihasilkan akan menunjukkan adanya beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul dan jumlah atom karbon yang terdapat pada atom tetangga. Selanjutnya, Pada spektrum ^{13}C -NMR akan diketahui keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, atau kuarternar (Sudjadi, 1985).

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

Inti yang terlindungi mempunyai kekuatan medan efektif dan beresonansi pada frekuensi yang lebih rendah. Hal ini menjadikan setiap jenis inti dalam molekul akan memiliki frekuensi resonansi yang berbeda yang disebut dengan pergeseran kimia. Satuan nilai pergeseran kimia adalah ppm. Pada Tabel 3. menunjukkan nilai pergeseran kimia untuk beberapa jenis senyawa dengan *Tetramethylsilane* (TMS) sebagai titik nol-nya.

Tabel 3. Nilai Pergeseran Kimia untuk ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR

No	Jenis Senyawa	^1H (ppm)	^{13}C (ppm)
1.	Alkana	0,5-0,3	5-35
2.	Alkana termonosubstitus	2-5	25-65
3.	Alkana Tisubstitusi	3-7	20-75
4.	R-CH ₂ -NR ₂	2-3	42-70
5.	R-CH ₂ -SR	2-3	20-40
6.	R-CH ₂ -PR ₃	2,2-3,2	50-75
7.	R-CH ₂ -OH	3,5-4,5	50-75
8.	R-CH ₂ -NO ₂	4-4,6	70-85
9.	Alkena	4,5-7,5	100-150
10.	Aromatik	6-9	110-145
11.	Benzilik	2,2-2,8	18-30
12.	Asam	10-13	160-180
13.	Ester	-	160-175
14.	Hidroksil	4-6	-

(Settle, 1997)

2.7.4. Analisis dengan *Microelemental Analyzer*

Kemurnian sampel senyawa organotimah yang telah disintesis dapat ditentukan dengan menggunakan analisis mikroelementer. Cara melakukan analisis ini yaitu dengan membandingkan data kadar unsur yang dihasilkan oleh alat dengan data hasil perhitungan. Alat yang digunakan untuk tujuan mikroanalisis dikenal sebagai *CHNS Microelemental Analyzer*. Unsur yang umumnya ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Alat ini akan menghasilkan suatu data yang nantinya dapat dibandingkan dengan data hasil perhitungan secara

teoritis. Analisis ini sangat bermanfaat untuk memperoleh informasi terkait kemurnian suatu sampel, walaupun dalam praktiknya sering diperoleh hasil yang berbeda (Costech Analytical Technologies, 2011).

Prinsip dasar dari *Microelemental Analyzer* yaitu sampel dibakar pada suhu tinggi. Produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang selanjutnya diperlukan proses pemurnian kemudian dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, sampel yang diketahui jenisnya dapat diperkirakan beratnya dengan menghitung setiap berat unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi yang terendah atau tertinggi. Senyawa dikatakan murni, jika perbedaan hasil yang diperoleh antara data mikroanalisis dengan perhitungan teoritis berkisar antara 1-2% (Caprette, 2007).

2.8. Bakteri

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

Terdapat berbagai macam jenis bakteri di alam dan setiap jenisnya mempunyai sifat dan peranannya tersendiri. Contohnya, bakteri tanah yang memiliki manfaat yang tinggi pada rantai makanan makhluk hidup, bakteri ini berperan dalam siklus zat yang bersifat khas misalnya siklus nitrogen, fosfor, dan lainnya. Umumnya,

bakteri berperan sebagai dekomposer, peran lainnya yaitu sebagai penghasil enzim dalam berbagai proses yang berguna bagi kehidupan (Syauqi, 2017). Bakteri berinteraksi dengan lingkungan fisik dan kimia untuk dapat menghasilkan metabolit yang khas.

Sebagian besar bakteri memang memiliki peranan yang sangat baik dan tidak membahayakan bagi tubuh. Akan tetapi, terdapat pula bakteri yang dapat menyebabkan kerugian dan bersifat patogen sehingga dapat menyebabkan berbagai penyakit. Contohnya, bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang bersifat resisten terhadap azonasi dan disinfektan, bakteri ini salah satunya terdapat pada air rekreasi pemandian. Selain itu, bakteri *S. aureus* yang dapat menyebabkan infeksi pada mata, telinga, kulit, serta resisten terhadap klorinasi. Dalam usus halus, bakteri *Escherichia coli* dapat menyebabkan penyakit *gastroentritis* atau penyakit diare akut. Bakteri-bakteri lain yang menyebabkan penyakit di antaranya *S. typhosa*, *Bacillus cereus*, dan *Clostridium defficile* (Syauqi, 2017).

Berdasarkan sifat Gramnya, bakteri dibagi menjadi dua jenis, yaitu Gram positif dan Gram negatif. Perbedaan Gram positif dan Gram negatif, didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel yang berbeda dan dapat dinyatakan oleh prosedur pewarnaan Gram, yang ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram dan merupakan prosedur penting dalam klasifikasi bakteri (Jawetz *et al.*, 2005).

2.8.1. Bakteri *Salmonella sp.*

Salmonella sp. merupakan bakteri Gram negatif yang memiliki bentuk batang lurus, tidak memiliki spora, dan memiliki alat gerak berupa flagel peritrik. Bakteri ini berukuran 2-4 μm x 0,5-0,8 μm . Bakteri ini memiliki kemampuan tumbuh cepat dalam media yang sederhana (Jawetz *et al.*, 2005).

Bakteri *Salmonella sp.* bersifat aerob sekaligus anaerob fakultatif, Bakteri ini mengalami pertumbuhan secara optimal pada suhu 37 °C dan pada pH 6-8 (Radji, 2011). Bakteri ini sensitif terhadap suhu tinggi, tidak tahan pada suhu lebih dari 70 °C sehingga bakteri ini akan mati pada proses sterilisasi basah. Bakteri ini dapat mati pada suhu pasteurisasi dan sensitif terhadap pH rendah sekitar kurang dari pH 4 (Pertiwi *et al.*, 2015).

Bakteri *Salmonella sp.* resisten terhadap bahan kimia tertentu (contohnya hijau brilliant, *sodium tetrathionat*, *sodium deoxycholate*) yang menghambat pertumbuhan bakteri enterik lain. Akan tetapi, bahan kimia tersebut berguna pada media isolasi *Salmonella sp.* pada sampel feses. *Salmonella sp.* merupakan bakteri patogenik enterik yang menjadi penyebab utama penyakit bawaan dari makanan (*foodborne disease*). Terdapat lebih dari 2500 serotipe *Salmonella* yang dapat menginfeksi manusia. Akan tetapi pada umumnya serotipe yang menjadi penyebab utama infeksi pada manusia adalah *S. paratyphi A*, *S. paratyphi B*, *S. paratyphi C*, *S. choleraesuis*, *S. typhi* (Kuswiyanto, 2017).

Salmonella sp. yang tertelan akan masuk ke dalam usus halus, dari usus halus bakteri ini menembus mukosa epitel usus, berkembang biak di lamina propria kemudian masuk ke dalam kelenjar getah bening mesenterium dan masuk ke peredaran darah yang disebut bakterimia (Cita, 2011). Pada periode inkubasi selama 10-14 hari akan timbul demam, malaise, sakit kepala, konstipasi, *bradikardia*, dan *mialgia*. Demam mencapai plateau yang tinggi, serta limpa dan hepar membesar. *Rose spots* dapat timbul di kulit perut atau dada meskipun jarang. Hitung leukosit normal atau rendah (Brooks *et al.*, 2010)

Habitat dari bakteri *Salmonella sp.* yaitu alat pencernaan manusia dan hewan. Penularannya melalui konsumsi makanan dan minuman yang tercemar. *Salmonella sp.* yang berhasil masuk ke dalam tubuh manusia dan berkembang biak di dalam saluran pencernaan akan mengakibatkan radang usus. Radang usus dapat terjadi disebabkan proliferasi *Salmonella sp.* sehingga menimbulkan diare.

Salmonella sp yang telah menginfeksi memiliki kemampuan menghasilkan racun *cytotoxin* dan racun *enterotoxin* (Pertiwi *et al.*, 2015).

Bakteri Gram negatif sendiri merupakan bakteri dengan lapisan peptidoglikan yang tipis yang terdapat pada ruang periplasmik. Dinding sel bakteri jenis ini tidak mampu mempertahankan warna kristal *violet* karena dapat menyerap zat warna merah pada pewarnaan Gram (Radji, 2011). Bakteri Gram negatif bersifat patogen, sehingga lebih berbahaya dibandingkan bakteri Gram positif. Hal ini disebabkan karena membran luar pada bagian dinding sel bakteri Gram negatif dapat melindungi dan menghalangi masuknya zat antibiotik yang merupakan sistem pertahanan inang. Bakteri Gram negatif memiliki dinding sel dengan jumlah peptidoglikan yang rendah sehingga lebih rentan terhadap kerusakan mekanis. Adapun contoh dari bakteri jenis ini adalah *S. typhosa*, *Rhizobium leguminosarum*, *Haemophilus influenza*, dan *P. aeruginosa* (Wheelis, 2007).

2.8.2. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif. Bakteri ini memiliki sel berbentuk bola (*coccus*) dengan diameter 0,5-1,5 μm , terdapat dalam bentuk tunggal dan berpasangan, secara khas membelah diri pada lebih dari satu bidang sehingga membentuk gerombolan yang tidak teratur.

Bakteri ini melakukan metabolisme dengan respirasi dan fermentatif serta mempunyai dinding sel yang terdiri dari dua komponen utama berupa peptidoglikan dan asam teikoat. *S. aureus* tidak membentuk spora, katalase positif dan sel-selnya tersusun seperti buah anggur atau membentuk pasangan atau dalam jumlah 4 sel. *S. aureus* tumbuh dalam kaldu nutrisi pada suhu 37 °C. Batas-batas suhu pertumbuhannya adalah 15 °C dan 40 °C, sedangkan suhu pertumbuhan optimum adalah 35 °C. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif dan dapat tumbuh dalam udara yang hanya mengandung hidrogen serta pH optimum untuk pertumbuhan bakteri *S. aureus* ialah 7,4. *S. aureus* tahan pada kondisi kering,

temperatur 50 °C selama 30 menit, dan natrium klorida 9% dan dihambat oleh heksaklorofenol 3% (Jawetz *et al.*, 2005).

Bakteri *S. aureus* tumbuh pada pembenihan bakteri dalam keadaan aerobik atau mikroaerobik, *S. aureus* paling baik membentuk pigmen pada suhu kamar (20-25 °C) dan tumbuh paling cepat pada suhu 37 °C. Koloni pada pembenihan padat berbentuk bulat, halus dan berkilau membentuk pigmen. Sifat pertumbuhannya dapat meragikan banyak karbohidrat dengan lambat, menghasilkan asam laktat, tetapi tidak menghasilkan gas, aktivitas proteolitik sangat bervariasi (Jawetz *et al.*, 2005).

Bakteri *S. aureus* dapat menyebabkan penyakit karena memiliki kemampuan berkembang biak dan penyebaran yang luas dalam jaringan tubuh serta adanya beberapa zat yang dapat diproduksi, antara lain koagulase yaitu enzim yang mengaktifkan faktor yang mereaksi koagulase (*Coagulase Reacting Factor-CRF*) yang biasanya terdapat dalam plasma, yang menyebabkan plasma menggumpal karena perubahan fibrinogen (Volk and Wheler, 1984). Intoksifikasi, infeksi, seperti jerawat, bisul, *meningitis*, *osteomyelitis*, *pneumonia*, serta *mastitis* pada manusia dan hewan dapat disebabkan oleh bakteri ini (Supardi dan Sukanto, 1999).

Bakteri jenis ini mempunyai membran sitoplasma lapis dua lemak yang khas yang dikelilingi oleh dinding sel yang kaku. Hal ini yang menjadikannya berbeda dengan sel eukariotik, dan menjadikan bakteri jenis ini mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang memiliki tekanan osmotik tertentu (Isselbacher, 1999). Pada proses pewarnaan Gram, bakteri jenis ini mampu mempertahankan zat warna kristal *violet* sehingga pada saat diamati dengan mikroskop akan memiliki warna ungu. Dasar yang membedakan antara Gram positif dan Gram negatif yaitu pada perbedaan struktur dinding sel dan dinyatakan oleh prosedur pewarnaan Gram yang ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram dan merupakan prosedur yang penting dalam klasifikasi bakteri (Brooks *et al.*, 2013)

Bakteri gram positif memiliki ciri khas berupa dinding sel yang homogen dengan ketebalan 20-80 nanometer dan tersusun dari senyawa peptidoglikan. Sel dari bakteri gram positif berbentuk batang atau berbentuk filament dan bulat. Bakteri gram positif melakukan reproduksi dengan cara pembelahan secara biner dan mempunyai alat gerak berupa flagela nonmotil dan jika tidak mempunyai motil maka menggunakan petritrikus. Dinding sel bakteri Gram positif lebih tebal daripada bakteri Gram negatif. Bakteri Gram negatif mengandung lipid, lemak atau substansi seperti lemak dengan persentase yang lebih tinggi daripada yang dikandung bakteri Gram positif (Pelczar *et al.*, 2006). Selain itu, Dinding sel bakteri Gram positif mengandung peptidoglikan dan teikhoat atau asam teikuronat dan bakteri mungkin dikelilingi oleh protein atau *envelope* polisakarida. Sedangkan dinding sel bakteri Gram negatif mengandung peptidoglikan, lipopolisakarida, lipoprotein, fosfolipid, dan protein (Neu dan Gootz, 1996). Contoh bakteri gram positif yaitu *Actinomyces*, *Arachnia*, *Bifidobacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Eubacterium* dan *Lactobacillus* (Wheelis, 2007).

2.9. Disinfektan

Disinfektan merupakan zat kimia yang digunakan untuk memusnahkan mikroba patogen yang umumnya digunakan untuk benda mati (Irianto, 2007). Keefektifan disinfektan dalam menghilangkan jasad renik dapat mencapai 60-90% tergantung pada zat kimia yang terkandung di dalamnya. Disinfektan mampu menghambat pertumbuhan dan metabolisme bakteri sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan sanitasi secara luas baik di rumah tangga, laboratorium dan rumah sakit.

Disinfektan yang ideal memiliki kinerja yang cepat dalam menginaktivasi mikroba pada suhu kamar, berspektrum luas, dan tidak dipengaruhi oleh bahan organik, temperatur dan kelembapan (Shaffer, 2013).

Disinfektan dapat digolongkan menjadi beberapa jenis di antaranya sebagai berikut:

2.9.1. Grup Fenol

Contoh disinfektan jenis ini yaitu *phenol*, *cresol*, *exylresorcinol*, *hexa-chlorophene*. Joseph Lister (1827-1912) merupakan seorang ahli bedah Inggris yang pertama kali menggunakan fenil sebagai disinfektan. Prinsip kerja fenol sebagai disinfektan yaitu dengan mendenaturasikan protein. Larutan fenol dengan konsentrasi 2-5% dapat digunakan sebagai disinfektan pada sputum, urine, feses atau alat-alat terkontaminasi. Bakteri bentuk spora dan virus memiliki ketahanan yang lebih lama terhadap fenol dibandingkan dengan bakteri bentuk vegetatif, pada suhu rendah dan adanya sabun akan mengurangi daya germisida pada fenol.

2.9.2. Alkohol

Terdapat 3 jenis alkohol yang biasa digunakan untuk kegiatan disinfeksi, yaitu metanol (CH_3OH), etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), dan isopropanol ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$). Daya disinfektan akan meningkat seiring bertambahnya berat molekul, sehingga di antara ketiga jenis alkohol tersebut Isopropil yang memiliki daya disinfektan tertinggi dan paling banyak digunakan. Larutan alkohol 70-80% dalam air merupakan alkohol yang paling banyak dipergunakan seperti etil alkohol 70%. Hal ini dikarenakan alkohol dengan konsentrasi di bawah 50% atau di atas 90% kurang efektif kecuali isopropil yang tetap efektif hingga konsentrasi 99%. Sel-sel vegetatif dapat terbunuh dalam waktu 10 menit, akan tetapi tidak efektif untuk spora.

2.9.3. Aldehid

Formaldehid (CH_2OH) adalah contoh disinfektan jenis aldehid. Disinfektan jenis ini membunuh sel mikroba dengan mendenaturasikan protein. Diketahui

penggunaan larutan formaldehid (CH_2OH) 20% dalam 60-70% alkohol sangat baik bila digunakan untuk alat-alat dengan cara merendamnya selama 18 jam. Setelah direndam, alat-alat dibilas terlebih dahulu untuk menghilangkan residu yang tertinggal.

2.9.4. Senyawa Kompleks

Adapun contoh senyawa kompleks yang digunakan untuk disinfektan yaitu senyawa turunan organotimah berupa senyawa turunan tributiltimah. Akan tetapi, penggunaan tributiltimah oksida dan tributiltimah benzoat sebagai disinfektan telah dihentikan karena memiliki tingkat toksisitas yang tinggi bagi makhluk hidup non parasit dan dapat mengakibatkan hemaprodit pada hewan (Craig, 2003). Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut tentang turunan senyawa organotimah yang dapat dijadikan disinfektan yang tidak menimbulkan efek toksik bagi makhluk hidup non parasit.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai Maret 2022. Sintesis senyawa dilakukan di Laboratorium Anorganik-Fisik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung. Senyawa yang dihasilkan dianalisis menggunakan Spektrofotometer IR dilakukan di Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi (LTSIT) Universitas Lampung. Analisis Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis unsur dengan *Microelemental Analyzer* dan analisis spektroskopi NMR dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology*, Universitas Kebangsaan Malaysia. Pengujian bioaktivitas senyawa sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam melakukan sintesis senyawa yaitu, neraca analitik, spatula, alat-alat gelas dalam laboratorium, termometer, satu set alat refluks, oven, desikator, *hot plate stirrer*, botol vial 30 mL, jarum ose bulat, mikropipet, *laminar air flow*, inkubator, spektrofotometer Bruker VERTEX 70 FT-IR dengan pellet KBR pada bilangan gelombang 4000–400 cm^{-1} , spektrofotometer UV Shimadzu UV-245, spektrofotometer NMR Bruker AV 600 MHz, dan *Microelemental Analyzer* Fision EA 1108, sumbat kapas, pipet ukur 1

mL, pipet ukur 5 mL, cawan petri, rak tabung reaksi, pembakar spiritus, *glass rod spreader*, dan *vertical shaker*.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida, asam 3-klorobenzoat, asam 4-klorobenzoat yang diperoleh dari Sigma-Aldrich (Germany), metanol *p.a.*, akuades, dimetilsulfoksida (DMSO), produk komersial (Wipol), bakteri *Salmonella sp.*, bakteri *S. aureus*, *nutrient broth (NB)*, dan *nutrient agar (NA)*.

3.3. Prosedur Penelitian

Tahap pertama yang telah dilakukan pada penelitian ini yaitu sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat berupa senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan senyawa trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat yang didasarkan pada prosedur yang telah dilakukan sebelumnya (Szorcisk *et al.*, 2002; Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012), selanjutnya dilakukan karakterisasi senyawa hasil sintesis, serta uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan. Berikut ini prosedur untuk sintesis kedua senyawa tersebut:

3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat

Metode sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat pada penelitian ini didasarkan pada prosedur yang telah dilakukan sebelumnya (Szorcisk *et al.*, 2002; Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012)

a. Sintesis Senyawa Trifenitimah(IV) 3-klorobenzoat

Sebanyak 1,1010 gram ($3,0 \times 10^{-3}$ mol) senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida direaksikan dengan 0,4697 gram ($3,0 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam 4-klorobenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu di antara 60 °C sampai 62 °C. Setelah reaksi

berlangsung sempurna, metanol *p.a* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh padatan senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat.

Padatan senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer NMR, analisis mikroelemenar, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

b. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat

Sebanyak 1,4516 gram ($3,95 \times 10^{-3}$ mol) senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida direaksikan dengan 0,6192 gram ($3,95 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam 4-klorobenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a*. dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60 °C sampai 62 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh padatan kering.

Padatan senyawa trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer NMR, analisis mikroelemenar, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.2 Karakterisasi Senyawa Hasil Sintesis

Senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat yang dihasilkan dari proses sintesis, selanjutnya akan dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer IR, spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer NMR,

analisis mikroelementer. Berikut prosedur untuk masing-masing analisis yang dilakukan.

3.3.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan menggunakan alat UV Shimadzu UV-24 *Spectrophotometer* alat ini merupakan spektrofotometer UV-Vis dengan alat *double beam* yang memiliki dua sumber sinar yang masing-masing untuk larutan blanko dan larutan sampel yang di analisis. Sebelum dilakukan karakterisasi, senyawa yang akan dianalisis terlebih dahulu dilarutkan dengan menggunakan pelarut DMSO + metanol 5% dengan konsentrasi 1×10^{-5} M. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam kuvet untuk dianalisis dengan rentang panjang gelombang maksimum sebesar 190 - 400 nm.

3.3.2.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR

Senyawa hasil sintesis yaitu trifenitimah(IV) 3-korobenzoat dan Trifenitimah(IV) 4-korobenzoat masing-masing sebanyak 0,05 gram diletakkan di atas plat optik untuk wadah cuplikan, lalu diidentifikasi gugus fungsinya berdasarkan data spektrum yang direkam oleh alat detektor spektrofotometer FT-IR yakni pada kisaran bilangan gelombang $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ menggunakan spektrofotometer Bruker VERTEX 70 FT-IR dengan metode pelet KBr. Pada metode ini sebanyak 1-10 mg sampel dihaluskan secara hati-hati dengan 100 mg KBr dan mencetaknya menjadi cakram tipis atau pelet (Hadi and Rilyanti, 2010).

3.3.2.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer ^1H NMR dan ^{13}C NMR

Spektrum ^1H dan ^{13}C NMR direkam pada Bruker AV 600 MHz NMR (600 MHz untuk ^1H dan 150 MHz untuk ^{13}C). Semua eksperimen dilakukan dengan DMSO- D_6 pada temperatur 298 K. Jumlah *run* yang digunakan untuk ^1H percobaan adalah 32 dengan referensi pada sinyal DMSO pada 2,5 ppm, sedangkan ^{13}C adalah 1000-4000 pemindaian dengan sinyal DMSO referensi sebesar 39,5 ppm.

3.3.2.4. Analisis Mikroelemental Senyawa Hasil Sintesis

Analisis unsur (CHNS) dilakukan pada *Fision EA 1108 series elemental analyzer*. dilakukan dengan cara membakar sampel pada suhu tinggi. Produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang selanjutnya diperlukan proses pemurnian kemudian dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis dengan detektor yang sesuai.

3.3.3. Uji Senyawa Hasil Sintesis Sebagai Disinfektan

Uji disinfektan pada penelitian ini dilakukan dalam kondisi aseptis di dalam *Laminar Air Flow* untuk menghindari kontaminasi atau masuknya bakteri lain dalam tabung melalui udara bebas. Berikut ini tahapan kerja pengujian senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan.

3.3.3.1 Peremajaan Bakteri *Salmonella sp.*

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan dengan pembuatan media kaldu nutrisi (*Nutrient Agar*). *Nutrient Agar* dimasukkan dalam tabung reaksi ukuran 20 x 150 mm, volume masing-masing dibuat 5 mL, lalu didiamkan dengan keadaan miring selama tiga hari. Bakteri *Salmonella sp.* ditanam pada *Nutrient Agar* miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *Salmonella sp.* dan digoreskan pada media agar miring (*Nutrient Agar*), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 - 48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.3.2. Peremajaan Bakteri *S. aureus*

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan dengan pembuatan media kaldu nutrisi (*Nutrient Agar*). *Nutrient Agar* dimasukkan dalam tabung reaksi ukuran 20 x 150

mm, volume masing-masing dibuat 5 mL, lalu didiamkan dengan keadaan miring selama tiga hari. Bakteri *S. aureus* ditanam pada agar nutrisi (*Nutrient Agar*) miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *S. aureus* dan digoreskan pada media agar miring (*Nutrient Agar*), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 - 48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.3.3. Pembuatan Inokulum Bakteri

a. Pembuatan Inokulum Bakteri *Salmonella sp.*

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

b. Pembuatan Inokulum Bakteri *S. aureus*

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

3.3.3.4. Pembuatan Larutan Disinfektan

a. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,052 g padatnya, dan dilarutkan dalam metanol +

DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini selanjutnya diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran inilah yang selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

b. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,052 g padatnya, dan dilarutkan dalam metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini selanjutnya diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran inilah yang selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.2.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri

a. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan inokulum bakteri *Salmonella sp.*, dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L disinfektan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit. *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Selanjutnya, dinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

b. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan inokulum bakteri *S. aureus*, dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L

disinfektan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} . Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit. *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

c. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan inokulum bakteri *Salmonella sp*, dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L disinfektan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit. *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Selanjutnya, dinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

d. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

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

e. Uji Bioaktifitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

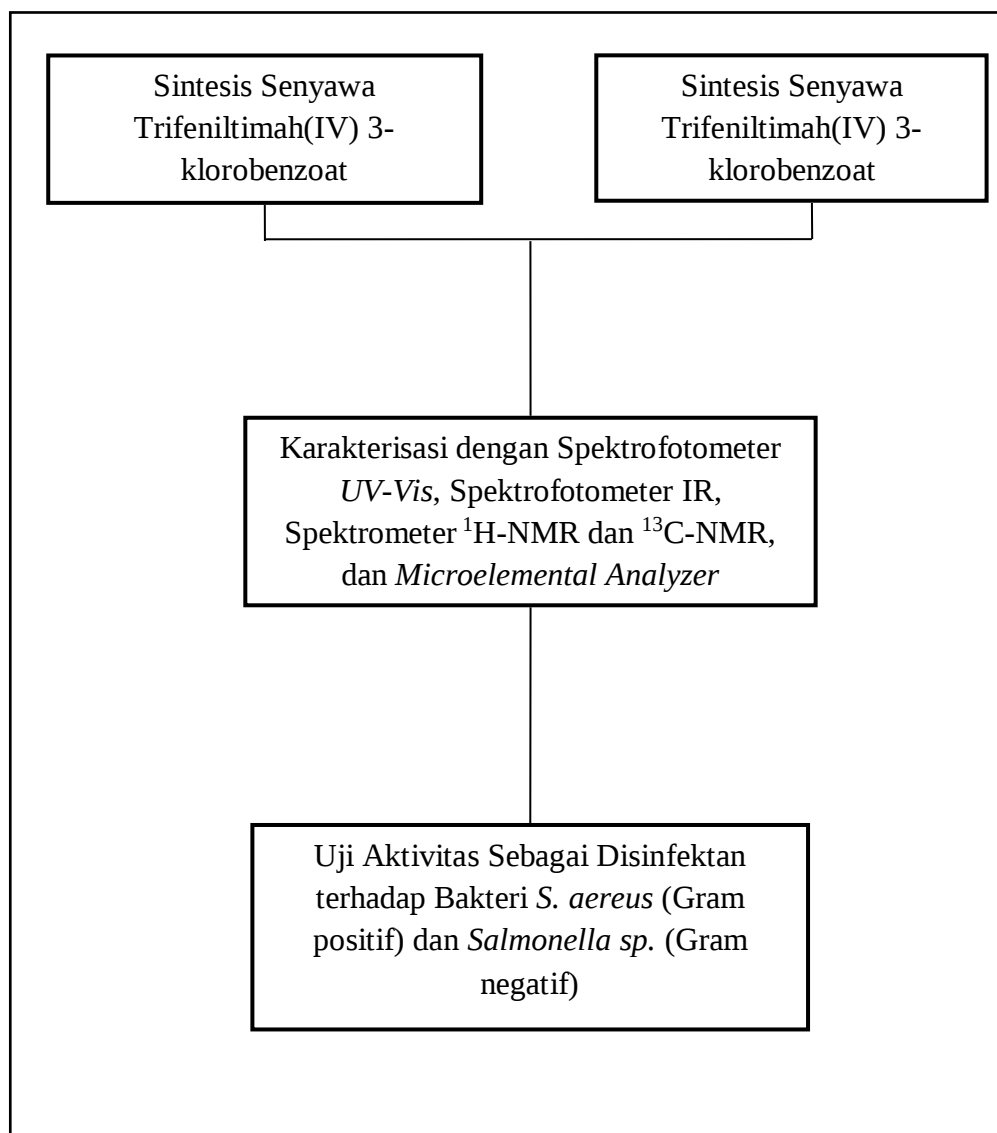
Sebanyak 5 mL larutan bakteri *Salmonella sp* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Tabung reaksi pertama berisi 500 μ L pelarut, pelarut yang digunakan terdiri atas campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua,

ditambahkan kontrol positif berupa disinfektan komersil Wipol sebanyak 500 μ L. Selanjutnya, tabung reaksi ketiga ditambahkan kontrol negatif berupa media *Nutrient Broth* steril sebanyak 500 μ L. Waktu kontak yang digunakan yaitu 10, 20, dan 30 menit, campuran ini selanjutnya diukur nilai *Optical Density* pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

f. Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *S. aureus*

Sebanyak 5 mL larutan bakteri *S. aureus* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Tabung reaksi pertama berisi 500 μ L pelarut, pelarut yang digunakan terdiri atas campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua, ditambahkan kontrol positif berupa disinfektan komersil Wipol sebanyak 500 μ L. Selanjutnya, tabung reaksi ketiga ditambahkan kontrol negatif berupa media *Nutrient Broth* steril sebanyak 500 μ L. Waktu kontak yang digunakan yaitu 10, 20, dan 30 menit, campuran ini selanjutnya diukur nilai *Optical Density* pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

Menurut Astutiningsih (2014) Setelah inkubasi, bertambahnya absorbansi menunjukkan adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup, sedangkan nilai konstan dan berkurangnya nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan tidak adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup. Adapun diagram alir untuk penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-klorobenzoat telah berhasil disintesis dan diperoleh hasil masing-masing berupa padatan berwarna merah muda dengan rendemen sebesar 87,10 %, dan padatan berwarna putih dengan berat rendemen sebesar 98,515 %.
2. Hasil karakterisasi senyawa menggunakan spektrofotometer IR (*Infra Red*), UV-Vis, NMR, dan analisis unsur menggunakan *Microelemental Analyzer* menunjukkan bahwa senyawa telah berhasil disintesis dengan baik dan dalam keadaan murni.
3. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan menunjukkan bahwa senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat paling aktif sebagai disinfektan (agen disinfektan) terhadap bakteri *S. aureus*. dengan waktu penghambatan bakteri paling efektif pada 30 menit dan konsentrasi 5×10^{-3} M ditandai dengan adanya penurunan nilai absorbansi yang sangat signifikan.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya, sebagai berikut:

1. Analisis dengan menggunakan oksigen radioaktif dapat menjadi alternatif untuk mengetahui atom O yang berasal dari gugus manakah yang menjadi

ikatan Sn-O-C pada senyawa hasil, apakah yang berasal dari gugus hidroksi pada senyawa senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida atau berasal dari atom O gugus hidroksi pada pada anion asam klorobenzoat.

2. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait penyebab warna merah muda pada padatan hasil sintesis untuk senyawa organotimah dengan substituen yang terletak pada posisi *meta*.
3. Menguji bioaktivitas senyawa awal trifeniltimah(IV) hidroksida sebagai disinfektan sehingga dapat dibandingkan aktivitasnya dengan senyawa hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Affan, M. A., Foo, S. W., Jusoh I., Hanapi S., and Tiekink, E. R. T. 2009. Synthesis, Characterization and Biological Studies of Organotin(IV) Complexes with Hydrazone Ligand. *Inorg. Chim. Acta.* **362** (7): 5031-5037.
- Ahmed, M. H., Bhatti, A., Badshah, M., and Khan, K. M. 2002. Synthesis, Spectroscopic Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivatives of 2-(N-maleoyl)-3- Phenylpropanoic Acid. *Synth. React. Inorg. Met. Org. Chem.* **32** (8): 1521-1536.
- Andrews, J. M. 2001. Determination of minimum inhibitory concentration. *J. Antimicrob. Chem.* **48**: 5-16
- Annisa, Hadi, S., Suhartati, T., and Yandri. 2017. Antibacterial activity of diphenyltin(IV) and triphenyltin(IV) 3-chlorobenzoate against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Orient. J. Chem.* **33** (3): 1133-1139.
- Astutiningsih, C., Setyaning, W., dan Hindratna, H. 2014. Uji daya antibakteri dan identifikasi isolat senyawa katekin dari daun teh (*Camellia Sinensis* L. Var *Assamica*). *J. Farm. Sains. Komun.* **11** (2): 50-57.
- Athena, A., Laelasari, E., dan Puspita, T. 2020. Pelaksanaan Disinfeksi Dalam Pencegahan Penularan Covid-19 Dan Potensi Risiko Terhadap Kesehatan Di Indonesia. *J. Ekolog. Kesehat.* **19** (1): 1–20.
- Bonire, J. J. 1985. Reactions of the pyridine adducts of organotin halides: synthesis and spectral properties of some substituted pyridine adducts of $(\text{CH}_3)_3\text{SnOCOCF}_3$ and $(\text{CH}_3)_2\text{Sn}(\text{OCOCF}_3)_2$. *Polyhedron.* **4** (10): 1707-1710.

- Brooker, C. 2009. *Ensiklopedia Keperawatan. Alih bahasa Andry H editor bahasa Indonesia Estu Tiar*. EGC. Jakarta.
- Brooks, G. F., Karen, C.C., Janet, S.B., Stephen, A. M., dan Timothy, A. M. 2010. *Mikrobiologi Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J., Morse, S., and Meitzner, T. A. 2013. *Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology 26th edition*. McGraw-Hill. New York.
- Caroline, T., Waworuntu, O., dan Buntuan V. 2016. Potensi penyebaran infeksi nosokomial di Ruang Instalasi IGD Khusus Tuberkulosis (IRINA C5)BLU RSUP. Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. *J. E-Biomed.* **4** (1): 1-8.
- Caprette, D. R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides. Rice University.
- Cita, Y. P. 2011. Bakteri *Salmonella typhi* dan Demam Tifoid. *J. Kesehat. Masy.* **6** (1): 42-46.
- Costech Analytical Technologies. 2011. Elemental Combustion System CHNS. <http://costechanalytical.com>. Diakses 20 September 2021.
- Cotton, F. A. and Wilkinson G. 2007. *Advance Inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., and Bochmann, M. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry, 6th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Craig, P. J. 2003. *Organometallic Compounds in The Environment*. John Wiley and Sons. England.
- Daintith, J. 1990. *Kamus Lengkap Kimia (Oxford)*. Erlangga. Jakarta.
- Davies, A. G. 2006. *Organotin Chemistry*. VCH Weinheim. Germany.

- Day, R. A., dan Underwood, A. L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Fessenden, J. dan Fessenden, F. 1986. *Kimia Organik Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Evans, C. J. and Karpel, S. 1985. Organotin compounds in modern technology. *J. Organomet. Chem.* **293** (1): 302.
- Galvan-Hidalgo, J. M., Chans, G. M., Ramirez-Apan, T., Nieto-Camacho, A., Hernandez-Ortega, S., and Gomez, E. 2017. Tin (IV) schiff-base complex derived from pyridoxal: synthesis, spectroscopic properties and cytotoxicity. *J. App. Organomet. Chem.* **10** (3): 9.
- Gitlitz, M. H., Dirks, R. E., and Russo, D. A. 1992. *Organotin Application*. American Chemical Society. Washington DC.
- Gleeson, B., Claffey, J., Ertler, D., Hogan, M., Muller-Bunz, H., Paradisi, F., Wallis, D., and Tacke, D. 2008. Novel Organotin Antibacterial and Anticancer Drug. *Polyhedron*. **27**: 3619-3624.
- Greenwood, N. N., and Earnshaw, A. 1990. *Chemistry of Elements, 2nd Edition*. Pergamon Press. Tokyo.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Diterjemahkan oleh Julius E.S. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Hadi, S., Efri, and Irawan, B. 2008. The Antifungal Activity Test Of Some Organotin(IV) Carboxylates. *J. Appl. Sci. Res.* **4** (11): 1521-1525.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and *in vitro* anticancer activity of some organotin(IV) benzoate compounds. *Orient. J. Chem.* **26** (3): 775-779.
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. *In Vitro* Activity and Comparative Studies of Some Organotin(IV) benzoat Compounds. *Indonesia. J. Chem.* **12**(1): 172-177.

- Hadi, S., Afriyani, H., Anggraini, W.D., Qudus, H. I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and Potency Study of Some Dibutyl(IV) Dinitrobenzoate Compounds as Corrosion Inhibitor for Mild Steel HRP in DMSO-HCl Solution. *Asian J. Chem.* **27** (4): 1509-1512.
- Hadi, S. 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. *J. Chem. Pharm. Res.* **8** (8):975-980.
- Hadi, S., dan Afriyani, H. 2017. Studi Perbandingan Sintesis dan Karakterisasi Dua Senyawa Organotin(IV) 3-Hidroksibenzoat. *ALKIMIA: J. Ilm. Kim. Ter.* **1**(1): 26-31.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany., Suhartati, T., and Yandri. 2018a. Antibacterial activity test of diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate compounds against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian. J. Microbiol. Biotech. Env. Sci.* **20** (1): 113-119.
- Hadi, S., Noviany, and Rilyanti, M. 2018b. *In Vitro* Antimalarial Activity of some Organotin(IV) 2-nitrobenzoate Compounds Against Plasmodium falciparum. *Maced. J. Chem. Chem. Eng.* **37** (2): 185-191.
- Hadi, S., Fenska, M. D., Wijaya, R. A., Noviany., and Suhartati, T. 2020. Antimalarial activity of some organotin(IV) chlorobenzoate compounds against Plasmodium falciparum. *Mediterr. J. Chem.* **10** (3): 213-219.
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, T., Qudus, H. I., Rilyanti, M., Herasari, D., and Yandri. 2021. Synthesis and comparative study on the antibacterial activity organotin(IV) 3-hydroxybenzoate compounds. *Pure Appl. Chem.* **93**(5): 623-628.
- Hans-Dieter, J., and Jeschkeit, H.1994. *Concise Encyclopedia Chemistry*. De Gruyer. New York.
- Hasdianah, 2012. *Panduan Laboratorium Mikrobiologi dan Rumah Sakit*. Nuha Medika. Jakarta.

- Heriyati, Astuti, A., dan Hatisah. 2020. Hubungan Pengetahuan dengan Pencegahan dan Pengendalian infeksi nosokomial Di Rumah Sakit. *J Pendidik. Kesehat.* **9** (1), 87-92.
- Hinwood, B. 1987. *A Textbook of Science for The Health Professions*. Department of Biological Science Sydney Institute of Technology. Australia.
- Ibrahim, M. 2007. *Mikrobiologi: Prinsip dan Aplikasi*. Unesa University Press. Surabaya.
- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. CV Yrama Widya. Bandung.
- Irianto, K. 2014. *Bakteriologi Mikologi dan Virologi Panduan Medis dan Klinis*. Alfabeta. Bandung.
- Isselbacher. 1999. *Harrison Prinsip - Prinsip Ilmu Penyakit Dalam*. 13th penyunt. EGC. Jakarta.
- Ingham, R. K., Rosenberg, S. D., and Gilman, H. 1960. Organotin compounds. *Chem. Rev.* **60**: 459-459.
- Jawetz, E., Melnick, L. J., dan Adelberg, A. E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3*. Alih Bahasa. Huriwati Hartanto. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, L. J., Adelberg A. E. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran (terjemahan)*, Edisi ke-20. EGC. Jakarta.
- Kadu, R., Hetal, R., and Singh, V. K., 2015. Diphenyltin(IV) dithiocarbamate macrocyclic scaffolds as potent apoptosis inducers for human cancer HEP 3B and IMR 32 cells: synthesis, spectral characterization, density functional theory study and *in vitro* cytotoxicity. *J. App. Organomet. Chem.* **1** (9):11.
- Kealey, D. and Haines, P. J. 2002. *Analytical Chemistry*. UK: BIOS Scientific Publishers Ltd. Oxford.

- Kementerian kesehatan, R.I. 2017. Pedoman pencegahan dan pengendalian infeksi di rumah sakit dan fasilitas pelayanan kesehatan lainnya. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI Suharto & Ratna. 2016. hubungan pengetahuan dan sikap perawat dengan tindakan pencegahan infeksi di ruang icu rumah sakit. *J. Ris. Her. Med.* **1** (1): 1-10.
- Khan, A. B., Wilson, and Gould I. M. 2018. Current and future treatment options for community-associated MRSA infection. *J. Expert. Opin. Pharmacother.* **19** (5): 457-470.
- Kuswiyanto, 2017. *Bakteriologi*. Buku Ajar Analis Kesehatan. Jakarta.
- Lachenmeier, D. W. 2016. Antiseptics Drugs and Disinfectans. *Side Effects of Drugs Annual.* **38**: 211-216.
- Larasati, A. L., Gozali, D., dan Haribowo, C. 2020. Penggunaan Disinfektan dan Antiseptik Pada Pencegahan Penularan Covid-19 di Masyarakat. *Maj. Farmasetika.* **5** (3): 137–145.
- Mahmood, S. S., Ali, M. H., Bhatti, M., Mazhar, R., and Iqbal, R. 2003. Synthesis, Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivates of 2-(2-Fluoro-4-biphenyl) Propanoic Acid. *Turk. J. Chem.* **27**: 657-666.
- Maiti, A., Guha A. K., and Ghosh, S. 1988. Ligational Behavior of Two Biologically Actives N-S Donors Toward Oxovanadium(IV) Ion and Potentiation of Their Antibacterial Activities by Chelation. *J. Inorg. Biochem.* **33**: 57-65.
- Mohan, M., Agarwal, A., and Jha, N. K. 1988. Synthesis, characterization, and antitumor properties of some metal complexes of 2,6-diacetylpyridinebis (N4-azacyclic thiosemicarbazones). *J. Inorg. Biochem.* **34**: 41-54.
- Neu, H. C., dan Gootz, T. D. 1996. Medical Microbiology, 4th edition. Texas: University of Texas Medical Branch at Galveston.
- Pelczar, M. J. and. Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-dasar mikrobiologi 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

- Pelczar, M J., dan Chan, E. C. S. 2006. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Terjemahan Oleh Hadioetomo dan Sari, S. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin(IV)ⁿ⁺ Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Structural Studies and Some Biological Aspect. *Coordination Chemistry Reviews*. **224** (1-2): 111-150.
- Pertiwi, D. P., Farhan, A., dan Prasetyaningsih, D. 2015. Identifikasi Bakteri *Salmonellasp.* dan *E. coli* pada Bakso yang Dijual di Alun-Alun Kota Jombang. *151310008 Diajeng Puspita Pertiwi Artikel.pdf (stikesicme-jbg.ac.id)*. Diakses pada 20 Oktober 2021.
- Petrucci, R. H. 1999. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*. Erlangga. Jakarta.
- Pereyre, M., Quintard, J. P., and Rahm, A. 1987. *Tin in Organic Synthesis*. Butterworths. London.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi. Buku Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Rastogi, R. B., Singh, M. M., Singh, K. and Yadav, M. 2005. Organotin Dithiohydrazodicarbonamides as Corrosion Inhibitors for Mild Steel Dimethyl Sulfoxide Containing HCl. *Port. Electrochim. Acta*. **22**: 315–332.
- Rastogi, R. B., Singh, M. M., Singh, K. and Yadav, M. 2011. Organotin Dithiobiurets as Corrosion Inhibitors for Mild Steel-Dimethyl Sulfoxide Containing Hcl. *Afr. J. Pure. Appl. Chem*. **5** (2): 19-33.
- Ruan, B., Tian, Y., Zhou, H., Wu, J., Hu, R., Zhu, C., Yang, J., and Zhu, H. 2011. Synthesis, Characterization, and *In Vitro* Antitumor Activity Of Three Organotin(IV) Complexes With Carbazole Ligand. *Inorg. Chim. Acta*. **365**: 302-308.
- Rutala, W. A., and Weber, D. J. 2014. Selection of the ideal disinfectant. *Infect. Cont. and Hospit. Ep*. **35** (7): 855-865.

- Samsuar, Simanjuntak, W., Qudus, H. I., Yandri, Herasari, D. and Hadi, S. 2021. *In vitro* antimicrobial activity study of some organotin(IV) chlorobenzoate against *S. aureus* and *E. coli*. *J. Adv. Pharm. Ed. Res.* **11** (2): 17-21.
- Sapardi, V. S., Machmud, R., dan Gusty, R. P. 2018. Analisis pelaksanaan manajemen pencegahan dan pengendalian healthcare associated infections di rsi ibnusina. *J. Endurance.* **3** (2): (358-366).
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 2007. *Spektroskopi. Edisi Ketiga*. Liberty. Yogyakarta.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Shaffer, J. G. 2013. *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. Arbor: University of Michigan. School of Public Health. Hal. 354, 357.
- Sigma-Aldrich. 2014. Material Safety Data Sheet for 4-Chlorobenzoic acid. Product Number: 135585, Version 4.4 (Revision Date 07/01/2014). <http://www.sigmaaldrich.com/safety-center.html>. Diakses 20 Oktober 2021.
- Singh, N. K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. In vitro and in vivo antitumor studies of a new thiosemicarbazide derivative and its complexes with 3d-metal ions, *Transit. Metal Chem.* **25**: 133-140.
- Singh, R., Chaudary, P., and Khausik, N. K. 2010. A Review: Organotin Compounds in Corrosion Inhibition. *Rev. Inorg. Chem. Appl. Chem.* **5** (2): 19-33.
- Situmorang, P. R. 2020. Hubungan pengetahuan bidan tentang infeksi nosokomial dengan tindakan pencegahannya pada pasien bedah seksio sesarea. *J. Keperawatan. Prior.* **3** (1):83-90.

- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Sudjadi. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. CV. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.
- Supardi, I. dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi Dalam Pengolahan Dan Keamanan Pangan*. Penerbit Alumni Bandung. Bandung.
- Svehla, G. 1985. *Vogel: Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Diterjemahkan oleh Setiono dan A.H. Pudjaatmaka. PT Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Syauqi, A. 2017. *Mikrobiologi Lingkungan: Peranan Mikroorganisme dalam Kehidupan*. ANDI. Yogyakarta.
- Szorcsik, A., Nagy, L., Pellerito, L., Yamaguchi, T., and Yoshida, K. 2002. Preparation and Structural Studies of Organotin(IV) Complexes Formed with Organic Carboxylic Acids. *J. Rad. Nuc.Chem.* **256** (1): 3-10.
- Tariq, M., Muhammad, N., Sirajuddin, M., Ali, S., Shah, N. A., Khalid, N., Tahir, M. and Khan, M. R. 2013. Synthesis, spectroscopic characterization, X-ray structures, biological screenings, DNA interaction study and catalytic activity of organotin(IV) 3-(4-fluorophenyl)- 2-methylacrylic acid derivatives. *J. Organomet. Chem.* **723**: 79-89.
- Tayer, J. 1988. *Organometallic Chemistry and Overview*. VCH Publisher Inc. United State.
- Van Der Weij, F. W. 1981. Kinetics and Mechanism of Urethane Formation Catalysed by Organotin Compound. *J. Sci. Polym. Chem.* **19** (2): 381-388.
- Volk, W. A. and Wheeler, M. E. 1984. *Basic Microbiology. 5th edition*. Harper and Row Publishers, Inc. United State.

- Warokka, K.E., Wuisan, J., dan Juliarti. 2016. Uji Konsentrasi hambat minimum (KHM) ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* Steenis) sebagai antibakteri terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. *Jurnal e-GiGi (eG)*. **4** (2): 155-159.
- Widiandani, T., Siswandono, Hardjono, S., Sondakh, R., Istifada, dan Zahra, R. 2013. Docking dan Modifikasi Struktur Senyawa Baru Turunan Parasetamol. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*. Vol.2 No.2. Fakultas Farmasi Universitas Airlangga. Surabaya:
- West, A. M., Teska, P. J., Lineback, C. B., and Oliver, H. F. 2018. Strain, disinfectant, concentration, and contact time quantitatively impact disinfectant efficacy. *J. Antimicrob. Resist. Infect. Cont.* **7** (1): 1-8.
- Wheelis, M. L. 2007. Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eukarya. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*
- WHO. 2016. The Burden of Health Care Associated Infection Worldwide A Summary.
- Wilkinson, G. 1982. *Compreherensive Organometallic Chemistry*. International Research Institute Pergamon Press. Oxford.