

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-
2-NITROBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-NITROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

MEY DHEA TAMI PUTRI



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

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-NITROBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-NITROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI DISINFECTAN

Oleh

MEY DHEA TAMI PUTRI

Pada penelitian ini, telah dilakukan sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat. Kedua senyawa tersebut disintesis dengan cara mereaksikan senyawa dibutiltimah(IV) oksida dengan asam 2-nitrobenzoat dan asam 3-nitrobenzoat yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer IR, UV-Vis, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, dan *Microelemental Analyzer*. Senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat diperoleh dalam bentuk padatan berwarna kuning dengan rendemen sebesar 93,93% sedangkan senyawa dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat diperoleh dalam bentuk padatan berwarna putih dengan rendemen sebesar 98,22%. Kedua senyawa hasil sintesis kemudian diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode Dilusi Cair dan *Spread Plate*. Hasil pengujian bioaktivitas sebagai disinfektan menunjukkan bahwa senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat bersifat aktif sebagai disinfektan pada konsentrasi 5×10^{-4} M dan waktu kontak terbaik adalah 30 menit.

Kata kunci: disinfektan, dibutiltimah(IV) oksida, dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat, dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat, *Salmonella sp.*, *S. aureus*.

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DIBUTYLTHIN(IV) DI-2-NITROBENZOATE AND DIBUTYLTHIN(IV) DI-3-NITROBENZOATE AND BIOACTIVITY TEST AS A DISINFECTANT

By

MEY DHEA TAMI PUTRI

In this research, dibutylthin(IV) di-2-nitrobenzoate and dibutylthin(IV) di-3-nitrobenzoate compounds have been synthesized. The two compounds were synthesized by reacting dibutylthin(IV) oxide with 2-nitrobenzoate acid and 3-nitrobenzoate acid as ligand and these compounds were well characterized using UV-Vis spectrophotometer, IR spectrophotometer, ¹H-NMR, ¹³C-NMR spectrometers, and Microelemental Analyzer. Synthesis of dibutylthin(IV) di-2-nitrobenzoate produced yellow coloured solid with the yield of 93.93%, while synthesis of dibutylthin(IV) di-3-nitrobenzoate compound produced white coloured solid with the yield of 98.22%. The synthesized compounds were then tested for their bioactivity as a disinfectant against *Salmonella sp.* and *Staphylococcus aureus* bacteria, using the liquid dilution and spread plate method. The results of the bioactivity test as a disinfectant showed that the compounds dibutylthin(IV) di-2-nitrobenzoate and dibutylthin(IV) di-3-nitrobenzoate were active as disinfectants at a concentration of 5×10^{-4} M and the optimum contact time is 30 minutes.

Key words : disinfectant, dibutylthin(IV) oxide, dibutylthin(IV) di-2-nitrobenzoate, dibutylthin(IV) di-3-nitrobenzoate, *Salmonella sp.*, *S. aureus*.

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-
2-NITROBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-NITROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

MEY DHEA TAMI PUTRI

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI
SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-
NITROBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV)
DI-3-NITROBENZOAT SERTA UJI
BIOAKTIVITASNYA SEBAGAI
DISINFEKTAN**

Nama Mahasiswa : **Mey Dhea Tami Putri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1817011008**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



1. Komisi Pembimbing

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

Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.
NIP 19560905 199203 1 001

2. Ketua Jurusan Kimia

Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 19740611 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

Sekretaris

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

Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Hardoko Insan Qudus, M.S.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T.

NIP 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **03 Agustus 2022**

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Mey Dhea Tami Putri
NPM : 1817011008
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

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

“Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat dan Dibutyltimah(IV) Di-3-nitrobenzoat 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 di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen/atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

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

Bandar Lampung, 05 Agustus 2022

Yang Menyatakan



Handwritten signature of Mey Dhea Tami Putri.

Mey Dhea Tami Putri
NPM. 1817011008

RIWAYAT HIDUP

Mey Dhea Tami Putri dilahirkan di Desa Banjar Ratu, pada tanggal 01 Mei 2000 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, pasangan Bapak Wahyudin dan Ibu Indrawati. Penulis Menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Assalam Blambangan Pagar pada tahun 2006, Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Candi Rejo pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Way Pengubuan pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Terbanggi Besar pada tahun 2018.

Penulis diterima di Jurusan S1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2018. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti kegiatan organisasi sebagai Kader Muda Himaki Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2019-2020.

Penulis pernah mengikuti Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) dalam Program Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) dengan materi pembelajaran Teknologi Pengelolaan Kopi yang diselenggarakan oleh Universitas Malikussaleh pada tanggal 09 Agustus sampai 02 Oktober 2021. Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan dengan judul Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat dan Dibutyltimah(IV) Di-3-nitrobenzoat serta Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Universitas Lampung. Penulis Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjar Kertarahayu, Kecamatan Way Pengubuan, Kabupaten Lampung Tengah, Lampung pada Februari-Maret 2021.

MOTTO

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

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha.”
(B.J. Habibie)

“Hidup yang tidak teruji adalah hidup yang tidak layak untuk dihidupi. Tanda manusia masih hidup adalah ketika ia mengalami ujian, kegagalan dan penderitaan.”
(Socrates)

“Nothing is impossible to do, only nothing is easy.”
(Napoleon Bonaparte)

“Allah does not charge a soul except [with that within] its Capacity.”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Tetaplah satu titik dari berbagai sudut pandang.”

PERSEMBAHAN

***Dengan mengucap Alhamdulillahilalamin kepada Allah
Subhanahu Wa Ta'alla***

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

Ibu dan buyahku tercinta

Yang telah menjadi sumber kekuatan dan semangat bagiku, keringat yang selalu menjadi saksi akan perjuangannya untukku. Buyah dan Ibu, lewat karya ini ananda ingin berterimakasih atas segala cinta, kesabaran, pengorbanan, kasih sayang serta ketulusan yang tak pernah lelah dalam setiap sujudnya mendo'akan hidupku. Untuk adikku tercinta Arief Wiratama, yang telah memberikan dukungan, semangat dan keceriaan kepada penulis dalam menyelesaikan karya ini.

Rasa hormat saya kepada :

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

Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia atas dedikasi dan ilmu yang telah diberikan kepada ananda selama menempuh pendidikan di kampus.

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

Serta

Almamaterku Tercinta

SANWACANA

Segala Puji bagi Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan keridhoan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat dan Dibutiltimah(IV) Di-3-nitrobenzoat serta Uji Bioaktivitasnya sebagai Disinfektan”**. Sholawat serta salam tak lupa juga penulis hanturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa taat mengamalkan ajaran dan sunnahnya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

Penulis mengucapkan rasa terimakasih dan ketulusan hati diiringi doa kepada :

1. Bapak Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, bantuan, nasihat, motivasi, kritik, saran, keikhlasan, kesabaran, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kemudahan dan membalas kebaikannya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S. selaku Dosen Pembimbing II atas segala masukan, gagasan, nasehat, bimbingan, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam perencanaan dan penyelesaian penelitian serta skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan bapak.
3. Bapak Dr. Hardoko Insan Qudus, M.S. selaku Penguji atas segala masukan, bantuan, nasihat, motivasi, kritik, saran, keikhlasan, kesabaran, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan bapak.

4. Ibu Dr. Dian Herasari, S.Si., M.Si. selaku Pembimbing Akademik atas bimbingan, nasihat, serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
5. Bapak Prof. Dr. Karomani, M.Si. selaku Rektor Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, terimakasih atas seluruh ilmu, pengalaman, dan motivasi yang telah diberikan selama perkuliahan. Semoga Allah SWT senantiasa membalasnya.
9. Bapak Ibu Guru dari SD, SMP, dan SMA yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, pendidikan akhlak serta pengalaman kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.
10. Kedua malaikat terbaikku Bapak Wahyudin dan Ibu Indrawati, terimakasih atas seluruh cinta, kasih sayang, kesabaran, keikhlasan, dan ketulusan doa yang tiada hentinya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta selalu diberi kesehatan dan perlindungan serta kemudahan dalam segala urusan.
11. Adik laki-laki satu-satunya Arief Wiratama yang selama ini selalu memberikan dukungan dan mendoakan penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta selalu diberi kesehatan dan perlindungan serta kemudahan dalam segala urusan.
12. Kepada Ria Kurniawan yang selama ini selalu memberikan dukungan, nasihat, motivasi, semangat dan selalu mendoakan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta selalu diberi kesehatan dan perlindungan serta kemudahan dalam segala urusan.
13. Rekan seperjuangan penelitian Gustin Lestiani, Natasha Azaria dan Nia Mardanti yang selalu menemani menyelesaikan penelitian dan menulis skripsi, semoga Allah memberikan kesehatan dan kemudahan dalam karir.
14. Teman Pejuangku Fauzia Sabrina, Firda Tiara Rochman, Lily Nur Safitri dan Lupia Widya Astuti terimakasih atas segala kebersamaan, bantuan, semangat, dan motivasi selama penulis kuliah di Jurusan Kimia FMIPA Universitas

Lampung sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan S1 dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan perlindungan, kesehatan dan melancarkan segala urusan kalian.

15. Kakak-kakak satu bimbingan 2017 Ahmad Alfarizi, Anggit Anindya Putri, Dini Aulia dan Olivia Margaretta Damai terimakasih atas segala bantuan dan dukungannya selama ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kakak-kakak selama ini.
16. Kakak- kakak satu bimbingan S2 Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung Cindy Moyna Clara L.A. dan Aisyah Larasaty Susangka yang selalu membantu, memberi dukungan, nasihat dan semangat kepada penulis. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kakak-kakak selama ini.
17. Adik-adik satu bimbingan Alfonsa Maurena W. C. S., Cantona Sasmitha, Munafatin Afifah, dan Sabrina Ocha F. atas segala dukungan dan bantuannya selama ini, semoga kalian dipermudah dalam menyelesaikan kuliah, penelitian dan skripsinya.
18. Teman-teman kelas B, teman-teman di laboratorium Anorganik/Fisik dan Biokimia atas semua bantuan dan semangat selama penulis melakukan penelitian, semoga Allah membalas dengan kebaikan.
19. Teman-teman Kimia 2018 terimakasih atas kebersamaan, canda tawa dan bantuan selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Semoga kita semua dimudahkan dalam karir serta segala urusan.
20. Rekan-rekan Mulei Meghanai Banjar Ratu atas segala dukungan dan semangatnya selama ini. Semoga kita semua dimudahkan dalam karir serta segala urusan.
21. Senior dan Juniorku Kimia angkatan 2016, 2017, 2019, 2020 dan 2021 atas segala kebaikan dan bantuan kepada penulis.

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

Bandar Lampung, 05 Agustus 2022
Penulis,

Mey Dhea Tami Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Senyawa Organologam.....	5
2.2. Timah.....	6
2.3. Senyawa Organotimah	7
2.3.1. Senyawa Organotimah Halida.....	8
2.3.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida	9
2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat.....	10
2.4. Aplikasi Organotimah	12
2.5. Analisis Senyawa Organotimah	13
2.5.1. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis	13
2.5.2. Analisis dengan Spektrofotometer <i>Infra Red</i> (IR)	15
2.5.3. Analisis dengan Spektroskopi ¹³ C-NMR dan ¹ H-NMR.....	16
2.5.4. Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	19
2.6. Bakteri	19
2.6.1. Bakteri <i>S. aureus</i>	22
2.6.2. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	22
2.7. Disinfektan	24

III. METODE PENELITIAN	26
3.1. Waktu dan Tempat	26
3.2. Alat dan Bahan	26
3.3. Prosedur Penelitian	27
3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat	27
3.3.2. Peremajaan Bakteri	28
3.3.3. Pembuatan Inokulum Bakteri.....	29
3.3.4. Pembuatan Larutan Disinfektan.....	30
3.3.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri.....	30
3.3.6. Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif Terhadap Bakteri.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Sintesis Senyawa Organotimah	36
4.1.1. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat.....	36
4.1.2. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-3-nitrobenzoat.....	38
4.2. Karakterisasi Senyawa Hasil Sintesis.....	40
4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR.....	40
4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	45
4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR.....	50
4.2.4. Analisis Unsur Menggunakan <i>Microelemental Analyzer</i>	55
4.3. Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan	56
4.3.1. Hasil Uji Bioaktivitas Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	60
4.3.2. Hasil Uji Bioaktivitas Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	62
V. KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan Khas IR untuk Organotimah Karboksilat	16
2. Nilai Geseran Kimia untuk ^1H - NMR dan ^{13}C -NMR.....	18
3. Bilangan gelombang gugus-gugus yang terdapat pada senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat	43
4. Bilangan gelombang gugus-gugus yang terdapat pada senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat	45
5. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida dengan Dibutiltimah(IV) Di-2-nitrobenzoat	48
6. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida dengan Dibutiltimah(IV) Di-3-nitrobenzoat	50
7. Perbandingan Pergeseran Kimia Senyawa Hasil Sintesis	55
8. Perbandingan Komposisi Unsur Teoritis dan Hasil Analisis	56
9. Hasil uji bioaktivitas senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i>	62
10. Hasil uji bioaktivitas senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>S. aureus</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Senyawa dibutiltimah(IV) oksida	10
2. Senyawa asam 2-nitrobenzoat	12
3. Senyawa asam 3-nitrobenzoat	12
4. Diagram alir penelitian	35
5. Reaksi sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat.....	37
6. Senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat.....	38
7. Reaksi sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat.....	39
8. Senyawa dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat.....	40
9. Spektrum IR senyawa dibutiltimah(IV) oksida	41
10. Spektrum IR senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat.....	42
11. Spektrum IR senyawa dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat.....	44
12. Spektrum UV senyawa dibutiltimah(IV) oksida	46
13. Perbandingan spektrum UV senyawa dibutiltimah(IV) oksida (a) dan dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat (b)	47
14. Perbandingan spektrum UV senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat	49
15. Penomoran struktur senyawa dibutiltimah(IV) di-2- nitrobenzoat.....	51
16. Penomoran struktur senyawa dibutiltimah(IV) di-3- nitrobenzoat.....	51
17. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ senyawa dibutiltimah(IV) di-2- nitrobenzoat	53
18. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ senyawa dibutiltimah(IV) di-3- nitrobenzoat	54
19. Reaksi pembentukan senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat.....	79
20. Reaksi pembentukan senyawa dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Rendemen Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2- nitrobenzoat	79
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Dibutyltimah(IV) di-3- nitrobenzoat	81
3. Perhitungan Presentase Kandungan Unsur Teoritis dan Data Hasil Pengukuran <i>Microelemental Analyzer</i>	83
4. Pembuatan dan Pengenceran Larutan Disinfektan	85

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infeksi merupakan salah satu penyakit yang terus berkembang dari waktu ke waktu. Infeksi dapat ditularkan dari satu orang ke orang lain atau dari hewan ke manusia. Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang penduduknya banyak terjangkit jenis penyakit infeksi. Infeksi disebabkan oleh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, jamur, dan protozoa (Gould dan Brooker, 2003). Rumah sakit merupakan tempat yang memiliki resiko infeksi dengan jumlah mikroorganisme yang tinggi (Caroline dkk, 2016). Salah satu penyakit infeksi yang menjadi masalah penting di semua rumah sakit di dunia adalah infeksi nosokomial (Darmadi, 2008). Infeksi nosokomial atau disebut dengan *Hospital Acquired Infection* (HAI) adalah infeksi yang didapatkan dan berkembang selama pasien dirawat di rumah sakit (World Health Organization, 2016). Infeksi nosokomial umumnya menyerang pasien dengan perawatan paling tidak selama 72 jam dan pasien tersebut tidak menunjukkan gejala infeksi saat masuk rumah sakit (Brooker, 2009). Angka persentase infeksi nosokomial di rumah sakit dunia terus meningkat sekitar sekitar 3 – 21% (rata-rata 9%) atau lebih dari 1,4 juta pasien rawat inap di rumah sakit seluruh dunia mengalami infeksi nosokomial (World Health Organization, 2016). Kasus infeksi nosokomial di Indonesia mencapai 15,74%, jauh di atas negara maju yang berkisar 4,8-15,5% (Sapardi dkk, 2018).

Mikroorganisme yang sering berpotensi menyebabkan infeksi nosokomial adalah *Proteus sp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, dan *Pseudomonas aeruginosa* (Baharutan dkk, 2015). Bakteri *S. aureus* telah lama

menjadi masalah infeksi serius di rumah sakit. Hampir setiap orang pernah mengalami beberapa infeksi *S. aureus* dalam hidupnya, di mana bervariasi dalam tingkat keparahannya mulai dari keracunan makanan atau infeksi kulit ringan sampai infeksi berat yang mengancam jiwa (Jawetz dkk, 2005). *S. aureus* merupakan bakteri Gram positif yang telah lama menjadi penyebab infeksi nosokomial (Khan *et al.*, 2018). Di rumah sakit, tempat yang memiliki risiko paling tinggi terhadap infeksi *S. aureus* yaitu kamar bedah, unit perawatan intensif, bagian kemoterapi kanker dan kamar perawatan bayi baru lahir (Jawetz dkk, 1996).

Pasien bedah merupakan pasien yang memiliki risiko tinggi untuk terpapar infeksi nosokomial, terutama apabila dirawat di rumah sakit dengan tingkat kebersihan lingkungan yang masih belum sesuai dengan persyaratan. Alat-alat bedah atau medis dapat bertindak sebagai pembawa dalam penularan infeksi nosokomial (Ferryansyah dkk, 2009). Sterilisasi peralatan medis yang tepat sangat penting untuk mencegah penularan infeksi nosokomial ke pasien dan petugas perawatan kesehatan. Peningkatan kesterilan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu bahan antiseptik seperti disinfektan. Penggunaan disinfektan untuk alat bedah atau medis sangat penting dalam proses pencegahan infeksi nosokomial di rumah sakit. Hal tersebut untuk mengurangi jumlah *bioburden* dari alat medis yang telah terkontaminasi sehingga dapat mencegah penularan infeksi nosokomial (Schaffer, 2000).

Disinfektan umum digunakan untuk mencegah penularan penyakit yang disebabkan oleh infeksi. Cara paling aman dalam penggunaan disinfektan yaitu dengan menyemprotkan secara langsung disinfektan pada benda yang ingin dijaga kebersihannya (Athena dkk, 2020). Penyemprotan disinfektan dapat membunuh seluruh bakteri dengan menghambat pertumbuhan dan metabolisme bakteri tersebut, tetapi cairan yang terkandung di dalamnya dapat menimbulkan dampak yang negatif bagi kulit. Dampak yang paling umum adalah menimbulkan iritasi. Cairan disinfektan akan menyebabkan iritasi jika kulit orang tersebut memiliki alergi ataupun luka. Cairan tersebut tidak akan memberikan dampak hingga ke

fungsi organ dalam tubuh. Iritasi yang dapat muncul adalah iritasi kulit, mata, jalur pernapasan dan dapat menimbulkan keracunan (Zulfikri dan Ashar, 2020).

Disinfektan yang umum digunakan merupakan disinfektan yang berbahan dasar alkohol seperti etanol dan isopropil alkohol. Namun bahan tersebut memiliki kelemahan karena tidak membunuh spora dan menyebabkan korosi pada logam. Kelemahan dari bahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan pereduksi seperti natrium nitrit 2%, namun penambahan pereduksi dapat mengeringkan kulit. Produk gas yang digunakan dalam disinfektan seperti formaldehida cenderung menimbulkan bau, menyebabkan keracunan pada membran kulit dan juga membran mukosa (Shaffer, 2013). Disinfektan bersifat toksik bagi manusia, sehingga dalam penggunaannya diperlukan pengawasan yang lebih. Efek toksik tersebut dapat dikurangi dengan melakukan pencarian bahan baru yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk menjadi bahan dasar dalam pembuatan disinfektan.

Salah satu senyawa anorganik yang menjadi bahan alternatif dalam pembuatan disinfektan adalah senyawa organotimah. Senyawa organotimah memiliki jangkauan aplikasi yang luas dan termasuk bahan kimia organologam yang paling banyak digunakan. Senyawa ini dikenal memiliki berbagai aktivitas biologis. Aktivitas biologis yang dimiliki senyawa organotimah di antaranya sebagai antibakteri (Maiti *et al.*, 2007), antimikroba (Bonire, 1985; Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2021; Samsuar *et al.*, 2021), antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antikorosi (Hadi *et al.*, 2015) dan antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Hadi *et al.*, 2012; dan Hadi and Rilyanti, 2010).

Kereaktifan senyawa organotimah ditentukan berdasarkan atom timah itu sendiri dan gugus organik yang terikat pada atom timah menambah kereaktifan terhadap senyawa organotimah yang terbentuk (Szorcik *et al.*, 2002). Pada penelitian ini, dipilih senyawa di-organotimah dengan gugus butil yaitu senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat. Dibutiltimah(IV) memiliki nilai toksisitas yang lebih rendah dibandingkan

tributiltimah(IV), sehingga diharapkan senyawa dibutiltimah(IV) dikarboksilat dapat menjadi alternatif untuk menjadi bahan dasar dalam pembuatan disinfektan. Senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat tersebut akan disintesis terlebih dahulu, kemudian dilakukan karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer IR, spektrometer NMR dan *Microelemental Analyzer* dan selanjutnya dilakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menyintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat.
2. Mengkarakterisasi hasil sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat dengan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer IR, spektrometer NMR dan *Microelemental Analyzer*.
3. Menguji aktivitas senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat sebagai disinfektan terhadap bakteri Gram positif (*S. aureus*) dan bakteri Gram negatif (*Salmonella sp.*).

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menambah informasi mengenai bioaktivitas senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat sebagai disinfektan.
2. Senyawa organotimah(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 merupakan senyawa yang setidaknya memiliki satu atom karbon dari gugus organik yang berikatan langsung dengan logam sebagai atom pusat. Senyawa yang mengandung ikatan antara karbon dengan fosfor, arsen, silikon, maupun boron termasuk dalam senyawa organologam. Tetapi senyawa yang mengandung ikatan antara logam dengan oksigen, belerang, nitrogen, maupun dengan halogen tidak termasuk sebagai senyawa organologam. Sebagai contoh senyawa $(C_6H_5)Ti(OC_3H_7)_3$ termasuk ke dalam senyawa organologam, karena terdapat ikatan langsung antara karbon C dari gugus fenil dengan logam Ti. Sedangkan suatu alkoksida seperti $Ti(C_3H_7O)_4$ bukan termasuk senyawa organologam, karena gugus organiknya terikat pada Ti melalui atom oksigen. Senyawa organologam memiliki sifat umum yaitu mempunyai atom karbon yang lebih elektronegatif daripada kebanyakan logamnya. Dari bentuk ikatan pada senyawa organologam, senyawa ini dapat dikatakan sebagai penghubung antara kimia organik dan anorganik (Cotton *et al.*, 2007).

Berikut ini merupakan pengelompokan senyawa organologam berdasarkan ikatannya:

a. Senyawa organologam ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam yang bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik, dan sangat reaktif terhadap udara maupun air, umumnya terbentuk dari logam yang sangat positif. Senyawa organologam bersifat ionik terbentuk jika suatu radikal bebas pada logam terikat pada logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, misalnya logam alkali atau alkali tanah. Kestabilan serta

kereaktifan dari senyawa organologam ionik ditentukan dengan satu bagian yaitu oleh kestabilan ion karbon.

b. Senyawa organologam yang memiliki ikatan σ (sigma)

Senyawa organologam dengan ikatan σ terbentuk melalui pembentukan ikatan antara gugus organik dan atom logam dengan keelektropositifan rendah.

Umumnya, senyawa organologam dengan ikatan σ digolongkan sebagai ikatan kovalen meskipun masih ada sifat-sifat ioniknya. Sifat kimia dari senyawa organologam ini disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

1. Kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi.
2. Kemampuan donor dari alkil atau aril dengan pasangan elektron bebas.
3. Keasaman Lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak terisi penuh.
4. Pengaruh dari perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam-karbon (M-C) atau ikatan karbon-karbon (C-C).

c. Senyawa organologam yang terikat nonklasik

Di antara banyaknya senyawaan organologam, terdapat jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk pasangan elektron ataupun ikatan ionik. Senyawa ini terbagi menjadi dua golongan sebagai berikut:

1. Senyawa organologam yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan.
2. Senyawa organologam yang terbentuk di antara logam-logam transisi dengan alkuna, alkena, benzena, dan sistem cincin lainnya seperti C_5H_5 (Gora, 2005).

2.2. Timah

Timah atau *stannum* (Sn) merupakan unsur dalam tabel periodik yang mempunyai nomor atom 50. Timah memiliki berat molekul sebesar 118,71 sma, dengan titik didih sebesar 2270 °C. Timah melebur pada suhu 232 °C, larut dalam asam dan basa, senyawa-senyawa oksida dari timah dengan asam atau basa akan membentuk garam (Jones *and* Lappert, 1966).

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).

Dalam bentuk senyawanya timah memiliki bilangan oksidasi +2 dan +4. Timah dengan tingkat oksidasi +4 lebih stabil daripada +2. Hal tersebut dikarenakan timah pada tingkat oksidasi +4 menggunakan seluruh elektron valensinya, yaitu $5s^2 5p^2$ dalam ikatan. Sedangkan timah pada tingkat oksidasi +2 hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ saja (Cotton dan Wilkinson, 1989). Setelah dikarakterisasi, struktur geometri SnCl_4 menunjukkan bentuk yang sama seperti CCl_4 . Namun, di luar keadaan tersebut keduanya menunjukkan karakter yang cukup berbeda. Perbedaan tersebut dikarenakan ukuran atom Sn yang jauh berbeda dibandingkan atom C serta atom Sn yang memiliki orbital 5d. Kedua faktor tersebut membuat Sn memungkinkan untuk berikatan koordinasi dengan ligan-ligannya. Dalam hal ini, valensi yang dimiliki timah mempunyai fleksibilitas yang lebih besar, yaitu mempunyai bilangan koordinasi yang dapat lebih dari empat (Cotton and Wilkinson, 2007).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah merupakan senyawa yang memiliki sedikitnya satu ikatan kovalen C-Sn. Dalam senyawa organotimah, atom Sn umumnya berada dalam tingkat oksidasi +4. Sebagian dari senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $\text{R}_n\text{Sn(IV)X}_{4-n}$ ($n = 1-4$) dan diklasifikasikan berdasarkan dari jumlah

gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. R adalah gugus alkil atau aril seperti metil, fenil, dan oktil. Sedangkan X adalah anion yang terikat biasanya seperti klorida, oksida, fluorida, hidroksida, sulfida atau suatu karboksilat (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Berdasarkan dari sisi fisika dan kimia, senyawa organotimah merupakan monomer yang dapat menghasilkan makromolekul stabil serta padat, misalnya metiltimah, feniltimah, dan dimetiltimah. Sedangkan butiltimah berbentuk cairan yang cukup mudah menguap, tidak berwarna, menyublim, dan juga stabil terhadap hidrolisis maupun antioksidan. Atom halogen seperti klor, yang terikat pada senyawa organotimah mudah lepas dan berikatan dengan logam golongan utama untuk membentuk garam. Walaupun kekuatan ikatannya bervariasi, tapi atas dasar sifat itulah senyawa organotimah bisa disintesis (Greenwood *and* Earshaw, 1990).

Senyawa organotimah memiliki kecenderungan terhidrolisis yang lebih lemah dibandingkan dengan senyawa Si atau Ge yang terikat serta ikatan Sn-O dapat bereaksi dengan larutan asam. Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi SnO₂, CO₂, dan H₂O. Kemudahan putusnya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknyanya dan urutannya meningkat dengan urutan: butil (paling stabil) < propil < etil < metil < vinil < fenil < benzil < alil < CH₂CN < CH₂CO₂R (paling tidak stabil) (Van der Weij, 1981).

2.3.1. Senyawa Organotimah Halida

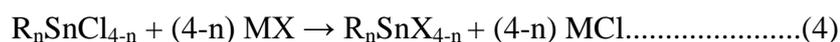
Senyawa organotimah halida mempunyai rumus umum R_nSnX_{4-n} dengan bentuk padatan kristalin yang sangat reaktif. Kebanyakan dari senyawa organotimah halida digunakan sebagai material awal dalam pembuatan R_nSnY_{4-n} dengan Y berupa gugus -H, -OR', -NR₂', dan OCOR'. Secara langsung, senyawa ini dapat disintesis melalui logam timah, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida yang reaktif. Dalam pembuatan organotimah halida dapat digunakan metode lain

seperti reaksi disproporsionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida, menggunakan cara perubahan perbandingan dari material awal. Berikut merupakan persamaan reaksinya:



(Davies, 2004).

Senyawa organotimah klorida digunakan sebagai material awal untuk sintesis senyawa organotimah halida lainnya dengan menggunakan logam halida lain yang sesuai seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:

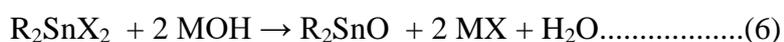
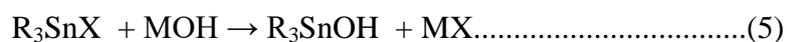


(X = F, Br atau I; M = K, Na, NH₄)

(Cotton *and* Wilkinson, 1992).

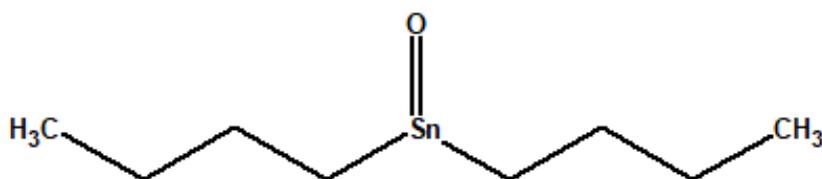
2.3.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida

Senyawa organotimah hidroksida dan oksida merupakan produk dari reaksi hidrolisis senyawa alkiltimah halida ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:



(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 karboksilat untuk menghasilkan senyawa dibutiltimah(IV) karboksilat. Struktur dari senyawa ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Senyawa dibutyltimah(IV) oksida

2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Senyawa organotimah karboksilat, $R_nSn(O_2CR')_{4-n}$ pada 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 reaksi berikut:

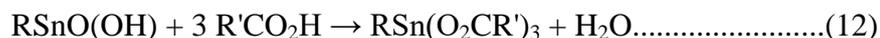


Pembuatan senyawa organotimah karboksilat berikutnya yaitu dengan pemutusan ikatan antara Sn-C, bisa lebih mudah terjadi ketika R berupa gugus vinil, alil, aril daripada gugus alkil. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Pembuatan senyawa organotimah karboksilat yang terakhir dibuat 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.

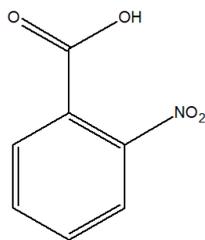


(Wilkinson, 1982).

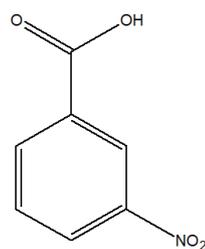
Pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa dibutyltin(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutyltin(IV) di-3-nitrobenzoat dengan menggunakan senyawa awal dibutyltin(IV) oksida.

Asam 2-nitrobenzoat dan asam 3-nitrobenzoat merupakan turunan dari asam benzoat. Asam 2-nitrobenzoat dan asam 3-nitrobenzoat memiliki rumus kimia yang sama yaitu $C_7H_5NO_4$ dengan berat molekul yang sama juga sebesar 167,1189 g/mol. Asam 2-nitrobenzoat berupa bubuk berwarna putih, memiliki titik lebur 146-148 °C dan memiliki stabilitas yang cukup baik. Sedangkan asam 3-nitrobenzoat berupa padatan kristal kuning dengan titik leleh 139 °C dan titik didih 341 °C. Asam 3-nitrobenzoat larut dalam air dan stabil di bawah kondisi serta temperatur ruang. Asam 3-nitrobenzoat juga banyak dimanfaatkan dalam zat pewarna, dalam ilmu kedokteran misalnya untuk preparasi obat-obatan, sebagai reagen dan serbaguna dalam sintesis organik (Caslab, 2013).

Struktur asam 2-nitrobenzoat dan asam 3-nitrobenzoat ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Senyawa asam 2-nitrobenzoat



Gambar 3. Senyawa asam 3-nitrobenzoat

2.4. Aplikasi Organotimah

Senyawa organotimah(IV) memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan, salah satunya dalam bidang industri. Dalam bidang industri senyawa organotimah(IV) digunakan sebagai biosidal dalam industri cat, karena menunjukkan aktivitas biosidal terhadap mikroorganisme dan penguraiannya tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Senyawa organotimah(IV) juga digunakan sebagai senyawa penstabil PVC (Pereyre *et al.*, 1987), *stabilizer* untuk parfum, pengawet kayu, kaca untuk pelapis timah oksida (Gitlitz *et al.*, 1992) serta berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Senyawa organotimah(IV) diketahui memiliki aktivitas biologis yang kuat. Aktivitas biologis dari senyawa organotimah(IV) ditentukan oleh jumlah gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Dalam beberapa penelitian, diketahui bahwa senyawa organotimah(IV) karboksilat memiliki beberapa manfaat di antaranya sebagai antibakteri (Maiti *et al.*, 2007), antimikroba (Bonire, 1985; Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2021; Samsuar *et al.*, 2021), antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antikorosi (Hadi

et al., 2015) dan antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Hadi *et al.*, 2012; dan Hadi and Rilyanti, 2010).

2.5. Analisis Senyawa Organotimah

Pada penelitian ini, untuk membuktikan senyawa dibutyltin(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutyltin(IV) di-3-nitrobenzoat yang disintesis telah terbentuk dengan baik, maka perlu dilakukan pengujian secara kualitatif dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer Inframerah (IR), spektrometer ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR serta analisis unsur C dan H dengan menggunakan alat *Microelemental Analyzer*.

2.5.1. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan alat yang digunakan untuk menganalisa suatu senyawa berdasarkan pada transisi elektronik yang dialami senyawa tersebut. Transisi elektronik terjadi akibat penyerapan radiasi sinar UV dan sinar tampak oleh senyawa yang dianalisis. Transisi elektronik dapat terjadi dari tingkat energi keadaan dasar ke tingkat energi pada keadaan eksitasi.

Transisi elektronik biasanya terjadi antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital antiikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital yang terlibat. Supaya elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka dibutuhkan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1\text{ nm} = 10^{-7}\text{ cm} = 10\text{ \AA}$). Daerah ini dikenal dengan daerah *ultraviolet* hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingganya sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan bagi penentuan struktur. Daerah yang cenderung lebih mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan merupakan

daerah serapan di atas 200 nm. Daerah ini merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, orbital d, dan orbital π terutama sistem π terkonjugasi.

Spektrofotometer UV-Vis memiliki kemampuan mengukur jumlah dari ikatan rangkap atau konjugasi aromatik dalam suatu molekul. Secara umum Spektrofotometer UV-Vis mampu membedakan antara diena terkonjugasi dari diena tidak terkonjugasi, diena terkonjugasi dari triena dan seterusnya. Letak serapan bisa dipengaruhi dari substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1985).

Spektrum *ultraviolet* ataupun spektrum tampak terdiri dari pita absorpsi lebar pada daerah panjang gelombang yang lebar. Spektrum *ultraviolet* (UV) memiliki rentang sekitar 200-400 nm, sedangkan spektrum tampak (*Visible*) memiliki rentang sekitar 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah). Dari spektroskopi ini diperoleh informasi adanya ikatan rangkap atau ikatan terkonjugasi dan gugus kromofor yang terikat pada auktokrom. Semua molekul yang mengandung elektron dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-Vis, baik itu elektron ikatan ataupun pasangan elektron bebas, yang dapat tereksitasi ke tingkat energi lebih tinggi (Day dan 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.

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. Oleh sebab itu, perlu

dilakukan karakterisasi lebih lanjut dengan spektroskopi IR dan NMR (Day dan Underwood, 1998).

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

Spektrofotometer *Infra Red* (IR) merupakan alat yang digunakan untuk memberikan informasi mengenai adanya suatu gugus fungsi. Pada spektroskopi IR, radiasi inframerah dengan rentang panjang gelombang dan intensitas tertentu dilewatkan terhadap sampel. Sehingga molekul-molekul senyawa yang ada pada sampel akan menyerap sebagian atau seluruh radiasi tersebut. Jika radiasi tersebut diserap sebagian atau menyeluruh, maka radiasi akan diteruskan. Kemudian detektor akan menangkap radiasi yang diteruskan dan mengukur intensitasnya (Supriyanto, 1999).

Spektra inframerah suatu senyawa dapat memberikan informasi mengenai gambaran dan struktur molekul dari senyawa tersebut. Spektra IR dapat dihasilkan dengan mengukur absorpsi radiasi, refleksi atau emisi di daerah IR. Pada spektra IR, suatu gugus fungsi dapat terukur jika adanya perbedaan momen dipol pada gugus tersebut. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menyebabkan adanya gelombang listrik. Daerah yang biasanya digunakan pada saat pengukuran menggunakan IR berada pada bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} . Daerah pada bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} disebut juga dengan daerah IR sedang yang merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Sastrohamidjojo, 1992).

Secara umum, spektrum serapan IR dapat dibagi menjadi tiga daerah seperti berikut ini:

- a. Inframerah dekat, fenomena yang terjadi adalah adsorpsi *overtone* C-H dengan bilangan gelombang antara 14.300 cm^{-1} hingga 4.000 cm^{-1} .
- b. Inframerah sedang, fenomena yang terjadi adalah vibrasi dan rotasi dengan bilangan gelombang antara 4.000 hingga 650 cm^{-1} .

c. Inframerah jauh, fenomena yang terjadi adalah penyerapan oleh ligan atau spesi lainnya yang berenergi rendah dengan bilangan gelombang 650 hingga 200 cm^{-1} .

Pada sintesis senyawa organotimah(IV), reaksi dapat dilihat pada perubahan spektrum IR 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. Berikut merupakan beberapa serapan karakteristik IR untuk gugus fungsi pada senyawa organotimah karboksilat yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Serapan Khas IR untuk Organotimah Karboksilat

No.	Vibrasi Ikatan	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
1.	Sn-O ulur	800 – 600
2.	Sn-O-C ulur	1250 – 1000
3.	CO ₂ simetri ulur	1500 – 1400
4.	O-H ulur	3500 – 3100
5.	C=O ulur	1760 – 1600
6.	-NO ₂ ulur	1560 - 1515; 1385 – 1345

(Bonire *et al.*, 1998).

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

Spektroskopi NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) merupakan salah satu jenis spektroskopi yang memberikan informasi mengenai jumlah, sifat dan lingkungan atom hidrogen ataupun karbon pada 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. Spektrometri NMR yang

akan digunakan dalam penelitian ini yaitu spektrometri ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR. Karakterisasi menggunakan ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR paling efektif dalam menentukan semua struktur dari berbagai macam senyawa. Dari spektrum ^{13}C -NMR dapat diketahui keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, ataupun kuarternar. Sedangkan dari spektrum ^1H -NMR, dapat diketahui jumlah atom hidrogen yang ada pada atom karbon tetangga, serta dapat diketahui beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul (Sudjadi, 1985).

Jumlah sinyal yang ada pada spektrum NMR bisa memaparkan berapa banyak proton-proton ekuivalen yang terkandung dalam suatu molekul. Signal-signal yang terekam pada NMR menampilkan angka-angka sebagai informasi yang baik untuk mengkarakterisasi senyawa target. Target pada karakterisasi menggunakan analisis ^1H dan ^{13}C adalah munculnya sejumlah gugus-gugus tertentu sehingga memberikan pergeseran kimia yang khas (Kristianingrum, 2014).

Analisis dengan spektrometri NMR bisa diperoleh gambaran perbedaan sifat magnet dari berbagai inti yang ada dan dapat menduga letak inti yang terdapat pada suatu molekul (Sudjadi, 1985). Setiap inti mempunyai perbedaan magnet dengan momentum angularnya, karena setiap inti mempunyai perbedaan muatan dan massa. Prinsip dari resonansi magnet inti adalah karena tidak setiap inti atom pada molekul beresonansi pada frekuensi yang identik sama. Hal ini dikarenakan inti atom dikelilingi elektron sehingga menunjukkan adanya perbedaan lingkungan elektronik antara satu inti atom dengan inti atom lainnya. Perputaran elektron-elektron valensi dari inti yang terjadi di dalam medan magnet menghasilkan medan magnet. Medan magnet tersebut akan melawan medan magnet yang digunakan. Kerapatan elektron yang mengelilingi inti mempengaruhi besarnya perlindungan. Jika kerapatan elektron yang mengelilingi inti makin besar, maka medan yang dihasilkan untuk melawan medan yang digunakan akan semakin besar. Sehingga inti akan mengalami presisi pada frekuensi yang lebih rendah karena inti merasakan medan magnet yang mengenainya menjadi lebih kecil (Kealey *and* Haines, 2002).

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 nilai dari geseran kimia mempunyai satuan ppm. Berikut dapat dilihat nilai geseran kimia dari beberapa jenis senyawa dengan tetrametil silan (TMS) sebagai titik nol-nya pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Geseran Kimia untuk ^1H - NMR dan ^{13}C -NMR

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

(Settle, 1997).

2.5.4. Analisis dengan *Microelemental Analyzer*

Dalam penentuan kandungan unsur penyusun pada suatu senyawa, dapat dilakukan dengan menggunakan *Microelemental Analyzer*. Analisis unsur mikro adalah analisis yang digunakan untuk menentukan kemurnian sampel senyawa organotimah yang disintesis dengan membandingkan data kadar dari unsur yang dihasilkan alat dengan data hasil perhitungan. Dalam mikroanalisis, biasanya unsur yang ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Alat yang digunakan dalam tujuan mikroanalisis dikenal sebagai CHNS *Microelemental Analyzer* (Costech 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. Senyawa dikatakan murni, jika perbedaan hasil yang diperoleh antara data mikroanalisis dengan perhitungan teoritis berkisar antara 1-2% (Caprette, 2007).

2.6. Bakteri

Bakteri merupakan organisme hidup yang produksi aseksualnya terjadi melalui pembelahan sel. Bakteri memiliki DNA dan RNA tetapi bersel tunggal, DNA dari bakteri tidak berada pada nukleus. Bakteri juga tidak mempunyai membran sel serta tidak mempunyai klorofil. Bakteri bisa tumbuh, berkembang biak dan juga dapat melakukan metabolisme. Bakteri memiliki ukuran sel yang sangat kecil sehingga hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Pada umumnya, bakteri mempunyai ukuran sel 0,5-1,0 μm kali 2,0-5,0 μm , serta terdiri dari tiga bentuk

dasar yakni bentuk bulat atau kokus, bentuk batang atau *Bacillus*, dan bentuk spiral. Lapisan terluar bakteri terdiri atas dua komponen yaitu membran plasma dan dinding sel yang kaku. Sedangkan bagian dalam dari lapisan bakteri terdapat sitoplasma seperti ribosom, mesosom, granula, vakuola, dan inti sel. Sel bakteri dilindungi oleh lapisan berupa gel yang mudah lepas atau tersusun sebagai suatu simpai. Beberapa bakteri juga mempunyai struktur tumbuhan lain seperti filamen yang menonjol keluar dari permukaan sel dan disebut *flagella*. *Flagella* berperan sebagai alat penggerak serta *fimbria* sebagai alat untuk melekatkan diri (Gupte, 1990).

Bakteri mempunyai peranan dan fungsinya masing-masing. Secara umum, bakteri melakukan fungsi sebagai dekomposer. Bakteri akan berinteraksi dengan lingkungan fisik ataupun kimia untuk menghasilkan suatu metabolit yang khas. Bakteri tidak hanya memiliki banyak manfaat, tetapi juga ada sebagian bakteri yang bisa menyebabkan kerugian dan bersifat patogen sehingga bisa menyebabkan berbagai penyakit. Sebagai contoh, bakteri *Escherichia coli* dalam usus halus bisa menyebabkan penyakit *gastroenteritis* atau penyakit diare akut. Bakteri-bakteri lain yang menyebabkan penyakit di antaranya *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella sp*, *Bacillus cereus*, dan *Clostridium defficile* (Syauqi, 2017).

Berdasarkan sifat Gram nya bakteri dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif.

a. Bakteri Gram Positif

Bakteri Gram positif merupakan bakteri yang mempunyai dinding sel sebagian besar mengandung peptidoglikan, sisanya mengandung asam teikoat dan juga asam teikuronat. Hal itulah yang menyebabkan sebagian dinding sel bakteri Gram positif adalah polisakarida. Dinding sel bakteri Gram positif lebih tebal daripada dinding sel bakteri Gram negatif. 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. 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). Adapun contoh dari bakteri Gram positif yakni *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Arachnia*, *Bifidobacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Eubacterium*, dan *Bacillus* (Wheelis, 2007).

a. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif merupakan bakteri dengan lapisan peptidoglikan tipis yang terdapat dalam ruang periplasmik antara membran luar dengan membran plasma. 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 pewarnaan Gram, sehingga bakteri ini akan berwarna merah di bawah mikroskop. Sebenarnya, bakteri Gram negatif memiliki sifat patogen sehingga lebih berbahaya jika dibandingkan dengan bakteri Gram positif (Radji, 2011). Bakteri Gram negatif memiliki sifat patogen dikarenakan membran luar dibagian dinding sel bisa melindungi bakteri tersebut sehingga dapat menghalangi masuknya zat antibiotik dan juga sistem dari pertahanan inang. 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. Bakteri ini bisa ditemukan pada spreii, baju, dan benda-benda lainnya di sekitar lingkungan manusia (Jawetz dkk, 2005).

S. aureus bisa menyebabkan penyakit melalui kemampuannya berkembang biak dan menyebar luas dalam jaringan serta melalui pembentukan beberapa zat ekstraseluler. Infeksi penyakit yang biasanya disebabkan oleh *S. aureus* di antaranya jerawat, bisul, impetigo, dan infeksi luka. *S. aureus* juga dapat menyebabkan infeksi yang lebih berat seperti pneumonia, mastitis, plebitis, osteomielitis endokarditis meningitis, dan infeksi saluran kemih. Bakteri ini juga penyebab utama dari infeksi nosokomial, sindroma syok toksik, dan keracunan makanan (Ryan *et al.*, 1994; Warsa, 1994).

2.6.2. Bakteri *Salmonella sp.*

Salmonella sp. merupakan bakteri Gram negatif yang masuk dalam familia *Enterobacteriaceae*. *Salmonella sp.* adalah bakteri yang berukuran 2-4 μm x 0,5-0,8 μm , berbentuk batang lurus, tidak memiliki spora, dan bergerak dengan flagel peritrik. Bakteri ini bisa ditemukan pada saluran pencernaan seperti usus halus manusia dan hewan. *Salmonella sp.* dapat tumbuh pada suhu optimum 37 °C dengan pH 6-8 serta bersifat aerob dan anaerob fakultatif (Julius, 1990).

Salmonella sp. resisten terhadap bahan kimia tertentu seperti *sodium deoxycholate* dan *sodium tetrathionat*. Senyawa tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri enterik lain, namun juga bermanfaat untuk ditambahkan pada sampel feses sebagai media isolasi *Salmonella sp.* Bakteri ini juga bisa hidup dalam air yang dibekukan untuk waktu lama (Jawetz dkk, 2005).

Keasaman lambung, ketahanan usus lokal dan flora normal dalam usus merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi ketahanan tubuh terhadap infeksi *Salmonella sp.* Ketika kuman masuk melalui mulut masuk ke dalam lambung untuk mencapai usus halus, sebagian kuman mati oleh asam lambung dan sebagian kuman yang masuk ke usus halus akan ke kelenjar getah bening kemudian memasuki *ductus thoracicus*. Selanjutnya kuman tersebut akan memasuki bagian dalam dari saluran darah dan sampai ke hati, ginjal, limpa, serta sumsum tulang yang menyebabkan timbulnya gejala. Di dalam organ tubuh tersebut bakteri *Salmonella sp.* akan berkembang biak (Julius,1990).

Serotipe *Salmonella* yang dapat menginfeksi manusia bisa lebih dari 2500 serotipe. Tetapi serotipe yang sering menjadi penyebab utama infeksi pada manusia adalah *S. paratyphi A*, *S. paratyphi B*, *S. paratyphi C*, *S. choleraesuis*, *S. typhi* (Kuswiyanto, 2017). Penderita yang tergolong *carrier* menyebabkan bakteri *Salmonella* bisa ada terus-menerus bahkan sampai bertahun-tahun di feses dan urin. Sesudah memasuki dinding bagian usus halus, *S. typhi*, *S. paratyphi A*, B dan C mulai melakukan penyerangan melalui sistem limfa yang menimbulkan pembengkakan pada urat. Setelah satu periode perkembangbiakan, selanjutnya bakteri tersebut akan menyerang sistem aliran darah. Organ-organ yang diserang oleh bakteri ini akan menimbulkan infeksi dan akan terus menyerang aliran darah dan menyebabkan bakteremia sekunder. Bakteremia sekunder bertanggung jawab atas terjadinya demam dan penyakit klinis (Widodo, 2009).

2.7. Disinfektan

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh jasad renik (bakterisid) terutama pada benda mati. Disinfektan bisa menghilangkan 60-90% jasad renik tergantung dari keefektifan bahan kimia yang terkandung dalam disinfektan tersebut. Secara luas, disinfektan banyak digunakan untuk sanitasi baik di rumah tangga, laboratorium ataupun rumah sakit. Komposisi populasi dan ukuran jasad renik, temperatur, konsentrasi zat antimikroba, lama paparan, serta lingkungan sekitar menjadi faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas disinfektan (Pratiwi, 2008). Bahan yang digunakan dalam disinfektan adalah bahan yang dapat mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri, sehingga disinfektan dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh bakteri. Berdasarkan dari mekanisme kerjanya, kriteria disinfektan yang ideal adalah bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, bersifat *biodegradable*, tidak toksik pada hewan dan manusia, aktivitasnya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, kelembaban pH dan temperatur (Shaffer, 2013).

Disinfektan dapat di kelompokkan menjadi beberapa jenis seperti berikut ini:

a. Grup alkohol

Ada 3 jenis alkohol yang digunakan sebagai disinfektan, yaitu metanol, etanol dan isopropil alkohol. Menurut ketentuan, daya disinfektan akan semakin meningkat jika berat molekulnya semakin tinggi. Oleh sebab itu, di antara 3 jenis alkohol tersebut isopropil alkohol yang paling banyak digunakan. Isopropil alkohol mempunyai aktivitas *bakterisidal* lebih besar daripada etanol karena lebih efektif menurunkan tegangan permukaan sel bakteri dan denaturasi protein. Larutan alkohol dengan konsentrasi 70–80% dalam air adalah alkohol yang banyak dipergunakan dalam praktek. Biasanya konsentrasi alkohol di bawah 50% atau di atas 90% kurang efektif. Berbeda dengan isopropil alkohol yang masih tetap efektif sampai konsentrasi 99%. Untuk membunuh sel-sel vegetatif, waktu yang dibutuhkan cukup 10 menit, tetapi waktu tersebut tidak efektif untuk spora.

b. Grup aldehid

Aldehid yang biasa digunakan untuk disinfektan adalah formaldehid (CH_2O). Cara kerja bahan aldehid yaitu dengan mendenaturasikan protein agar dapat membunuh sel mikroba. Larutan formaldehid (CH_2O) 20% dalam 65-70% alkohol merupakan cairan pensteril yang sangat baik apabila alat-alat direndam 18 jam. Namun, karena meninggalkan residu alat-alat tersebut harus dibilas terlebih dahulu sebelum dipakai.

c. Grup Fenol

Fenol merupakan bahan disinfektan yang efektif dalam membunuh kuman. Fenol yang biasa digunakan untuk disinfektan adalah kreosol, fenol semi sintetis dan lisol. Konsentrasi kreosol sebesar 2% dan lisol sebesar 1%. Keuntungan yang diperoleh yaitu aktivitasnya tidak hilang oleh bahan organik, sabun, ataupun air sadah dan jika mengering akan meninggalkan efek residu. Tetapi kelemahannya yaitu kreosol harus digunakan dalam air lunak.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

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

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu satu set alat refluks, termometer, alat-alat gelas dalam laboratorium, *hot plate stirrer*, neraca analitik, oven, desikator, mikropipet, *laminar air flow*, jarum ose bulat, inkubator, spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrometer NMR, dan *Microelemental Analyzer*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu senyawa dibutiltimah(IV) oksida, asam 2-nitrobenzoat, asam 3-nitrobenzoat, metanol *p.a.*, akuades, dimetil sulfoksida, bakteri *Salmonella sp.*, bakteri *S. aureus*, *nutrient broth*, *nutrient agar*, dan Wipol.

3.3. Prosedur Penelitian

Adapun tahap-tahap yang telah dilakukan dalam penelitian ini yaitu sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat yaitu dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat, karakterisasi senyawa hasil sintesis, dan uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan. Adapun prosedur yang dilakukan dalam masing-masing tahapan adalah sebagai berikut.

3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat

Prosedur untuk sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat yaitu dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat pada penelitian ini diadopsi dari prosedur yang dilakukan oleh Szorcsik *et al.*, (2002). Adapun prosedur yang dilakukan sebagai berikut.

a. Sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat

Senyawa dibutiltimah(IV) oksida sebanyak 0,8812 gram ($3,54 \times 10^{-3}$ mol) direaksikan dengan senyawa asam 2-nitrobenzoat sebanyak 1,1865 gram ($7,08 \times 10^{-3}$ mol) dalam 30 mL metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam pada suhu pemanasan antara 60 °C sampai suhu 62 °C. Sesudah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai didapatkan kristal kering.

Kristal senyawa dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat yang didapatkan dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer IR, spektrofotometer

UV-Vis, spektrometer NMR, analisis mikroelementer dan dilakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

b. Sintesis senyawa dibutyltimah(IV) di-3-nitrobenzoat

Senyawa dibutyltimah(IV) oksida sebanyak 0,8812 gram ($3,54 \times 10^{-3}$ mol) direaksikan dengan senyawa asam 3-nitrobenzoat sebanyak 1,1865 gram ($7,08 \times 10^{-3}$ mol) dalam 30 mL metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam pada suhu pemanasan antara 60 °C sampai suhu 62 °C. Sesudah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai didapatkan kristal kering.

Kristal senyawa dibutyltimah(IV) di-3-nitrobenzoat yang didapatkan dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrometer NMR, analisis mikroelementer dan dilakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.2. Peremajaan Bakteri

3.3.2.1. Peremajaan Bakteri *Salmonella sp.*

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan dengan pembuatan media kaldu nutrisi (Nutrient Agar). *Nutrient Agar* dimasukkan dalam 3 tabung reaksi ukuran 20 x 150 mm, volume masing-masing dibuat 5 mL, lalu didiamkan dengan keadaan miring selama tiga hari. Bakteri *Salmonella sp.* ditanam pada *Nutrient Agar* miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *Salmonella sp.* dan digoreskan pada media agar miring (*Nutrient Agar*), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24-48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.2.2. Peremajaan Bakteri *S. aureus*

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan dengan pembuatan media kaldu nutrisi (Nutrient Agar). *Nutrient Agar* dimasukkan dalam 3 tabung reaksi ukuran 20 x 150 mm, volume masing-masing dibuat 5 mL, lalu didiamkan dengan keadaan miring selama tiga hari. Bakteri *S.aureus* ditanam pada agar nutrisi (*Nutrient Agar*) miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *S.aureus* dan digoreskan pada media agar miring (*Nutrient Agar*), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24-48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.3. Pembuatan Inokulum Bakteri

3.3.3.1. Pembuatan Inokulum Bakteri *Salmonella sp.*

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

3.3.3.2. Pembuatan Inokulum Bakteri *S. aureus*

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

3.3.4. Pembuatan Larutan Disinfektan

3.3.4.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat

Larutan stok disinfektan dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0565 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 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.4.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat

Larutan stok disinfektan dibutiltimah(IV) di-3-nitrobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0565 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 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri

3.3.5.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-2-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Inokulum bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan disinfektan

dibutyltimah(IV) di-2-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M sebanyak 500 μL . Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μL , dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.5.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltimah(IV) di-2-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

Inokulum bakteri *S. aureus* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan disinfektan dibutyltimah(IV) di-2-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M sebanyak 500 μL . Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μL , dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.5.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltimah(IV) di-3-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Inokulum bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan disinfektan dibutyltimah(IV) di-3-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M sebanyak 500 μL . Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μL , dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri

berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.5.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltimah(IV) di-2-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

Inokulum bakteri *S. aureus* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan disinfektan dibutyltimah(IV) di-3-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M sebanyak 500 μ L. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μ L, dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

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

3.3.6.1. Uji Bioaktivitas Pelarut Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Inokulum bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan metanol + DMSO 5% sebanyak 500 μ L. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μ L, dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.6.2. Uji Bioaktivitas Pelarut Terhadap Bakteri *S. aureus*

Inokulum bakteri *S. aureus* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan metanol + DMSO 5% sebanyak 500 μ L. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μ L, dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

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

Inokulum bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan Wipol sebanyak 500 μ L. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μ L, dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

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

Inokulum bakteri *S. aureus* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan Wipol sebanyak 500 μ L. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-

Vis. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μ L, dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

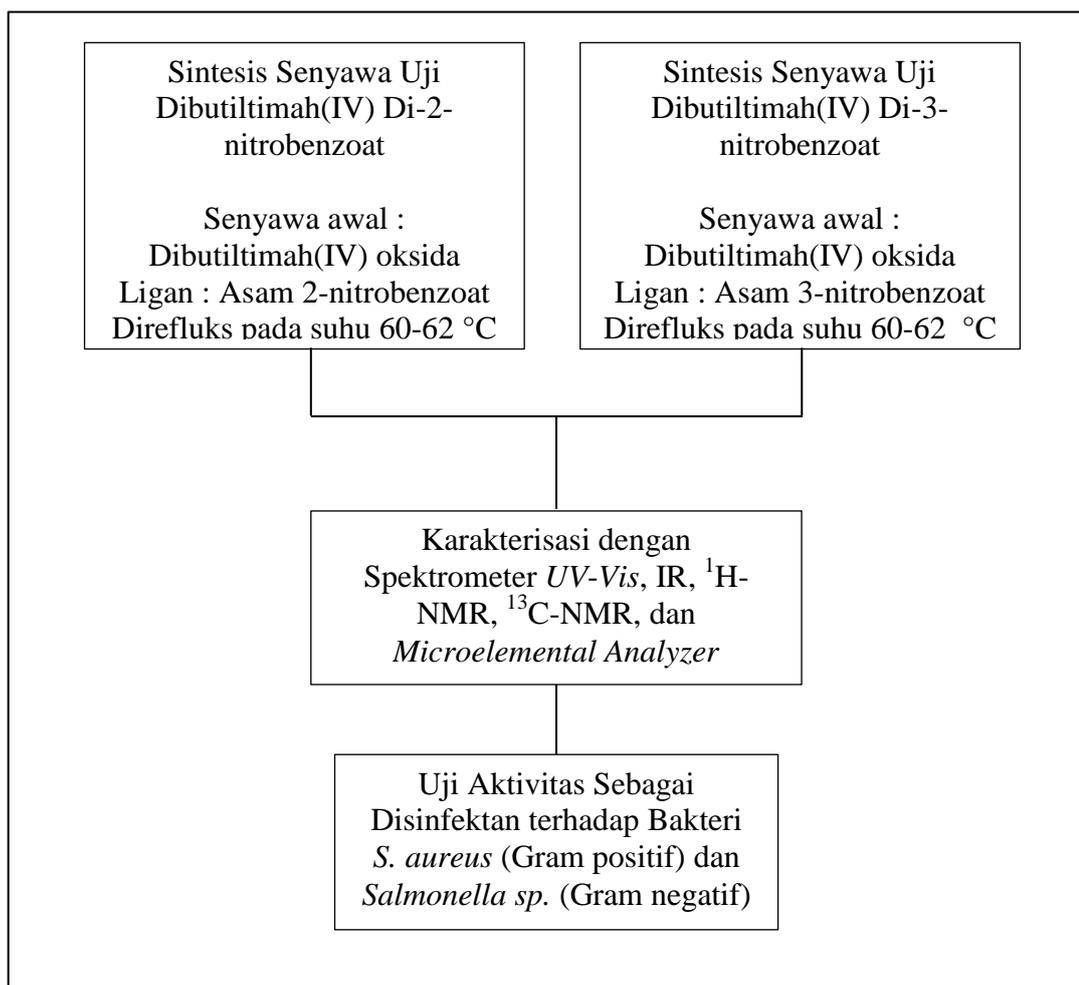
3.3.6.5. Uji Bioaktivitas Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Inokulum bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan media *Nutrient Broth* steril sebanyak 500 μ L. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-*Vis.* Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μ L, dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.6.6. Uji Bioaktivitas Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *S. aureus*

Inokulum bakteri *S. aureus* dimasukkan ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda sebanyak 5 mL. Masing-masing tabung ditambahkan larutan media *Nutrient Broth* steril sebanyak 500 μ L. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-*Vis.* Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100 μ L, dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

Bertambahnya 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 dkk, 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 4.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil sintesis senyawa dibutyltin(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutyltin(IV) di-3-nitrobenzoat berupa padatan kuning dan putih dengan presentase rendemen masing-masing sebesar 93,93 % dan 98,22 %.
2. Hasil karakterisasi menggunakan Spektrofotometer IR menunjukkan adanya ikatan Sn-O, Sn-O-C, Sn-C, C=O, C-N, N=O, C-H alifatik dan CO₂ menunjukkan bahwa senyawa yang diinginkan telah terbentuk.
3. Hasil karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya pergeseran panjang gelombang dan muncul panjang gelombang baru pada masing-masing senyawa dibutyltin(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutyltin(IV) di-3-nitrobenzoat yang menunjukkan bahwa ligan asam 2-nitrobenzoat dan asam 3-nitrobenzoat telah berhasil berikatan. Hasil spektrofotometer UV-Vis senyawa dibutyltin(IV) di-3-nitrobenzoat dan dibutyltin(IV) di-3-nitrobenzoat masing-masing menunjukkan pergeseran panjang gelombang pada 243 nm, dan $n \rightarrow \pi^*$ pada 275 nm dan 274 nm.
4. Hasil karakterisasi dengan menggunakan spektrometer ¹H-NMR dan ¹³C-NMR menunjukkan senyawa dibutyltin(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutyltin(IV) di-3-nitrobenzoat telah terbentuk ditandai dengan munculnya sinyal proton ¹H-NMR dan sinyal ¹³C-NMR yang khas pada pergeseran kimia yang sesuai.

5. Hasil pengujian bioaktivitas sebagai disinfektan menunjukkan bahwa senyawa dibutyltimah(IV) di-2-nitrobenzoat dan dibutyltimah(IV) di-3-nitrobenzoat mampu menghambat pertumbuhan kedua bakteri uji dengan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) 5×10^{-4} M pada waktu kontak 30 menit baik terhadap bakteri *Salmonella sp.* ataupun *S. aureus*.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan sintesis senyawa organotimah(IV) dengan variasi senyawa awal lainnya seperti difeniltimah atau trifeniltimah dengan berbagai ligan yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif maupun Gram negatif secara efektif lagi.
2. Melakukan uji bioaktivitas disinfektan terhadap mikroorganisme yang lain.
3. Perlu menyamakan konsentrasi Wipol dengan konsentrasi senyawa yang akan diuji sebagai disinfektan, agar hasil yang diperoleh sesuai yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, J. M. 2001. Determination of minimum inhibitory concentration. *J. Antimicrob. Chem.* 48: 5-16.
- 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.
- Athena, A., Laelasari, E., dan Puspita, T. 2020. Pelaksanaan Disinfeksi Dalam Pencegahan Penularan Covid-19 Dan Potensi Risiko Terhadap Kesehatan Di Indonesia. *J. Ekolog. Kesehat.* **19** (1): 1-20.
- Baharutan, A., Rares, F. E., dan Soeliongan, S. 2015. Pola Bakteri Penyebab Infeksi Nosokomial pada Ruang Perawatan Intensif Anak di BLU RSUP Prof. DR. RD Kandou Manado. *J. Biomed.* **3** (1).
- Bonire, J. J. 1985. Reactions of the pyridine adducts of organotin halides: synthesis and spectral properties of some substituted pyridine adducts of $(\text{CH}_3)_3\text{SnOCOCF}_3$ and $(\text{CH}_3)_2\text{Sn}(\text{OCOCF}_3)_2$. *Polyhedron.* **4** (10): 1707-1710.
- Bonire, J. J., Ayoko, G. A., Olurinola, P. F., Ehinmidu, J. O., Jalil, N. S. N., and Omachi, A. A. 1998. Synthesis and antifungal activity of some organotin(IV) carboxylates. *Met. Based. Drug.* **5** (4): 233-236.
- Brooker, C. 2009. *Ensiklopedia Keperawatan. Alih bahasa Andry, H. editor bahasa Indonesia Estu Tiar.* EGC. Jakarta.
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J., Morse, S., and Meitzner, T. A. 2013. *Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology 26th edition.* Mc Graw-Hill. New York.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber.* Lab Guides. Rice University.

- Caroline, T., Waworuntu, O., dan Buntuan, V. 2016. Potensi penyebaran infeksi nosokomial di Ruang Instalasi IGD Khusus Tuberkulosis (IRINA C5)BLU RSUP. Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. *J. E-Biomed.* **4** (1): 1-8.
- Caslab, 2013. 2-Nitrobenzoic acid. www.caslab.com_CAS_552-16-9/ diakses pada 19 Oktober 2021.
- Costech Analytical Technologies. 2011. *Elemental Combustion System CHNS*. <http://costechanalytical.com/> diakses 19 Oktober 2021.
- Cotton, F. A. and Wilkinson G. 1992. *Basic Inorganic Chemistry, third edition*. John Wiley and Sons. New York.
- Cotton, F. A. dan Wilkinson G. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Cotton, F. A. and Wilkinson G. 2007. *Advance Inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., and Bochmann, M. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry, 6th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Daintith, J. 1990. *Kamus Lengkap Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Darmadi. 2008. *Infeksi Nosokomial Problematika dan Pengendaliannya*. Salemba Medika. Jakarta.
- Davies, A. G. 2004. *Organotin Chemistry*. WILEY-VCH Weinheim. Germany.
- Day, R. A. dan Underwood, A. L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Ferryansyah, Endriani, R., dan Wahid T. O. R. 2009. Pola Bakteri dan Sensitivitas Antibiotik Di Kamar Operasi Bedah Di Instalasi Bedah Sentral RSUD Arifin Achmad Pekanbaru. *J. Kedokt.* **3** (2): 85-93.
- Gillespie, S. dan Bamford, K. 2008. *Mikrobiologi Medis dan Infeksi*. Erlangga. Jakarta.
- Gitlitz, M. H., Dirx, R. E., and Russo, D. A. 1992. *Organotin Application*. American Chemical Society. Washington DC.

- Gora, W. B. 2005. *Synthesis and Characterization of Organotin(IV) Complexes with Donor Ligands*. (Tesis). Department of Chemistry, Gomal University Dera Ismail Khan. Pakistan.
- Gould, D. dan Brooker, C. 2003. *Mikrobiologi Terapan*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Greenwood, N. N. and Earnshaw, A. 1990. *Chemistry of Elements, 2nd Edition*. Pergamon Press. Tokyo.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Hadi, S., Afriyani, H. Anggraini, W. D., Qudus, H. I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and potency study of some dibutyl(IV) dinitrobenzoate compounds as corrosion inhibitor for mild steel HRP in DMSO-HCl solution. *Asian. J. Chem.* **27** (4): 1509-1512.
- 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., Hermawati, E., Noviany., Suhartati, T., and Yandri. 2018. Antibacterial activity test of diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate compounds against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian. J. Microbiol. Biotech. Env. Sci.* **20** (1): 113-119.
- Hadi, S., Irawan, B. and Efri. 2008. The antifungal activity test of some organotin(IV) carboxylate s. *J. Appl. Sci. Res.* **4** (11): 1521-1525.
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, T., Qudus, H. I., Rilyanti, M., Herasari, D., and Yandri. 2021. Synthesis and comparative study on the antibacterial activity organotin(IV) 3-hydroxybenzoate compounds. *Pure Appl. Chem.* **93** (5): 623-628.
- Hadi, S., Rilyanti, M. and Suharso. 2012. *In vitro* activity and comparative studies of some organotin(IV) benzoate compounds. *Indones. J. Chem.* **12** (1): 172-177.
- Ibrahim A.S.S and Dewany, A. 2007. Isolation and Identification of New Cellulases Producing Thermophilic Bacteria from an Egyptian Hot Spring and Some Properties of the Crude Enzyme. *Aust. J. Basic and Appl. Sci.* **1** (4): 473-478.

- Ingham, R. K., Rosenberg, S. D., and Gilman, H. 1960. Organotin compounds. *Chem. Rev.* **60**: 459-459.
- Itoh, N., Sato, A., Yamazaki, T. Numata, M., and Takatsu, A. 2013. Determination of the carbon, hydrogen, and nitrogen contents of alanine and their uncertainties using certified reference material l-alanine. *Analytical Sci.* **29**: 1209-1212.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A.E. 2005. Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3. Alih Bahasa : Huriwati Hartanto dkk. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A.E. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi ke-20*. EGC. Jakarta.
- Jones, K and Lappert, M. F. 1966. Organotin(IV) N, N-disubstitued dithiocarbamates. *J. Organomet. Chem.* **10** (2): 257-268.
- Julius, E. S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Kealey, D. and Haines, P. J. 2002. *Analytical Chemistry*. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers Ltd.
- Khan, A. B., Wilson and Gould I. M. 2018. Current and future treatment options for community-associated MRSA infection. *J. Expert. Opini. Pharmacother.* **19** (5): 457-470.
- Kristianingrum, S. 2014. *Spektroskopi Resonansi Magnetik Inti (NMR)*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Kuswiyanto, 2017. *Bakteriologi Buku Ajar Analisis Kesehatan*. Jakarta.
- Maiti A., Dewanjee S., Mandal S. C., and Annadurai S. 2007. Exploration of antimicrobial potential of methanol and water extract of seed of Swietenia macrophylla (famili: *Meliaceae*), to substantiate folklore claim. *Iranian J Pharm Therapeutics.* **6** (1):99-102.
- Mohan, M., Agarwal, A. and Jha, N. K. 1988. Synthesis, characterization, and antitumor properties of some metal complexes of 2,6-diacetylpyridinebis (N4-azacyclic thiosemicarbazones). *J. Inorg. Biochem.* **34**: 41-54.

- Nychas, G.J.E. dan Tassou, C.C. 2000. *Traditional Preservatives-oil and Spices: Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic Press. London.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin(IV)ⁿ⁺ complexes formed with biologically active ligands: equilibrium and structural studies, and some biological aspects. *Coord. Chem. Rev.* **224**: 111-150.
- Pereyre, M., Quintard, J. P. and Rahm, A. 1987. *Tin in Organic Synthesis*. Butterworths-Heinemann. Britania Raya.
- Petrucci, R. H. 1999. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Edisi Keempat Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Pratiwi. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga. Jakarta.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Ryan, K. J., Champoux, J. J., Falkow, S., Plonde J. J., Drew, W. L., Neidhardt, F. C., and Roy, C. G.. 1994. *Medical Microbiology An Introduction to Infectious Diseases*. Connecticut: Appleton & Lange.
- Samsuar, Simanjuntak, W., Qudus, H.I., Yandri, Herasari, D., and Hadi, S. 2021. *In vitro* antimicrobial activity study of some organotin(IV) chlorobenzoate against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *J. Advanc. Pharm. Ed. Res.* **11** (2): 17-21.
- Sapardi, V. S., Machmud, R., dan Gusty, R. P. 2018. Analisis pelaksanaan manajemen pencegahan dan pengendalian healthcare associated infections di rsi ibnusina. *J. Endurance.* **3** (2): (358-366).
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Schaffer. 2000. *Pencegahan Infeksi dan Praktek yang Aman*. EGC. Jakarta.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Shaffer, J. G., 2013, *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. Arbor: University of Michigan, School of Pulbic health, hal. 354, 357.

- Strelkauskas, A. and Strelkauskas, J. 2010. *Microbiology: A Clinical Approach*. Garland Science. United States.
- Silva, E. P., Silva, D. A. T., Rabello, C. B. V., Lima, R. B., Lima, M. B. and Ludke, J. V. 2009. Seaweed meal as a protein source for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *J. Appl. Phycol.* **21** (2): 193–197.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA. Bandar Lampung.
- Supriyanto. 1999. Penelitian Tentang Sektor Informal. Jurnal ekonomi UGM. Yogyakarta.
- Syauqi, A. 2017. *Mikrobiologi Lingkungan: Peranan Mikroorganisme dalam Kehidupan*. ANDI. Yogyakarta
- Szorcsik, A., Nagy, L., Gadjá-Schrantz, K., Pallerito, L., Nagy, E., and Edelmann, E. T. 2002. Structural Studies on organotin(IV) complexes formed with ligands containing {S, N, O} donor atoms. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **252** (3): 523–530.
- Van Der Weij, F. W. 1981. Kinetics and mechanism of urethane formation catalysed by organotin compound. *J. Polym. Sci.: Polym. Chem. Ed.* **19** (2): 381-388.
- Warsa, U. C. 1994. *Kokus Positif Gram, dalam Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran, Edisi Revisi*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Wheeler, M. L. 2007. Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria and Eukaria. *Proceeding of National Academy of Science*. USA.
- Widodo, D. 2009. *Demam Tifoid. Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam, Jilid III, Edisi V*. Perhimpunan Dokter Spesialis Penyakit Dalam. Jakarta.
- Wilkinson, G. 1982. *Comprehensive Organometallic Chemistry*. International Tin Research Institute. Pergamon Press.

World Health Organization. 2016. The Burden of Health Care Associated Infection Worldwide A Summary.

Zulfikri, A., dan Ashar, Y. K. (2020). Dampak Cairan Disinfektan Terhadap Kulit Tim Penyemprot Gugus Tugas Covid-19 Kota Binjai. *J. Menara. Med.* **2** (2): 119–127.