

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-HIDROKSIBENZOAT, DIBUTILTIMAH(IV)
DI-3-HIDROKSIBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV)
DI-4-HIDROKSIBENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Tesis)

Oleh

**HIDAYATUL MUSTAFIDAH
NPM 2127011003**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-HIDROKSIBENZOAT, DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-HIDROKSIBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-4-HIDROKSIBENZOAT SEBAGAI DISINFECTAN

Oleh

HIDAYATUL MUSTAFIDAH

Pada penelitian ini dilakukan sintesis, karakterisasi dan uji bioaktivitas dari senyawa dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat, dibutyltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat, dan dibutyltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat, sebagai disinfektan terhadap bakteri patogen. Ketiga senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat tersebut berhasil disintesis dengan total rendemen secara berurutan 84,45; 80,88 dan 95,83%. Beberapa karakterisasi spektroskopi seperti UV, IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, dan data analisis unsur mikro telah dilakukan untuk menguji keberhasilan dalam sintesis. Hasil pengujian bioaktivitas dengan menggunakan metode *optical density*, menunjukkan seluruh senyawa tersebut memiliki bioaktivitas yang baik dalam melawan bakteri *Salmonella sp.* dan *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan pengujian diperoleh data nilai absorbansi senyawa dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat memberikan bioaktivitas yang paling baik sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dengan nilai KHM 5×10^{-4} M pada waktu kontak 5 menit. Senyawa dibutyltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat memberikan bioaktivitas yang paling baik sebagai disinfektan terhadap bakteri *S. aureus* dengan nilai KHM 5×10^{-4} M pada waktu kontak 10 menit. Penurunan nilai absorbansi senyawa hasil sintesis dibandingkan dengan kontrol positif, menunjukkan bahwa senyawa turunan organotimah(IV) berpotensi sebagai disinfektan untuk membunuh bakteri patogen.

Kata Kunci: disinfektan, organotimah(IV) karboksilat, *optical density*, *Salmonella sp.*, *S. aureus*.

ABSTRACT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND BIOACTIVITY TEST OF DIBUTYLTIN(IV) DI-2-HYDROXYBENZOATE, DIBUTYLTIN(IV) DI-3-HYDROXYBENZOATE, AND DIBUTYLTIN(IV) DI-4-HYDROXYBENZOATE COMPOUNDS AS DISINFECTANT

By

HIDAYATUL MUSTAFIDAH

In this work, synthesis, characterization and bioactivity test of dibutyltin(IV) di-2-hydroxybenzoate, dibutyltin(IV) di-3-hydroxybenzoate, and dibutyltin(IV) di-4-hydroxybenzoate were carried out as disinfectants against pathogenic bacteria. The three derivative of organotin(IV) carboxylate compounds were successfully synthesized with percentage yields of 84.4; 80.88 and 95.83% respectively. Several spectroscopic characterizations such as UV, IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, and microelemental analysis have been utilized to check the successful in the synthesis. The results of bioactivity test using the optical density method showed that all of these compounds showed good bioactivity against *Salmonella sp.* and *Staphylococcus aureus*. Based on the absorbance value data obtained from the test, the dibutyltin(IV) di-2-hydroxybenzoate compound gave the best bioactivity as disinfectant against *Salmonella sp.* with a MIC value of 5×10^{-4} M at a contact time of 5 minutes. The dibutyltin(IV) di-4-hydroxybenzoate compound gave the best bioactivity as disinfectant against *S. aureus* with a MIC value of 5×10^{-4} M at a contact time of 10 minutes. The decrease in the absorbance value of the synthesized compounds tested compared to the positive control showed that the derivatives of organotin(IV) compounds are potential to be used as disinfectants to kill pathogenic bacteria.

Keywords: disinfectant, organotin(IV) carboxylate, optical density, *Salmonella sp.*, *S. aureus*

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-HIDROKSIBENZOAT, DIBUTILTIMAH(IV)
DI-3-HIDROKSIBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV)
DI-4-HIDROKSIBENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

HIDAYATUL MUSTAFIDAH

Tesis

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

Pada

**Program Studi Magister Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul : SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS
SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI -2-HIDROKSIBENZOAT,
DIBUTILTIMAH(IV)DI-3-HIDROKSIBENZOAT,
DIBUTILTIMAH(IV) DI -4-HIDROKSIBENZOAT SEBAGAI
DISINFECTAN

Nama : Hidayatul Mustafidah

NPM : 2127011003

Program Studi : Magister Kimia

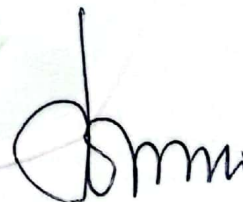
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

I. Komisi Pembimbing



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



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

II. Ketua Program Studi Magister Kimia

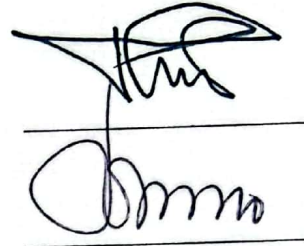


Dr. Nurhasanah, M.Si.
NIP 197412111998022001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



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

Penguji Bukan Pembimbing

Anggota : Prof. Wasinton S, M.Sc. Ph.D



Anggota : Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T.



Anggota : Dr. Ni Luh Gede R.J., M.Si



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP-196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 26 Juni 2023

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hidayatul Mustafidah
Nomor Pokok Mahasiswa : 2127011003
Program Studi : Magister Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis saya yang berjudul “Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutyltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat, Dibutyltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat, Dibutyltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat Sebagai Disinfektan” adalah benar karya sendiri dan tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam tesis tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Bandar Lampung, Juni 2023
Menyatakan



**Hidayatul Mustafidah
NPM 2127011003**

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Suka Wangi Kabupaten Pringsewu, pada tanggal 03 Januari 1980, merupakan anak keempat dari enam bersaudara, dari pasangan Bapak Suyadi dan Ibu Rasiah. Penulis sudah menikah dengan Zainal Abidin Nasori, dikaruniai seorang putra yang bernama Azmi Afkar Adz Dzaki yang lahir pada tanggal 6 Desember 2007.

Penulis menempuh pendidikan formal di SDN 1 Sukawangi lulus pada tahun 1992, SMP N Patoman lulus tahun 1995, SMA N 1 Pagelaran lulus tahun 1998, S1 Pendidikan Kimia Universitas Lampung lulus tahun 2003.

Penulis diangkat sebagai ASN pada tahun 2005, dengan tempat tugas di MAN 1 Tanggamus. Terhitung mulai tanggal 1 Januari 2020 sampai dengan sekarang penulis bekerja di MAN 1 Pringsewu.

Pada tahun 2021, penulis diterima sebagai Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Magister Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

*Untuk Suami, Anak, Kedua Orangtua, Kakak, Adik,
serta Ponakan.*

MOTTO

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.
Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan),
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.
Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap
(QS. Al-Insyiroh: 6-8)*

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, atas rahmat, dan ridhoNya, tesis ini dapat penulis selesaikan. Tesis dengan judul “Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutiltimah(IV)Di-2-hidroksibenzoat, Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat, Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat Sebagai Disinfektan” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains di Universitas Lampung.

Penulis menyadari, penyelesaian tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam;
3. Ibu Dr. Nurhasanah, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Kimia, atas arahan, masukan, motivasi dan saran yang diberikan selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian tesis;
4. Bapak Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing Akademik, atas kebaikan, kesediaannya memberikan bimbingan, arahan, masukan dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian tesis.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S. selaku Dosen Pembimbing II atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, arahan, masukan, motivasi, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis;

6. Bapak Prof. Wasinton Simanjuntak, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji I, atas masukan dan saran yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis;
7. Bapak Dr.Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dosen Penguji II, atas masukan dan saran yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis;
8. Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna Juliasih, M.Si., selaku Dosen Penguji III, atas masukan dan saran yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis .
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung
10. Bapak dan Ibu Tenaga Kependidikan, serta PLP Laboratorium Kimia Aorganik- Fisik dan Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung;
11. Bapak Fathul Bari, S.Pd., M.Pd.I, Selaku Kepala MAN 1 Pringsewu, yang telah memberikan dukungan kepada penulis, sampai penulis menyelesaikan pendidikam Magister Kimia di Universitas Lampung.
12. Dewan Guru MAN 1 Pringsewu yang telah memberikan dukungan, kepada penulis, sampai penulis menyelesaikan pendidikam Magister Kimia di Universitas Lampung.
13. Rekan-Rekan S2 angkatan 21 Magister Kimia Universitas Lampung: Laila, Rahma, Hanisa, Anisa R, Nurhudawati, Eva, Anisa E, Siwi, Azizah, Diska, dan Kak Purna, atas bantuan dan motivasinya;
14. Organotin Research Team: Mba Cindy, Mba Aisyah, Ocha, Maurena dan Munifah, Cantona Sasmitha atas bantuan dan motivasinya;
15. Serta seluruh pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih terdapat ketidak sempurnaan, akan tetapi penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, 26 Juni 2023

Hidayatul Mustafidah

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Timah	4
2.2 Senyawa Organologam	5
2.3 Senyawa Organotimah	6
2.4 Turunan Senyawa Organotimah.....	7
2.4.1.Senyawa Organotimah Halida	7
2.4.2.Senyawa Organotimah Karboksilat	8
2.5 Aplikasi Organotimah.....	10
2.6 Analisis Senyawa Organotimah	11
2.6.1 Analisis Spektroskopi UV <i>Vis</i> Senyawa Organotimah	12
2.6.2 Analisis dengan <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	17
2.6.3 Analisis dengan Spektrometer ¹ H NMR dan ¹³ C NMR	20
2.6.4 Analisis Unsur dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	24
2.7 Bakteri.....	25
2.7.1 Bakteri Gram Positif.....	26
2.7.2 Bakteri Gram Negatif	27
2.7.3 Bakteri <i>S. aureus</i>	28
2.7.4 Bakteri <i>Salmonella</i> sp.....	30
2.7.5 Uji Antibakteri.....	30
2.8 Disinfektan.....	33
2.8.1 Macam-Macam Disinfektan	36
2.8.2 Mekanisme Kerja Disinfektan	37
III. METODE PENELITIAN	40
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	40
3.2 Alat dan Bahan.....	40
3.3 Prosedur Kerja	41

3.3.1 Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat	41
3.3.2 Peremajaan Bakteri <i>Salmonella s.p</i> dan bakteri <i>S. aureus</i>	42
3.3.3 Uji Kurva Pertumbuhan Peremajaan Bakteri <i>Salmonella sp.</i> dan bakteri <i>S. aureus</i>	42
3.3.4 Pembuatan Larutan Bakteri <i>Salmonella s.p</i> dan Bakteri <i>S. aureus</i>	43
3.3.5 Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutiltimah(IV) Di-2- hidroksibenzoat	43
3.3.6 Pembuatan Larutan Kontrol Positif	44
3.3.7 Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-2- hidroksibenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> dan <i>S. aureus</i>	44
3.3.8 Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-3- hidroksibenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> dan <i>S. aureus</i>	44
3.3.9 Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) di-4- hidroksibenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> dan <i>S. aureus</i> ..	45
3.3.10 Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif Bakteri <i>Salmonella sp.</i> terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	45
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat	46
4.2 Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV <i>Visible</i> Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat, Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat, dan Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	49
4.3 Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform - Infra Red</i> (FTIR) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat, Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat, dan Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	52
4.4 Hasil Karakterisasi Spektrometer ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat, Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat, dan Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	55
4.5 Hasil <i>Microelemental Analysis</i> Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-hidroksibenzoat, Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat, dan Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	62
4.6 Hasil Uji Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Salmonella sp.</i> dan <i>S. aureus</i>	63
4.7 Hasil Uji Bioaktivitas.....	64
4.7.1 Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp</i>	67
4.7.2 Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Dihidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	70
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1 Simpulan	74
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76

LAMPIRAN.....	83
1. Perhitungan Stoikiometri Reaksi Sintesis Senyawa Dibutiltimah (IV) Dihidroksibenzoat	83
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat)..	86
3. Perhitungan Pembuatan Larutan Stok dan Pengenceran Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat.....	88
4. Perhitungan Pembuatan Larutan Stok dan Pengenceran Senyawa Kontrol Positif.....	91
5. Perhitungan Persentase Komposisi Unsur Teoritis Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Sebagai Pembanding Hasil Analisis <i>Microelemental Analysis</i>	94
6. Data <i>Optical Density</i> Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>Salmonella</i> sp.	96
7. Data <i>Optical Density</i> Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	98
8. Data Hasil <i>Microelemental Analyzer</i> Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat	100
9. Data Hasil ¹ H-NMR Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat.....	101
10. Data Hasil ¹³ C-NMR Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat.....	102
11. Data Hasil FTIR Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat.....	103
12. Data Hasil UV <i>Vis</i> Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat	104

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Panjang Gelombang Maksimum Beberapa Pelarut.....	12
2. Absorpsi Dasar dan Substituen Senyawa Karbonil Terkonjugasi	14
3. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)	15
4. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)	15
5. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)	15
6. Serapan Karakteristik IR Senyawa Organotimah Karboksilat	19
7. Data Pergeseran Kimia Pada Spektra ^1H -NMR	22
8. Data Pergeseran Kimia Pada Spektra ^{13}C -NMR	23
9. Hasil Analisis ^1H dan ^{13}C NMR senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat	24
10. Hasil Analisis Elemental Senyawa-senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat	25
11. Nilai Koefisien Fenol Beberapa Senyawa Antibakteri.....	32
12. Beberapa Senyawa dengan Bioaktivitas Antimikroba	35
13. Hasil Analisis Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Spektrofotometer UV <i>Vis</i>	51
14. Data Gugus Fungsi yang Terdapat pada Senyawa Dibutiltimah(IV) Oksida	53
15. Data Gugus Fungsi yang Terdapat pada Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat	53
16. Data Pergeseran Kimia ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR Senyawa Dibutiltimah(IV) dihidroksibenzoat.....	57

17. Data Persentase Komposisi Unsur pada Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Secara Teoritis Berbanding Hasil Analisis	62
18. Data Absorbansi Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Salmonella sp</i> dan Bakteri <i>S. aureus</i>	63
19. Data Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp</i>	68
20. Data Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutiltimah(IV) Dihidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat.....	9
2. Reaksi Sintesis Difeniltimah(IV) Dibenzoat	9
3. Reaksi Sintesis Trifeniltimah(IV) Benzoat	9
4. Reaksi Sintesis Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat Penelitian	10
5. Daerah Serapan Berbagai Transisi Elektron	13
6. Serapan Khas Berbagai Gugus Fungsi pada Spektrum Inframerah	18
7. Sel Prokariot <i>Bacillus</i> dengan <i>Flagella</i>	22
8. Dinding Sel Bakteri Gram Positif.....	27
9. Dinding Sel Bakteri Gram Negatif.....	28
10. Bakteri <i>S. aureus</i>	29
11. (a) Denaturasi Protein Permanen, dan (b) Denaturasi Protein Sementara .	39
12. Padatan Senyawa Hasil Sintesis (a) Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksi- benzoat (b) Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat (c) Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat.....	47
13. Reaksi Senyawa Hasil Sintesis (a) Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksi- benzoat (a) Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat (b) Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat (c) Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat.....	48
14. Spektrum UV <i>Visible</i> (a) Dibutiltimah(IV) Oksida (b) Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat (c) Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat (d) Dibutiltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat.....	50
15. Spektrum <i>Infra Red</i> (a) Dibutiltimah(IV) Oksida (b) Dibutiltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat.....	54

16. Spektrum <i>Infra Red</i> (a) Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat (b) Dibutiltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat	55
17. Struktur dan Penomoran (a) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat (b) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat (c) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat.....	56
18. Spektrum ¹ H-NMR (a) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat (b) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat (c) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat.	60
19. Spektrum ¹ H-NMR (a) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat (b) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat (c) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat.	61
20. Spektrum ¹³ C-NMR (a) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat (b) Senyawa Dibutiltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat (c) Senyawa Dibutiltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	61
21. Kurva Pertumbuhan Bakteri <i>Salmonella</i> sp. dan Bakteri <i>S. aureus</i>	64

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kesehatan menurut UU Nomor 36 Tahun 2009 adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spiritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis dengan kondisi yang sejahtera dari raga, jiwa, dan social, tetapi, tidak semua negara di dunia memiliki tingkat kesehatan yang tinggi. Beberapa negara berkembang termasuk Indonesia, masih memiliki tingkat kesehatan yang tergolong rendah. Hal ini disebabkan, rendahnya kesadaran untuk menjaga kebersihan baik diri maupun lingkungan. Masyarakat masih kurang kesadarannya dalam menjaga kebersihan, akibatnya mudah terserang berbagai macam infeksi penyakit seperti *tifus*, diare, demam *tifoid*, MRSA (*methicillin-resistant Staphylococcus aureus*), infeksi saluran pernafasan dan penyakit infeksi lainnya akibat kontaminasi mikroba (UNICEF, 2012).

Bakteri memiliki kemampuan untuk dapat hidup bebas di lingkungan, sehingga sangat mudah untuk berpindah dari tempat yang satu ke tempat yang lain. Perpindahan tersebut dapat menyebabkan bakteri menempel pada benda apa saja pada tempat-tempat umum, sehingga menyebabkan makhluk hidup lainnya dengan mudah terkontaminasi oleh bakteri tersebut, yang menyebabkan infeksi.

Penyakit yang disebabkan dari infeksi masih menjadi masalah kesehatan utama yang menyebabkan kematian di Indonesia. Infeksi merupakan masuknya suatu mikroorganisme ke dalam inang yang memasuki jaringan tubuh dan memperbanyak diri, jika keadaan inang rentan terhadap infeksi dan

fungsi biologinya rusak, maka hal ini dapat menimbulkan suatu penyakit (Thomson, 2008). Infeksi setiap tahunnya mencapai jumlah 1,9 juta manusia, dan 715.000 diantaranya mengalami kematian (Besser, 2018). Infeksi bakteri *Salmonella* sp. dapat menyebabkan demam tifoid, diare, sepsis (komplikasi yang membuat tekanan darah turun drastis) hingga mengakibatkan kematian (Brands, 2006). *Staphylococcus aureus* juga menjadi bakteri patogen utama pada manusia, karena menginfeksi setidaknya 30% dari populasi manusia (Tong *et al.*, 2015), menyebabkan infeksi kulit, keracunan, hingga *endokartitis* (infeksi pada jantung) yang sangat mematikan (Bierowiec *et al.*, 2016). Bakteri patogen yang menyebabkan infeksi, dapat berupa bakteri Gram negatif seperti bakteri *Salmonella* sp, maupun bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* (Boleng, 2015).

Pencegahan penularan bakteri dapat dilakukan dengan cara mencuci tangan dengan sabun, menggunakan *handsanitizer*, dan melakukan sanitasi secara berkala, serta penggunaan disinfektan juga dapat dilakukan untuk mencegah penyebaran bakteri. Disinfektan digunakan pada permukaan benda, cairan, maupun area sekitar yang diduga terkontaminasi bakteri, untuk mengurangi resiko paparnya melalui kulit ataupun membran mukosa (Mc Donnel, 2017).

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba (bakteri, virus, jamur), terutama pada benda mati dan permukaan benda. Disinfektan digunakan secara luas untuk sanitasi baik di tempat-tempat umum, rumah, laboratorium dan rumah sakit. Namun, zat kimia yang digunakan pada disinfektan cenderung berbahaya untuk manusia, hewan, dan tumbuhan sekitar (Koh, 2020).

Berdasarkan penelitian, senyawa organotin(IV) tidak hanya memiliki struktur dan sifat kimia yang menarik, tetapi juga memiliki aktivitas biologi yang baik (Alama *et al.*, 2009), senyawa organotin memiliki aktivitas sebagai antibakteri (Hadi *et al.*, 2018), senyawa antikanker (Hadi *et al.*,

2010), antijamur (Bonire *et al.*, 1998; Hadi *et al.*, 2008), antitumor (Gielen *et al.*, 2008), dan antivirus (Singh *et al.*, 2000), antikorosi (Kurniasih, 2015), dan antimalaria (Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2020), dan sebagai disinfektan (Hadi *et al.*, 2022). Hal ini menjadi dasar perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap beberapa senyawa organotin(IV), untuk mengetahui potensi bioaktivitasnya sebagai disinfektan. Penelitian ini dilakukan sintesis senyawa dibutiltin(IV) di-2-hidroksibenzoat, dibutiltin(IV) di-3-hidroksibenzoat, dibutiltin(IV) di-4-hidroksibenzoat, yang selanjutnya akan dikarakterisasi dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri.

1.2. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu, untuk mengetahui potensi bioaktivitas dan efektivitas senyawa dibutiltin(IV) di-2-hidroksibenzoat, dibutiltin(IV) di-3-hidroksibenzoat, dan dibutiltin(IV) di-4-hidroksibenzoat sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella* sp. dan *S. aureus*. Data analisis ketiga senyawa dibutiltin(IV) di-2-hidroksibenzoat, dibutiltin(IV) di-3-hidroksibenzoat, dan dibutiltin(IV) di-4-hidroksibenzoat yang diperoleh, juga dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh ligan terhadap bioaktivitas dan efektivitasnya.

1.3. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif disinfektan yang efektif sebagai antibakteri. Hasil penelitian ini juga dapat memberikan pengetahuan mengenai pengaruh ligan terhadap bioaktivitas dan efektivitas senyawa dibutiltin(IV) di-2-hidroksibenzoat, dibutiltin(IV) di-3-hidroksibenzoat, dibutiltin(IV) di-4-hidroksibenzoat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Timah

Timah atau *stannum* (Sn) memiliki nomor atom 50, dengan massa atom relatif 118,710 g/mol. Timah memiliki konfigurasi elektron [Kr] $4d^{10} 5s^2 5p^2$ (Gielen *et al.*, 2008). Pada sistem periodik unsur timah bersama dengan karbon, silikon, germanium, dan timbal termasuk golongan 14 (IVA). Timah mempunyai titik didih 2270°C dan titik lebur $231,97^{\circ}\text{C}$. Unsur ini dijumpai sebagai timah (IV) oksida dalam bijih seperti kasiterit (SnO_2) dan stanit ($\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$), serta diekstraksi melalui reduksi dengan karbon (Daintith, 1999).

Timah dapat mengalami hibridisasi sp^3 sama seperti atom-atom yang segolongan dengannya (seperti pada atom karbon). Hibridisasi tersebut, memungkinkannya untuk membentuk empat ikatan valensi dengan atom lain. Timah dalam senyawa memiliki keadaan oksidasi +2 dan +4, tingkat oksidasi +4 relatif lebih stabil daripada tingkat oksidasi +2. 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. Tetapi perbedaan energi kedua tingkat ini rendah. (Cotton *et al.*, 2007).

Timah memiliki tiga bentuk alotrop yaitu timah abu-abu (α), timah putih (β), dan timah rombik (γ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih (Sn- β) dalam bentuk tetragonal, sedangkan pada suhu rendah timah putih (Sn- β) berubah menjadi timah abu-abu (Sn- α) yang berupa non logam dan berbentuk intan kubik. Perubahan ini terjadi dengan cepat karena

timah membentuk lapisan oksida film dan peristiwa ini dikenal sebagai plak hitam. Timah putih mempunyai densitas yang lebih tinggi daripada timah abu-abu. Selain itu, timah juga memainkan peran penuh dalam peningkatan aktivitas yang tinggi dalam kimia organologam yang mulai dikenal pada tahun 1949 (Davies, 2004).

2.2. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang memiliki minimal satu ikatan langsung antara C dari gugus organik (Alkil/Aril) dengan logam (baik utama maupun transisi). Tidak semua senyawa yang mengandung ikatan antara atom logam dalam oksigen, belerang, nitrogen, ataupun dengan satu halogen termasuk sebagai senyawa organologam. Sebagai contoh suatu alkoksida seperti $(C_3H_7O)_4Ti$ tidaklah termasuk senyawa organologam, karena gugus organiknya terikat pada logam Ti melalui atom oksigen, sedangkan senyawa $(C_6H_5)Ti(OC_3H_7)_3$ adalah senyawa organologam karena terdapat satu ikatan langsung antara karbon dari gugus fenil dengan logam Ti (Cotton *et al.*, 2007).

Kecenderungan beberapa jenis-jenis ikatan pada senyawa organologam seperti:

a. Senyawa ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam yang relatif sangat elektropositif umumnya bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik dan sangat reaktif terhadap air dan udara. Senyawa ini dapat terbentuk jika radikal pada logam terikat pada logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, contohnya pada logam alkali atau alkali tanah. Salah satu hal yang menentukan kereaktifan dan kestabilan senyawa ionik adalah kestabilan ion karbon yang berikatan. Sebagai contoh gugus dari senyawa organik dalam garam-garam seperti $(C_6H_5)_3CNa$ dan $(C_5H_5)_2Ca$ (Abel *et al.*, 1995).

b. Senyawa organologam dengan ikatan sigma ($-\sigma$)

Senyawa organologam memiliki ikatan sigma terbentuk antara gugus organik dan atom logam dengan keelektronegatifan rendah. Senyawa organologam dengan ikatan ini tergolong ikatan kovalen tetapi masih memiliki ikatan ionik. Sifat kimia dari senyawa ini disebabkan oleh beberapa faktor berikut:

1. Kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi seperti pada SiR_4 yang tidak tampak dalam CR_4 .
2. Kemampuan donor aril atau alkil dengan pasangan elektron bebas.
3. Pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam karbon (M-C) atau karbon - karbon (C-C).

c. Senyawa organologam dengan ikatan nonklasik

Pada senyawa organologam memiliki jenis ikatan logam dengan atom karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk ionik ataupun pasangan elektron. Ikatan ini dapat terjadi pada dua golongan senyawa organologam berikut:

1. Senyawa organologam yang terbentuk diantara logam – logam transisi dengan alkena, alkuna, benzen, dan senyawa organik yang bersifat tak jenuh lainnya.
2. Senyawa organologam yang memiliki gugus – gugus alkil berjembatan (Zhang *et al.*, 2016).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah adalah senyawa-senyawa yang mengandung sedikitnya satu ikatan kovalen Sn-C. Sebagian besar senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $\text{R}_n\text{Sn(IV)X}_{4-n}$ ($n = 1-4$) 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 thiolat (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi SnO_2 , CO_2 , dan H_2O . Kemudahan putusnya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan urutannya meningkat dengan urutan: Bu (paling stabil) <Pr< et< me< vinil <Ph< Bz < alil < CH_2CN < $\text{CH}_2\text{CO}_2\text{R}$ (paling tidak stabil) (Alama *et al.*, 2009).

Empat tipe utama penstabil timah berdasarkan gugus alkilnya yaitu: oktil, butil, fenil dan metal. Gugus oktil timah memiliki kandungan timah paling sedikit, paling kurang efisien. Ligan-ligan utama yang digunakan untuk membedakan berbagai penstabil timah yaitu asam tioglikolat ester dan asam karboksilat (Van Der Weij, 1981).

Berdasarkan sifat fisika dan kimianya, senyawa organotimah merupakan suatu monomer yang dapat membentuk makromolekul stabil, padat (metiltimah, feniltimah, dan dimetiltimah), serta cairan (butiltimah) yang sangat mudah menguap, mudah menyublim, dan tidak berwarna juga bersifat stabil terhadap hidrolisis dan oksidasi. Atom halogen yang terdapat pada senyawa organotimah mudah lepas dan berikatan dengan senyawa yang mengandung atom dari golongan IA atau golongan IIA dalam sistem periodik unsur, atas dasar hal tersebut senyawa-senyawa turunan organotimah dapat disintesis meskipun kekuatannya beragam (Greenwood *and* Earshaw, 1990).

2.4. Turunan Senyawa Oragotimah

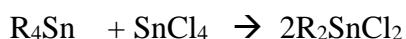
2.4.1. Senyawa Organotimah Halida

Rumus umum senyawa organotimah halida yaitu $\text{R}_n\text{SnX}_{4-n}$ ($n = 1-3$; X = Cl, Br, I) pada umumnya merupakan padatan kristalin dan sangat reaktif. Organotimah halida ini dapat disintesis secara langsung melalui logam timah, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida yang reaktif. Metode ini secara luas

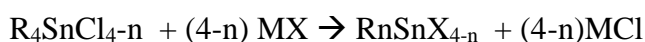
digunakan untuk pembuatan dialkiltimah dihalida. Sintesis langsung ini ditinjau ulang oleh Murphy dan Poller. Sintesis ini dapat ditinjau dari persamaan reaksi berikut ini :



Metode lain yang sering digunakan untuk pembuatan organotimah halida adalah reaksi disproporsionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida. Caranya adalah dengan mengubah perbandingan material awal, seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:



Senyawa organotimah klorida menggunakan kloridanya dari logam halida lain yang sesuai seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut :

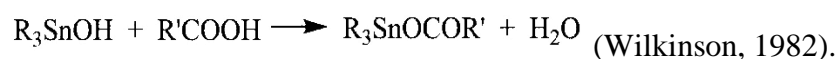
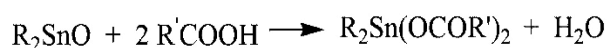


(X=F, Br atau I; M=K, Na, NH₄) (Wilkinson, 1982).

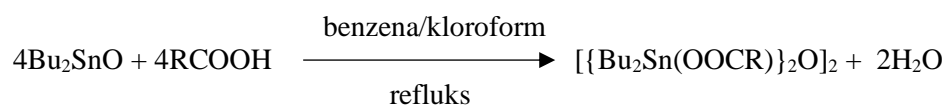
2.4.2. Senyawa Organotimah (IV) Karboksilat

Senyawa organotimah karboksilat pada umumnya dapat disintesis melalui dua cara yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksidanya dengan asam karboksilat, dan dari organotimah halidanya dengan garam karboksilat. Metode yang biasa digunakan untuk sintesis organotimah karboksilat adalah dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal.

Reaksi esterifikasi dari asam karboksilat dengan organotimah oksida atau hidroksida dilakukan melalui dehidrasi azeotropik dari reaktan dalam toluena, seperti ditunjukkan pada reaksi berikut :

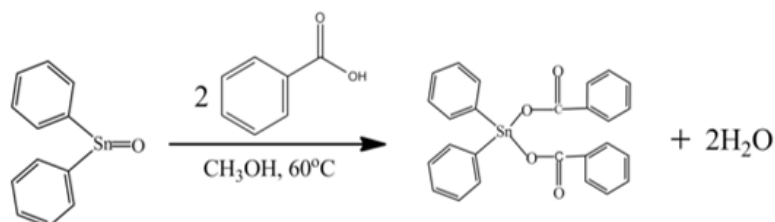


Turunan senyawa organotimah(IV) karboksilat sebagian besar dapat melalui reaksi kondensasi antara organotimah(IV) oksida atau hidroksida dengan asam karboksilat tertentu, dengan skema seperti pada Gambar 1 (Matela *and* Aman, 2012).

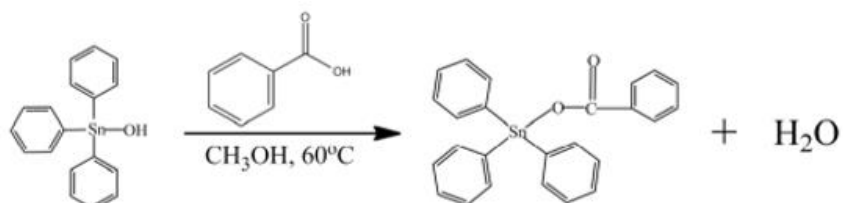


Gambar 1. Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) karboksilat (Matela *and* Aman, 2012).

Senyawa organotimah(IV) benzoat yang umumnya disintesis menggunakan senyawa dibutyltin(IV) oksida, difeniltimah(IV) oksida, dan trifeniltimah(IV) hidroksida yang direaksikan dengan suatu asam benzoat. Reaksi dapat berlangsung melalui proses refluks pada suhu 60-70°C selama 4 jam, dalam pelarut metanol (Hadi *and* Rilyanti, 2010). Difeniltimah (IV) dibenzoat, disintesis dengan perbandingan 1:2 mol. asam benzoat yang digunakan 2 mol, reaksi dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan senyawa trifeniltimah (IV) benzoat, asam benzoat yang digunakan 1 mol, reaksi dapat dilihat pada Gambar 3.

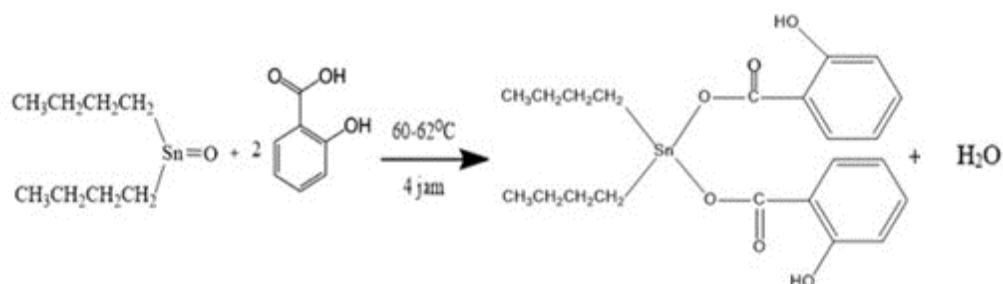


Gambar 2. Reaksi Sintesis Difeniltimah(IV) Dibenzoat (Hadi *et al.*, 2018).



Gambar 3. Reaksi Sintesis Trifeniltimah(IV) Benzoat (Hadi *et al.*, 2018).

Pada penelitian kali ini akan dilakukan sintesis senyawa dibutyltin(IV) dibenzoat, asam benzoat yang digunakan sebanyak 2 mol, reaksi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Reaksi Sintesis Dibutyltin(IV) Di-2-hidroksibenzoat

Pada penelitian ini, asam hidroksibenzoat yang digunakan sebagai ligan ada tiga jenis yaitu:

- Asam 2-hidroksibenzoat
Rumus molekul C₇H₆O₃, massa molar 138 gram/mol, titik lebur 159°C.
- Asam 3-hidroksibenzoat
Rumus molekul C₇H₆O₃, massa molar 138 gram/mol, titik lebur 201°C.
- Asam 4-hidroksibenzoat
Rumus molekul C₇H₆O₃, massa molar 138 gram/mol, titik lebur antara 213- 217°C.

2.5. Aplikasi Organotin

Senyawa organotin berhasil disintesis, pertama kali dilaporkan oleh Frankland pada tahun 1849, senyawanya yaitu Et₂SnI₂. Sejak saat itu, sintesis dan aplikasi dari senyawa organotin menjadi perhatian para kimiawan. Senyawa organotin memiliki aktivitas biologis yang kuat sehingga aplikasi senyawa ini luas dalam kehidupan sehari-hari. Senyawa organotin merupakan katalis yang bersifat homogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan dan untuk sintesis poliester. Senyawa organotin ditemukan berikutnya antara lain sebagai senyawa yang mudah terdegradasi (*biocide*), sebagai pestisida yang pertama kali diperkenalkan di Jerman yaitu

dari senyawa trifeniltimah asetat pada akhir 1950. Senyawa organotimah digunakan sebagai agrokimia karena senyawa ini *relative* memiliki fitotoksisitas (daya racun pada tanaman) yang rendah dan terdegradasi dengan cepat sehingga residunya tidak berbahaya terhadap lingkungan (Cotton *and* Wilkinson, 2007).

Manfaat senyawa organotimah diantaranya sebagai penstabil dalam produksi plastik, pestisida dalam pertanian, katalis, pelapis kaca, *stabilizer* polivinilklorida, antibakteri (Annissa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018 ;Hadi *et al.*, 2018), antitumor dan antikanker (Gielen *et al.*, 2008; Ruan *et al.*, 2011; Hadi dan Rilyanti, 2010), antimikroba dan antifungi (Bonire *et al.*, 1998 ; Hadi *et al.*, 2008), Antikorosi (Kurniasih *et al.*, 2015; Rastogi *et al.*, 2011; Hadi *et al.*, 2015), antimalaria (Hadi *et al.*, 2020), sebagai antioksidan (Javed *et al.*, 2016), serta sebagai disinfektan (Hadi *et al.*, 2022).

Penggunaan dari senyawa organotimah terus meningkat dengan pesat setiap tahunnya. Senyawa organotimah diketahui memiliki aktivitas biologis yang kuat dan beragam (Hadi dan Afriyani, 2017; Hadi *et al.*, 2018; Salam *et al.*, 2016). Keaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) ditentukan oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Anion yang terikat hanya sebagai penentu sekunder keaktifan senyawa organotimah(IV). Senyawa organotimah karboksilat diberikan perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologis yang kuat dibandingkan senyawa organotimah lainnya (Mahmood *et al.*, 2003; Pellerito *and* Nagy, 2002; Hadi *et al.*, 2012).

2.6. Analisis Senyawa Organotimah

Karakterisasi senyawa-senyawa organotimah(IV) dapat dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV (dengan konsentrasi 1×10^{-4} M, pada panjang gelombang sinar UV), spektrofotometer FTIR (pada bilangan gelombang $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$), ^1H dan ^{13}C -NMR (dengan dimetilsulfoksida

sebagai referen pada 298K) dan analisis elemental (unsur C, H, N, dan S) menggunakan alat *microelemental analyzer* (Hadi *et al.*, 2022).

2.6.1 Analisis Spektroskopi UV Vis Senyawa Organotimah

Instrumen untuk mengukur nilai transmittan ataupun absorbansi suatu sampel sebagai fungsi dari konsentrasi dapat menggunakan spektrofotometer UV *Visible* (Harjadi, 1990). Teknik analisis spektroskopi, menggunakan sumber radiasi elektromagnetik *ultraviolet* dekat (190 - 380 nm) dan sinar *visible* (380 - 780 nm) (Mulja dan Suharman, 1995). Sampel yang digunakan dalam analisis spektrofotometer umumnya berupa larutan yang jernih. Sampel dilarutkan dalam pelarut yang tidak mengandung ikatan rangkap terkonjugasi, tidak berwarna, tidak bereaksi, kemurniannya tinggi dan melarutkan dengan baik. Beberapa pelarut memiliki serapan di panjang gelombang tertentu, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

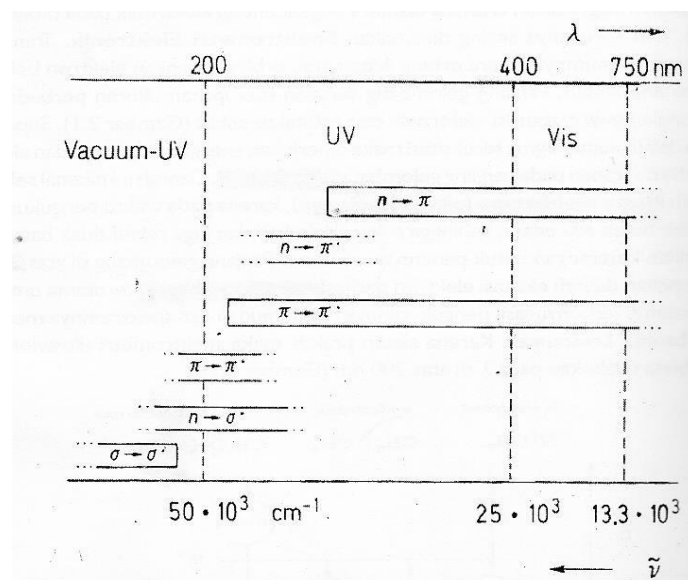
Tabel 1. Panjang Gelombang Maksimum Beberapa Pelarut

Pelarut	λ_{maks} (nm)	Pelarut	λ_{maks} (nm)
Asetonitril	190	n – heksana	201
Kloroform	240	Metanol	205
Sikloheksana	195	Isooktana	195
1-4 dioksan	215	Air	190
Etanol 95%	205	Aseton	330
Benzoat	285	Piridina	305

(Suhartati, 2017).

Senyawa organik memiliki elektron ikatan sigma (σ) dan pi (π) maupun elektron non-ikatan (n). Elektron-elektron ini dapat mengalami eksitasi atau perubahan energi dari keadaan dasar ke tingkat yang lebih tinggi akibat adanya interaksi dengan sinar *ultraviolet*. Eksitasi elektron-elektron ini kemudian direkam sebagai panjang gelombang dan absorbansi, dalam bentuk spektrum, mudahnya suatu elektron tereksitasi ditunjukkan

dengan panjang gelombang yang lebih besar, sedangkan absorbansi yang lebih tinggi menunjukkan semakin banyaknya elektron yang tereksitasi. Gambar 5, menunjukkan beberapa jenis transisi elektron akibat terjadinya eksitasi, yaitu $\sigma \rightarrow \sigma^*$, $\sigma \rightarrow \pi^*$, $\pi \rightarrow \sigma^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \sigma^*$, dan $n \rightarrow \pi^*$ (Suhartati, 2017).



Gambar 5. Daerah Serapan Berbagai Transisi Elektron .

Suatu asam karboksilat jenuh memiliki pita serapan yang lemah disekitar 200nm akibat transisi terlarang $n \rightarrow \pi^*$. Pita dapat mengalami pergeseran batokromik dengan meningkatnya panjang rantai. Keberadaan substituen alkil pada struktur dasarnya dapat menyebabkan pergeseran batokromik. Pergeseran batokromik juga dapat terjadi ketika terdapat perpanjangan konjugasi, dan biasanya disertai dengan meningkatnya intensitas serapan serta adanya struktur halus. Substituen gugus elektronegatif pada karbon- α juga dapat menyebabkan pergeseran batokromik, hal ini terjadi karena efek induksi dari gugus elektronegatif sehingga menunjang perpanjangan konjugasi (Suhartati, 2017).

Asam karboksilat merupakan molekul yang mampu mengabsorpsi sinar dengan kuat pada daerah UVVisible. Tabel 2, merupakan contoh data

absorpsi dasar serta substituen pada suatu senyawa karbonil terkonjugasi, yang dapat membantu memprediksi struktur senyawa.

Tabel 2. Absorpsi Dasar dan Substituen Senyawa Karbonil Terkonjugasi

λ , β tak jenuh	Absorpsi dasar (nm)		
Keton asiklik / siklik 6 anggota / lebih tinggi	215		
Keton siklik 5 anggota	205		
Aldehida	210		
Asam karboksilat dan ester	195		
Perpanjangan Konjugasi	+ 30		
Komponen homodienik	+ 39		
Ikatan rangkap eksosiklik	+ 5		
Substituen	Parameter Substituen		
	λ	β	Γ
Alkil	+ 10	+ 12	+ 18
Hidroksil	+ 35	+ 30	+ 50
Alkoksil	+ 35	+ 30	+ 17
Asetoksil	+ 6	+ 6	+ 6
Dialkilamina		+ 95	
Kloro	+ 15	+ 12	
Bromo	+ 25	+ 30	
Tioalkil		+85	
Pelarut	Koreksi Pelarut		
Air	- 8		
Metanol	0		
Kloroform	+ 1		
Dioksan	+ 5		
Eter	+ 7		
Heksana	+ 11		
Sikloheksana	+ 11		

(Suhartati, 2017).

Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 contoh hasil analisis spektrofotometer UV Senyawa organotimah(IV).

Tabel 3. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)

Senyawa	$\pi \rightarrow \pi^*$	$n \rightarrow \pi^*$
$[(n-C_4H_9)_2SnCl_2]$	210	-
$[(n-C_4H_9)_2SnO]$	202,9	-
$[(n-C_4H_9)_2Sn(2-OOCC_6H_4Cl_2)_2]$	-	291,1

(Hadi *et al.*, 2020).

Tabel 4. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)

Senyawa	λ_{maks} (nm) $n \rightarrow \pi^*$
$[(n-C_4H_9)_2Sn(o-C_6H_4(NO_2)COO)_2]$	303,2
$[(n-C_4H_9)_2Sn(m-C_6H_4(NO_2)COO)_2]$	307,3
$[(n-C_4H_9)_2Sn(p-C_6H_4(NO_2)COO)_2]$	301,2

(Hadi *et al.*, 2015).

Tabel 5. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)

Senyawa	λ_{maks} (nm) $n \rightarrow \pi^*$
$[(n-C_4H_9)_2Sn(C_6H_4 COO)_2]$	302,3
$[(n-C_4H_9)_2Sn(o-C_6H_4(OH)COO)_2]$	307,8

(Hadi *et al.*, 2020).

Senyawa yang dianalisis akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi sinar UV dan sinar tampak (Hadi *et al.* 2020) oleh senyawa yang dianalisis menggunakan spektroskopi UV *Vis.* Transisi tersebut pada umumnya antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital. Elektron dalam ikatan sigma agar tereksitasi dibutuhkan energi paling tinggi yang akan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$),

daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Daerah serapan eksitasi elektron di atas 200 nm merupakan daerah dari orbital p, d, dan orbital π , terutama sistem π terkonjugasi mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan. Kegunaan spektrofotometer UV *Vis* ini terletak pada kemampuannya mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik di dalam suatu molekul. Spektrofotometer ini dapat secara umum membedakan diena terkonjugasi dari diena tak terkonjugasi, diena terkonjugasi dari triena dan sebagainya. Substituen dapat mempengaruhi letak serapan dan terutama yang berhubungan dengan substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1985). Spektrum UV maupun tampak terdiri dari pita absorpsi lebar pada daerah panjang gelombang yang lebar, hal ini disebabkan transisi elektronik yaitu suatu elektron dalam orbital ikatan (*bonding*) dieksitasikan ke orbital *antibonding*. Transisi elektronik dapat terjadi dari tingkat energi keadaan dasar ke tingkat energi yang tereksitasi. Senyawa dibutilmah(IV) hidroksida terjadi transisi elektron dari $\pi \rightarrow \pi^*$ pada panjang gelombang 204 nm dan dari $n \rightarrow n^*$ memiliki panjang gelombang 293 nm. Pergantian ligan dapat diamati dengan adanya pergeseran λ_{maks} untuk transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ ketika ligan hidroksi tergantikan dengan ligan *p*-aminobenzoat, *p*-nitrobenzoat, *p*-hidroksibenzoat akan mengalami pergeseran λ_{maks} lebih Panjang (Day dan Underwood, 1998).

Identifikasi kualitatif dengan spektroskopi UV *Vis* untuk senyawa organik dalam daerah ini terlalu lebar dan kurang terperinci, sehingga perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut dengan spektroskopi IR dan NMR (Day dan Underwood, 1998).

Hubungan absorbansi dengan konsentrasi suatu senyawa, dapat digambarkan dengan menggunakan hukum *Lambert-Beer*. Hukum ini dapat ditulis, sebagai berikut:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot C$$

Absorbansi atau serapan dinitasikan dengan A , ϵ merupakan nilai ekstinsi molar ($M^{-1}cm^{-1}$), b merupakan tebal kuvet (cm), dan C konsentrasi (M), konsentrasi yang digunakan harus rendah, agar sesuai hukum *Lambert-Beer* (Dachriyanus, 2004).

Hubungan energi yang diserap suatu senyawa dan panjang gelombangnya, dapat digambarkan dengan persamaan, sebagai berikut:

$$\Delta E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

ΔE merupakan energi yang terserap (erg), h merupakan tetapan *Plank* ($6,6 \times 10^{-27}$ erg.det), ν merupakan frekuensi (Hz), c merupakan kecepatan cahaya (3×10^{10} cm/det), dan λ merupakan panjang gelombang (cm). Semakin besar energi yang dihasilkan, maka panjang gelombangnya yang makin kecil (Supratman, 2010).

2.6.2 Analisis dengan Spektrofotometer *Infra Red* (IR)

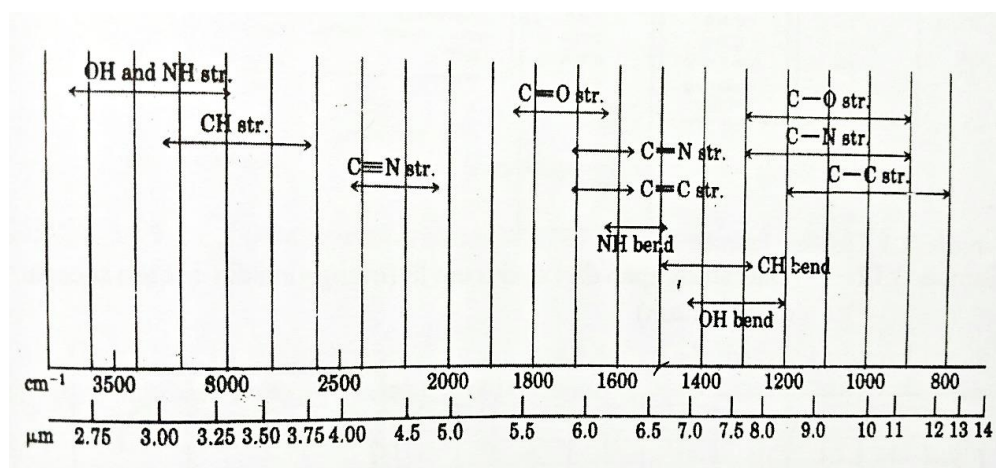
Instrumen yang dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai adanya suatu gugus fungsi adalah spektrofotometer *Infra Red* (IR).

Spektroskopi ini mengukur daerah serapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang, pada saat analisis sampel menggunakan IR, radiasi inframerah dengan rentang panjang gelombang dan intensitas tertentu dilewatkan terhadap sampel. Molekul-molekul senyawa pada sampel akan menyerap seluruh atau sebagian radiasi itu (Sastromiharjo, 1988).

Sinar inframerah bila dilewatkan melalui cuplikan, maka sejumlah frekuensi diserap sedangkan frekuensi yang lain diteruskan, saat frekuensi cahaya inframerah yang dilewatkan diserap oleh sampel, akan menyebabkan terjadinya vibrasi atau getaran pada molekul sampel, banyaknya energi yang diserap beragam antar ikatannya, hal ini disebabkan oleh perubahan momen dipol, sehingga, ikatan nonpolar seperti C-H atau C-C menghasilkan absorpsi

lemah, sedangkan ikatan polar seperti O-H atau N-H atau C=O menghasilkan absorpsi yang jauh lebih kuat. Terdapat dua jenis vibrasi yang dikenal, yaitu: Vibrasi regang/ulur (*stretching*) dan vibrasi lentur/tekuk (*bending*). Vibrasi regang menyebabkan perpanjangan atau pengerutan ikatan. dan vibrasi lentur menyebabkan sudut ikatan mengalami pembesaran atau pengecilan sudut.

Spektrum inframerah merekam panjang gelombang atau frekuensi berbanding %T. Senyawa menyerap radiasi pada panjang gelombang tertentu, intensitas radiasi yang diteruskan oleh sampel berkurang, sehingga menyebabkan penurunan %T. Pita-pita pada spektrum inframerah dikelompokkan berdasarkan intensitasnya yaitu, *strong* (s), *medium* (m), dan *weak* (w), jika pita *weak* mengalami tumpang tindih dengan pita *strong*, maka disebut sebagai *shoulder* (sh). Vibrasi regang C-H biasanya berupa pita yang tajam dan sedang, vibrasi regang O-H biasanya berupa pita yang kuat dan lebar, vibrasi regang C=O biasanya berupa pita yang kuat dan tajam (Supratman, 2010). Pita serapan khas berbagai gugus fungsi pada spektrum inframerah dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Serapan Khas Berbagai Gugus Fungsi pada Spektrum Inframerah (Supratman, 2010).

Beberapa serapan khas gugus fungsi molekul organik:

- Serapan pada ikatan C-C dengan hibridisasi sp^3 , menyebabkan adanya pita serapan yang lemah, sedangkan ikatan C=C dengan hibridisasi sp^2 , menyebabkan adanya pita serapan khas dengan kekuatan bervariasi, yaitu sekitar $1600-1700\text{ cm}^{-1}$. Ikatan C=C (aril) menyebabkan pita serapan pada frekuensi yang lebih rendah akibat delokalisasi elektron π , yaitu sekitar $1450-1600\text{ cm}^{-1}$.
- Serapan pada ikatan C-H memiliki pita serapan sekitar $2800-3300\text{ cm}^{-1}$ dan beberapa diantaranya sekitar $3300-2700\text{ cm}^{-1}$, sedangkan ikatan C-H (Aril) memiliki pita serapan sekitar 3030 cm^{-1} dengan intensitas sedang. Ikatan C=C-H memiliki pita serapan sekitar $3040-3010\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas sedang. Ikatan $-CH_3$ memiliki pita serapan sekitar 2960 dan 2870 cm^{-1} dengan intensitas tinggi. Ikatan $-CH_2-$ memiliki pita serapan sekitar 2930 dan 2850 cm^{-1} dengan intensitas tinggi. Ikatan $=CH-$ memiliki pita serapan sekitar 2890 cm^{-1} dengan intensitas rendah.
- Serapan ikatan C-X memiliki serapan di daerah sidik jari sekitar $500-1430\text{ cm}^{-1}$.
- Serapan ikatan C=O umumnya memiliki pita serapan sekitar $1640-1820\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan kuat. Ikatan C=O pada gugus fungsi asam karboksilat memiliki pita serapan sekitar $1705-1725\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan kuat (Supratman, 2010).

Beberapa serapan karakteristik inframerah dari organotimah karboksilat dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6. Serapan Karakteristik IR Senyawa Organotimah Karboksilat.

Serapan	Dibutyltimah(IV) diklorobenzoat (cm-1)	Referensi (cm ⁻¹)
Sn-O	434,4	800-400
Sn-O-C	1029,1	1050-900
Sn-Bu	674,4	740-660
C-H _{alifatik}	2954 – 2860	2960-2850

(Hadi *et al.*, 2020).

2.6.3 Analisis dengan Spektrometer ^1H -NMR dan ^{13}C NMR

Spektroskopi *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) memberikan informasi mengenai jumlah, jenis dan lingkungan disekitar atom hidrogen maupun karbon dalam suatu molekul, Jumlah sinyal dalam spektrum *NMR* dapat menerangkan berapa banyak proton-proton yang ekuivalen yang terkandung dalam suatu molekul. Sinyal berupa angka yang terekam pada NMR dapat menjadi informasi yang baik untuk mengkarakterisasi senyawa target (Kristianingrum, 2014). Analisis *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. NMR menerapkan gelombang radio pada inti tertentu yang terdapat dalam molekul organik, saat molekul ini berada dalam magnet yang kuat dan homogen (Supratman, 2010).

Prinsip kerja NMR didasarkan pada serapan inti, semua inti bermuatan dapat mengalami putaran (*spin*) pada sumbunya, yang menghasilkan dipol magnet di sepanjang sumbu dengan momentum magnetik (μ). Inti yang diletakkan dalam medan magnet yang kuat, akan mengalami rotasi pada sumbu intinya, akibatnya energi inti unsur pecah menjadi dua tingkat energi terkuantisasi. Induksi medan magnet menyebabkan transisi antar tingkatan energi hal ini bisa berlangsung apabila terjadi absorpsi radiasi elektromagnet pada frekuensi yang sesuai.

Penentuan struktur molekul senyawa organik maupun anorganik sangat akurat menggunakan instrument NMR. Frekuensi NMR terdapat pada rentang 60×10^6 - 800×10^6 Hz. Pergeseran kimia (δ) suatu inti merupakan perbedaan frekuensi resonansi inti dan standar relatif terhadap standar, dengan satuan ppm (Hz/MHz atau $1 : 10^6$). Adanya perbedaan frekuensi ini diukur berdasarkan resonansi senyawa standar tetrametilsilan (TMS) pada ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR. Senyawa TMS dipilih sebagai standar karena memiliki sifat larut dalam semua jenis pelarut organik, sangat mudah menguap, *inert* serta memiliki 12H dan 4C yang ekuivalen.

Pergeseran kimia yang dihasilkan, akibat dari adanya elektron dalam molekul yang menghasilkan *shielding effect* pada *spin* inti, karena memiliki arah medan magnet yang berlawanan dengan B_0 (medan magnet statis) sehingga memiliki nilai δ rendah dan serapannya terletak di atas medan (*upfield*). Atom dengan nilai δ rendah (dekat dengan TMS) disebut *shielded* atau terperisai, namun, jika nilai δ tinggi disebut *deshielded* atau tidak terperisai, keadaan *deshielded* dapat terjadi akibat adanya efek induksi medan magnet oleh atom yang bersifat elektronegatif (misalnya N atau O) atau anisotrop (misalnya alkena, alkuna, karbonil, dan aromatik), efek induksi pada keadaan *deshielded* disebabkan oleh sirkulasi awan elektron yang searah dengan medan magnet luar B_0 , sehingga serapannya terletak di bawah medan (*downfield*) (Jenie *et al.*, 2014).

Pola pemisahan (*splitting pattern*) pada spektrum $^1\text{H-NMR}$:

- a. Singlet, merupakan sinyal tunggal. Dihasilkan bila sebuah proton tidak memiliki proton tetangga yang secara magnetik tidak ekuivalen dengannya.
- b. Doublet, merupakan sinyal yang terbelah menjadi sinyal rangkap. Dihasilkan bila sebuah proton memiliki satu proton tetangga yang secara magnetik tidak ekuivalen dengannya. Perbandingan luas kedua sinyalnya seharusnya 1:1, tetapi bisa berbeda pada aril. Jarak antara kedua sinyal dalam sebuah doublet dinamakan tetapan kopling (J).
- c. Triplet, merupakan sinyal yang terdiri dari tiga sinyal. Dihasilkan bila sebuah proton memiliki dua proton tetangga yang ekuivalen satu sama lain, tetapi tidak ekuivalen dengan dirinya. Maka sinyal pada NMR adalah $(n+1)$, n merupakan banyaknya proton tetangga, sehingga $2+1 = 3$. Perbandingan luas kedua sinyalnya seharusnya 1:2:1.
- d. Quartet, merupakan sinyal yang terdiri dari empat sinyal, dihasilkan bila sebuah proton memiliki tiga proton tetangga yang ekuivalen satu sama lain, tetapi tidak ekuivalen dengan dirinya. Sinyal pada NMR adalah $(n+1)$, sehingga $3+ 1=4$. Perbandingan luas kedua sinyalnya seharusnya 1:3:3:1 (Supratman, 2010).

Nilai pergeseran kimia yang dihasilkan pada spektra $^1\text{H-NMR}$ berbeda-beda berdasarkan keberadaan atom hidrogennya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Pergeseran Kimia pada Spektra $^1\text{H-NMR}$

Pergeseran Kimia	Nilai δ (ppm)
Proton pada karbon sp^3:	
RCH_3	0,8-1,2
R_2CH_2	1,1-1,5
R_3CH	~ ,5
ArCH_3	2,2-,,5
R_2NCH_3	2,2-2,6
R_2CHOR	3,2-4,3
R_2CHCl	3,5-3,7
$\text{R}_2\text{CHCR-CR}_3$	~ 1,7
RCOCH_2R	2,0-2,7
Proton pada karbon sp^2:	
$\text{R}_2\text{C} = \text{CHR}$	4,9-5,9
ArH	6,0-8,0
RCHO	9,4-10,4
$\text{RC} = \text{CH}$	2,3-2,9
Proton pada N atau O:	
R_2NH	2-4
ROH	1-5
ArOH	6-8
RCO_2H	10-12

(Supratman, 2010).

Nilai pergeseran kimia yang dihasilkan pada spektra $^{13}\text{C-NMR}$ berbeda-beda berdasarkan keberadaan atom karbonnya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 8 . Hasil analisis ^1H dan $^{13}\text{C-NMR}$ senyawa dibutyltimah (IV) di-2-nitrobenzoat dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 8. Data Pergeseran Kimia pada Spektra ^{13}C -NMR

Gugus	Nilai δ (ppm)
Karbon Primer (-CH ₃)	10-30
Karbon Sekunder (-CH ₂ -)	15-55
Karbon Tersier (=CH-)	25-58
Karbon Kuarterner (=C=)	30-40
CH ₂ =C-R	110-150
CH ₂ =C-Y	80-170
Ar-R	120-150
Ar-Y	95-160
R-OH	45-85
R-F ₁₋₃	70-135
R-Cl ₁₋₄	20-98
R-NR ₂	20-70
R-NO ₂	60-78
RCHO	198-220
R ₂ C=O	195-220
RCOOH	168-185
Garam (RCOO ⁻)	175-195
R-C=C-COOH	158-175
RCOOR'	158-178

(Supratman, 2010).

Tabel 9. Hasil Analisis ^1H dan ^{13}C NMR Senyawa Organotin(IV)

Senyawa	H dalam butil atau fenil (ppm)	H dalam benzoat (ppm)	C dalam butil, fenil, benzoat (ppm)
$[(n\text{-C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(3\text{-OOC}\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}))_2]$	H α : 1,6 (t); H β : 1,4 (m) 1, H γ : 1,29 (t); H δ : 0,93(t)	7,34 - 7,83 (m)	C α : 26.2, C β : 25.4, C γ : 21.8, C δ : 14.1, C1: 165.0; C2: 139.3, C3: 132.2, C4: 138.4, C5: 125.1, C6: 128.6, C7: 129

(Hadi *et al.*, 2021).

2.6.4. Analisis Unsur dengan *Microelemental Analyzer*

Mikroanalisis merupakan penentuan kandungan unsur penyusun suatu senyawa yang dilakukan dengan menggunakan *microelemental analyzer*. Unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S), sehingga alat yang biasanya digunakan untuk tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai CHNS *microelemental analyzer*, pada alat ini sampel C, H, dan N diperiksa secara otomatis, sehingga hasil persentase setiap elemennya presisi dan akurat. Sampel yang digunakan juga sedikit yaitu 1-2 mg (Etherington *et al.*, 2001).

Prinsip kerja instrumen ini menganalisis senyawa organik melalui dekomposisi oksidatif dan reduksi pada nitrogen dan sulfur oksida (Fadeeva *et al.*, 2008), prosesnya dimulai dengan pembakaran pada *furnace* dengan suhu 1000°C, kemudian karbon akan dikonversi menjadi karbon dioksida, hidrogen menjadi air, nitrogen menjadi gas atau oksidanya, dan sulfur menjadi sulfur dioksida. Hasil konversi yang berupa gas ini kemudian dipisahkan berdasarkan jenisnya dan dianalisis menggunakan detektor tertentu (Thompson, 2008), contoh hasil analisis *microelemental analyzer* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Elemental Senyawa- Senyawa Organotimah (IV).

Senyawa	Analisis Elemental		
	% C	% H	% N
$[(n-C_4H_9)_2SnCl_2]$	31,4 (31,6)	6,0 (5,9)	-
$[(n-C_4H_9)_2SnO]$	38,6 (38,6)	7,1 (7,3)	-
$[(n-C_4H_9)_2Sn(2-OOCC_6H_4(NO_2))_2]$	46,8 (46,7)	4,7 (4,6)	4,8 (4,96)

(Hadi *et al.*, 2018).

2.7. Bakteri

Struktur sel bakteri tidak memiliki inti sejati atau tidak dikelilingi membran inti, sehingga bakteri termasuk ke dalam golongan prokariot. Bakteri dapat tumbuh dalam media agar dengan bentuk koloni. Sel penyusun koloni dianggap sama dan merupakan keturunan satu mikroba yang mewakili biakan bakteri. Bentuk koloni bakteri berukuran khas, seperti bulat, tidak beraturan dengan permukaan cembung, cekung dengan tepi rata, maupun bergelombang (Hafsan, 2011), ukuran sel bakteri 0,2- 10 μm (Supardi, 1999).

Kelompok bakteri terbagi menjadi:

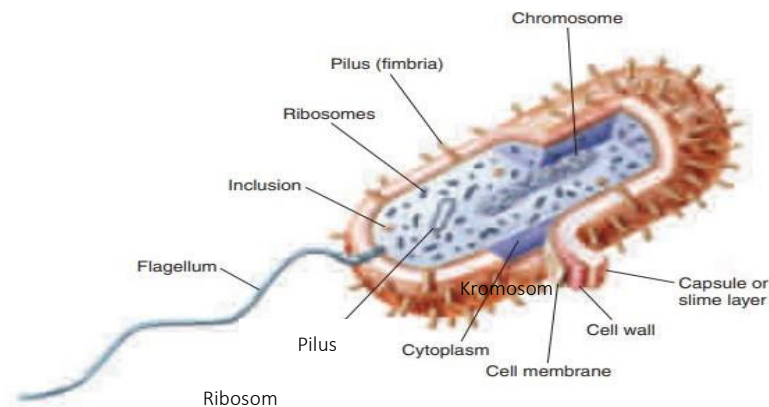
- a. *Monococcus*, bakteri akan terpisah dari sel induk setelah membelah. Bakteri terdiri satu sel yang berbentuk bulat
- b. *Diplococcus*, bakteri tetap bertaut atau berpasangan (bergandengan) setelah membelah, bakteri terdiri dari dua sel yang berbentuk bola.
- c. *Tetracoccus*, bakteri terbagi ke dua arah membentuk sudut siku-siku, setiap kelompok bakteri terdiri dari 4 empat sel.
- d. *Sarcina*, bakteri terbagi ke tiga arah membentuk sudut siku-siku, setiap kelompok bakteri tersusun berbentuk kubus.
- e. *Staphylococcus*, bakteri terbagi ke arah yang tidak menentu, kelompok-kelompok bakteri tersebut membentuk untaian menyerupai buah anggur.
- f. *Bacillus / Streptobacillus / Spirillum*, bakteri membelah melintang, kemudian membentuk anakan seperti bakteri *coccus*.
- g. *Filamentus*, kelompok bakteri yang membentuk hifa palsu (Hafsan, 2011).

Sebagian besar struktur sel bakteri terdiri dari:

- a. Membran sel, umumnya diselubungi oleh dinding sel dan beberapa diantaranya terdapat lapisan luar tambahan.
- b. Sitoplasma dengan ribosom (internal), di bagian inti dan beberapa pada granula serta vesikel.

- c. Beberapa variasi seperti kapsul, *flagella*, dan pili (eksternal) (Black, 2008).

Contoh bentuk bagian-bagian penyusun sel bakteri *Bacillus* yang memiliki flagella dapat dilihat pada Gambar 7.



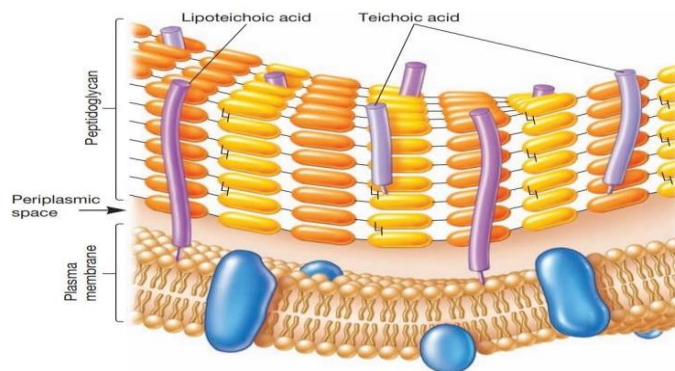
Gambar 7. Sel Prokariot *Bacillus* dengan *Flagella* (Black, 2008).

Bakteri bereproduksi dengan aseksual atau memanjangkan sel, proses ini diikuti dengan pembelahan biner (terbagi dua), dan kemudian membesar. Setelah terbagi dua, bakteri akan tetap bertautan dan membentuk kelompok berbentuk rantai yang ditautkan oleh protoplasma.

2.7.1. Bakteri Gram Positif

Bakteri yang mampu mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan Gram sehingga akan berwarna ungu di bawah mikroskop dikenal dengan bakteri Gram positif. Hal ini yang membedakan bakteri Gram positif dan Gram negatif didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel yang berbeda dan dapat dinyatakan oleh prosedur pewarnaan Gram, ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram dan merupakan prosedur penting dalam klasifikasi bakteri (Jawetz dan Adelberg, 2005).

Bakteri Gram positif selain mempunyai dinding sel yang dapat menyerap zat warna violet juga mempunyai sebuah lapisan peptidoglikan tebal, contohnya adalah *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Arachnia*, *Bifidobacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium* dan *Eubacterium*, ciri-cirinya adalah dinding sel yang homogen dengan ketebalan 20-80 nanometer dan tersusun dari senyawa peptidoglikan, bentuk sel dari bakteri Gram positif ini adalah batang atau berbentuk filamen dan bulat menyerupai anggur yang tidak teratur. Sistem reproduksi bakteri gram positif melalui pembelahan secara biner, karakteristik yang membedakan bakteri Gram positif adalah komposisi dinding selnya, beberapa lapisan peptidoglikan bergabung bersama membentuk struktur tebal dan kaku. Bakteri Gram negatif hanya memiliki lapisan tipis peptidoglikan (Wheeler, 2007). Dinding sel bakteri Gram Positif dapat dilihat pada Gambar 8.

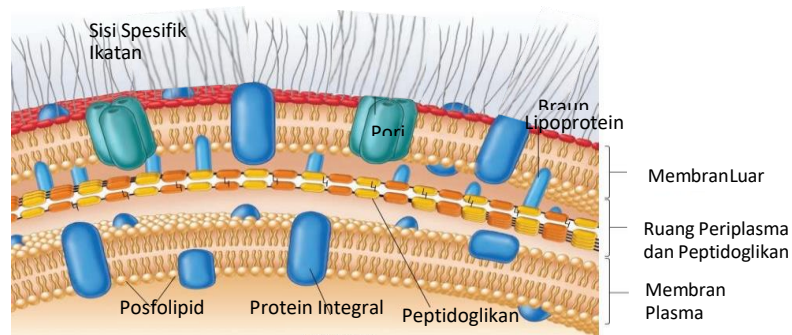


Gambar 8. Dinding Sel Bakteri Gram Positif (Willey *et al.*, 2009).

2.7.2. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif merupakan bakteri yang tidak mampu mempertahankan warna kristal violet pada dinding selnya saat perwarnaan Gram dilakukan, pewarnaan Gram sangat penting untuk mengetahui klasifikasi bakteri dan mengetahui identifikasinya (Radji, 2011).

Bakteri Gram negatif merupakan bakteri dengan bagian dinding selnya dapat menyerap zat warna merah. Bakteri ini mempunyai lapisan peptidoglikan tipis yang terdapat pada ruang periplasmik, yaitu antara membran luar dengan membran plasma, contoh dari bakteri ini adalah *S. typhi*, *Rhizobium leguminosarum*, *azotobacter*, *Salmonella* sp. dan *Haemophilus influenza*. Bakteri Gram negatif memiliki sifat patogen sehingga lebih berbahaya jika dibandingkan bakteri Gram positif, hal ini dikarenakan membran luar di bagian dinding sel bisa melindungi bakteri tersebut, dapat menghalangi masuknya zat antibiotik dan juga sistem dari pertahanan inang. Lipid kovalen terkait dengan protein yang disebut lipoprotein adalah molekul yang mengikat peptidoglikan ke membran luar. Peptidoglikan ini terletak di periplasma, ruang berisi cairan yang terletak antara membran plasma dan membran luar. Dinding sel bakteri Gram negatif lebih rentan terhadap kerusakan mekanis karena jumlah rendah dari peptidoglikan (Wheelis, 2007). Dinding sel bakteri Gram negatif dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Dinding Sel Bakteri Gram Negatif (Willey *et al.*, 2009).

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

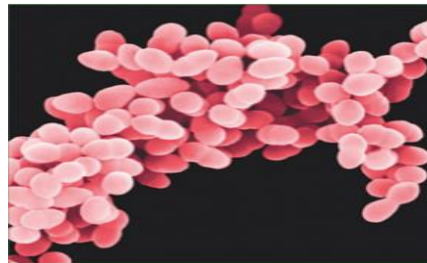
2.7.3. Bakteri *S aureus*

Bakteri *S. aureus* termasuk dalam familia *Staphylococaceae*, bersifat Gram positif, berbentuk bulat (*coccus*), berdiameter 0,5-1,5 μ L, tidak membentuk spora, katalase positif dan sel-selnya tersusun seperti buah anggur atau

membentuk pasangan dan secara khas membelah diri pada lebih dari satu bidang sehingga membentuk gerombolan yang tak teratur, memiliki pigmen bervariasi dari putih hingga kuning tua (Supardi, 1999). Bakteri *S. aureus* dapat dilihat pada Gambar 10. Dinding sel mengandung dua komponen utama yaitu peptidoglikan dan asam teikoat.

Klasifikasi *S. aureus* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bactericeae
Filum	: Firmicules
Kelas	: Bacili
Ordo	: Bacilliales
Famili	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Species	: <i>Staphylococcus aureus</i>



Gambar 10. Bakteri *S. aureus* (Cook and Cook, 2005).

Bakteri *S. aureus* merupakan patogen utama pada manusia yang dapat tumbuh dengan baik di berbagai medium bakteriologik, suhu optimum 37°C dengan waktu generasi 20-30 menit (Ristianti, 2015). Infeksi *S. aureus* menyebabkan keracunan makanan, infeksi kulit ringan, hingga infeksi berat yang mengancam jiwa (Brooks *et al.*, 2007).

Bakteri *S. aureus* dapat ditemukan pada baju, sprei, handuk bahkan dalam hidung sebanyak 40-50%, dan benda-benda lainnya di lingkungan sekitar manusia (Jawetz dan Adelberg, 2005). Penularan bakteri ini dapat terjadi apabila manusia menyentuh barang yang terdapat bakteri *S. aureus* dalam

waktu yang cukup lama (Cook *and* Cook, 2005). Bakteri *S.aureus* dapat memfermentasikan karbohidrat, menghasilkan asam laktat, tetapi tidak menghasilkan gas, aktivitas pemecahan ikatan peptida menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana oleh enzim protease (proteolitik) (Jawetz dan Adelberg, 2005).

2.7.4. Bakteri *Salmonella* sp.

Bakteri *Salmonella* bersifat motil, Gram negatif, anaerob fakultatif serta berbentuk batang. Sel terluar terdiri atas struktur lipopolisakarida kompleks (LPS) yang terbebas dari lisis sel sampai batas tertentu selama kultur. Bagian lipopolisakarida dapat berfungsi sebagai endotoksin, dan berperan penting dalam menentukan virulensi organisme. Kompleks endotoksin makromolekul ini terdiri dari tiga komponen, mantel O-polisakarida luar, bagian tengah (inti R), dan lapisan dalam lipid (Jawetz dan Adelberg, 2005). Bakteri *Salmonella* sp. berada pada *family Enterobacteriaceae*. Klasifikasi dari *Salmonella* sp. dapat dibagi berdasarkan spesies, subspecies dan serotipe.

Bakteri *Salmonella* sp. berbentuk *bacillus*, fakultatif anaerob yang memiliki diameter 0,75-1,25 μm dan panjang 2-3 μm (Hafsan, 2011). Bakteri *Salmonella* sp. merupakan bakteri Gram negatif (Brooks *et al.*, 2007).

Spesies *Salmonella* sp. yang dapat menginfeksi manusia dan hewan terdapat lebih dari 2500 spesies. *Salmonella* sp. sangat mudah berkembang karena struktur dan aktifitasnya, pada suhu 25°C dengan waktu generasi 21-34,8 menit (Silva *et al*, 2009). Bakteri dapat juga berkembang pada suhu 6 - 46°C. Infeksi *Salmonella* sp. dapat menyebabkan demam tifoid, diare, sepsi dan gastroenteritis (Brands, 2006).

2.7.5. Uji Antibakteri

Potensi senyawa sebagai antibakteri dipengaruhi oleh waktu, suhu, pH, dan konsentrasi. Laju kematian bakteri dipengaruhi oleh waktu kontak bakteri dengan senyawa antibakteri, dapat dipercepat dengan meningkatkan temperatur. pH asam atau basa. Senyawa antibakteri dengan konsentrasi tinggi dapat membunuh bakteri (*bacteriacidal*), sedangkan pada konsentrasi rendah dapat menghambat pertumbuhan bakteri (*bacteriostatic*), berikut merupakan beberapa metode yang dapat digunakan dalam uji suatu senyawa antibakteri:

a. Metode kertas saring (*Filter Paper*)

Metode menggunakan *filter paper disc* kecil, yang telah direndam dengan senyawa anti bakteri bervariasi. *Filter paper disc* ini kemudian diletakkan dipermukaan *plate* agar, yang sebelumnya telah diinokulasi dengan bakteri. Jika bakteri berbeda, maka *plate* agar digunakan harus berbeda juga. Setelah melalui proses inkubasi, senyawa antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri diidentifikasi berdasarkan zona bening disekitar disk. Semakin besar zona bening disekitar disk, maka semakin baik efektifitas senyawa antibakteri tersebut.

b. Metode uji dilusi (*dilution test*)

Uji ini, kultur bakteri dalam *Nutrient Broth* dilapiskan ke dalam tabung *stainless steel* kecil dan dikeringkan, kemudian dicelupkan ke dalam beberapa senyawa antibakteri selama 5 menit, setelah itu dikeluarkan, dibilas dengan air dan diletakkan dalam tabung berisi *Nutrient Broth*. Tabung ini kemudian diinkubasi dan diamati apakah terdapat pertumbuhan bakteri. Senyawa antibakteri yang mampu mencegah pertumbuhan bakteri, merupakan senyawa yang paling efektif. Metode ini lebih dipercaya dibandingkan koefisien fenol (Black, 2008).

c. Metode koefisien fenol (*Phenol Coefficient*)

Fenol disinfektan standar yang dapat dibandingkan dengan disinfektan lainnya, hasil perbandingannya disebut sebagai koefisien fenol. Bakteri patogen seperti *S. typhi* dan *S. aureus* sering digunakan dalam penentuan koefisien fenol, jika koefisien fenol suatu senyawa antibakteri adalah 1,0 berarti efektifitasnya setara dengan fenol, apabila koefisien fenolnya kurang dari 1,0 berarti efektifitasnya di bawah fenol, dan apabila koefisien fenolnya lebih dari 1,0 berarti efektifitasnya lebih baik dibandingkan fenol.

Tabel 11, menunjukkan nilai koefisien fenol penelitian terhadap bakteri *S. aureus* dan *S. typhi*.

Tabel 11. Nilai Koefisien Fenol Beberapa Senyawa Antibakteri

Senyawa Antibakteri	<i>S. aureus</i>	<i>S. typhi</i>
Fenol	1.0	1.0
Kloramina	133.0	100.0
Kresol	2.3	2.3
Etil alkohol	6.3	6.3
Formalin	0.3	0.7
Hidrogen peroksida	-	0.01
Lisol	5.0	3.2
Merkuri klorida	100.0	143.0
<i>Tincture</i> iodin	6.3	5.8

(Black, 2008).

d. Metode densitas optik

Metode densitas optik dapat digunakan, dalam menentukan kepadatan bakteri secara akurat dalam waktu singkat, dengan melihat tingkat kekeruhan (densitas optik) berdasarkan nilai absorbansi menggunakan instrumen spektrofotometer UV *Vis*, semakin besar nilai absorbansi-

nya maka kepadatan bakteri semakin tinggi (Seniati *et al.*, 2019). Densitas optik, merupakan pengukuran dari berkurangnya transmitansi akibat gangguan suspensi bakteri (Seniati and Irham, 2019). Spektrofotometer mengkonversi transmitansi yang dilemahkan ini, menjadi nilai absorbansi., pengukuran ini dilakukan pada panjang gelombang 600 nm, sehingga disebut juga sebagai pengukur OD600 (Matlock, 2019).

2.8. Disinfektan

Disinfektan merupakan zat kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba patogen pada benda-benda, misalnya pada meja, kursi, gagang pintu, lantai ruangan, dan sebagainya. Disinfektan termasuk bahan yang digunakan untuk melaksanakan disinfeksi, seringkali sebagai sinonim digunakan istilah antiseptik, tetapi pengertian disinfeksi dan disinfektan biasanya ditujukan terhadap benda-benda mati, seperti lantai, pakaian, gagang pintu dan benda mati lainnya (Irianto, 2007).

Disinfeksi merupakan proses sesuatu yang berpotensi menyebabkan infeksi dapat dihilangkan, dengan mengurangi jumlah mikroorganisme yang ada, proses ini tidak menghilangkan seluruh mikroorganisme, tetapi dapat mengurangnya hingga ke tingkat bakteri tidak lagi dapat menyebabkan infeksi. Disinfeksi dapat dilakukan pada permukaan benda, dan beberapa diantaranya aman pada kulit, membran mukosa, serta jaringan berpori. Metode disinfeksi umumnya dilakukan pemanasan dan penggunaan bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan untuk proses disinfeksi, dengan fungsi membunuh mikroorganisme disebut sebagai disinfektan (Hoffman *et al.*, 2004).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerja disinfektan (Pelezar dan Chan, 1988) antara lain suhu, pH, konsentrasi, jumlah mikroorganisme, spesies mikroorganisme, dan adanya bahan organik lain. Disinfektan dikatakan ideal

jika bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, aktivitas tidak dipengaruhi oleh pH, bahan organik, temperatur dan kelembaban, tidak toksik pada hewan dan manusia, larutan stabil, tidak bersifat korosif, tidak berwarna dan meninggalkan noda, tidak berbau/baunya disenangi, mudah digunakan dan bersifat mudah diurai, dan ekonomis serta aktivitas berspektrum luas. Mikroorganisme memiliki respon yang berbeda terhadap disinfektan, bakteri Gram positif biasanya lebih sensitif dibandingkan bakteri Gram negatif, mikobakteri relatif resisten, dan spora bakteri sangat resisten (Willey *et al.*, 2009).

Disinfektan memiliki tingkatan yang berbeda dalam membunuh mikroorganisme, disinfektan yang berbahan dasar alkohol dan klorin, mampu membunuh bakteri hanya dalam waktu 1-2 menit, sedangkan disinfektan lainnya membutuhkan waktu beberapa jam. Disinfektan lainnya mungkin hanya dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Hoffman *et al.*, 2004). Bioaktivitas berbagai jenis disinfektan kimia sebagai agen antibakteri memiliki cara kerja yang berbeda-beda, seperti yang terdapat pada Tabel 12.

Tabel 12. Beberapa Senyawa dengan Bioaktivitas Antimikroba

Senyawa	Cara Kerja	Penggunaan
Sabun dan deterjen	Memperkecil tegangan permukaan, sehingga mikroba bereaksi dengan senyawa.	<i>Hand wash, laundry</i> , dsb.
Surfaktan	Melarutkan lipid, mengganggu kerja membran, mendenaturasi protein, dan menonaktifkan enzim.	Deterjen kationik (pembersih perkakas), deterjen anionik (pembersih pakaian), senyawa ammonium kuarternar (antiseptik).
Asam	pH rendah mendenaturasi protein.	Pengawet makanan.
Basa	pH tinggi mendenaturasi protein.	Terdapat pada sabun.
Logam Berat	Mendenaturasi protein.	Perak nitrat untuk mencegah infeksi bakteri gonorrhoea, senyawa tembaga menghambat pertumbuhan alga, dan selenium mencegah pertumbuhan jamur.
Halogen	Mengoksidasi komponen sel.	Klorin untuk membunuh bakteri patogen dalam air dan disinfeksi perkakas, iodin untuk antiseptik kulit.
Alkohol	Mendenaturasi protein saat dicampurkan dengan air.	Isopropil alkohol untuk antiseptik kulit, propil glikol untuk aerosol.
Fenol	Merusak membran, mendenaturasi protein, menginaktivasi enzim.	Fenol untuk disinfeksi permukaan, amilfenol membunuh organisme vegetatif.
Agen Pengoksidasi	Merusak ikatan disulfida.	Hidrogen peroksida untuk membersihkan luka, kalium permanganat untuk disinfeksi instrument.
Agen Alkilasi	Merusak struktur protein dan asam nukleat.	Formaldehid untuk menginaktivasi virus, betapropiolakton untuk merusak virus hepatitis.

(Black, 2008).

2.8.1. Macam-Macam Disinfektan

Macam-macam disinfektan (Moyna, 2022) sebagai berikut :

- a. Golongan fenol dan turunannya
Fenol digunakan sebagai disinfektan standard untuk mengukur kekuatan disinfektan lainnya. Fenol (*carbolic acid*) digunakan pertama kali sebagai disinfektan oleh Joseph Lister (1827-1912) seorang ahli bedah Inggris. Prinsip kerja fenol adalah mendenaturasikan protein, contoh *phenol, cresol, exylresorcinol, hexa-chlorophene*. Larutan fenol 2-5% dipakai sebagai disinfektan pada feses, sputum, urine, atau alat-alat terkontaminasi. Virus dan bakteri bentuk spora, lebih tahan lama terhadap fenol dibanding dengan bakteri bentuk vegetatif, daya germisida fenol akan berkurang pada suhu rendah dan bila ada sabun.
- b. Alkohol
Etil alkohol dengan kadar etil 70% merupakan disinfektan yang paling sering dipakai untuk disinfeksi kulit, daya kerjanya yaitu mengkoagulasikan protein dan menarik air sel, waktu yang di butuhkan 10 menit untuk membunuh sel-sel *vegetative*.
- c. Yodium
Germisid tertua yaitu yodium. Kelarutan yodium kurang baik dalam air, tetapi larut dengan baik dalam alkohol, preparatnya disebut yodium preparat berupa *betadine* yang banyak digunakan untuk membersihkan luka dan tindakan antiseptik pada kulit sebelum pembedahan. *Betadine* terdiri atas preparat yodium dan deterjen. *Betadine* tidak menimbulkan rasa sakit sehingga lebih disukai terutama bagi anak-anak. Yodium merupakan bakterisid yang paling kuat bahkan bersifat virusida, sporisida, dan fungisida, diduga daya kerjanya yodium berkaitan dengan protein sel.

- c. Aldehid
Formaldehid (CH_2O) contoh aldehid yang digunakan, untuk membunuh sel mikroba dengan mendenaturasikan protein. Larutan formaldehid (CH_2O) 20% dalam 65-70% alkohol merupakan cairan pensteril yang sangat baik apabila alat-alat direndam 18 jam, karena meninggalkan residu, maka alat-alat tersebut harus dibilas terlebih dahulu sebelum digunakan.
- d. Preparat klor
Preparat klor banyak dipakai untuk disinfeksi air minum, misalnya kaporit, daya kerjanya berdasarkan proses oksidasi.
- e. Senyawa Kompleks Organotimah
Senyawa kompleks berperan sebagai disinfektan belum banyak diketahui. Senyawa turunan organotimah klorobenzot yang dapat berfungsi sebagai disinfektan yaitu senyawa turunan dibutyltimah (IV) di-2-klorobenzoat, difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, dan trifeniltimah (IV) 2-klorobenzoat telah digunakan sebagai disinfektan (Moyna, 2022). Sehingga perlu penelitian lebih lanjut tentang turunan senyawa organotimah lainnya yang dijadikan sebagai bahan disinfektan.

2.8.2. Mekanisme Kerja Disinfektan

Mekanisme kerja disinfektan terhadap bakteri Gram negative maupun positif, terjadi pada perbedaan rigiditas dinding sel bakteri, sehingga afinitas hidrofilitiknya berbeda, selain itu dapat terjadi terhadap membran sitoplasma (mempengaruhi transport), nucleus (jumlah kromosom), energi metabolisme. Disinfektan yang mengandung klorin lebih elektronegatif, sehingga dapat mendenaturasi protein penyusun bakteri dan mengoksidasi ikatan peptida (Maris, 1995). Disinfektan membunuh mikroorganisme dengan cara ikut serta dalam satu atau beberapa reaksi kimia yang dapat

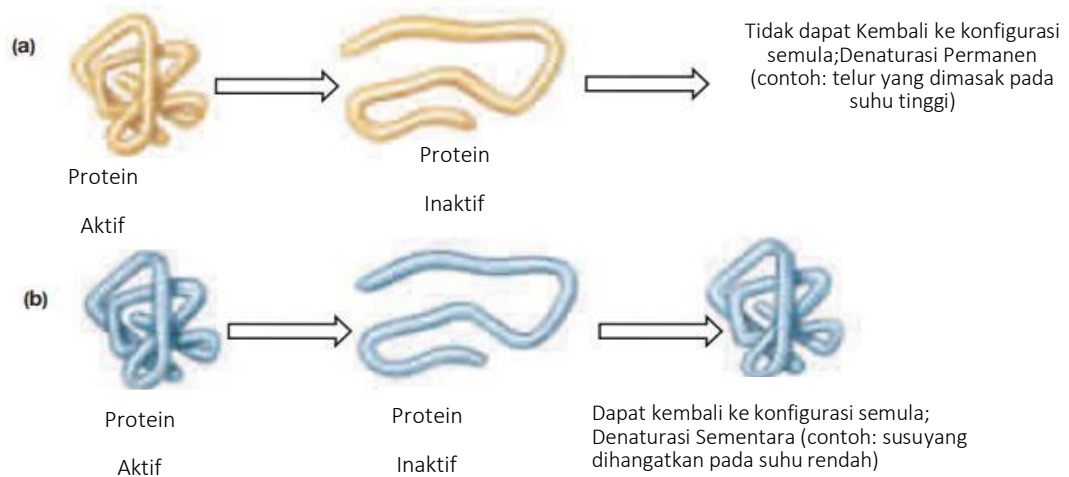
merusak komponen sel pematangan. Disinfektan dikelompokkan berdasarkan pengaruhnya terhadap komponen sel, protein dan membran.

a. Komponen sel

Komponen sel yang dapat dipengaruhi oleh disinfektan adalah asam nukleat dan sistem produksi energi. Agen alkilasi dapat menggantikan hidrogen pada gugus amina atau alkohol asam amino, beberapa pewarna seperti *crystal violet*, dapat mengganggu pembentukan dinding sel, senyawa lainnya seperti asam laktat dan asam propionat menghambat pematangan, sehingga mencegah terjadi produksi energi dalam beberapa bakteri (Black, 2008).

b. Protein

Sel pada umumnya terdiri dari protein, begitu juga dengan enzimnya, dengan adanya disinfektan yang mampu mendenaturasi protein. menyebabkan terjadinya perubahan bentuk, atau bahkan terganggunya fungsi awal dari protein tersebut. Suatu sel diberikan disinfektan dengan rentang waktu tertentu, dapat mendenaturasi protein yang terkandung didalamnya secara permanen, seperti pada Gambar 11(a), perlakuan pemanasan, penambahan basa, asam atau bahan kimia lainnya dalam waktu singkat dapat mendenaturasi protein sementara, seperti pada Gambar 11(b). Reaksi yang terlibat pada proses denaturasi meliputi hidrolisis, oksidasi dan masuknya atom atau gugus tertentu. Reaksi oksidasi akibat adanya hidrogen peroksida, kalium permanganat, dan halogen yang dapat mengoksidasi ikatan disulfida (-S-S-) atau sulfahidril (-SH). Logam berat dapat terikat ke dalam gugus sulfahidril. Reaksi hidrolisis akibat adanya asam atau basa kuat yang dapat menghidrolisis protein. Agen alkilasi seperti yang mengandung metil dan sebagainya dapat memberikan gugusnya ke protein, begitu juga dengan formaldehid. Halogen mampu menggantikan hidrogen pada gugus karboksilat, sulfahidril, amina, dan hidroksil, seluruh reaksi ini dapat menyebabkan kematian mikroorganisme.



Gambar 11. (a) Denaturasi Protein Permanen, dan (b) Denaturasi Protein Sementara (Black, 2008).

c. Membran.

Membran tersusun dari protein sehingga juga dapat mengalami denaturasi ketika bereaksi dengan disinfektan, keberadaan lipid pada membran, dapat rusak dengan penambahan pelarut lipid, seperti surfaktan alkohol, ammonium kuarterner, deterjen. Fenol termasuk ke dalam jenis alkohol, dapat dengan mudah merusak protein dan lipid pada membran.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai pada Agustus 2022 s.d. April 2023, di Laboratorium Kimia Anorganik dan Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan spektrofotometer UV *Visible*, dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Kimia Fisik Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Islam Indonesia. Analisis senyawa menggunakan spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ serta *Microelemental Analyzer* dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia*. Uji bioaktivitas disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam melakukan sintesis senyawa, yaitu: satu set refluks 250 mL, termometer 0-100°C, neraca analitik Ainsworth AA160, spatula, desikator, aluminium foil, gelas ukur 100 mL, penangas air, *hot plate stirrer* Stuart CB162, botol vial 30 mL, dan *oven* T60 Heraeus. Instrumen yang digunakan dalam menganalisis senyawa, yaitu spektrofotometer UV *Visible Double Beam Cary 100 UV AT*, *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR) Bruker VERTEX 70 (Jerman), spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Bruker AV 600 MHz (Jerman), serta *Microelemental Analyzer Fission EA 1108* (Italia).

Peralatan yang digunakan dalam melakukan uji bioaktivitas disinfektan, yaitu: tabung reaksi 20 x150 mm, rak tabung reaksi, neraca analitik, spatula, gelas ukur 10 mL, gelas kimia 100 mL, jarum *ose*, Erlenmeyer 250 mL, *hot plate stirrer*, sumbat kapas, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 20 mL, pipet ukur 10 mL, mikropipet 100-1000 μ L, *ball pipet*, pembakar spritus, *Oven*, *Shaker Incubator Environ shaker-Lab Line*, autoklaf, *Laminar Air Flow 9005-FL Crumair*.

Bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis senyawa ini, yaitu dibutyltimah(IV) oksida, asam 2-hidroksibenzoat, asam 3-hidroksibenzoat, asam 4-hidroksibenzoat, akuades, dan metanol *p.a*, dimetilsulfoksida (DMSO) 5%. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji aktivitas disinfektan yaitu, akuades, metanol *p.a*, DMSO 5%, *Nutrient Broth*, *Nutrient Agar*, bakteri *Salmonella* sp. bakteri *S. aureus* dan disinfektan komersil merk Prokleen (5% *benzalkonium klorida*),

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) Dihidroksibenzoat

Senyawa dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat disintesis dengan mengadopsi prosedur Szorcsik (2002). Menggunakan perbandingan 1: 2 mol, yaitu sebanyak 0,9836 gram (0,00395 mol) senyawa dibutyltimah(IV)oksida, direaksikan dengan 1,0902 gram (0,0079 mol) senyawa asam 2-hidroksibenzoat, dalam 30 mL pelarut (methanol + DMSO 5%), kemudian direfluks selama 4 jam pada suhu 60-62°C. . Setelah direfluks selama 4 jam, campuran dimasukkan kedalam botol vial lalu dikeringkan dalam desikator selama \pm 3 bulan, untuk menguapkan pelarut dan air hasil samping dari reaksi, sehingga diperoleh padatan dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV *Vis*, *Fourier Transform Infra Red*

(FTIR), spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*. Uji bioaktivitas disinfektan senyawa dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat, selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella* sp. dan bakteri *S. aureus*.

Sintesis senyawa dibutyltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat, dan senyawa dibutyltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dilakukan dengan cara yang sama dengan sintesis senyawa dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat, perbandingan mol dan jumlah massa sama karena molekul relatifnya sama, hanya posisi – gugus OH yang berbeda.

3.3.2. Peremajaan Bakteri *Salmonella* sp. dan Bakteri *S. aureus*

Peremajaan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose biakan murni *Salmonella* sp. digoreskan pada media agar miring steril (*Nutrient Agar*). Media yang sudah ditanam bakteri ini, diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali, seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik. Peremajaan terhadap bakteri *S. aureus* dilakukan dengan cara sama.

3.3.3. Uji Kurva Pertumbuhan Bakteri *Salmonella* sp. dan Bakteri *S. aureus*

Uji Kurva pertumbuhan bakteri dilakukan dengan mengadopsi prosedur (Goy et al., 2015). Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella* sp. hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media, berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam (inokulum).

Menyiapkan media fermentasi 700 mL *Nutrient Broth* steril dan menambahkan 2% masing-masing bakteri hasil inokulum lalu di *shaker*, tiap 2 jam *optical density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600nm, rentang waktu 0 sampai dengan 12 jam, menggunakan instrumen spektrofotometer UV *Vis*, seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

Uji kurva pertumbuhan terhadap bakteri *S. aureus* dilakukan dengan cara yang sama.

3.3.4. Pembuatan Larutan Bakteri Bakteri *Salmonella* sp. dan *S. aureus*

Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella* sp. hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 50 mL media *Nutrient Broth* steril. Media yang berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam (inokulum), setelah 24 jam 2% bakteri dari inokulum dimasukkan ke dalam media fermentasi 700 mL *Nutrient Broth* steril yang berbeda lalu di *shaker* selama 12 jam., *optical density* masing-masing larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer UV *Vis.* seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik. Pembuatan larutan terhadap bakteri *S. aureus* dilakukan dengan cara yang sama

3.3.5. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutyltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat

Larutan stok disinfektan dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0507 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 50 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 50 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

Pembuatan larutan disinfektan dibutyltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan pembuatan larutan disinfektan dibutyltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dilakukan dengan cara yang sama pada pembuatan larutan disinfektan dibutyltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat, massa dan volume yang sama, hal ini dikarenakan senyawa memiliki rumus molekul yang sama.

3.3.6. Pembuatan Larutan Kontrol Positif

Larutan stok kontrol positif yang merupakan *merk* prokleen (5% benzalkonium klorida) 1×10^{-2} M, dibuat dengan melarutkan 0,7070 mL prokleen hingga 10 ml, pelarut yang digunakan adalah aquades. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} dan 5×10^{-4} M.

3.3.7. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) Di-2-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella* sp. dan *S. aureus*

Larutan bakteri *Salmonella* sp. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda, masing-masing tabung yang berisi larutan bakteri *Salmonella* sp. ditambahkan 2 mL larutan disinfektan dibutiltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} dan 5×10^{-4} M, dengan waktu kontak 5, 10 dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen *Spektrofotometer UV Visible*, seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan. Uji bioaktivitas terhadap bakteri *S. aureus* dilakukan dengan cara yang sama.

3.3.8. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutiltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella* sp. dan *S. aureus*

Larutan bakteri *Salmonella* sp. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi. masing-masing tabung yang berisi larutan bakteri *Salmonella* sp. ditambahkan 2 mL larutan disinfektan dibutiltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} dan 5×10^{-4} M, dengan waktu kontak 5, 10 dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer UV *Vis*, seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan. Uji bioaktivitas terhadap bakteri *S. aureus* dilakukan dengan cara yang sama.

3.3.9. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltin(IV) Di-4-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella* sp. dan *S. aureus*

Larutan bakteri *Salmonella* sp. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. masing-masing tabung yang berisi larutan bakteri *Salmonella* sp. ditambahkan 2 mL larutan disinfektan dibutyltin(IV) di-4-hidroksibenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} dan 5×10^{-4} M, dengan waktu kontak 5, 10 dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer UV Vis, seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan. Uji bioaktivitas terhadap bakteri *S. aureus* dilakukan dengan cara yang sama.

3.3.10. Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *Salmonella* sp. dan Bakteri *S. aureus*

Larutan bakteri *Salmonella* sp. dimasukkan sebanyak 20 mL ke dalam lima buah tabung reaksi berbeda. Tabung reaksi pertama, ditambahkan 2 mL pelarut, yang terdiri dari campuran metanol + DMSO 5%, pada tabung reaksi kedua, ketiga dan keempat ditambahkan 2 mL kontrol positif, yang merupakan disinfektan komersil merk Prokleen dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada tabung reaksi kelima, ditambahkan 2 mL kontrol negatif, yang merupakan media *Nutrient Broth* steril, dengan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer UV Visible, seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik. Uji bioaktivitas terhadap bakteri *S. aureus* dilakukan dengan cara yang sama.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil dan data penelitian yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat dibuat simpulan sebagai berikut:

1. Senyawa dibutiltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat, dibutiltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat, dibutiltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat berhasil disintesis dengan rendemen berturut-turut 84,45; 80,88; 95,83%.
2. Hasil Karakterisasi Spketrofotometer UV *Visible*, FTIR, *Microelemtal Analyzer* dan $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ menunjukkan ketiga senyawa berhasil disintesis dalam keadaan cukup murni.
3. Hasil uji bioaktivitas dari ketiga senyawa hasil sintesis dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri *Salmonella* sp., dapat diurutkan dari yang paling kuat, yaitu : dibutiltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat > dibutiltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat > dibutiltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat. Dengan nilai KHM 5×10^{-4} M, pada waktu kontak 5 menit dan 10 menit.
4. Hasil uji bioaktivitas dari ketiga senyawa hasil sintesis dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri *S. aureus*, dapat diurutkan dari yang paling kuat, yaitu : dibutiltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat > dibutiltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat > dibutiltimah(IV) di-2-hidroksibenzoat. Dengan nilai KHM 5×10^{-4} M, pada waktu kontak 10 menit dan 15 menit.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian senyawa dibutiltimah(IV) dihidroksibenzoat maka perlu penelitian lebih lanjut untuk pengujian bioaktivitas senyawa dibutiltimah(IV) dihidroksibenzoat sebagai disinfektan terhadap virus.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, E.W., Wilkinson, G., and Stone, F.G.A. 1995. *Comprehensive Organometallic Chemistry II*. Pergamon Press. International Tin Research Institute. Publication UK. 819 hlm.
- Alama, A., Tasso, B., Novelli, F., and Sparatore, F. 2009. Organometallic Compounds in Oncology: Implications of Novel Organotin as Antitumor Agents. *Drug. Discov. Today*. 14: 500-508.
- Andrews, J.M. 2001. Determination of Minimum Inhibitory Concentrations. *J. Antimicrob. Chemother.* 48(1): 5-16.
- Annissa., Hadi, S., Suhartati, T., and Yandri. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chlorobenzoate Against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Orient J. Chem.* 33(3): 1133-1139.
- Besser, J.M. 2018. Salmonella Epidemiology: A Whirlwind of Change. *Food Microbiology* 71(2018) : 55-59.
- Bierowiec, K., Ploneczka-Janeczko, K., and Rypula, K. 2016. Is the Colonisation of *S. aureus* in Pets Associated with Their Close Contact with Owners. *PLOS One*. 11(5): 1-14.
- Black, J.G. 2008. *Microbiology Principles and Explorations* 7th Edition. John Wiley & Sons, New Jersey USA. 970 hlm.
- Blunden, S.J. and Hill, R. 1990. Bis(tributyltin) Oxide as a Wood Preservative: Its Conversion to Tributyltin Carboxylates in *Pinus sylvestris*. *Appl. Organomet. Chem.* 4: 63-68.
- Boleng, D.T. 2015. *Bakteriologi Konsep-Konsep Dasar*. UMM Press, Malang. 137 hlm.
- 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. *Metal Based Drugs*. 5(4): 233-236.

- Brands, D. 2006. *Salmonella Deadly Diseases and Epidemics*. Chelsea House Publisher. New York USA. 103 hlm.
- Brooks, G.F., Butel, J.S., Morse S.A. 2007. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi 23*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 879 hlm.
- Cook, L.F and Cook, K.F. 2005. *Deadly Diseases and Epidemics Staphylococcus Aureus Infections*. Chelsea House Publishers. England.182 hlm.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C.A., and Bochmann, M. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry*. Interscience publications. New York. 1376 hlm.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektrofotometri*. LPTIK Universitas Andalas Padang. 158 hlm
- Daintith, J. 1999. *Kamus Lengkap Kimia*. Erlangga Jakarta. 473 hlm.
- Davies, A.G. 2004. *Organotin Chemistry*. VCH Weinheim. Germany. 438 hlm.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta. 706 hlm.
- De Brito, R.C., Da Silva, G.N., Farias, T.C., Ferreira, P.B.,and Ferreira, S.B. 2017. Standardization of the Safety ;Level of the Use of DMSO in Viability Assays in Bacterial Cells. *International Conferences Series on Multidisciplinary Science* 3: 1-6.
- Ernst, J.D. and Stendahl, O. 2006. *Phagocytosis of Bacteria and Bacterial Pathogenicity*. Cambridge University Press. New York. 2147 hlm.
- Fadeeva, V.P., Tikhova, V.D., Nikulicheva, O.N. 2007. Elemental Analysis of Organic Compounds with The Use of Automated CHNS Analyzer. *J. Anal. Chem.* 63(11) : 1094-1106.
- Gielen, M., Davies, A.G., Pannell, K., Tiekink E.R. 2008. *Tin Chemistry Fundamentals, Frontiers, and Application*. John Wiley & Sons. Oxford UK. 745 hlm.
- Goy,R.C., Moraiss,T.B., and Assis, O.B.G. 2015. Evaluation of the Antimicrobial Activity of Chitosan and its Quaternized Derivative on *E. coli* and *S. aureus* Growth. *Brazilian journal of pharmacognosy*.1(25):1-5
- Greenwood, N.N. and A, Earnshaw, A. 1990. *Chemistry of Elements, 2nd Edition*. Pergamon Press. Tokyo. 255 hlm.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and In Vitro Anticancer Activity of Some Organotin(IV) Benzoat Compounds. *Orient. J. Chem.* 26 (3): 775- 779.

- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. In Vitro Activity and Comparative Studies of Some Organotin(IV) benzoat Compounds. *Indones. J. Chem.* 12 (1): 172-177.
- Hadi, S. Rilyanti, M. and Suharso 2012. In Vitro Activiy and Comparative Studies Of Some Organotin(IV) Benzoat Derivatives Against Leukimia Cancer Cell, L-1210. *Indones. J. Chem.* 12(2): 172-177
- Hadi, S., Afriyani, H., Anggraini, W.D., Qudus, H.I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and Potency Study of Some Dibutyl(IV) Dinitrobenzoat Compounds as Corrosion Inhibitor for Mild Steel HRP in DMSO-HCl Solution. *Asian J. Chem.* 27(4): 1509-1512.
- Hadi, S., dan Afriyani, H. 2017. Studi Perbandingan Sintesis dan Karakterisasi Dua Senyawa Organotimah(IV) 3-Hidroksibenzoat. *Alkimia.* 1(1): 26-31.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany, Suhartati, T., and Yandri. 2018. Antibacterial Activity Test of Diphenyltin(IV) Dibenzoat and Triphenyltin(IV) Benzoat Compounds Againts *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian J. Microbiol Biotechnol Environ Sci.* 20(1): 113-119.
- Hadi, S., Noviany.N., and Rilyanti, M. 2018. In Vitro Antimalarial Activity of Some Organotin(IV) 2-nitrobenzoat Compounds Against Plasmodium falciparum. *Maced. J. Chem. Chem. Eng.* 37(2): 185-191.
- Hadi, S., Fenska, M.D., Wijaya, R.A., Noviany. N., and Suhartati, T. 2020. Antimalarial Activity of Some Organotin(IV) Chlorobenzoat Compounds Against *Plasmodium falciparum*. *Mediterr. J. Chem.* 10(3): 213-219.
- Hadi, S., Lestari, S. and Suhartati, T. Insan, Q.H., Rilyanti, M. Herasari, D. Yandri, Y. 2021. Sintetis and Comparative Studies on The Antibacterial Activity Organotin(IV) 3-hidroksibenzoat coumpounds. *Pure Appl Chem*; 93(5) : 623-628.
- Hadi, S., Suhartati, T., Noviany, N., Pandiangan, K.D., Yandri.Y., Simanjuntak, W., and Junaidi, J. 2022. Disinfecting Activity of Some Diphenyltin(IV) Benzoat Derivative Compounds. *Pure Appl. Chem.* 94(7): 799-807.
- Hafsan. 2011. *Mikrobiologi Umum*. Alauddin University Press. Makassar. 111 hlm.
- Harjadi, W. 1990. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 277 hlm.
- Hoffman, P., Bradley, C., and Ayliffe, G. 2004. *Disinfection in Healthcare 3rd Edition*. Blackwell Publishing. Oxford UK. 111 hlm.
- Irianto, K. 2006. *Mikrobiologi Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. CV Yrama Widya. Bandung. 304 hlm.

- Javed, F., Sirajuddin, M., Ali, S., Khalid, N., Nawaz, M., and Rashid, M. 2016. Organotin (IV) Derivatives of O -Isobutyl Carbonodithioate : Synthesis , Spectroscopic Characterization, X-ray Structure , HOMO / LUMO and In vitro Biological Activities. *Polyhedron*. 104: 80-90.
- Jawetz, E. dan Adelberg, A.E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3*. Alih Bahasa : Huriwati Hartanto dkk. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta. 862 hlm.
- Jenie, U.A., Kardono, L.B.S., Hanafi, M., Rumampuk, R.J., dan Darmawan, A. 2014. *Teknik Modern Spektroskopi NMR Teori dan Aplikasi dalam Elusidasi Struktur Molekul Organik*. LIPI Press. Jakarta. 247 hlm.
- Koh, D., 2020. Occupational risks for COVID-19 infection. *J. Occup. Med.* 70: 3-5.
- Kurniasih, H., Nurissalam, M., Iswantoro, B., Afriyani, H., Qudus, H.I., Hadi, S. 2015. The Synthesis, Characterization and Comparative Anticorrosion Study of Some Organotin(IV) 4-Chlorobenzoats. *Orient. J. Chem* 31(4) : 2377-2383.
- Mahmood, S.S., Ali, M.H., Bhatti, M., Mazhar, R., and Iqbal, R. 2003. Synthesis, Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivates of 2-(2-Fluoro-4-biphenyl) Propanoic Acid. *Turk. J. Chem.* 27: 657-666.
- Maris, P. 1995. Modes of Action of Disinfectants. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)* 14(1) : 47-45.
- Matela, G., and Aman, R. 2012. Organotin(IV) Complexes of Carboxylic Acid Derivatives. *Cent. Eur. J. Chem.* 10(1) : 1-15.
- Matlock, B.C. 2019. Differences in Bacterial Optical Density Measurements between UV-Visible Spectrofotometer. *Thermoscientific Technical Note* 52236 : 1-4.
- McDonnel, G.E. 2017. *Antisepsis Disinfection and Sterilization Types, Action, and Resistance 2nd Edition*. ASM Press. Washington DC USA. 433 hlm.
- Moreira, M.R., Ponce, A.G., del Valle, C.E., Roura, S.I. 2004. Inhibitory Parameters of Essential Oils to Reduce a Foodborne Pathogen. *Food Sciences and Technology* 38 : 565-570.
- Moyna, Clara.C. 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. Universitas Lampung Bandar Lampung. 127 hlm.

- Mulja, M., dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Airlangga University Press, Surabaya. 427 hlm.
- Murtidjo, B.A. 1992. *Pengendalian Hama dan Penyakit Ayam*. Kanisius. Yogyakarta. 143 hlm.
- Pelezar, M.J. and Chan, E.C.S. 1988. *Dasar-dasar mikrobiologi 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 997 hlm.
- Pellerito, L., and L. Nagy. 2002. Organotin(IV)ⁿ⁺ Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Struktural Studies, and Some Biologically Aspects. *Coord. Chem. Rev.* 224: 11-150.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi. Buku Kedokteran*. EGC. Jakarta. 320 hlm.
- Rastogi, R.B., Singh, M.M., Singh, K., and Yadav, M. 2005. Organotin Dithiohydrazodicarbonamides as Corrosion Inhibitors for Mild Steel Dimethyl Sulfoxide Containing HCl. *Port. Electrochim. Acta.* 22: 315-332.
- Rastogi, R.B., Singh, M.M., Singh, K., and Yadav, M. 2011. Organotin Dithiobiurets as Corrosion Inhibitors for Mild Steel-Dimethyl Sulfoxide Containing HCl. *Afr. Journal Pure. Application. Chemistry.* 5(2): 19-33.
- Ristiati, NP., 2015. Uji Bioaktivitas Forbazol E terhadap hambatan pertumbuhan pada *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Sains dan teknologi.* 4: 566-570.
- Ruan, B., Tian, Y., Zhou, H., Wu, J., Hu, R., Zhu, C., Yang, J., and Zhu, H. 2011. Synthesis, Characterization, and In Vitro Antitumor Activity Of Three Organotin(IV) Complexes With Carbazole Ligand. *Inorganic Chimica Acta.* 365: 302-308.
- Salam, M.A., Hussein, M.A., Ramli, I., and Islam, S. 2016. Synthesis , structural characterization , and evaluation of biological activity of organotin(IV) complexes with 2-hidroxy-5-methoxybenzaldehyde-N(4)-methylthiosemicarbazone . *J. Organomet. Chem.* 813: 71-77.
- Sastrohamidjojo, H. 2013. *Dasar-Dasar Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta. 230 hlm
- Seniati, M. and Irham, A. 2019. Measurement Standard of Population Density of *Vibrio harveyi* Using Method of Plate Count (TPC) AND Spectrofotometer. *Journal Online Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan.* 19(2): 12-19.
- Settle, F.A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 230 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. *Braz. J. Microbiol.* 40(1): pp 149-154
- Singh, N.K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. In Vitro and In Vivo Antitumor Studies Of a New Thiosemicarbazide Derivative and Its Complexes with 3d-metal Ions. *Transition Metal Chemistry.* 25: 133-140.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik.* Ghalia Indonesia. Jakarta. 287 hlm.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar- Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik.* AURA CV. Anugrah Utama Raharja, Bandar Lampung. 106 hlm.
- Supardi, dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi Dalam Pengolahan Dan Keamanan Pangan.* Penerbit Alumni Bandung. Bandung. 290 hlm.
- Supratman, U. 2010. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik: Metode Spektroskopi untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik.* Widya Padjajaran, Bandung. 404 hlm.
- Strelkauskas, A., and Strelkauskas, J. 2010. *Microbiology A Clinical Approach.* Garland Science, New York. 730 hlm.
- Szorcsik, A., Nagy, L., Pellerito, L., Yamaguchi, T., and Yoshida, K. 2002. Preparation and Structural Studies of Organotin(IV) Complexes Formed with Organik Carboxylic Acids. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry.* 256 (1): 3-10.
- Thomas, P. 2004. *Bacteria and Viruses.* The Lucent Library of Sciences. London. 112 hlm.
- Thompson, M. 2008. CHNS Elemental Analyzer. *AMC Technical Briefs (Analytical Methods Committee):* 29.
- Tong, S.Y.C., Davis, J.S., Eichenberger, E., Holland, T.L., and Fowler, V.G. 2015. *Staphylococcus aureus* Infections: Epidemiology, Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Management. *American Society for Microbiology Journals* 28(3): 603-661.
- UNICEF. 2012. *Ringkasan Kajian Kesehatan Ibu dan Anak.* UNICEF Indonesia. Jakarta. 78 hlm.
- Van Der Weij, F.W. 1981. Kinetics and Mechanisme of Urethane Formation Catalysed by Organotin Coumpound. *Journal Science Polymer Chemistri.* 19(2): 381-388

- Wilkinson, G. 1982. *Compreherensive Organometallic Chemistry*. International Tin Research Institute, Pergamon Press. 821 hlm.
- Wheelis, M.L. 2007. Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eukarya. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. USA. 87: 4576-457.
- Willey, J.M., Sherwood, L.M., Woolverton, C.J. 2009. *Prescott's Principles of Microbiology*. McGraw-Hill Higher Education, New York USA. 969 hlm.
- Zhang, X., Dai, H., Yan, H., Zou, W., and Cremer, D. 2016. B-H π Interaction: A New Type of Nonclassical Hydrogen Bonding. *J. Am. Chem. Soc.* 136: 4334-4337.