

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV)
DIBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-(2-ASETILBENZOAT)
SERTA UJI BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI DISINFECTAN**

(Skripsi)

Oleh

**SABRINA OCHA FELINDA
NPM 1917011062**



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

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DIBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-(2-ASETILBENZOAT) SERTA UJI BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI DISINFECTAN

Oleh

SABRINA OCHA FELINDA

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis dan karakterisasi senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) kemudian senyawa hasil sintesis diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri. Hasil sintesis senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) berturut-turut adalah padatan berwarna putih bermassa 1,8888 gram dengan rendemen sebesar 94,44% dan padatan berwarna kuning bermassa 1,6771 gram dengan rendemen sebesar 83,35%. Senyawa hasil sintesis selanjutnya dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, *FTIR*, spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*. Hasil karakterisasi menyatakan bahwa reaksi sintesis senyawa telah berlangsung dengan baik dan senyawa hasil sintesis memiliki tingkat kemurnian yang sangat tinggi. Hasil uji bioaktivitas menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis memiliki kemampuan yang baik sebagai disinfektan dalam menghambat bakteri *Salmonella sp.* (Gram negatif) dan *S. aureus* (Gram positif) dengan nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) sebesar 5×10^{-4} M dan nilai Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) sebesar 5×10^{-3} M. Senyawa dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) diketahui memiliki potensi yang sangat baik sebagai disinfektan yakni aktif dalam menghambat bakteri *S. aureus* pada konsentrasi 1×10^{-3} M dengan waktu kontak 15 menit yang ditandai dengan penurunan signifikan pada hasil metode *optical density* dan minimnya pertumbuhan bakteri pada cawan petri hasil metode *spread plate*.

Kata Kunci: Dibutyltimah(IV) dibenzoat, dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat), disinfektan, *Salmonella sp.*, *S. aureus*.

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DIBUTYLTIN(IV) DIBENZOATE AND DIBUTYLTIN(IV) DI-(2-ACETYLBenzoate) COMPOUNDS AND BIOACTIVITY TEST AS DISINFECTANTS

By

SABRINA OCHA FELINDA

In this research, the synthesis and characterization of the compounds dibutyltin(IV) dibenzoate and dibutyltin(IV) di-(2-acetylbenzoate) were carried out and the bioactivity of the synthesized compounds was tested as a disinfectant against bacteria. The results of the synthesis of the compounds dibutyltin(IV) dibenzoate and dibutyltin(IV) di-(2-acetylbenzoate) were a white solid with a mass of 1.8888 gram with a yield of 94.44% and a yellow solid with a mass of 1.6771 gram with a yield of 83.35%. The synthesized compounds were then characterized using a UV-Vis spectrophotometer, FTIR, $^1\text{H-NMR}$ and $^{13}\text{C-NMR}$ spectroscopy, and a Microelemental Analyzer. The characterization results stated that the synthesis reaction of the compound had proceeded well and the synthesized compound had a very high level of purity. The results of the bioactivity test indicated that the synthesized compound had good ability as a disinfectant in inhibiting *Salmonella sp.* (Gram negative) and *S. aureus* (Gram positive) with a Minimum Inhibitory Concentration (MIC) value of 5×10^{-4} M and a Minimum Bactericidal Concentration (MBC) value of 5×10^{-3} M. The dibutyltin(IV) di-(2-acetylbenzoate) is known to have excellent potential as a disinfectant which is active in inhibiting *S. aureus* bacteria at a concentration of 1×10^{-3} M with a contact time of 15 minutes which is characterized by a significant decrease in the results of the optical density method and minimal bacterial growth in the dish results of the spread plate method.

Keywords: Dibutyltin(IV) dibenzoate, dibutyltin(IV) di-(2-acetylbenzoate), disinfectant, *Salmonella sp.*, *S. aureus*.

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV)
DIBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-(2-ASETILBENZOAT)
SERTA UJI BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

Sabrina Ocha Felinda

Skripsi

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

Pada

Jurusan Kimia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Judul Penelitian : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA
DIBUTILTIMAH(IV) DIBENZOAT DAN
DIBUTILTIMAH(IV) DI-(2-ASETILBENZOAT)
SERTA UJI BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI
DISINFECTAN**

Nama : **Sabrina Ocha Felinda**

NPM : **1917011062**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

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

Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.
NIP 195609051992031001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 197406112000031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

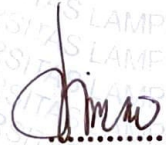
: Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.



.....

Sekretaris

: Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.



.....

Anggota

: Dr. Sonny Widiarto, M. Sc.

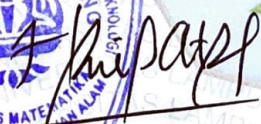


.....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 05 Juni 2023

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sabrina Ocha Felinda
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917011062
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) Dibenzoat dan Dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) serta Uji Bioaktivitasnya sebagai Disinfektan” adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, metode, hasil, dan analisisnya. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan dan sepanjang nama saya disebutkan.

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

Bandar Lampung, Juni 2023

kan

20
METERAI
TEMPEL
37C1AKX456655222

Sabrina Ocha Felinda
NPM 1917011062

RIWAYAT HIDUP



Sabrina Ocha Felinda, merupakan putri pertama dari pasangan Bapak Faisal dan Ibu Leli Yunita yang dilahirkan di Krui, 1 Februari 2002. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri 1 Pasar Krui pada tahun 2013, SMP Negeri 2 Pesisir Tengah pada tahun 2016, dan SMA Negeri 10 Pentagon Bengkulu pada tahun 2019. Kemudian, pada tahun yang sama penulis diterima sebagai Mahasiswa S1 Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur Ujian Tulis Berbasis Komputer Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (UTBK-SBMPTN) dan menjadi penerima Beasiswa Unggulan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi RI pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan organisasi, salah satunya yakni Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki). Penulis aktif sebagai Anggota Bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi pada tahun 2020 dan menjadi Sekretaris Bidang Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi pada tahun 2021. Penulis juga aktif menyuarakan isu-isu terkait kampus berkelanjutan berbasis *Sustainable Development Goals* (SDGs) selama magang dan menjadi Duta SDGs Universitas Lampung pada tahun 2022. Pada tahun yang sama, penulis memperoleh penghargaan Juara 1 Esai Lomba Inovasi Kampus Berkelanjutan Nasional, menjadi *Grand Finalis* Esai dan delegasi Universitas Lampung dalam ajang *National Student Leaders on Sustainability Meeting* (NSLSM) yang diselenggarakan oleh UI *GreenMetric World University Rankings*. Tidak hanya di dalam lingkup kampus, penulis juga pernah menjadi *Project Officer Intern* di

sebuah *Platform* Pendidikan berbasis kebahasaan, *Universal Language Center* (ULC) sejak September 2022 hingga Maret 2023.

Sebagai bentuk aplikasi ilmu pengetahuan dan penerapan Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Pekon Pelita Jaya, Kecamatan Pesisir Selatan, Kabupaten Pesisir Barat pada Januari-Februari 2022. Penulis juga telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan dengan judul Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) Dibenzoat dan Dibutyltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat) di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Universitas Lampung.

MOTTO

“Dan janganlah kamu (merasa) lemah, dan jangan (pula) bersedih hati, sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang yang beriman.”

(Q.S. Ali Imran : 139)

“... Bersungguh-sungguhlah pada perkara-perkara yang bermanfaat bagimu, mintalah pertolongan Allah dan janganlah kamu bersikap lemah.”

(H.R. Ahmad 9026, Muslim 6945)

“Dan orang-orang yang bersungguh-sungguh untuk (mencari keridhaan) Kami, benar-benar akan Kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan Kami. Dan sesungguhnya Allah benar-benar beserta orang-orang yang berbuat baik.”

(Q.S. Al Ankabut : 69)

PERSEMBAHAN

Atas izin dan ridha Allah SWT, Karya sederhana ini saya persembahkan sebagai rasa bakti, ungkapan terima kasih, serta wujud nyata perjuangan untuk:

**Ibuku, Ibuku, Ibuku; Ibu Leli Yunita
Serta Ayahku; Ayah Faisal**

Bisa sampai di titik ini semata bukanlah karena perjuangan dan kerja keras Uni, melainkan buah kerja keras dan terkabulnya salah satu doa Ibu dan Ayah yang selalu dipanjatkan dalam sujud di keheningan malam. Terima kasih untuk segala kerja keras, perjuangan, keridhaan, serta doa yang tiada henti sehingga dunia yang Uni jalani terasa lebih mudah dan dikelilingi ridha-Nya.

Rasa hormat dan takzim saya kepada:

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

Prof. Dr. Ir. Yandri, A.S., M.S.

Serta seluruh Bapak/Ibu dosen dan Bapak/Ibu guru atas ilmu yang bermanfaat selama menjalani pendidikan dari sekolah dasar hingga selesainya perkuliahan.

Keluarga dan sahabat yang telah mendukung selama ini. Terima kasih. Sungguh, hanya Allah sebaik-baiknya pemberi balasan.

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur hanya milik Allah SWT, *Rabb* semesta alam atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutyltin(IV) Dibenzotat dan Dibutyltin(IV) Di-(2-asetilbenzoat) serta Uji Bioaktivitasnya sebagai Disinfektan*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Lampung. Shalawat beriring salam semoga selalu tercurah kepada suri teladan *ummat*, *Nabiyallahu* Muhammad SAW, cahaya bagi setiap perbuatan mulia dan semoga kita mendapatkan syafaat Beliau, *aamiin ya Rabbal'alamin*.

Dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, saran, masukan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih teriring doa; *Jazakumullah khairan katsiran wa Jazakumullah ahsanal jaza'* kepada:

1. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, terutama kepada Bapak Dr. Abdul Kahar, M.Pd., selaku Kepala Pusat Layanan Pembiayaan Pendidikan yang telah memberikan bantuan materiil dan moril melalui Beasiswa Unggulan sehingga Penulis dapat menyelesaikan perkuliahan tanpa suatu halangan apa pun.
2. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
4. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

5. Bapak Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing I atas segala ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, serta keikhlasan dan kesabaran, sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT selalu melindungi dan memberikan kebaikan dan kesehatan kepada Beliau.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Yandri, A.S., M.S. selaku dosen pembimbing II atas segala ilmu yang bermanfaat, serta keikhlasan dan kesabaran dalam membimbing Penulis selama penelitian dan penulisan skripsi, semoga Beliau selalu dalam rahmat dan lindungan Allah SWT serta diberikan kebaikan dan kesehatan selalu.
7. Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc., selaku dosen pembahas atas semua ilmu yang bermanfaat, nasihat, saran dan masukan, serta kritik yang membangun sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Allah selalu melindungi dan diberikan kebaikan kepada Beliau.
8. Bapak Diky Hidayat, M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik atas segala bimbingan, nasihat dan saran selama perkuliahan berlangsung. Semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.
9. Bapak/Ibu Dosen dan Civitas Akademika Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan, semoga Allah memberikan kebaikan dan kesehatan selalu.
10. Terkhusus kedua orang tua Penulis, Ayahanda Faisal; *Rahimahullah*, serta Ibunda Leli Yunita, semoga Allah terus memberikan keberkahan dan kasih sayang bagi keduanya. Terima kasih telah selalu berdoa untuk kebaikan Penulis, serta memberikan dukungan dan semangat juang yang tiada henti.
11. Kedua adik Penulis, Amelia Izzatil Aqmar dan Luthfiana Nesya Khairina, yang selalu menyemangati penulis. Semoga selalu dalam lindungan dan kasih sayang Allah SWT.
12. Ibu Hapin Afriyani, M.Si., selaku mentor, pembimbing, kakak, dan senior yang Penulis hormati. Terima kasih untuk segala dukungan, bantuan, saran, dan motivasi yang selalu diberikan. Semoga Allah membalas kebaikan Beliau dan selalu melimpahkan kasih sayang dan rahmat-Nya kepada Beliau dan keluarga kecilnya.

13. Teman seperjuangan penelitian *Stannum Research* 2019 yang selalu membantu dan menyemangati penulis
14. Kakak-kakak, adik-adik, serta teman-teman di laboratorium Anorganik-Fisik dan laboratorium Biokimia. Terkhusus kakak-kakak dan adik-adik *Stannum Research*, semoga Allah permudah seluruh langkah kita.
15. Sahabat-sahabat yang selalu mendengarkan keluh kesah dan cerita repetitif Penulis, Mba Sarah Rizkika Ifa Muna dan Farah Naila Azzahra. Serta sahabat kecil Penulis, Syifaunnisa Karunia Masda. Semoga Allah permudah jalan kita menuju kesuksesan.
16. Teman-teman terdekat Penulis, teman seperjuangan selama perkuliahan; *Robot* dan *Bebegig*; serta keluarga besar Kimia Angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat. Semoga Allah selalu mempermudah kita dalam menggapai cita-cita.
17. Teman-teman kost nenek yang selalu mengisi hari-hari penulis; Melati, Mba Eka, Indah, Reni, Anya, Enci, Putri, Wulan, dan Cindy.
18. Teman-teman Pimpinan Himaki 2021, teman-teman Magang dan Duta SDGs 2022, serta teman-teman *intern Universal Language Center Batch 3* yang selalu memberikan motivasi dan semangat juang bagi penulis.
19. Serta ucapan terima kasih banyak Penulis sampaikan untuk Sdri. Sabrina Ocha Felinda, yang tidak berhenti berjuang hingga hari ini. Terima kasih untuk segala usaha, pengorbanan, dan air mata yang telah kita hasilkan selama proses perkuliahan hingga selesainya skripsi ini. Terima kasih telah bertahan dan berani menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna dan tidak lepas dari kekeliruan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif dari semua pihak sangat diperlukan demi kesempurnaan skripsi ini. Terima kasih, semoga kita semua senantiasa dalam lindungan Allah SWT. *Aamiin*.

Bandar Lampung, Juni 2023

Sabrina Ocha Felinda

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	5
1.3. Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Senyawa Organologam	7
2.2. Timah	9
2.3. Senyawa Organotimah	10
2.3.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida	12
2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat	12
2.4. Aplikasi Senyawa Organotimah.....	14
2.5. Analisis Senyawa Organotimah	16
2.5.1. Analisis dengan Spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	16
2.5.2. Analisis dengan Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	17
2.5.3. Analisis dengan Spektroskopi $^{13}\text{C-NMR}$ dan $^1\text{H-NMR}$	19
2.5.4. Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	20
2.6. Bakteri	21
2.6.1. Bakteri <i>S. aureus</i>	23
2.6.2. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	24
2.7. Disinfektan	26

2.7.1. Disinfektan Turunan Aldehida.....	27
2.7.2. Disinfektan Turunan Alkohol	28
2.7.3. Disinfektan Senyawa Pengoksidasi	29
2.7.4. Disinfektan Turunan Fenol	29
2.7.5. Disinfektan Turunan Ammonium Kuartener	30
2.7.6. Disinfektan Turunan Halogen dan Halogenofor	30
III. METODE PENELITIAN	31
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	31
3.2. Alat dan Bahan	31
3.3. Prosedur Penelitian	32
3.3.1. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) dibenzoat dan Dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat).....	32
3.3.2. Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) dibenzoat dan Dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat)	33
3.3.3. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat	42
4.1.1. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) Dibenzoat	42
4.1.2. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat).....	43
4.2. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	45
4.2.1. Perbandingan Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <i>UV-Vis</i> Senyawa Dibutyltimah(IV) Oksida dan Dibutyltimah(IV) Dibenzoat	45
4.2.2. Perbandingan Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <i>UV-Vis</i> Senyawa Dibutyltimah(IV) Oksida dan Dibutyltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat)	47
4.3. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <i>FTIR</i>	49
4.3.1. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <i>FTIR</i> Dibutyltimah(IV) Oksida.....	49
4.3.2. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <i>FTIR</i> Dibutyltimah(IV) Dibenzoat.....	50
4.3.3. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer <i>FTIR</i> Dibutyltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat).....	52
4.4. Karakterisasi Menggunakan Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$	54
4.4.1. Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) Dibenzoat menggunakan Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$	54

4.4.2. Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat) menggunakan Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$	57
4.5. Analisis Senyawa Hasil Sintesis Menggunakan <i>Microelemental Analyzer</i>	60
4.6. Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Salmonella sp.</i> dan <i>S. aureus</i> sebagai Penentuan Waktu Optimum Media Fermentasi	60
4.7. Hasil Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan	62
4.7.1. Hasil Uji Disinfektan terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	65
4.7.2. Hasil Uji Disinfektan terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	68
V. KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1. Kesimpulan	76
5.2. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	89
1. Perhitungan Stoikiometri Reaksi dan Rendemen Senyawa Hasil Sintesis	90
2. Perhitungan Persentase Kandungan Unsur Teoritis	94
3. Hasil Analisis <i>Microelemental Analyzer</i>	95
4. Pembuatan dan Pengenceran Larutan Disinfektan dan Kontrol Positif	96
5. Hasil Pengujian Metode <i>Spread Plate</i> terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	99
6. Hasil Pengujian Metode <i>Spread Plate</i> terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	100

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Analisis Spektrofotometri <i>UV-Vis</i> Senyawa Organotimah(IV) Benzoat	17
2. Pita Serapan <i>IR</i> dari Senyawa Dibutiltimah(IV) dikarboksilat	18
3. Hasil Analisis $^1\text{H-NMR}$ Senyawa Organotimah(IV) Benzoat.....	20
4. Hasil Analisis $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Organotimah(IV) Benzoat	20
5. Hasil <i>Microelemental Analyzer</i> Senyawa Organotimah(IV) Benzoat	21
6. Takaran Ideal Disinfektan dari Beberapa Disinfektan Komersil	27
7. Perbandingan Pergeseran $\lambda_{\text{maksimum}}$ Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida dengan Dibutiltimah(IV) Dibenzoat	47
8. Perbandingan Pergeseran $\lambda_{\text{maksimum}}$ Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida dengan Dibutiltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat)	48
9. Data Bilangan Gelombang Pita Serapan yang Terdapat pada Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida dan Dibutiltimah(IV) Dibenzoat.....	52
10. Data Bilangan Gelombang Pita Serapan yang Terdapat pada Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida dan Dibutiltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat).....	54
11. Perbandingan pergeseran kimia dari spektrum ^1H dan $^{13}\text{C-NMR}$ senyawa Dibutiltimah(IV) Dibenzoat dan Dibutiltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat).....	59
12. Hasil <i>Microelemental Analyzer</i> Unsur Senyawa Hasil Sintesis.....	60
13. Hasil Absorbansi Suspensi Inokulum Bakteri <i>S. aureus</i> dan <i>Salmonella sp.</i> .	61

14. Hasil Uji Disinfektan Metode <i>Optical Density</i> terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	67
15. Hasil Uji Disinfektan Metode <i>Optical Density</i> terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida	12
2. Struktur Asam Benzoat	14
3. Struktur Asam 2-asetilbenzoat	14
4. Isolat bakteri <i>S. aureus</i> (Hayati <i>et al.</i> , 2019).....	24
5. Isolat Bakteri <i>Salmonella sp.</i> (Todar, 2008).	25
6. Struktur Kimia Metanaldehid (a) dan Glutaraldehid (b).....	28
7. Diagram Alir Penelitian	41
8. Senyawa Dibutiltimah(IV) Dibenzoat Hasil Sintesis.....	42
9. Reaksi Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) Dibenzoat (Hadi <i>et al.</i> , 2020).....	43
10. Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat) Hasil Sintesis.....	44
11. Reaksi Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) (Hadi <i>et al.</i> , 2004).	45
12. Perbandingan spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa (a) dibutiltimah(IV) oksida dan (b) dibutiltimah(IV) dibenzoat.....	46
13. Perbandingan spektrum <i>UV-Vis</i> senyawa (a) dibutiltimah(IV) oksida dan (b) dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat).....	47
14. Spektrum <i>FTIR</i> Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida (Hadi <i>et al.</i> , 2004)	49
15. Spektrum <i>FTIR</i> Senyawa Dibutiltimah(IV) Dibenzoat.....	50
16. Spektrum <i>FTIR</i> Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat).....	52

17. Penomoran Karbon dan Hidrogen Senyawa Dibutyltimah(IV) Dibenzoat	55
18. Spektrum (a) $^1\text{H-NMR}$ dan (b) $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Dibutyltimah(IV) Dibenzoat	55
19. Penomoran Karbon dan Hidrogen Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat)	57
20. Spektrum (a) $^1\text{H-NMR}$ dan (b) $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-(2-asetilbenzoat)	58
21. Kurva Pertumbuhan <i>S. aureus</i> dan <i>Salmonella sp.</i>	61
22. Perbedaan Struktur Dinding Sel Bakteri Gram Positif (a) dan Bakteri Gram Negatif (b)	72
23. Struktur Senyawa Benzalkonium Klorida (PubChem, 2021)	73

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kesehatan merupakan komponen terpenting dalam kehidupan makhluk hidup. Sehat menurut *World Health Organization* (WHO) adalah suatu keadaan kondisi fisik, mental, dan kesejahteraan sosial yang merupakan satu kesatuan, tidak hanya bebas dari penyakit, infeksi atau kecacatan. Namun ironinya, masalah kesehatan terutama masalah infeksi masih menjadi permasalahan tertinggi di berbagai negara, khususnya negara berkembang. Misalnya seperti Indonesia yang kini sedang menghadapi permasalahan *triple burden* atau beban tiga kali lipat yang disebabkan oleh berbagai masalah penyakit diantaranya Penyakit Tidak Menular (PTM), Penyakit Menular, dan permasalahan tertinggi yakni Penyakit Infeksi Emerging (PIE) yang dalam 30 tahun terakhir ini telah memunculkan lebih dari 30 penyakit infeksi (Kemenkes RI, 2022). Hal ini tidak hanya terjadi di Indonesia, tetapi kasus infeksi juga menjadi permasalahan seluruh dunia. Pada tahun 2015, penyakit infeksi telah merenggut 3,5 juta jiwa yang sebagian besar terdiri dari anak-anak dari kalangan ekonomi rendah. Selain itu pada tahun 2019, penyakit infeksi saluran pernafasan bawah menempati peringkat keempat penyebab kematian utama dengan angka kematian 2,6 juta jiwa (WHO, 2020).

Penyakit infeksi adalah salah satu penyakit yang diakibatkan oleh adanya mikroba patogen dan dapat membahayakan kesehatan manusia. Infeksi dapat ditularkan dari satu orang ke orang lain atau dari hewan ke manusia yang disebabkan oleh berbagai mikroorganisme seperti bakteri, virus, riketsia, jamur, dan protozoa

(Utomo dkk., 2018). Infeksi yang disebabkan oleh bakteri merupakan hal yang paling sering terjadi. Bakteri yang sering menyebabkan infeksi pada manusia diantaranya bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella sp.*

S. aureus bersifat patogen potensial yaitu organisme yang hidup tanpa menimbulkan penyakit pada inangnya, akan tetapi jika kondisi lingkungan menunjang yang diakibatkan kelemahan inang, resistensi jaringan atau daya tahan tubuh menurun selanjutnya akan menjadi patogen (Todar, 2002). Salah satu infeksi yang dapat disebabkan oleh bakteri *S. aureus* adalah infeksi nosokomial. Infeksi nosokomial adalah infeksi yang didapat dari rumah sakit atau ketika penderita dirawat di rumah sakit, juga mencakup infeksi yang terjadi setelah keluar rumah sakit dan juga infeksi yang didapatkan oleh tenaga kesehatan saat bekerja di fasilitas kesehatan. Infeksi ini merupakan efek samping yang paling sering terjadi pada pelayanan kesehatan di seluruh dunia (Lestari dkk., 2021). Di Indonesia, pada tahun 2018 diperoleh data proporsi kejadian infeksi nosokomial di rumah sakit pemerintah dengan jumlah pasien 1.527 orang dari jumlah pasien beresiko 160.417 (55,1%), sedangkan untuk rumah sakit swasta dengan jumlah pasien 991 pasien dari jumlah pasien beresiko 130.047 (35,7%). (Zaenal, 2022). Tingginya angka prevalensi kejadian infeksi nosokomial tersebut merupakan ancaman bagi pelayanan rumah sakit.

Salmonella sp. merupakan bakteri yang biasanya ditemukan pada bahan pangan yang mengandung protein yang tinggi, salah satunya adalah telur. Cemaran *Salmonella sp.* pada telur terjadi pada suhu dan kelembaban yang tinggi, apabila penanganan telur tidak dilakukan dengan baik, maka kemungkinan *Salmonella sp.* dapat mencemari telur dan dalam keadaan tertentu atau jumlah yang melebihi batas dapat menyebabkan keracunan bagi yang mengonsumsinya. Salah satu penyakit yang dapat disebabkan oleh bakteri *Salmonella sp.* adalah demam tifoid. Demam tifoid atau tifus adalah salah satu infeksi berbahaya yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi* (Yuliandi dan Hikmah, 2022). WHO memperkirakan bahwa 11-20 juta orang terinfeksi karena tifus dan sekitar 128.000-161.000 orang meninggal dunia. Penyakit ini banyak dijumpai di daerah yang kekurangan air bersih dan kurang bersihnya sanitasi lingkungan. Penyebab penyakit ini juga bisa

muncul dari makanan yang tidak sehat (WHO, 2018). Oleh karena itu, perlu adanya upaya pencegahan infeksi guna mewujudkan lingkungan yang sehat dan terbebas dari berbagai penyakit. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan disinfeksi menggunakan disinfektan.

Disinfektan adalah sebutan bagi larutan atau zat kimia tertentu yang dapat membunuh bakteri atau mikroorganisme yang ada pada suatu objek tertentu, sehingga membuat penggunaan disinfektan penting untuk mencegah terjadinya infeksi (Hasibuan dkk., 2021). Disinfektan juga dapat didefinisikan sebagai zat yang dapat membunuh patogen di lingkungan. Zat yang terkandung dalam disinfektan biasanya senyawa glutaraldehyd dan formaldehida. Dari berbagai hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan disinfektan dapat membunuh bakteri dan virus secara aktif (Krisnawati dan Suryana, 2021). Cara kerja disinfektan dalam membunuh virus dan bakteri adalah dengan meresap pada dinding sel mikroba sehingga membuat dinding sel tidak aktif lagi. Setelah itu, seluruh sistem enzimatik mikroba tersebut akan diblokir oleh disinfektan sehingga mikroba tersebut akan mati (Trenggono dan Latifah, 2007).

Disinfektan yang umumnya digunakan secara umum maupun secara khusus di rumah sakit diantaranya adalah *diluted bleach* (larutan pemutih/natrium hipoklorit), klorin dioksida, etanol 70%, kloroksilenol, *electrolyzed salt water*, amonium kuarternar (seperti benzalkonium klorida), glutaraldehyd, hidrogen peroksida (H_2O_2) dan lain-lain. *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahaya bahwa inhalasi gas klorin (Cl_2) dan klorin dioksida (ClO_2) dapat mengakibatkan iritasi parah pada saluran pernafasan. Pada tahun 2011, dilaporkan 5 orang tenaga medis mengalami gangguan pernafasan akibat penggunaan disinfektan berbasis klorin (Otterspoor and Farrel, 2019). Gas klor menyebabkan gejala gangguan saluran nafas bagian bawah, dikarenakan kelarutannya yang tergolong sedang (Zellner and Eyer, 2020). Penggunaan disinfektan dengan bahan aktif larutan hipoklorit pada konsentrasi rendah secara terus menerus dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan iritasi kulit dan kerusakan pada kulit, serta penggunaannya pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kulit terbakar parah (Slaughter *et al.*, 2019). Kloroksilenol merupakan bahan aktif cairan

antiseptik komersial yang juga digunakan sebagai salah satu disinfektan dinilai dapat dengan mudah tertelan atau secara tidak sengaja terhirup dan menyebabkan iritasi kulit ringan dan iritasi mata parah. Studi medis yang dilakukan di Hong Kong, menyatakan terdapat 177 kasus keracunan cairan disinfektan komersial yang mengandung kloroksilenol dan menunjukkan komplikasi serius pada 7% pasien hingga terjadinya kematian (Lam *et al.*, 2012).

Berdasarkan penjelasan di atas, diketahui bahwa masih banyak disinfektan dengan kandungan berbahaya dan memberikan efek samping jika terpapar langsung pada permukaan kulit. Oleh karena itu, dilakukanlah usaha untuk membuat senyawa-senyawa baru yang lebih aman sebagai disinfektan untuk menghambat pertumbuhan dan perkembangan virus dan bakteri penyebab infeksi. Alternatif yang dapat digunakan untuk pembuatan senyawa baru sebagai disinfektan ini adalah dengan menggunakan senyawa organotimah. Senyawa organotimah adalah senyawa yang atom timahnya berikatan langsung dengan atom karbon dari gugus organik. Senyawa organotimah mengandung sedikitnya satu ikatan kovalen Sn-C. Sebagian besar senyawa ini dapat dianggap sebagai turunan dari R_nSnX_{4-n} ($n=1-4$) dan diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetra-organotimah(IV), tergantung dari jumlah alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat pada atom logam. Anion yang terikat (X) biasanya adalah klorida, fluorida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu thiosilat (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Senyawa organotimah telah diketahui memiliki aktivitas biologi yang sangat kuat. Aktivitas biologi senyawa organotimah ditentukan berdasarkan jumlah dan gugus organik yang terikat pada pusat atom Sn. Senyawa organotimah karboksilat diberikan perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologi yang kuat dibandingkan senyawa organotimah lainnya (Mahmood *et al.*, 2003; Pellerito *and* Nagy, 2002). Adapun beberapa aktivitas biologi senyawa organotimah diantaranya sebagai antikanker dan antitumor (Hadi *et al.*, 2012; Rehman *et al.*, 2009; Sirajuddin *et al.*, 2021; Uddin *et al.*, 2021), antimalaria (Hadi *et al.*, 2018b; Hadi *et al.*, 2021b; Hansch *and* Verma, 2009), penghambat korosi (Hazani *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2010), dan antifungi (Rocha *et al.*, 2016), juga diketahui memiliki aktivitas yang sangat baik dalam menghambat

(membunuh) pertumbuhan bakteri (Annissa *et al.*, 2017; Baul, 2008; Hadi *et al.*, 2018a; Hadi *et al.*, 2021a; Mantravadi *et al.*, 2019; Samsuar *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) menggunakan gugus butil sebagai senyawa utama karena gugus butil memiliki zona hambat yang lebih besar dibandingkan gugus fenil dan metil (Affan *et al.*, 2009). Setelah itu, pemilihan ligan karboksilat pada penelitian ini didasarkan pada hasil penelitian Hadi *et al.* (2018a) yang menunjukkan bahwa ligan karboksilat pada senyawa organotimah dapat memberikan aktivitas biologis yang baik sebagai antibakteri. Kedua senyawa tersebut selanjutnya dikarakterisasi menggunakan instrumentasi Spektrofotometer *UV-Vis*, Spektrofotometer *FTIR*, Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$, dan $^{13}\text{C-NMR}$ serta *Microelemental Analyzer*. Selanjutnya, senyawa hasil sintesis diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus*.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat).
2. Mengkarakterisasi senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) hasil sintesis menggunakan instrumentasi Spektrofotometer *UV-Vis*, Spektrofotometer *FTIR*, Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$, dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*.
3. Menguji bioaktivitas senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) hasil sintesis bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus*.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah informasi mengenai bioaktivitas senyawa dibutyltin(IV) dibenzoat dan dibutyltin(IV) di-(2-asetilbenzoat) sebagai disinfektan.
2. Senyawa organotin(IV) karboksilat yang memiliki aktivitas biologis efektif dapat digunakan sebagai disinfektan yang berguna dalam bidang kesehatan dan pertanian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam adalah senyawa yang mengandung paling sedikit satu atom karbon dari suatu gugus organik yang terikat langsung pada logam. Misalnya, alkoksida seperti $\text{Ti}(\text{C}_3\text{H}_7\text{O})_4$ bukanlah senyawa organologam karena gugus organik terikat pada Ti melalui atom oksigen. Sedangkan senyawa $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_3$ merupakan senyawa organologam karena terdapat ikatan langsung antara karbon C dari gugus fenil dengan logam Ti. Dari bentuk ikatan senyawa organologam dapat dikatakan bahwa senyawa tersebut merupakan jembatan antara kimia organik dan anorganik.

Secara umum, sifat senyawa organologam adalah adanya atom karbon yang memiliki keelektronegatifan lebih tinggi daripada logam yang dimilikinya. Beberapa kecenderungan jenis ikatan yang terbentuk dari senyawa organologam adalah:

A. Senyawa ionik dari logam elektropositif

Secara umum, senyawa organologam yang elektropositifnya relatif kuat bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik, dan sangat reaktif terhadap udara dan air. Senyawa ini terbentuk ketika radikal dalam logam mengikat logam positif yang sangat tinggi seperti logam dalam alkali dan logam alkali tanah. Reaktivitas dan stabilitas senyawa ionik sebagian ditentukan oleh stabilitas ion karbon. Delokalisasi elektron meningkatkan stabilitas garam logam dari ion karbon dan

membuatnya lebih stabil, tetapi masih relatif reaktif. Misalnya sekelompok senyawa organik yang terkandung dalam garam seperti $(C_5H_5)_2Ca^{2+}$.

B. Senyawa dengan ikatan $-\sigma$ (sigma)

Senyawa organologam yang memiliki ikatan sigma dapat terbentuk melalui pembentukan ikatan antara gugus organik dengan atom logam yang memiliki keelektronegatifan yang rendah. Senyawa organologam dengan ikatan sigma umumnya dapat diklasifikasikan sebagai ikatan kovalen, meskipun senyawa ini masih memiliki sifat ionik. Ikatan tersebut dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

1. Kemungkinan untuk menggunakan orbital-d yang lebih tinggi, misalnya SiR_4 , yang tidak tampak dalam CR_4
2. Kemampuan mendonorkan aril atau alkil dengan pasangan elektron bebas.
3. Keasaman dari asam Lewis yang terkait dengan kulit valensi yang tidak terisi penuh, seperti pada BR_2 atau koordinasi yang tidak jenuh seperti pada ZnR_4
4. Adanya pengaruh perbedaan keelektronegatifan ikatan logam-karbon (M-C) atau ikatan karbon-karbon (C-C).

C. Senyawa yang terikat nonklasik

Banyak senyawa organologam mengandung ikatan logam tertentu dengan karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk pasangan elektron/kovalen atau ionik. Misalnya, golongan alkali yang terdiri dari Li, Be, dan Al yang memiliki gugus alkil berjembatan. Dalam hal ini, terdapat atom-atom yang kekurangan elektron, seperti atom boron pada $B(CH_3)_3$. Karena atom B termasuk dalam golongan IIIA, yang memiliki tiga elektron valensi, sehingga sangat sulit untuk membentuk oktet pada konfigurasi senyawanya. Pada atom B, pasangan elektron bebas cenderung menggunakan orbital kosong dengan mengelompokkannya ke dalam kelompok senyawa yang memiliki kelebihan pasangan elektron, senyawa ini dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu:

1. Senyawa organologam yang terbentuk diantara logam transisi dengan alkuna, alkena, benzena dan senyawa organik tak jenuh lainnya.

2. Senyawa organologam yang mengandung gugus-gugus alkil berjembatan (Cotton dan Wilkinson, 2007).

2.2. Timah

Timah merupakan salah satu unsur yang berlimpah pada kerak bumi. Dalam sistem periodik, timah merupakan unsur dengan lambang Sn yang berada pada golongan IVA. Senyawaan timah ditemukan di lingkungan dengan keadaan oksidasi +2 atau +4. Namun, bentuk trivalen tidak stabil sehingga senyawa stannous (SnX_2) yang berupa timah bivalen dan senyawa *stannic* (SnX_4) yang berupa timah tetravalen merupakan dua jenis utama timah. Anionik *stannite* dan *stannate* tidak larut dalam air dan stabil dibandingkan kationik Sn^{2+} dan Sn^{4+} (Bakirdere, 2013).

Dalam tabel periodik timah terletak pada golongan IV A dan periode 5 bersama-sama dengan karbon, silikon, germanium dan timbal. Timah lebih bersifat elektronegatif dibandingkan dengan timbal, tetapi timah lebih bersifat elektropositif dibandingkan dengan karbon, silikon ataupun germanium (Daintith, 1990). Timah memiliki tiga bentuk alotrop, yaitu timah abu-abu (α), timah putih (β) dan timah rombik (γ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih (β -Sn) dalam bentuk tetragonal. Sedangkan pada suhu rendah (13,2 °C), timah putih berubah menjadi timah abu-abu (α -Sn) berbentuk intan kubik berupa nonlogam. Perubahan ini terjadi cepat karena timah membentuk oksida film (Petrucci, 1999).

Timah menunjukkan kemiripan sifat kimia dengan Ge dan Pb seperti pembentukan keadaan oksidasi +2 dan +4. Timah dalam bentuk senyawaannya memiliki tingkat oksidasi +2 dan +4. Tingkat oksidasi +4 lebih stabil daripada +2, karena pada tingkat oksidasi +4 timah menggunakan seluruh elektron valensinya yaitu $5s^2 5p^2$ dalam ikatan sedangkan pada tingkat oksidasi +2, timah hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ saja (Cotton *et al.*, 2007).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah merupakan senyawa organologam yang tersusun dari satu atau lebih ikatan timah-karbon (Sn-C). Senyawa organotimah mayoritas memiliki unsur timah (Sn) dengan bilangan koordinasi +4 (Asrial, 2014). Sebagian besar senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $R_n\text{Sn(IV)}X_{4-n}$ ($n=1-4$) dan diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri- dan tetra- organotimah(IV), tergantung pada jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Anion yang terikat (X) biasanya adalah klorida, fluorida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu tiolat (Pellerito *and* Nagy, 2002). Senyawa organotimah cenderung memiliki karakter satu atau lebih ikatan kovalen antara timah dan karbon. Dari sisi fisika dan kimia, 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 sistem periodik atau ion logam positif lainnya. Meskipun kekuatan ikatannya bervariasi, akan tetapi atas dasar sifat itulah senyawa-senyawa turunan organotimah dapat disintesis (Grenwood *and* Earshaw, 1990).

Senyawa organotimah cenderung terhidrolisis lebih lemah dibandingkan senyawa Si atau Ge, hal ini disebabkan oleh ikatan Sn-O yang dapat bereaksi dengan larutan asam. Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi SnO_2 , CO_2 , dan H_2O . Kemudahan putusannya ikatan Sn- C oleh halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan urutannya meningkat dengan urutan: Butil (paling stabil) < propil < etil < metil < vinil < fenil < benzil < alil < CH_2CN < $\text{CH}_2\text{CO}_2\text{R}$ (paling tidak stabil).

Kereaktifan senyawa organotimah(II) tinggi seperti dialkil timah dan diaril timah sederhana yaitu mengalami polimerisasi yang cepat. Kondisi ini dapat ditemukan pada senyawa organotimah yang memiliki kestabilan divalen kemungkinan besar

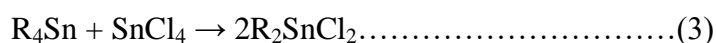
pada senyawa organik, bentuk *adduct* dengan basa Lewis atau pasangan menyendiri Sn terkoordinasi. Pada asam Lewis yang sesuai, perbedaan bilangan koordinasi dan geometri juga mungkin terjadi pada senyawa organotin(II) pada penggunaan orbital 5d, yaitu bentuk trigonal planar (hibridisasi sp^2), tetrahedral (sp^3), trigonal bipiramida (sp^3d), dan oktahedral (sp^3d^2) (Van der Weij, 1981).

2.3.1. Senyawa Organotin Halida

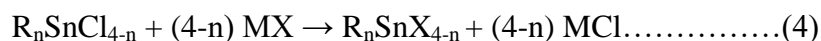
Senyawa organotin halida merupakan senyawa organotin yang memiliki rumus umum R_nSnX_{4-n} ($n = 1-3$; $X = Cl, Br, I$) yang umumnya sangat reaktif dan berbentuk padatan kristalin. Senyawa organotin halida ini dapat disintesis secara langsung melalui reaksi logam timah, baik Sn (II) atau Sn (IV) dengan alkil halida yang reaktif. Metode ini secara luas digunakan untuk pembuatan dialkiltimah dihalida. Sintesis ini ditinjau ulang oleh Murphy dan Poller melalui Persamaan (1).



Adapun metode lain yang sering digunakan dalam pembuatan organotin halida adalah reaksi disproportionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida. Caranya yaitu dengan mengubah perbandingan material awal, seperti ditunjukkan pada Persamaan (2) dan (3).



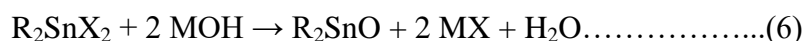
Senyawa organotin halida terbentuk dari reaksi metatesis antara organotin klorida dan garam halida, seperti ditunjukkan pada Persamaan (4).



Dengan $X = F, Br$ atau I ; $M = K^+, Na^+, NH_4^+$ (Wilkinson, 1982).

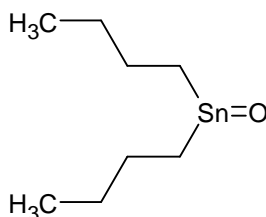
2.3.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida

Senyawa organotimah hidroksida dan oksida adalah senyawa organotimah yang diperoleh dari hasil reaksi hidrolisis senyawa alkiltimah halida ditunjukkan pada Persamaan (5) dan (6).



(Ingham *et al.*, 1960).

Senyawa organotimah hidroksida dan oksida yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa dibutiltimah(IV) oksida. Senyawa tersebut berperan sebagai material awal yang direaksikan dengan asam benzoat dan asam salisilat untuk menghasilkan senyawa dibutiltimah(IV) dibenzoat dan dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat). Struktur dari senyawa ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida

2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Senyawa organotimah karboksilat yakni senyawa organotimah yang memiliki rumus umum $\text{R}_n\text{Sn}(\text{O}_2\text{CR}')_{4-n}$ yang umumnya dapat disintesis melalui tiga cara, yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksida dengan asam karboksilat, dari organotimah halidanya dengan garam karboksilat, dan dari pemutusan ikatan antara Sn-C dengan asam atau timbal(IV) atau merkuri(I) atau merkuri(II) karboksilat. Metode yang sering digunakan dalam sintesis organotimah karboksilat adalah dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal. Organotimah halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam

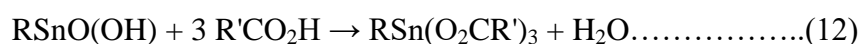
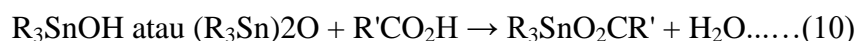
pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida, seperti ditunjukkan pada Persamaan (7)



Pembuatan senyawa organotimah karboksilat berikutnya yaitu dengan pemutusan ikatan antara Sn-C, bisa lebih mudah terjadi ketika R berupa gugus vinil, alil, aril daripada gugus alkil. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada Persamaan (8) dan (9).



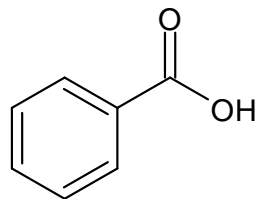
Pembuatan senyawa organotimah karboksilat yaitu dengan mencampurkan aliquot timah oksida atau hidroksidanya dengan asam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, misalnya metanol. Lalu airnya dapat dipisahkan dengan mudah menggunakan dehidrasi azeotropik dalam pelarut toluena ataupun benzena.



(Wilkinson, 1982).

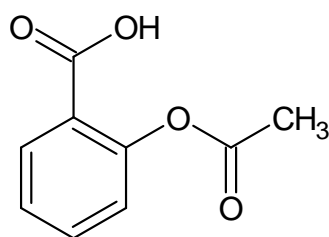
Pada penelitian ini, dilakukan sintesis senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) menggunakan prekursor dibutyltimah(IV) oksida.

Asam Benzoat (C_6H_5COOH) merupakan salah satu bahan kimia yang digunakan sebagai pengawet. Bahan ini digunakan untuk mencegah pertumbuhan khamir dan bakteri. Benzoat efektif pada pH 2,5-4,0. Karena kelarutan garamnya lebih besar, maka biasa digunakan dalam bentuk garam Na-benzoat. Sedangkan dalam bahan, garam benzoat terurai menjadi bentuk efektif, yaitu bentuk asam benzoat yang tak terdisosiasi (Winarno, 1992). Struktur dari asam benzoat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Asam Benzoat

Asam 2-asetilbenzoat mempunyai nama lain asam asetilsalisilat atau yang lebih dikenal dengan aspirin, merupakan serbuk tidak berwarna atau kristal putih. Asam 2-asetilbenzoat stabil dalam udara kering tapi terdegradasi perlahan jika terkena uap air menjadi asam asetat dan asam salisilat. Nilai titik lebur dari 2-asetilbenzoat adalah 135°C. Asam 2-asetilbenzoat larut dalam air (1:300), etanol (1:5), kloroform (1:17) dan eter (1:10-15), larut dalam larutan asetat dan sitrat dan dengan adanya senyawa yang terdekomposisi, asam 2-asetilbenzoat larut dalam larutan hidroksida dan karbonat (Clarke, 2005). Struktur asam 2-asetilbenzoat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Asam 2-asetilbenzoat

2.4. Aplikasi Senyawa Organotimah

Dalam kehidupan sehari-hari, senyawa organotimah memiliki aplikasi yang luas. seperti senyawa *stabilizer* polivinilklorida, pestisida nonsistematik, katalis antioksidan, antifouling agents dalam cat, *stabilizer* pada plastik dan karet sintetik, stabilizer untuk parfum, dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi (Pellerito *and* Nagy, 2002). Senyawa organotimah memiliki kegunaan yang paling umum, yakni digunakan sebagai

katalis dalam sintesis kimia yaitu katalis mono dan diorganotin. Senyawa organotin merupakan katalis yang bersifat homogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan, dan untuk sintesis poliester.

Senyawa organotin ditemukan berikutnya antara lain sebagai *biocide* (senyawa yang mudah terdegradasi), sebagai pestisida yang pertama kali diperkenalkan di Jerman yaitu dari senyawa trifeniltin asetat pada akhir 1950-an. Kegunaan yang utama dari agrokimia senyawa organotin karena senyawa ini relatif memiliki fitotoksitas (daya racun pada tanaman) yang rendah dan terdegradasi dengan cepat sehingga residunya tidak berbahaya terhadap lingkungan (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Senyawa organotin(IV) diketahui memiliki aktivitas biologis yang sangat kuat. Sebagian besar senyawa organotin(IV) bersifat toksik walaupun pada konsentrasi rendah. Aktivitas biologi ini dipengaruhi oleh jumlah gugus organik yang terikat pada pusat atom Sn. Senyawa organotin karboksilat diberikan perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologi yang kuat dibandingkan senyawa organotin lainnya (Mahmood *et al.*, 2003 dan Pellerito and Nagy, 2002).

Senyawa organotin menunjukkan aktivitas biologis yang signifikan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa senyawa-senyawa organotin karboksilat menunjukkan aktivitas biologis sebagai antikanker dan antitumor (Hadi *et al.*, 2012; Rehman *et al.*, 2009; Sirajuddin *et al.*, 2021; Uddin *et al.*, 2021), antimalaria (Hadi *et al.*, 2018b; Hadi *et al.*, 2021b; Hansch and Verma, 2009), penghambat korosi (Hazani *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2010), dan antifungi (Rocha *et al.*, 2016), juga diketahui memiliki aktivitas yang sangat baik dalam menghambat (membunuh) pertumbuhan bakteri (Annissa *et al.*, 2017; Baul, 2008; Hadi *et al.*, 2018a; Hadi *et al.*, 2021a; Mantravadi *et al.*, 2019; Samsuar *et al.*, 2021).

2.5. Analisis Senyawa Organotimah

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian secara kualitatif dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer *Inframerah (IR)*, spektroskopi $^{13}\text{C-NMR}$ dan $^1\text{H-NMR}$ serta analisis unsur C dan H dengan menggunakan alat *Microelemental Analyzer* untuk membuktikan senyawa hasil sintesis telah terbentuk dengan baik.

2.5.1. Analisis dengan Spektrofotometer *UV-Vis*

Spektrofotometer *UV-Vis* merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis suatu senyawa yang didasarkan pada transisi elektronik yang dialami senyawa tersebut sebagai akibat penyerapan radiasi sinar *Ultra Violet* (200-380 nm) dan *visible* (380-780 nm) oleh senyawa yang dianalisis transisi elektronik dapat terjadi dari tingkat energi keadaan dasar ke tingkat energi pada keadaan eksitasi. Karena perbedaan energi dari berbagai transisi elektronik tersebut hanya berbeda sedikit, maka panjang gelombang absorpsinya juga berbeda sedikit dan menimbulkan pita lebar yang tampak dalam spektrum. Spektrum *UV* maupun *visible* terdiri dari pita absorpsi, lebar pada daerah panjang gelombang yang lebar. Hal ini disebabkan terbaginya keadaan dasar dan keadaan eksitasi sebuah molekul dalam subtingkat-subtingkat rotasi dan vibrasi.

Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1\text{ nm}=10^{-7}\text{ cm}=10\text{ \AA}$). Daerah ini dikenal sebagai daerah *ultraviolet* hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, dikarenakan pita serapan pada daerah *UV-Vis* subtingkat subtingkat terlalu lebar dan kurang terperinci. Tetapi gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung menunjukkan puncak karakteristik dan dapat

diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus tersebut dalam suatu molekul (Day *and* Underwood, 1998).

Energi absorpsi dan panjang gelombang yang terjadi ditentukan oleh kekuatan elektron ikatan pada molekul. Seperti halnya elektron pada ikatan kovalen tunggal, untuk eksitasinya diperlukan radiasi berenergi tinggi atau dengan panjang gelombang yang lebih pendek. Karena elektron pada ikatan kovalen tunggal memiliki ikatan yang terikat dengan kuat dan tidak mudah untuk diputuskan. Dapat diartikan bahwa suatu elektron dalam orbital ikatan (*bonding*) yang mempunyai energi lebih rendah dieksitasikan ke orbital antiikatan (*antibonding*) yang mempunyai energi lebih tinggi. Berdasarkan penelitian Hadi *et al.* (2020), diperoleh hasil analisis senyawa organotimah(IV) benzoat yang akan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Spektrofotometri *UV-Vis* Senyawa Organotimah(IV) Benzoat

Senyawa	$\lambda_{\text{maksimum}}$ (nm) ($\pi \rightarrow \pi^*$)	$\lambda_{\text{maksimum}}$ (nm) ($n \rightarrow \pi^*$)
Difeniltimah(IV) dibenzoat	238	279
Trifeniltimah(IV) benzoat	236	278

Identifikasi kualitatif senyawa organik dengan spektroskopi *UV-Vis* dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, disebabkan pita serapan pada daerah *UV-Vis* terlalu lebar dan kurang terperinci (Day *and* Underwood, 1998). Oleh sebab itu, senyawa hasil sintesis perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut dengan spektrofotometer *FTIR* dan spektroskopi *NMR*.

2.5.2. Analisis dengan Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* merupakan alat yang digunakan untuk analisis berdasarkan pengukuran intensitas infra merah terhadap panjang gelombang dan untuk mendeteksi karakteristik vibrasi gugus fungsi dari senyawa pada sampel. Prinsip dari Spektrofotometer *FTIR* ini adalah ketika cahaya infra merah berinteraksi dengan sampel, molekul-molekul yang saling

terikat pada sampel akan mengalami regangan dan mengalami tekukan (Kang *et al.*, 1998). Hasil spektrum menunjukkan absorbansi dan transmisi molekul yang menggambarkan rekaman data molekul dari sampel tersebut. Kelebihan dari analisis menggunakan Spektrofotometer *FTIR* ini adalah tidak ada rekaman data yang sama untuk tiap molekul yang berbeda sehingga Spektrofotometer *FTIR* dapat digunakan untuk berbagai tipe analisis (Day dan Underwood, 2001).

Suatu senyawa dapat terukur pada spektra *FTIR* adalah jika dalam gugus tersebut terdapat perbedaan momen dipol. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik. Untuk pengukuran menggunakan *FTIR* biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 4000-4500 cm^{-1} . Daerah pada bilangan gelombang ini disebut daerah *IR* sedang, dan merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar *IR* bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Harjono, 1992).

Pada sintesis senyawa organotin(IV), reaksi dapat dilihat pada perubahan spektrum *FTIR* dari ligan, senyawa awal, serta senyawa akhir. Hal yang harus diperhatikan yakni adanya vibrasi ulur Sn-O pada bilangan gelombang 500-400 cm^{-1} dan Sn-C pada bilangan gelombang 500 –600 cm^{-1} (Sudjadi, 1985).

Munculnya puncak karbonil senyawa akhir yang menunjukkan telah terjadinya reaksi dari senyawa awal dengan ligan asam karboksilat merupakan daerah yang menjadi fokus perhatian dalam spektrum. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hadi *et al.* (2004) yang mensintesis senyawa dibutyltin(IV) dikarboksilat $[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(\text{OOCR})_2]$ dari prekursor $[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{SnO}]$ diperoleh hasil pita serapan inframerah dari senyawa $[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(\text{OOCR}_{1,2})_2]$, $\text{R}_1 = \text{Asam salisilat } \{o\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO}^-\}$ dan $\text{R}_2 = \text{Asam asetilsalisilat } \{o\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OOCCH}_3)\text{COO}^-\}$, diperoleh hasil yang ditunjukkan seperti Tabel 2.

Tabel 2. Pita Serapan *IR* dari Senyawa Dibutyltin(IV) dikarboksilat

Gugus Fungsi	$(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(\text{OOCR}_1)_2$	$(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(\text{OOCR}_2)_2$
V (Sn-O)	434,5m	435,7m
V(C=O)	1629s	1626s
V(CO ₂)	1589s	1589m
V (Sn-O-C)	1085w	1080w, 1029m
Sn-Bu	567w, 529m	567w, 528w
Butil	2955-2862s	2955-2866b,w

2.5.3. Analisis dengan Spektroskopi $^{13}\text{C-NMR}$ dan $^1\text{H-NMR}$

Spektroskopi *Nuclear Magnetic Resonance* (*NMR*) merupakan salah satu cara analisis yang berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Alat ini mempelajari tentang molekul senyawa organik maupun anorganik yang dianalisis secara spektrofotometri resonansi magnet inti sehingga diperoleh gambaran perbedaan sifat magnet dari berbagai inti yang ada dan untuk menduga letak inti yang terdapat dalam suatu molekul. Konsep dasar dari spektroskopi *NMR* disebabkan karena adanya fenomena dari inti atom yang memiliki medan magnet. Dalam medan magnet yang kuat, maka inti-inti atom dapat berorientasi dengan tenaga potensial yang sesuai (Sudjadi, 1985).

Pada umumnya, karakterisasi yang sering digunakan dalam spektroskopi *NMR* adalah *NMR* jenis $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$. Karakterisasi menggunakan $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$ telah menjadi alat yang paling efektif untuk menentukan struktur semua jenis senyawa. Pergeseran kimia dapat dianggap sebagai ciri bagian tertentu struktur. Misalnya, pergeseran kimia proton dalam gugus metil sekitar 1 ppm apapun struktur bagian lainnya. Pada intensitas sinyal terintegrasi sebanding dengan jumlah inti yang relevan dengan sinyalnya. Hal ini akan sangat membantu dalam penentuan struktur, bahkan bila $^1\text{H-NMR}$ pergeseran kimia adalah satu-satunya informasi yang dihasilkan oleh spektroskopi *NMR*, nilai informasi dalam penentuan struktural senyawa organik sangat besar maknanya. Selain itu, spektroskopi *NMR* dapat memberikan informasi tambahan yakni informasi yang terkait dengan kopling spin-spin (Takeuchi, 2006).

Hasil yang diperoleh dari spektrum $^{13}\text{C-NMR}$ yakni informasi mengenai keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, ataupun kuarternar. Sedangkan dari spektrum $^1\text{H-NMR}$, hasilnya dapat diketahui jumlah atom hidrogen yang ada pada atom karbon tetangga, serta dapat diketahui beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul (Sudjadi, 1985).

Spektroskopi *NMR* berhubungan langsung dengan sifat magnet dan inti atom. Spektroskopi *NMR* yang menganalisis dari atom akan mengalami efek dari medan magnet kecil pada lingkungan didekatnya. Elektron yang bersirkulasi

menyebabkan terjadinya medan magnet pada inti atom. Inti yang memiliki kekuatan medan efektif yang lebih rendah dan beresonansi pada frekuensi yang lebih rendah disebabkan karena inti tersebut terperisai. Hal tersebut menyebabkan setiap jenis inti pada molekul akan memiliki frekuensi resonansi yang berbeda. Perbedaan yang terjadi ini dikenal sebagai geseran kimia dan mempunyai satuan ppm. Adapun hasil analisis $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ dari senyawa organotimah(IV) benzoat ditunjukkan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil Analisis $^1\text{H-NMR}$ Senyawa Organotimah(IV) Benzoat

	$^1\text{H-NMR}$	Difeniltimah(IV) dibenzoat (ppm)	Trifeniltimah(IV) benzoat (ppm)
H fenil	H ₂ & H ₆	7,59	7,59
	H ₃ & H ₅	7,48	7,48
	H ₄	7,37	7,35
H benzoat	H ₉ & H ₁₃	7,94	7,94
	H ₁₀ & H ₁₂	7,84	7,84
	H ₁₁	7,65	7,65

Tabel 4. Hasil Analisis $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Organotimah(IV) Benzoat

	$^{13}\text{C-NMR}$	Difeniltimah(IV) dibenzoat (ppm)	Trifeniltimah(IV) benzoat (ppm)
C fenil	C ₂ & C ₆	131,7	131,7
	C ₃ & C ₅	129,3	129,3
	C ₄	126,9	129,6
	C ₇	174,7	174,7
	C ₈	139,5	139,5
C benzoat	C ₉ & C ₁₃	130,2	130,2
	C ₁₀ & C ₁₂	129,1	129,1
	C ₁₁	128,5	128,5

(Hadi *et al.*, 2020)

2.5.4. Analisis dengan *Microelemental Analyzer*

Microelemental analyzer merupakan alat yang dapat digunakan untuk menentukan kandungan unsur penyusun dalam suatu senyawa. Unsur yang dapat ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Adapun alat yang biasanya digunakan untuk mikroanalisis ini dikenal sebagai CHNS *microelemental analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini kemudian

dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Hasil yang diperoleh seringkali memiliki perbedaan antara 1–2%, namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian suatu sampel (*Costecsh Analytical Technologies*, 2011).

Prinsip dasar dari *Microelemental Analyzer* yaitu sampel dibakar dengan menggunakan suhu yang tinggi. Produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang telah dimurnikan dan selanjutnya diperlukan proses pemurnian kemudian dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen, lalu dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, berat suatu sampel dapat diperkirakan dengan menghitung berat setiap unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi, jika sampel tersebut diketahui jenisnya (Caprette, 2007). Berdasarkan penelitian Hadi *et al.* (2020), hasil *microelemental analyzer* untuk senyawa organotimah(IV) benzoat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil *Microelemental Analyzer* Senyawa Organotimah(IV) Benzoat

Senyawa	%C	%H
	Ditemukan (terhitung)	Ditemukan (terhitung)
Difeniltimah(IV) benzoat	60,41 (60,58)	3,81 (3,88)
Trifeniltimah(IV) benzoat	60,41 (63,39)	3,81 (4,25)

2.6. Bakteri

Bakteri adalah organisme prokariotik yang umumnya tidak berklorofil dan produksi aseksualnya terjadi melalui pembelahan sel. Bakteri pada umumnya merupakan makhluk hidup yang juga memiliki DNA, akan tetapi DNA bakteri tidak berada pada nukleus yang juga tidak mempunyai membran sel. DNA ekstrakromosomal dari bakteri tergabung menjadi satu plasmid yang berbentuk kecil dan sirkuler (Jawetz, 2004). Bakteri juga merupakan mikroorganisme yang sangat kecil dan mempunyai ukuran sel 0,5-1,0 μm . Umumnya bakteri

mempunyai tiga bentuk dasar yaitu bulat atau kokus, batang atau Bacillus, dan bentuk spiral (Dwidjoseputro, 1985).

Bakteri adalah mikroorganisme yang berukuran antara 0,5 hingga 3 mikrometer. Keberadaan bakteri di lingkungan sangat dipengaruhi oleh ukuran dan kemampuan bakteri dalam berkembang biak dengan cepat (Irawati dkk., 2021). Berdasarkan sifatnya, keberadaan bakteri di lingkungan terdiri dari bakteri probiotik dan bakteri patogen. Bakteri probiotik atau lebih dikenal sebagai bakteri baik adalah bakteri yang memberikan manfaat bagi tubuh manusia untuk meningkatkan hubungan mikrobial dalam usus (Susdarwono, 2021). Sedangkan bakteri patogen adalah bakteri yang dapat menyebabkan penyakit dan infeksi pada manusia (Darmadi, 2008). Bakteri patogen yang menyebabkan penyakit infeksi pada manusia contohnya adalah *S. aureus*.

Menurut Koch (2003), bakteri dapat diklasifikasikan menjadi 2 kelompok besar, yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Perbedaan dari bakteri Gram positif dan Gram negatif didasarkan oleh perbedaan struktur dinding sel dan dinyatakan oleh prosedur pewarnaan Gram. Prosedur ini ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram dan menjadi prosedur yang penting dalam klasifikasi bakteri (Brooks *et al.*, 2013).

a. Bakteri Gram Positif

Bakteri Gram positif merupakan bakteri yang mempunyai membran plasma tunggal yang dikelilingi dinding sel tebal berupa peptidoglikan. Sekitar 90 persen bagian dari dinding sel tersebut tersusun atas peptidoglikan, dan sisanya berupa asam teikhoat (Madigan, 2009). Bakteri Gram positif mempunyai dinding sel yang bisa menyerap zat warna violet pada saat proses pewarnaan Gram, sehingga bakteri ini akan berwarna biru atau ungu di bawah mikroskop. Adapun contoh dari bakteri Gram positif yakni *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Arachnia*, *Bifidobacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, dan *Bacillus* (Wheeler, 2007).

b. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif merupakan jenis bakteri dengan lapisan peptidoglikan tipis yang terdapat dalam ruang periplasmik antara membran luar dengan membran plasma. Bakteri Gram negatif memiliki sifat patogen. Hal ini disebabkan oleh membran luar dibagian dinding sel bisa melindungi bakteri tersebut sehingga dapat menghalangi masuknya zat antibiotik dan juga sistem dari pertahanan inang. Dinding sel bakteri Gram negatif lebih rentan terhadap kerusakan mekanis karena mempunyai jumlah peptidoglikan yang rendah. Dinding sel dari bakteri Gram negatif tidak mampu mempertahankan warna kristal violet pada saat proses pencucian Gram, sehingga bakteri ini akan berwarna merah di bawah mikroskop (Radji, 2011). Adapun contoh dari bakteri Gram negatif yakni *Salmonella sp.*, *Rhizobium leguminosarum*, *Haemophilus influenza*, dan *P. aeruginosa* (Wheelis, 2007).

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

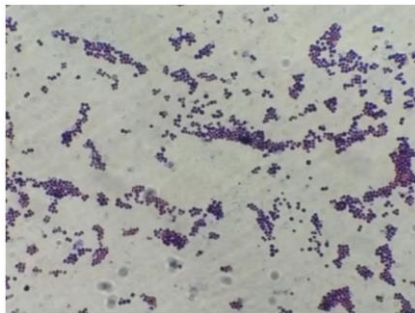
2.6.1. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif yang masuk dalam familia *Staphylococaceae*. Bakteri ini berbentuk bulat dengan diameter 0,7-1,2 μm , tidak membentuk spora, anaerob fakultatif, dan sel-selnya tersusun berkelompok secara tidak teratur seperti buah anggur. Karena bersifat anaerob fakultatif, berarti bakteri *S. aureus* dapat tumbuh dalam udara yang hanya mengandung hidrogen. Bakteri *S. aureus* tumbuh dengan pH optimum 7,4 dan pada suhu optimum 37 °C, namun membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar antara 20-25 °C (Jawetz *et al.*, 2005).

S. aureus merupakan penyebab terjadinya infeksi yang bersifat piogenik (infeksi yang disebabkan oleh berbagai mikroorganisme). *S. aureus* mempunyai sifat yaitu dapat menghemolisa eritrosit, memecah manitol menjadi asam. *S. aureus* merupakan salah satu *Staphylococcus* yang mempunyai kemampuan besar untuk menimbulkan penyakit (Jawetz *et al.*, 2005). *S. aureus* hidup sebagai saprofit di

dalam saluran-saluran pengeluaran lendir dari tubuh manusia dan hewan seperti hidung, mulut dan tenggorokan. Bakteri ini dapat dikeluarkan pada saat batuk dan bersin. Bakteri ini juga sering terdapat pada pori-pori dan permukaan kulit, kelenjar keringat dan saluran usus (Supardi, 2001).

Bakteri *S. aureus* adalah salah satu bakteri patogen pada manusia. *S. aureus* terdapat dalam hidung manusia sebanyak 40-50% dan juga bisa di temukan pada baju, sprei, serta benda-benda lainnya di lingkungan sekitar manusia. *S. aureus* menyebabkan penyakit seperti keracunan makanan yang berat atau infeksi kulit yang kecil, sampai infeksi yang tidak bisa disembuhkan. *S. aureus* dapat menimbulkan penyakit melalui pembentukan berbagai zat ekstraseluler. Zat yang berperan sebagai factor virulensi dapat berupa protein, termasuk enzim dan toksin (Jawetz *et al.*, 2008). Infeksi oleh *S. aureus* ditandai dengan kerusakan jaringan yang disertai abses. Beberapa penyakit infeksi yang disebabkan oleh *S. aureus* adalah bisul, jerawat, impetigo, dan infeksi luka. Infeksi yang lebih berat diantaranya pneumonia, mastitis, plebitis, meningitis, infeksi saluran kemih, osteomielitis, dan endokarditis. *S. aureus* juga merupakan penyebab utama infeksi nosokomial, keracunan makanan, dan sindroma syok toksik (Kusuma, 2009). Secara mikroskopis, isolat bakteri *S. aureus* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Isolat bakteri *S. aureus* (Hayati *et al.*, 2019).

2.6.2. Bakteri *Salmonella sp.*

Bakteri *Salmonella sp.* adalah bakteri yang termasuk ke dalam famili *Enterobacteriaceae* yang berbentuk batang, tidak berspora, dan pada pewarnaan gram bakteri ini bersifat Gram negatif. Bakteri ini memiliki ukuran 1-3,5 μm x

0,5-0,8 μm sedangkan besar koloninya rata-rata 2-4 mm. *Salmonella sp.* memiliki flagel peritrik kecuali *pullorum* dan *gallinarum* (Karsinah dkk., 2010). Bakteri *Salmonella sp.* tumbuh pada suasana aerob dan fakultatif anaerob, pada suhu 15-41°C (suhu pertumbuhan optimum 37,5 °C) dan pH pertumbuhan bakteri ini yaitu 6-8 (Jawetz *et al.*, 2012).

Pada umumnya isolat bakteri *Salmonella sp.* memiliki sifat-sifat berupa gerak positif, reaksi fermentasi positif pada manitol dan sorbitol dan fermentasi negatif pada reaksi indol, *DNase*, *fenilalanin deaminase*, *urease*, *Voges Proskauer*, sukrosa, laktosa, adonitol, serta tidak tumbuh dalam larutan KCN. Sebagian besar isolat *Salmonella* yang berasal dari bahan klinik menghasilkan H_2S . Bakteri *Salmonella sp.* mati pada suhu 56°C dan pada kondisi kering, di dalam air bakteri ini dapat bertahan selama 4 minggu (Jawetz *et al.*, 2012).

Salmonella sp. dapat menimbulkan penyakit pada tubuh manusia yang disebut dengan *Salmonellosis*. *Salmonellosis* merupakan penyakit yang diakibatkan oleh makanan yang tercemar oleh adanya bakteri *Salmonella sp.* yang dikonsumsi oleh manusia. *Salmonellosis* ditandai dengan gejala demam yang timbul secara akut, nyeri abdominal, diare, mual dan terkadang muntah. *typhi*, *paratyphi A*, dan *paratyphi B* infeksius bagi manusia. Transmisi dari bakteri ini biasanya melalui *fecal oral* dan *Salmonella sp.* ditularkan kepada manusia, ketika manusia mengonsumsi makanan yang tercemar oleh bakteri tersebut. Selain dari makanan juga bisa melalui hewan seperti kotoran reptil, ayam dan bebek yang mengkontaminasi makanan maupun air, lalu makanan dan air tersebut dikonsumsi oleh manusia (Yuswananda, 2015). Adapun isolat bakteri *Salmonella sp.* skala mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Isolat Bakteri *Salmonella sp.* (Todar, 2008).

2.7. Disinfektan

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh jasad renik (bakterisid), terutama pada benda mati. Proses disinfeksi dapat menghilangkan 60-90% jasad renik. Umumnya disinfektan secara luas digunakan untuk sanitasi baik di rumah tangga, laboratorium, maupun di rumah sakit (Shaffer, 2013).

Disinfektan merupakan senyawa kimia yang mempunyai sifat bakteriostatik dan bakterisidal. Tujuan digunakannya disinfektan adalah untuk membunuh bakteri patogen yang penularannya melalui air seperti bakteri penyebab tifus, kolera, dan disentri (Waluyo, 2004).

Kriteria suatu disinfektan yang ideal adalah bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, berspektrum luas, aktivitasnya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembaban. Selain itu, disinfektan idealnya juga tidak bersifat toksik pada hewan dan manusia, tidak bersifat korosif, bersifat biodegradable, memiliki kemampuan menghilangkan bau yang kurang sedap, tidak meninggalkan noda, stabil, mudah digunakan, dan ekonomis (Siswandono dan Soekardjo, 1995; Butcher *and* Ulaeto, 2010). Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas disinfektan dalam membunuh jasad renik adalah ukuran dan komposisi populasi jasad renik, konsentrasi zat antimikroba, lama paparan, temperatur, serta lingkungan sekitar (Pratiwi, 2008).

Menurut Kementerian Kesehatan RI (2020), penggunaan disinfektan hanya diperuntukkan bagi benda mati, tidak bagi manusia atau makhluk hidup lainnya. Penggunaan disinfektan yang baik adalah dengan tidak mencampur satu bahan aktif dengan bahan aktif lain yang berbeda jenisnya. Selain itu, penggunaan disinfektan harus disesuaikan dengan takaran yang dianjurkan. Adapun takaran disinfektan yang ideal dari beberapa contoh *merk* dagang yakni dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Takaran Ideal Disinfektan dari Beberapa Disinfektan Komersil

No	Jenis	Zat Aktif	Takaran	Contoh <i>Merk</i> Dagang
1.	Larutan Pemutih	Hipoklorit	100 mL diencerkan dengan 900 mL air	<ul style="list-style-type: none"> • Bayclin • So Klin Pemutih • Proklin, dll.
2.	Larutan Klorin	Hipoklorit	Konsentrasi klorin 0,5%	<ul style="list-style-type: none"> • Kaporit bubuk • Kaporit tablet, dll.
3.	Karbol/ <i>Lysol</i>	Fenol	30 mL (2 sendok makan) per 1 L air	<ul style="list-style-type: none"> • Wipol • Supersol • SOS, dll.
4.	Pembersih Lantai	Benzalkonium Klorida	1 tutup botol per 5 L air	<ul style="list-style-type: none"> • Super pell • Prokleen • SOS Harpic, dll.
5.	Disinfektan diamin	<i>N</i> -(3- <i>aminopropyl</i>)- <i>N</i> - <i>dodecylpropan e-1,3-diamine</i>	Sesuai petunjuk kegunaan	<ul style="list-style-type: none"> • Netbiokem DSAM • Microbac Forte • TM suprosan, dll.
6.	Disinfektan Peroksida	Hidrogen Peroksida	Sesuai petunjuk kegunaan	<ul style="list-style-type: none"> • Sanosil • Avmor EP 50, dll.

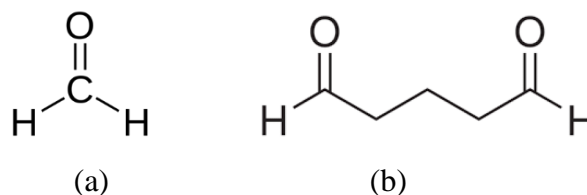
(Kemenkes RI, 2020)

Menurut Siswandono dan Soekardjo (1995), berdasarkan bahan aktif yang terkandung di dalamnya, disinfektan dapat dibagi menjadi enam kelompok, yaitu:

2.7.1. Disinfektan Turunan Aldehida

Senyawa turunan aldehid yang umumnya digunakan dalam disinfektan adalah metanaldehid, paraformaldehid, dan glutaraldehid dalam campuran air dengan konsentrasi 0,5% - 5% dan bekerja dengan mendenaturasi protein sel bakteri (Siswandono dan Soekardjo, 1995; Somani, *et al.*, 2011). Keunggulan turunan aldehid adalah sifatnya stabil, persisten, dapat dibiodegradasi, dan cocok dengan beberapa material peralatan. Namun senyawa tersebut dapat mengakibatkan resistensi jasad renik, berpotensi sebagai karsinogen dan mengakibatkan iritasi pada sistem mukosa (Kahrs, 1995; Larson, 2013).

Larutan metanaldehid (formalin), mengandung metanaldehid (HCOH) 37% yang mempunyai aktivitas antibakteri dengan kerja yang lambat. Larutan formaldehid digunakan untuk pengawetan mayat, disinfektan ruangan, alat-alat, dan baju dengan kadar 1:5000. Sedangkan dalam air atau alkohol digunakan untuk mendesinfeksi tangan dengan konsentrasi maksimum 0,5 mg/L (Somani, *et al.*, 2011). Pada prinsipnya, turunan aldehida ini dapat digunakan dengan spectrum luas. Misalnya, disinfektan dengan bahan aktif metanaldehid biasanya digunakan untuk membunuh jasad renik dalam ruangan, peralatan, dan lantai. Sedangkan disinfektan dengan bahan aktif glutaraldehid digunakan untuk membunuh virus. Struktur senyawa metanadehid dan glutaraldehid ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Kimia Metanaldehid (a) dan Glutaraldehid (b)

2.7.2. Disinfektan Turunan Alkohol

Turunan alkohol merupakan bahan yang banyak digunakan selain turunan aldehid, misalnya etanol dan isopropanol. Alkohol bekerja dengan mendenaturasi protein dari sel bakteri dan umumnya dibuat dalam campuran air pada konsentrasi 70% - 90%. Etanol bersifat bakterisid yang cepat, digunakan sebagai antiseptik kulit dan sebagai pengawet. Aktivitas bakterisidnya optimal pada kadar 70%. Isopropanol mempunyai aktivitas bakterisid lebih kuat dibandingkan etanol karena lebih efektif dalam menurunkan tegangan permukaan sel bakteri dan denaturasi bakteri (Elisabeth, *et al.*, 2012).

2.7.3. Disinfektan Senyawa Pengoksidasi

Senyawa pengoksidasi adalah senyawa yang memiliki kemampuan untuk mengurangi elektron dari zat lain (zat pereduksi) dengan menyumbangkan atau menghilangkan elektron tersebut. Senyawa pengoksidasi juga dikenal sebagai senyawa yang dapat mentransfer atom-atom elektronegatif ke zat lain. Adapun senyawa pengoksidasi yang umum digunakan sebagai disinfektan adalah hidrogen peroksida, benzoil peroksida, karbanid peroksida, kalium permanganat, dan natrium perborat (Siswandono dan Soekardjo, 1995; Aboh, *et al.*, 2013).

Hidrogen peroksida adalah senyawa pengoksidasi yang sering digunakan sebagai antimikroba. Hidrogen peroksida digunakan untuk mencuci luka dan penghilang bau badan dengan kadar 1-3% (Siswandono dan Soekardjo, 1995; Ghanem *et al.*, 2012). Benzoil peroksida pada konsentrasi 5-10% digunakan sebagai antiseptik dan keratolitik untuk pengobatan jerawat (Stampi *et al.*, 2002; Aboh, *et al.*, 2013). Karbanid peroksida disebut juga urea peroksida, mengandung hidrogen peroksida (34%) dan oksigen (16%). Larutan karbamid peroksida dalam air secara perlahan-lahan melepaskan hidrogen peroksida, dan digunakan untuk antiseptik pada telinga dan pada luka (Siswandono dan Soekardjo, 1995; Elisabeth, *et al.*, 2012). Kalium permanganat dan natrium perborat digunakan sebagai disinfektan dan antiseptik karena bersifat oksidatif. Pada umumnya, kedua senyawa tersebut digunakan untuk pemakaian lokal dalam bentuk larutan dalam air (Siswandono dan Soekardjo, 1995; Larson, 2013).

2.7.4. Disinfektan Turunan Fenol

Gugus fenol diketahui memiliki aktivitas antimikroba yang bersifat bakterisid namun tidak bersifat sporisid. Senyawa turunan fenol yang dikenal sebagai senyawa fenolik mengandung gugus fenol yang secara kimiawi dapat dimodifikasi. Perubahan struktur kimia tersebut bertujuan untuk mengurangi efek iritasi kulit dan meningkatkan aktivitas antibakteri (Brewer, 2010). Fenol digunakan sebagai senyawa baku dalam pengujian disinfektan karena memiliki mekanisme kerja yang luas. Fenol dapat merusak dinding sel dan membran sel,

mengkoagulasi protein, merusak ATPase, merusak sulfhidril dari protein, dan merusak DNA sehingga efektif membunuh bakteri (Siswandono dan Soekardjo, 1995; Fazlara *and* Ekhtelat, 2012).

2.7.5. Disinfektan Turunan Ammonium Kuartener

Senyawa-senyawa turunan ammonium kuartener dinilai sebagai bakterida yang sangat aktif terhadap bakteri Gram positif, tetapi kurang efektif terhadap bakteri Gram negatif. Senyawa turunan ammonium kuartener yang umumnya digunakan sebagai disinfektan seperti benzalkonium klorida, benzetonium klorida, setrimid, dequalinium klorida, dan domifen bromida. Turunan ini mempunyai efek bakterisid dan bakteriostatik terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif, jamur, dan protozoa. Tetapi, turunan ini tidak aktif terhadap bakteri pembentuk spora, seperti *Mycobacterium tuberculosis* dan virus (Loughlin *et al.*, 2002; Ghanem *et al.*, 2012).

2.7.6. Disinfektan Turunan Halogen dan Halogenofor

Turunan halogen yang umum digunakan adalah berbasis iodium seperti larutan iodium, iodoform, dan povidon iodium. Halogen dan halogenofor digunakan sebagai antiseptik dan disinfektan. Klorin dan kloroform terutama digunakan untuk mendesinfeksi air, seperti air minum dan air kolam renang. Contohnya, klorin dioksida, natrium hipoklorit, kalsium hipoklorit, dan triklosan. Sedang iodin dan iodoform digunakan untuk antiseptik kulit sebelum pembedahan dan antiseptik luka. Turunan ini umumnya digunakan dalam larutan air dengan konsentrasi 1 - 5% dan mampu mengoksidasi dalam rentang waktu 10 - 30 menit. Contohnya, povidon iodium (Brewer, 2010)

Pada penelitian ini, akan disintesis disinfektan dari kandungan bahan aktif senyawa organotimah(IV) karboksilat dengan ligan asam benzoat dan asam 2-asetilbenzoat.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini telah dilaksanakan sejak bulan Oktober 2022 sampai bulan Maret 2023. Sintesis senyawa dan analisis Spektrofotometer *UV - Visible* dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* dilakukan di Laboratorium Instrumentasi FMIPA Terpadu Universitas Islam Indonesia. Analisis senyawa menggunakan Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, serta analisis unsur menggunakan *Microelemental Analyzer* dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia*. Uji bioaktivitas senyawa sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

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

Alat-alat yang digunakan dalam uji bioaktivitas senyawa sebagai disinfektan adalah neraca analitik, spatula, erlenmeyer 250 mL, Erlenmeyer 1000 mL, hot plate stirrer, sumbat kapas, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 10 mL, mikropipet 100-1000 μL , *ball pipet*, cawan petri, tabung reaksi, pembakar spritus, gelas ukur 10 mL, gelas beaker 100 mL, jarum ose, *glass rod spreader*, *vertical shaker*, autoklaf, *laminar air flow*, dan inkubator.

Bahan-bahan yang digunakan pada sintesis dalam penelitian ini yaitu senyawa dibutyltimah(IV) oksida, asam benzoat, asam 2-asetilbenzoat, metanol *p.a.*, dan akuades. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji bioaktivitas senyawa sebagai disinfektan yaitu, metanol *p.a.*, dimetilsulfoksida, akuades, *nutrient agar*, *nutrient broth*, disinfektan komersil merk Prokleen (Benzalkonium klorida 5%), bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahapan yaitu sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat yaitu dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat), karakterisasi senyawa hasil sintesis, dan uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan.

3.3.1. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) dibenzoat dan Dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat)

Adapun prosedur sintesis senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat dan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) yang akan dilakukan pada penelitian ini didasarkan pada penelitian sebelumnya (Hadi *and* Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012, yang merupakan adaptasi dari prosedur sintesis Szorcik *et al.*, 2002).

Dalam proses sintesis senyawa dibutyltimah(IV) dibenzoat, direaksikan sebanyak 1,0455 gram ($4,20 \times 10^{-3}$ mol) senyawa dibutyltimah(IV) oksida dengan 1,0258 gram ($8,40 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam benzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60°C sampai dengan

62°C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai didapatkan padatan dibutiltimah(IV) dibenzoat kering dan konstan.

Sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) dilakukan dengan mereaksikan sebanyak 0,8414 gram ($3,38 \times 10^{-3}$ mol) senyawa dibutiltimah(IV) oksida dengan 1,2172 gram ($6,76 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam 2-asetilbenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60°C sampai dengan 62°C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai didapatkan padatan dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) kering dan konstan.

3.3.2. Karakterisasi Senyawa Dibutiltimah(IV) dibenzoat dan Dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat)

Padatan senyawa dibutiltimah(IV) dibenzoat dan Dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) hasil sintesis kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis Double Beam*, Spektrofotometer *FTIR*, Spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*. Uji bioaktivitas senyawa dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) sebagai disinfektan kemudian akan dilakukan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.3. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan

Pengujian senyawa sebagai disinfektan yang dilakukan pada penelitian ini diadopsi dari prosedur yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Jawetz *et al.*, (2005) dimana dalam pengujian senyawa sebagai disinfektan ini menggunakan metode dilusi cair. Pengujian dilakukan dalam *Laminar Air Flow* dengan kondisi yang aseptik untuk menghindari adanya kontaminasi. Berikut merupakan tahapan pengerjaan pengujian senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan.

A. Penyiapan Media Uji

Penyiapan media uji dilakukan dengan pembuatan media kaldu nutrisi (*Nutrient Broth*). *Nutrient Broth* sebanyak 20 mL dimasukkan ke dalam masing-masing 22 tabung reaksi dengan ukuran 20x150 mm. Komposisi per liter terdiri dari ekstrak daging 5 g, NaCl 5 g, dan pepton 10 g.

B. Peremajaan Bakteri

1. Peremajaan Bakteri *Salmonella sp.*

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

2. Peremajaan Bakteri *S. aureus*

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

C. Penentuan Waktu Optimum Media Fermentasi

Penentuan waktu optimum untuk media fermentasi dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella sp.* maupun *S. aureus* hasil peremajaan dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media inokulum ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, dipindahkan media inokulum ke dalam media fermentasi 300 mL sebanyak 2% atau sebanyak 6 mL. Media fermentasi ini kemudian di-*shaker* sembari diukur

optical density larutan bakteri ini tiap 2 jam pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis* hingga diperoleh fase stasioner bakteri sebagai waktu optimum. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

D. Pembuatan Suspensi Bakteri Uji

1. Pembuatan Suspensi Bakteri *Salmonella sp.*

Suspensi bakteri dibuat dengan menginokulasi satu ose bakteri *Salmonella sp.* hasil peremajaan dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media inokulum ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, dipindahkan media inokulum ke dalam media fermentasi 500 mL sebanyak 2% atau sebanyak 10 mL. Media fermentasi ini kemudian dishaker selama waktu optimum hasil penentuan dan kemudian diukur *optical density* nya pada gelombang 600 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

2. Pembuatan Suspensi Bakteri *S. aureus*

Suspensi bakteri dibuat dengan menginokulasi satu ose bakteri *S. aureus* hasil peremajaan dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media inokulum ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, dipindahkan media inokulum ke dalam media fermentasi 500 mL sebanyak 2% atau sebanyak 10 mL. Media fermentasi ini kemudian dishaker selama waktu optimum hasil penentuan dan kemudian diukur *optical density* nya pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

D. Pembuatan Larutan Disinfektan

1. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutiltimah(IV) dibenzoat

Larutan stok disinfektan dibutiltimah(IV) dibenzoat 1×10^{-2} M dibuat dengan menimbang 0,0475 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5% hingga 10 mL (Perhitungan pada Lampiran 4). Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

2. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat)

Larutan stok disinfektan dibutiltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0591 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5% hingga 10 mL (Perhitungan pada Lampiran 4). Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3. Pembuatan Larutan Disinfektan Kontrol Positif (Prokleen)

Larutan stok disinfektan kontrol positif (Prokleen) 1×10^{-2} M, dibuat dengan mengambil sebanyak 0,7440 mL dari larutan disinfektan konsentrat dan melarutkannya menggunakan aquades hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan aquades 10 mL (Perhitungan pada Lampiran 4). Ketiga larutan kontrol positif hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

E. Uji Bioaktivitas Disinfektan terhadap Bakteri

1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) dibenzoat terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Dimasukkan suspensi bakteri *Salmonella sp.* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL larutan disinfektan dibutiltimah(IV) dibenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Kemudian diukur *optical density* campuran ini pada panjang gelombang 600 nm dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) dibenzoat terhadap Bakteri *S. aureus*

Dimasukkan suspensi bakteri *S. aureus* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL larutan disinfektan dibutiltimah(IV) dibenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Kemudian diukur *optical density* campuran ini pada panjang gelombang 600 nm dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltinah(IV) di-(2-asetilbenzoat) terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Dimasukkan suspensi bakteri *Salmonella sp.* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL larutan disinfektan dibutyltinah(IV) di-(2-asetilbenzoat) 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Kemudian diukur *optical density* campuran ini pada panjang gelombang 600 nm dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltinah(IV) di-(2-asetilbenzoat) terhadap Bakteri *S. aureus*

Dimasukkan suspensi bakteri *S. aureus* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL larutan disinfektan dibutyltinah(IV) di-(2-asetilbenzoat) 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Kemudian diukur *optical density* campuran ini pada panjang gelombang 600 nm dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

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

Dimasukkan suspensi bakteri *Salmonella sp.* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL larutan disinfektan komersil merk Prokleen yang telah diencerkan hingga konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Kemudian diukur *optical density* campuran ini pada panjang gelombang 600 nm dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

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

Dimasukkan suspensi bakteri *S. aureus* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 2000 μL larutan disinfektan komersil merk Prokleen yang telah diencerkan hingga konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Kemudian diukur *optical density* campuran ini pada panjang gelombang 600 nm dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

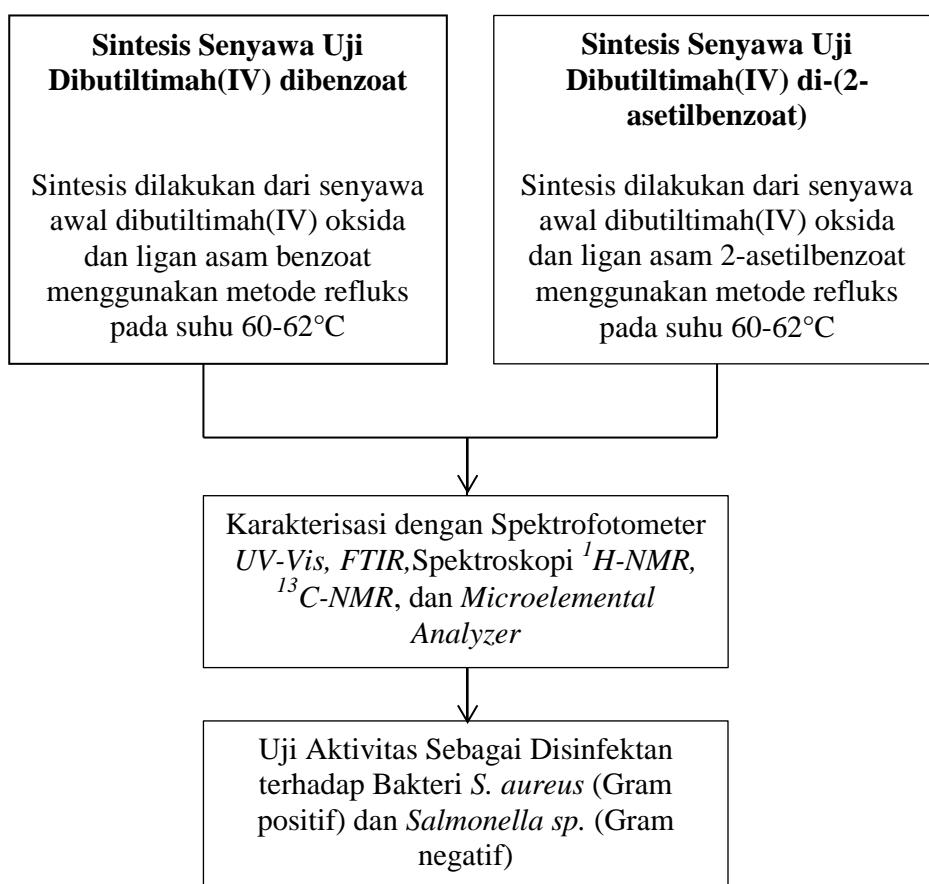
7. Uji Bioaktivitas Pelarut dan Kontrol Negatif terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Dimasukkan larutan bakteri *Salmonella sp.* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam dua buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 2000 μL pelarut, yang terdiri dari campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua yaitu kontrol negatif, diujikan tanpa penambahan apa pun. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, optical density campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini, diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam lima buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

8. Uji Bioaktivitas Pelarut dan Kontrol Negatif terhadap Bakteri *S. aureus*

Dimasukkan larutan bakteri *S. aureus* dari media fermentasi sebanyak 20 mL ke dalam dua buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 2000 μL pelarut, yang terdiri dari campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua yakni kontrol negatif, diujikan tanpa penambahan apa pun. Pada waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, optical density campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Campuran dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit ini, diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam lima buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan pengamatan koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan dengan dua kali pengulangan (duplo).

Pertambahan nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup, sedangkan nilai konstan dan berkurangnya nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan tidak adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup (Astutiningsih, 2014). Pengamatan visual juga dilakukan dengan mengamati hasil larutan uji dalam setiap tabung reaksi. Secara keseluruhan, penelitian ini terangkum dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil sintesis yang telah dilakukan, diperoleh senyawa padatan dibutyltimah(IV) dibenzoat berwarna putih dengan massa 1,8888 gram dengan persentase rendemen sebesar 94,44%. Dan diperoleh hasil senyawa padatan dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) berwarna kuning dengan massa 1,6671 gram dengan persentase rendemen sebesar 83,35%.
2. Hasil karakterisasi senyawa menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, *FTIR*, spektroskopi $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *microelemental analyzer* membuktikan bahwa reaksi sintesis senyawa berlangsung dengan baik dan senyawa telah berhasil disintesis dengan tingkat kemurnian yang sangat tinggi.
3. Hasil uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis menunjukkan bahwa senyawa dibutyltimah(IV) di-(2-asetilbenzoat) memiliki potensi yang sangat baik sebagai disinfektan yakni aktif dalam menghambat bakteri *S. aureus* pada konsentrasi 1×10^{-3} M dengan waktu kontak 15 menit yang ditandai dengan penurunan absorbansi yang signifikan pada hasil metode *optical density* dan minimnya pertumbuhan bakteri pada cawan petri hasil metode *spread plate*.
4. Berdasarkan hasil uji bioaktivitas menggunakan metode *optical density* dan metode *spread plate* disimpulkan bahwa senyawa hasil sintesis memiliki bioaktivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan kontrol positif (Prokleen).

5.2. Saran

Hal yang dapat penulis sarankan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan variasi prekursor dan ligan dalam sintesis senyawa organotimah(IV) lainnya untuk mengetahui bioaktivitas dan potensi lainnya dari senyawa organotimah(IV).
2. Melakukan karakterisasi senyawa prekursor dan senyawa hasil sintesis dengan menggunakan instrumen, tempat, dan waktu yang bersamaan.
3. Melakukan uji bioaktivitas senyawa dengan menggunakan variasi bakteri lainnya yang kerap menginfeksi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboh, M., Oladosu, P., dan Ibrahim, K. 2013. Antimicrobial Activities of Some Brands of Households Disinfectants Marketed in Abuja Municipal Area Council, Federal Capital Territory, Nigeria. *American J. Research Com.* **4**(12):171-183.
- 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.
- Alfiyanti, E., dan Putri, D. H. 2020. Precision of Enumeration Technique for Count of the Number of Bacterial Cells with the Spread Plate Method. *Serambi Biologi.* **5**(1):7-10.
- Aneja, K. R., Joshi, R., dan Sharman, C. 2010. The Antimicrobial Potential of Ten Often Used Mouthwashes Against Four Dental Caries Patogheus. *Jundishapur: J. Microbiol.* **3**(1): 15-27.
- Anggraini, M.S., Hadriyati, A., dan Sanuddin, M. 2020. Sintesis Senyawa Obat Difenilstanum(IV) N-Metilbenzilditiokarbamat sebagai Antifungi. *J. Health. Tech. Med.* **6**(1):308-317.
- Annisah, Suhartati, T., Yandri, and Hadi, S. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chloropositive Againts *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Orient. J. Chem.* **33** (3):1133–1139.
- Asrial. 2014. Senyawa Turunan Organotimah: Sintesis dan Struktur Kristal Bis (Trimetiltimah) Krokonat $[(CH_3)_3Sn]_2C_5O_5H_2O$. *J. Ind. Soc. Integ. Chem.* **6**(1):1-8.
- 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 Kom.* **11**(2):50-57.

- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, LLC. France. Hal 577.
- Baul, T. S. B. 2008. Antimicrobial Activity of Organotin(IV) Compounds: A Review. *J. Appl. Organometallic Chem.* **22**: 195–204.
- Bonire, J. J., Ayoko, G. A., Olurinola, P. F., Ehinmidu, J. O., Jalil, N. S. N., and Omachi, A. A. 1998. Synthesis and antifungal activity of some organotin(IV) carboxylates. *Met. Based. Drug.* **5** (4): 233-236.
- Brewer, C. 2010. Variations in Phenol Coefficient Determinations of Certain Desinfectans. *American J. Pub. Health.* **33**(3):261-264.
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J., Morse, S., and Meitzner, T. A. 2013. *Medical Microbiology 26th edition*. Mc Graw-Hill. New York. 879 hlm.
- Butcher, W and Ulaeto, D. 2010. Contact Inactivation of Orthopoxviruses by Household Disinfectants. *J. Appl. Microbiol.* **99**(2):84-297.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides. Rice University. 278 hlm.
- Clara, C. M. 2022. Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-2-klorobenzoat, Difeniltimah(IV) Di-2-klorobenzoat, dan Trifeniltimah(IV) Di-2-klorobenzoat sebagai Disinfektan. TESIS. 112 hlm.
- Clarke. 2005. *Clarke's Analysis of Drugs and Poisons*. Pharmaceutical Press. US. 1931 hlm.
- Costech Analytical Technologies. 2011. Elemental Combustion System CHNS. <http://costechanalytical.com/> diakses 19 Mei 2022.
- Cotton, F. A. and Wilkinson G. 2007. *Advance Inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York. 1171 hlm.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., and Bochmann, M. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry, 6th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York. 1376 hlm.
- Darmadi. 2008. *Infeksi Nosokomial Problematika dan Pengendaliannya*. Salemba Medika. Jakarta. 162 hlm.

- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh: Pudjaatmaka, A.H. Erlangga. Jakarta. 682 hlm.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 2001. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh: Pudjaatmaka, A.H. Erlangga. Jakarta. 628 hlm.
- Doringin, K. M., Lintang, R. A. J., Sumilat, D. A., Mangindaan, R. E. P., dan Fitje, L. 2020. Karakterisasi dan Penapisan Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Symbion Thurudila lineolata dan Phylidiella putulosa. *J. Pesisir dan Laut Tropis*. **8**(3):27-37.
- Dwidjoseputro, D. 1978. *Dasar- Dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta. 214 hlm.
- Elisabeth, R., Apriliana, E, dan Rukmono, P. 2012. Uji Efektivitas pada Antiseptik di Unit Perinatologi Rumah Sakit Umum Abdul Moeloek Bandar Lampung. *Med. J. Lampung Univ*. **2**(5):119-128.
- Fazlara, A and Ekhtelat, M. 2012. The Disinfectant Effects of Benzalkonium Chloride on Some Important Foodborne Pathogens. *American-Eurasian J. Agr. Env. Sci*. **12**(1):23-29.
- Ghanem, K.M., Fassi, F.A, and Hazmi, N.M. 2012. Optimization of Chloroxyleneol Degradation by *Aspergillus niger* Using Plackett Burman Design and Response Surface Methodology. *African J. Biotech*. **18**(1):7983-7994.
- Greenwood, N. N. and Earnshaw, A. 1990. *Chemistry of Elements, 2nd Edition*. Butterworth-Heinemann. Oxford. 1364 hlm.
- Hadi, S., Marwiyah, S. U., dan Susilowati, M. 2004. Synthesis and Characterization of Dibutyltin(IV) dicarboxylate Compounds Part 1 : The Preparation of $(C_4H_9)_2Sn(OOCR)_2$ ($RCOO^-$ = Salicylic and Acetylsalicylic). *J. Sains. Tek*. **10**(2):113-117.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and In Vitro Anticancer Activity of some Organotin(IV) Benzoate Compounds. *Orient. J. Chem*. **26**(3):775-779.
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. In Vitro Activity and Comparative Studies of Some Organotin(IV) Benzoate Derivatives Against Leukemia Cancer Cell: L-1210. *Indo. J. Chem*. **12**(2):172– 177.

- 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*. *Macedonian J. Chem. Chem Eng.* **37**(2):185–191.
- Hadi, S., Irawan, B., Yandri., dan Suhartati, T. 2020. Synthesis, Characterization and the Antifungal Activity Test of Some Organotin(IV) Benzoates. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1751**(2021) 012099.
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, S., Qudus, H.I., Rilyanti, M., Herasari, D., and Yandri, Y. 2021a. Synthesis and Comparative Study on the Antibacterial Activity Organotin (IV) 3-hydroxybenzoate Compounds. *Pure. Appl. Chem.* **93**(5): 623–628.
- Hadi, S., Fenska, M.D., Noviany, N., Satria, H., Simanjuntak, W., and Naseer, M.M. 2021b. Synthesis and Antimalarial Activity of Some Triphenyltin(IV) Aminobenzoate Compounds against *Plasmodium falciparum*. *Main Metal Group Chem.* **44**: 256–260.
- Hadi, S., Irianti, N.T., dan Noviany, N. 2022. Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Organotin(IV) 4-Nitrobenzoat. *ALCHEMY.* **18**(1):19-29.
- Hansch, C. and Verma, R.P. 2009. Larvicidal Activities of Some Organotin Compounds on Mosquito Larvae: A QSAR Study. *Eur. J. Med. Chem.* **44**: 260–273.
- Harjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta. 58 hlm.
- Hasibuan, R., Purba, R. C., dan Budianto, S. 2021. Penyemprotan Disinfektan Sebagai Upaya Pencegahan Penyebaran Covid-19 Di Musholla Sadar Kelurahan Dwikora Medan. *J. Abdimas Mutiara.* **2**(1):1–4.
- Hayati, L. N., Tyasningsih, W., Praja R. N., Chusniati, S., Yunita, M. N., dan Wibawati, P. A. 2019. Isolasi dan Identifikasi *Staphylococcus aureus* pada Susu Kambing Peranakan Etawah Penderita Mastitis Subklinis di Kelurahan Kalipuro, Banyuwangi. *J. Med. Vet.* **2**(2):76-82.

- Hazani, N.N., Mohd, Y., Ghazali, S.A.I.S.M., Farina, Y., and Dzul kifli, N.N. 2019. Electrochemical Studies on Corrosion Inhibition Behaviour of Synthesised 2-acetylpyridine 4-ethyl-3-thiosemicarbazone and Its Tin(IV) Complex for Mild Steel in 1 M HCl Solution. *J. Electrochem. Sci. Tech.* **10**:29–36.
- Hong, J.H., Moon, H., Kim, J., Lee, B.C., Kim, G.B., Lee, H., dan Kim, Y. 2021. Differentiation of Carbon Black from Black Carbon Using A Ternary Plot Based on Elemental Analysis. *Chemosphere.* 264:128511.
- Ingham, R. K., Rosenberg, S. D., and Gilman, H. 1960. *Organotin compounds.* *Chem. Rev.* 60: 459-459.
- Irawati, W. Meyners, G. Y., Dwany, N., Rimpan, T. R., Ayustin, Y. D., Purba, E. H., dan Christanti, C. A. 2021. Praktikum Sederhana di Rumah Tentang Pengaruh Penggunaan Hand Sanitizer terhadap Keberadaan Koloni Bakteri di Tangan. *J. Pend. Bio.* **8**(3):126-137.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A.E. 2004. *Mikrobiologi Kedokteran.* Edisi 23. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 862 hlm.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A.E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran* Edisi Ke-3. Terjemahan oleh : Huriwati. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 867 hlm.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A.E. 2008. *Mikrobiologi Kedokteran.* Terjemahan oleh : Huriwati. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 862 hlm.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A.E. 2012. *Mikrobiologi Kedokteran .* Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 867 hlm.
- Jubeh, B., Breijyeh, Z., and Karaman, R. 2020. Resistance of Gram-Positive Bacteria to Current Antibacterial Agents and Overcoming Approaches. *J. Molecules.* **25**.2888.
- Kahrs, R., F. 1995. Disinfectants, antiseptics, sanitizers, and sterilizing agents. *Revue Scientifique et Technique de L'Office International Des Epizooties.* **14**(1) : 105-122.
- Kang, E.T., Neoh, K.G. and Tan, K.L. 1998. Polyaniline: Polymer with Many Interseting Intrinsic Redox State. *Prog. Polymer Sci.* **23**:277-324.

- Karsinah, L.H., Suharto, M., Mardiasuti, H.W. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Binarua Aksara Publisher. Tangerang. 491 hlm.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2020. *Panduan Cara dan Langkah-Langkah Disinfeksi*. diakses pada 22 Oktober 2022.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2022. *Infeksi Emerging*. www.infeksiemerging.kemendes.go.id. diakses pada 5 Agustus 2022.
- Koch R., L. 2003. The Multicolored Asian Lady Beetles, *Harmonia axyridis*: A Review of its biology, uses in biological control, and non- target impact. *J. Insect Sci.* **3**(1):1-16.
- Krisnawati, L., dan Suryana, A. K. H. 2021. Penyemprotan Disinfektan sebagai Tindakan Preventif terhadap Penularan Virus Covid-19 di Dusun Genting, Cepogo-Boyolali. *Jurnal Ekonomi, Sosial, & Humaniora.* **2**(9):1–5.
- Kusuma, F. 2009. *Staphylococcus aureus* PBP4 is Essential for Betalaktam Resistance in Community-Acquired Methicillin-Resistant Strain. *Antimicrob. Agents Chem.* **52**(11): 3955-66.
- Lam, P.K., Chan, C.K., Tse, M.L., and Lau, F.L. 2012 Dettol Poisoning and The Need for Airway Intervention. *Hong Kong Med. J.* **18**(4):270–5.
- Larson, E. 2013. Monitoring Hand Hygiene : Meaningless, Harmful, or Helpful?. *American J. Infection Control.* **41**:S42-S45.
- Lestari, Y., Asyary, A., Attamimi, H., R., dan Rustika. 2021. Evaluasi Pelaksanaan Program Pencegahan dan Pengendalian Infeksi *Health Care-Associated Infections (HAIs)* di Ruang Pasca Bedah Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Sumbawa Besar Tahun 2019. *J. Innv. Knowledge.* **1**(2):107-113.
- Loughlin, M.F., Jones, M.V., and Lambert, P.A. 2002. *Pseudomonas aeruginosa* Cells Adapted to Benzalkonium Chloride Show Resistance to Other Membrane active Agents But Not to Clinically Relevant Antibiotics. *School of Life and Health Sci. Aston Univ.* **49**(4):631-639.
- Madigan, M.T., Martinko J.M., and Parker, J. 2009. *Biology of Microorganisms*. Prentice Hall International. New York. 1061 hlm.

- Mahmood, S.S., Ali, M.H., Bhatti, M., Mazhar, R., and Iqbal. 2003. Synthesis, Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivates of 2-(2-Fluoro-4-biphenyl) Propanoic Acid. *Turkish J. Chem.* **27**: 657-666.
- Mantravadi, P.K., Kalesh, K.A., Dobson, R.C.J., Hudson, A.O., and Parthasarathy, A., 2019. The Quest for Novel Antimicrobial Compounds: Emerging Trends in Research, Development, and Technologies. *Antibiotics.* **8**(8) : 1–34.
- Otterspoor, S and Farrell, J. 2019. An Evaluation Of Buffered Peracetic Acid As An Alternative To Chlorine And Hydrogen Peroxide Based Disinfectants. *Infection, Disease & Health.* **24**(4):240-243.
- Pellerito, L., and Nagy, L. 2002. Organotin(IV)^{nt+} Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Structural Studies, and Some Biological Aspects. *Coord. Chem. Rev.* **224**:111– 150.
- Petrucci, R. H. 1999. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*. Alih Bahasa oleh Suminar. Erlangga. Jakarta. 373 hlm.
- Pratiwi, S. T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Penerbit Erlangga. Jakarta. 273 hlm.
- PubChem. 2021. Compound Summary : Benzyl-ethyl-tridecylazanium;chloride. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/88752654>. Diakses 19 Mei 2023.
- Radji, M. 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 320 hlm.
- Rehman W., Badshah A., Khan S., and Tuyet L.T.A. 2009. Synthesis, Characterization, Antimicrobial and Antitumor Screening of Some Diorganotin(IV) Complexes of 2-[(9H-Purin-6-ylimino)]-phenol. *Eur. J. Med. Chem.* **44**:3981–3985.
- Rocha, C.S., de Morais, B.P., Rodrigues, B.L., Donnici, C.L., de Lima, G.M., Ardisson, J.D., Takahashi, J.A., and Bitzer, R.S. 2016. Spectroscopic and X-ray Structural Characterization of New Organotin Carboxylates and Their In Vitro Antifungal Activities. *Polyhedron.* **117**:35–47.
- Rollando, R., Prasetyo, Y. S. A., dan Sitepu, R. 2019. Uji Antimikroba Minyak Atsiri Masoyi (*Massoia aromatica*) terhadap Bakteri *Streptococcus mutans*. *Majalah Farmasi dan Farmakologi.* **23**(2):52-57.

- Rutala, W. A., and Weber, D. J. 2014. Selection of the ideal disinfectant. *Infect. Cont. and Hospit. Ep.* **35** (7): 855-865.
- Samsuar, S., Simanjuntak, W., Qudus, H.I., Yandri, Y., Herasari, H., and Hadi, S., 2021. In Vitro Antimicrobial Activity Study of Some Organotin (IV) Chlorobenzoates against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *J. Adv. Pharm. Edu. Research.* **11**(2) : 17–22.
- Sanuddin, M., Hadriyati, A., dan Sari, I.P. 2022. Uji Aktivitas Antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* terhadap Senyawa Sintesis Difeniltin (IV) Metil Ditiokarbamat. *Lambung Farmasi.* **3**(1):46-50.
- Shaffer, J., G. 2013. *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital.* University of Michigan. Michigan. 357 hlm.
- Silva, R.R., Moraes, C.A., Bessan, J., Vanetti, M.C.D. 2009. Validation of a Predictive Model Describing Growth of *Salmonella* in Enteral Feeds. *Brazil. J. Microbiol.* **40**(1) : pp 149-154.
- Singh, R., Chaudary, P., and Khausik, N.K. 2010. A Review: Organotin Compounds in Corrosion Inhibition. *Rev. Inorganic Chem.* **30**:275–294.
- Sirajuddin, M., Ali, S., and Tahir, M.N. 2021. Organotin(IV) Derivatives Based on 2-((2-methoxyphenyl) carbamoyl) Benzoic Acid: Synthesis, Spectroscopic Characterization, Assessment of Antibacterial, DNA Interaction, Anticancer and Antileishmanial Potentials. *J. Molecular Structure.* 1229.129600.
- Siswandono dan Soekardjo, B. 1995. *Kimia Medisinal.* Airlangga University Press. Surabaya. 590 hlm.
- Slaughter, R.J., Watts, M., Vale, J.A., Grieve, J.R., and Schep, L.J. 2019. The Clinical Toxicology of Sodium Hypochlorite. *Clin. Toxicology.* **57**(5):303–311.
- Somani, S.B., Ingole, W.N., and Kulkarni, S.N. 2011. Disinfection of Water by Using Sodium Chloride (NaCl) and Sodium Hypochlorite (NaOCl). *J. Eng. Resc. Stud.* **2**(4):40-43.
- Stampi, S., De Luca, G., Onorato, M., Ambrogiano, E., and Zanetti, F. 2002. Peracetic Acid as an Alternative Wastewater Disinfectant to Chlorine Dioxide. *J. Appl. Microbiol.* **93**(5):725-31.

- Strelkauskas, A., and Strelkauskas, J. 2010. *Microbiology A Clinical Approach*. Garland Science, New York. 730 hlm.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta. 286 hlm.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA. Bandar Lampung. 99 hlm.
- Sulistyowati, Y., dan Siswati, A. 2011. Uji Potensi Antibakteri Sodium Ascorbyl Phosphate terhadap *Propionibacterium acnes* In Vitro. *Mutiara Medika*. **11**(1):8-13.
- Supardi. 2011. *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Penerbit Alumni. Bandung. 290 hlm.
- Susdarwono, E. T. 2021. Pembelajaran Biologi Terkait Materi Bakteri Probiotik dalam Pencernaan Manusia Menggunakan Model Bersiklus. *Al Kawnu : J. Sci. and Loc. Wisdom*. **1**(1):34-44.
- Szorcsik, A., Nagy, L., Gadja-Schranz, K., Pallerito, L., Nagy, E., and Edelmann, E. T. 2002. Structural Studies on organotin(IV) complexes formed with ligands containing {S, N, O} donor atoms. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **252** (3): 523–530.
- Takeuchi, Y. 2006. *Buku Teks Online Pengantar Kimia*. Terjemahan oleh : Ismunandar. Iwanami Publishing Company. Jakarta. 272 hlm.
- Tapouk, F. A., Nabizadeh, R., Mirzaei, N., Jazani, N. M., Yousefi, M., and Hasanloei, M. A. V. 2020. Comparative Efficacy of Hospital Disinfectants Against Nosocomial Infection Pathogens. *J. Antimicrob. Resist. Infect Cont.* **9**(115):2-7.
- Todar, K. 2002. *Staphylococcus Bacteriology*. University of Wisconsin. Madison. 330 hlm.
- Todar, K. 2008. *Staphylococcus aureus and Staphylococcal disease*. University of Wisconsin. Madison. 330 hlm.
- Trenggono, R.I., dan Latifah, F. 2007. *Buku Pegangan Ilmu Pengetahuan Kosmetik*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 226 hlm.

- Uddin, N., Rashid, F., Haider, A., Tirmizi, S.A., Raheel, A., Imran, M., Zaib, S., Diaconescu, P.L., Iqbal, J., and Ali, S. 2021. Triorganotin (IV) Carboxylates as Potential Anticancer Agents: Their Synthesis, Physicochemical Characterization, and Cytotoxic Activity against HeLa and MCF-7 Cancer Cells. *Applied Organometallic Chem.* **35**(4):6165.
- Utomo, S., B., Fujiyanti, M., Lestari, W., P., dan Mulyani, S. 2018. Uji Aktivitas Senyawa C-4-Metoksifenilkaliks[4]resorsinarena Termodifikasi Hexadecyltrimethylammonium-bromide terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *J. Kimia dan Pendidikan Kimia.* **3**(3):201-209.
- Van Der Weij, F. W. 1981. Kinetics and Mechanism of Urethane Formation Catalysed by Organotin Compound. *J. Sci. Polymer Chem.* **19**(2):381-388.
- Wahyuningsih, N., dan Zulaika, E. 2018. Perbandingan Pertumbuhan Bakteri Selulolitik pada Media Nutrient Broth dan Carboxyl Methyl Cellulose. *Jurnal Sains dan Seni ITS.* **7**(2):2337-3520.
- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum*. UMM Press. Malang. 344 hlm.
- Wheelis, M. L. 2007. *Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria and Eukaria*. Proceeding of National Academy of Science. USA.
- Wilkinson, G. 1982. *Comprehensive Organometallic Chemistry*. International Tin Research Institute, Publication No.618. Pergamon. 1570 hlm.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia.Pustaka. Utama. Jakarta. 251 hlm.
- World Health Organization. 2018. *Typhoid*. WHO. Geneva.
- World Health Organization. 2020. *Infection Prevention and Control of Epidemic and Pandemic-prone Acute Respiratory Infections in Health Care*. WHO. Geneva.
- Yoo, J.H. 2018. Review of Disinfection and Sterilization – Back to the Basics. *J. Infect. Chemoter.* **50**(2):101-109.
- Yuliandi, N., E., dan Hikmah, A., M. 2022. Penyuluhan Pencegahan Bakteri *Salmonella* sp. sebagai Pencetus Demam Tifoid atau Tifus. *J. Abdimas Kesosi.* **5**(1):10-13.

- Yuswananda, N.P. 2015. *Identifikasi Bakteri Salmonella sp. pada Makanan Jajanan di Masjid Fathullah Ciputat Tahun 2015*. SKRIPSI. 64 hlm.
- Zaenal. 2022. Pengaruh Kebijakan dan Pengawasan terhadap Penerapan Pencegahan dan Pengendalian Infeksi Nosokomial di RSUD Kota Makassar. *Syntax Literate*. **7**(2):1-10.
- Zellner, T and Eyer, F. 2020. Choking Agents and Chlorine Gas–History, Pathophysiology Clinical Effects and Treatment. *Toxlet*. **320**:73-79.