

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-KLOROBENZOAT, DIFENILTIMAH(IV) DI-
2-KLOROBENZOAT, DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2-KLOROBENZOAT
SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Tesis)

Oleh

**CINDY MOYNA CLARA L.A.
NPM 2027011001**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-KLOROBENZOAT, DIFENILTIMAH(IV) DI-
2-KLOROBENZOAT, DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2-KLOROBENZOAT
SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

CINDY MOYNA CLARA L.A.

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
2022**

ABSTRAK

SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-KLOROBENZOAT, DIFENILTIMAH(IV) DI-2-KLOROBENZOAT, DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2-KLOROBENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

CINDY MOYNA CLARA L.A.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari bioaktivitas turunan senyawa organotimah(IV) karboksilat sebagai disinfektan; dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat, difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, dan trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat, terhadap bakteri patogen. Senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat berhasil disintesis dengan total rendemen secara berurutan 93,55%, 87,69% dan 88,71%. Beberapa karakterisasi spektroskopi seperti UV, IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR, dan data *microelemental analysis* juga mendukung elucidasi struktur. Hasil pengujian dengan menggunakan metode *optical density* dan *spreadplate*, menunjukkan seluruh senyawa tersebut memiliki bioaktivitas yang baik dalam melawan bakteri *Salmonella sp.* dan *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan data nilai absorbansi dan jumlah koloni yang diperoleh dari pengujian, senyawa difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat memberikan bioaktivitas yang paling baik sebagai disinfektan bakteri *Salmonella sp.* dengan nilai KHM 5×10^{-4} M pada waktu kontak 20 menit. Senyawa trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat memberikan bioaktivitas yang paling baik sebagai disinfektan bakteri *S. aureus* dengan nilai KHM 5×10^{-4} M pada waktu kontak 30 menit. Penurunan nilai absorbansi dan jumlah koloni, mengimplikasikan 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-CHLOROBENZOATE, DIPHENYLTIN(IV) DI-2-CHLOROBENZOATE, AND TRIPHENYLTIN(IV) 2- CHLOROBENZOATE COMPOUNDS AS DISINFECTAN

By

CINDY MOYNA CLARA L.A.

This research was conducted with the aim to study bioactivity derivative of organotin(IV) carboxylate compounds as disinfectant; dibutyltin(IV) di-2-chlorobenzoate, diphenyltin(IV) di-2-chlorobenzoate and triphenyltin(IV) 2-chlorobenzoate, against pathogenic bacteria. Derivative of organotin(IV) carboxylate compounds was successfully synthesize with total yields respectively 93.55%, 87.69% dan 88.71%. Several spectroscopy characterization such as UV, IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, and microelemental analysis data also supported structures elucidation. Result of the test using optical density and spreadplate method, shows all of those compounds have a good bioactivity while against *Salmonella sp.* and *Staphylococcus aureus* bacteria. Based on the absorbances value and number of colonies data obtained by the test, diphenyltin(IV) di-2-chlorobenzoate compound provides the highest bioactivity as disinfectant of *Salmonella sp.* with MIC value 5×10^{-4} M, at 20 minutes contact time. Triphenyltin(IV) 2-chlorobenzoate compound provides the highest bioactivity as disinfectant of *S. aureus* with MIC value 5×10^{-4} M, at 20 minutes contact time. Decreases of the absorbance value and number of colonies imply, derivative of organotin(IV) carboxylate compounds potential as disinfectant to kills pathogenic bacteria.

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

Judul Tesis : **SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI
BIOAKTIVITAS SENYAWA
DIBUTILTIMAH(IV) DI-2-KLOROBENZOAT,
DIFENILTIMAH(IV) DI-2-KLOROBENZOAT,
DAN TRIFENILTIMAH(IV) 2-KLOROBENZOAT
SEBAGAI DISINFEKTAN**

Nama Mahasiswa : **Cindy Moyna Clara L.A.**

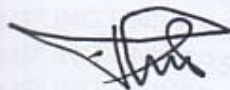
Nomor Pokok Mahasiswa : 2027011001

Program Studi : Magister Kimia

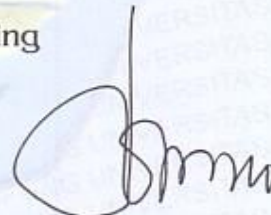
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



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

2. Ketua Program Studi Magister Kimia



Dr. Nurhasanah, M.Si.
NIP 19741211 199802 2 002

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

Anggota : **Prof. Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc.**

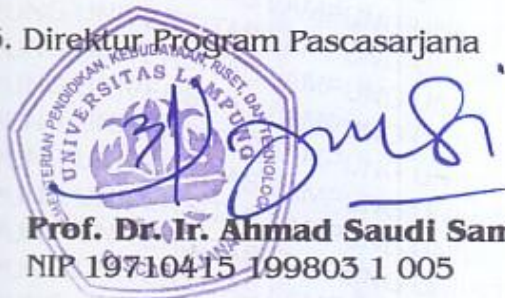
Anggota : **Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 200003 1 001

3. Direktur Program Pascasarjana



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP 19710415 199803 1 005

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

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cindy Moyna Clara L.A.
Nomor Pokok Mahasiswa : 2027011001
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-klorobenzoat, Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, dan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat 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, 03 Agustus 2022

Menyatakan



Cindy Moyna Clara L.A.
NPM 2027011001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 02 November 1993, merupakan anak pertama dari lima bersaudara, dari pasangan Bapak Akhiruddin dan Ibu Laila Diana Sary.

Penulis menempuh pendidikan formal di SDN 1 Pengajaran pada tahun 1998 s.d. 2004, SMPN 18 Bandar Lampung pada tahun 2004 s.d. 2007, SMK SMTI Bandar Lampung tahun 2007 s.d. 2010, S1 Kimia Universitas Lampung pada tahun 2011 s.d. 2015.

Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Magister Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penulis bekerja di Institut Teknologi Sumatera, sebagai PLP Laboratorium Kimia, sejak tahun 2017.

Untuk Papa, Mama, Mamas, dan Adik-Adikku Tersayang

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kepada Allah subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat, ridho, dan karunia-Nya, tesis ini dapat penulis selesaikan. Tesis dengan judul “Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat, Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, dan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat 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. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Dosen Penguji I, atas masukan dan saran yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis;
3. Ibu Dr. Nurhasanah, M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Kimia, atas arahan, masukan, dan saran yang diberikan selama proses perkuliahan s.d. penyelesaian tesis;
4. Bapak Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing Akademik, atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan s.d. penyelesaian tesis;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S. selaku Dosen Pembimbing II, atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis;

6. Bapak Prof. Dr. Rudy T.M. Situmeang, M.Sc. selaku Dosen Penguji II, atas masukan dan saran yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis;
7. Ibu Rinawati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Penguji III, atas masukan dan saran yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis;
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung;
9. Bapak dan Ibu Tenaga Kependidikan, serta PLP Laboratorium Kimia Anorganik - Fisik dan Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung;
10. Institut Teknologi Sumatera yang telah memberikan kesempatan untuk melanjutkan pendidikan, melalui Beasiswa Tenaga Kependidikan 2020;
11. Rekan-Rekan Institut Teknologi Sumatera: Kak Soni, Wulan, Mardian, Ade, dan Rosmaida, atas seluruh bantuan dan kebaikan yang telah diberikan;
12. Teman-Teman Magister Kimia Universitas Lampung: Hayati, Arif, Nopitasari, Arif, Aisyah, Nadya, Restu, Fendi, Rosyidatul, Nafila, Ezra, Della, Arya, Mentari, Rinda, dan Hanif;
13. Organotin Research Team: Mba Dayah, Anggit, Dini, Margaretta, Alfarizi, Gustin, Mey, Nia, Natasha, Sabrina, Cantona, Maurena dan Munifah;
14. Serta seluruh pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

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

Bandar Lampung, 03 Agustus 2022

Cindy Moyna Clara L.A.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Senyawa Organotimah	4
2.1.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV).....	5
2.1.2. Analisis Senyawa Organotimah(IV)	6
2.1.3. Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV).....	8
2.1.4. Toksisitas Senyawa Organotimah(IV)	9
2.2. Teori Analisis Spektrofotometri <i>UV-Visible</i>	10
2.3. Teori Analisis <i>Fourier Transform - Infra Red</i> (FTIR).....	14
2.4. Teori Analisis Spektrofotometri ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR	17
2.5. Teori Analisis <i>Microelemental Analyzer</i>	21
2.6. Disinfektan	21
2.6.1. Mekanisme Kerja Disinfektan	24
2.7. Bakteri.....	26
2.7.1. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	28
2.7.2. Bakteri <i>S. aureus</i>	29
2.7.3. Uji Antibakteri	30

III. METODE PENELITIAN	33
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2. Alat dan Bahan	33
3.3. Prosedur Kerja	34
3.3.1. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV)di-2-klorobenzoat.....	34
3.3.2. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV)di-2-klorobenzoat.....	35
3.3.3. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	35
3.3.4. Peremajaan Bakteri	36
3.3.4.1. Peremajaan Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	36
3.3.4.2. Peremajaan Bakteri <i>S. aureus</i>	36
3.3.5. Pembuatan Larutan Bakteri.....	36
3.3.5.1. Pembuatan Larutan Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	36
3.3.5.2. Pembuatan Larutan Bakteri <i>S. aureus</i>	37
3.3.6. Pembuatan Larutan Disinfektan.....	37
3.3.6.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutyltimah(IV)di-2- klorobenzoat	37
3.3.6.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Difeniltimah(IV)di-2- klorobenzoat	37
3.3.6.3. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2- klorobenzoat	38
3.3.7. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri.....	38
3.3.7.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltimah(IV)di-2- klorobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	38
3.3.7.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Dibutyltimah(IV)di-2- klorobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	39
3.3.7.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV)di-2- klorobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	39
3.3.7.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV)di-2- klorobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	40
3.3.7.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2- klorobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	40
3.3.7.6. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2- klorobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	41
3.3.7.7. Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif klorobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> ...	41

3.3.7.8. Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif klorobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	42
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil Sintesis Senyawa-Senyawa Turunan Organotimah(IV).....	43
4.1.1. Hasil Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat	43
4.1.2. Hasil Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	44
4.1.3. Hasil Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat.....	47
4.2. Hasil Karakterisasi Senyawa-Senyawa Turunan Organotimah(IV)	49
4.2.1. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Visible	49
4.2.1.1. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Visible Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat.....	50
4.2.1.2. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Visible Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat.....	52
4.2.1.3. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer UV-Visible Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat.....	54
4.2.2. Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform - Infra Red</i> (FTIR).....	56
4.2.2.1. Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform - Infra Red</i> (FTIR) Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat.....	56
4.2.2.2. Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform - Infra Red</i> (FTIR) Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat.....	59
4.2.2.3. Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform - Infra Red</i> (FTIR) Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat.....	61
4.2.3. Hasil Karakterisasi Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$...	63
4.2.3.1. Hasil Karakterisasi Spektrofotometri $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat.....	63
4.2.3.2. Hasil Karakterisasi Spektrofotometri $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat.....	66
4.2.3.3. Hasil Karakterisasi Spektrofotometri $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat.....	69
4.2.4. Hasil <i>Microelemental Analysis</i>	72
4.2.4.1. Hasil <i>Microelemental Analysis</i> Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat	73
4.2.4.2. Hasil <i>Microelemental Analysis</i> Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	73

4.2.4.3. Hasil <i>Microelemental Analysis</i> Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	74
4.3. Hasil Uji Bioaktivitas	74
4.3.1. Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	77
4.3.2. Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	81
V. SIMPULAN DAN SARAN	86
5.1. Simpulan	86
5.2. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	93
1. Perhitungan Stoikiometri Reaksi Sintesis Senyawa Organotimah(IV).....	94
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Organotimah(IV).....	97
3. Perhitungan Pembuatan Larutan Stok dan Pengenceran Senyawa Organotimah(IV).....	99
4. Perhitungan Persentase Komposisi Unsur Teoritis Senyawa Organotimah(IV) Sebagai Pembanding Hasil Analisis <i>Microelemental Analysis</i>	102
5. Data <i>Optical Density</i> Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	104
6. Perhitungan Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	105
7. Data Jumlah Koloni Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	108
8. Data <i>Optical Density</i> Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	109
9. Perhitungan Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	110
10. Data Jumlah Koloni Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	113
11. Foto Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	114
12. Foto Hasil Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	122

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)	7
2. Hasil Analisis Spektrofotometer FTIR Senyawa Organotimah(IV)	7
3. Hasil Analisis Spektrofotometer ¹ H-NMR Senyawa Organotimah(IV)	7
4. Hasil Analisis Spektrofotometer ¹³ C-NMR Senyawa Organotimah(IV)	8
5. Hasil Analisis Elemental Senyawa-Senyawa Organotimah(IV)	8
6. Panjang Gelombang Maksimum Beberapa Pelarut.....	10
7. Absorpsi Dasar Serta Subtituen Senyawa Karbonil Terkonjugasi.....	13
8. Data Pergeseran Kimia Pada Spektra ¹ H-NMR	19
9. Data Pergeseran Kimia Pada Spektra ¹³ C-NMR.....	20
10. Beberapa Senyawa Dengan Bioaktivitas Antimikroba	23
11. Nilai Koefisien Fenol Beberapa Senyawa Antibakteri	31
12. Data Spektrum UV-Visible Senyawa Dibutiltimah(IV) oksida dan Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat	51
13. Data Spektrum UV-Visible Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	53
14. Data Spektrum UV-Visible Senyawa Trifeniltimah(IV) hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	56
15. Data Gugus Fungsi yang Terdapat Pada Senyawa Dibutiltimah(IV) oksida dan Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat	58
16. Data Gugus Fungsi yang Terdapat Pada Senyawa Difeniltimah(IV) oksida dan Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	60
17. Data Gugus Fungsi yang Terdapat Pada Senyawa Trifeniltimah(IV) hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat.....	62

18. Data Pergeseran Kimia $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat	66
19. Data Pergeseran Kimia $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	69
20. Data Pergeseran Kimia $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat.....	72
21. Data Persentase Komposisi Unsur Senyawa Dibutyltimah(IV) di-2 klorobenzoat Secara Teoritis Berbanding Hasil Analisis.....	73
22. Data Persentase Komposisi Unsur Senyawa Difeniltimah(IV) di-2- klorobenzoat Secara Teoritis Berbanding Hasil Analisis.....	74
23. Data Persentase Komposisi Unsur Senyawa Trifeniltimah(IV) 2- klorobenzoat Secara Teoritis Berbanding Hasil Analisis.....	74
24. Data Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	79
25. Data Uji Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) karboksilat	5
2. Reaksi Sintesis Difeniltimah(IV) dibenzoat	6
3. Reaksi Sintesis Trifeniltimah(IV) benzoat.....	6
4. Daerah Serapan Berbagai Transisi Elektron	11
5. Serapan Khas Berbagai Gugus Fungsi Pada Spektrum Inframerah.....	16
6. (a) Denaturasi Protein Permanen, dan (b) Denaturasi Protein Sementara	25
7. Bentuk Kelompok Bakteri (a1) <i>Streptobacillus</i> ; (a2) <i>Diplobacillus</i> ; (a3) basil bebas; (b1) <i>Streptococcus</i> ; (b2) <i>Diplococcus</i> ; (b3) <i>Tetracoccus</i> ; (b4) <i>Staphylococcus</i> ; (c) <i>Sprillum</i>	27
8. Sel Prokariot <i>Bacillus</i> dengan Flagella	27
9. Dinding Sel Bakteri Gram Negatif.....	28
10. Dinding Sel Bakteri Gram Positif	29
11. Reaksi Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat	43
12. Padatan Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat Hasil Sintesis	45
13. Reaksi Sintesis Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	45
14. Padatan Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat Hasil Sintesis	47
15. Reaksi Sintesis Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	47
16. Padatan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat Hasil Sintesis.....	49
17. Spektrum UV-Visible (a) Dibutiltimah(IV) oksida , dan (b) Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat.....	50
18. Spektrum UV-Visible (a) Difeniltimah(IV) oksida, dan (b) Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	52

19. Spektrum UV-Visible (a) Trifeniltimah(IV) hidroksida, dan (b) Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	54
20. Spektrum <i>Infra Red</i> (a) Dibutiltimah(IV) oksida, dan (b) Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat	57
21. Spektrum <i>Infra Red</i> (a) Difeniltimah(IV) oksida, dan (b) Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	59
22. Spektrum <i>Infra Red</i> (a) Trifeniltimah(IV) hidroksida, dan (b) Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	61
23. Struktur dan Penomoran Senyawa Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat	63
24. Spektrum (a) $^1\text{H-NMR}$ dan (b) $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat	64
25. Struktur dan Penomoran Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	67
26. Spektrum (a) $^1\text{H-NMR}$ dan (b) $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat	68
27. Struktur dan Penomoran Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	70
28. Spektrum (a) $^1\text{H-NMR}$ dan (b) $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat	70

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Infeksi merupakan peristiwa masuknya mikroorganisme patogen (bakteri, virus, jamur, prion, maupun protozoa) ke dalam tubuh dan menyebabkan penyakit (Brooks *et al.*, 2007). Beberapa jenis infeksi yang sering terjadi, diantaranya disebabkan oleh bakteri patogen. Bakteri patogen yang menyebabkan infeksi, dapat berupa bakteri Gram negatif seperti bakteri *Salmonella sp.* maupun bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* (Boleng, 2015). *Salmonella sp.* menjadi permasalahan kesehatan utama di seluruh dunia, dengan jumlah infeksi setiap tahunnya mencapai 1,9 miliar 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). *S. aureus* juga menjadi bakteri patogen utama pada manusia, karena menginfeksi setidaknya 30% dari populasi manusia (Tong *et al.*, 2015). Infeksi bakteri *S. aureus* dapat menyebabkan infeksi kulit, keracunan, hingga endokartitis (infeksi pada jantung) yang sangat mematikan (Bierowiec *et al.*, 2016).

Beberapa upaya pencegahan penularan bakteri yang dapat dilakukan yaitu mencuci tangan dengan sabun, menggunakan *handsanitizer*, dan melakukan sanitasi secara berkala. Selain upaya-upaya tersebut, 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 (McDonnel, 2017).

Disinfektan kimia, memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme, ataupun mematikan mikroorganisme (Maris, 1995). Disinfektan kimia yang umumnya sering digunakan berupa senyawa organik dan anorganik seperti alkohol, klorin, ammonium quaterner dan biguanida, iodin, aldehid, fenol, peroksida dan etilen. Alkohol 60-95% paling banyak digunakan sebagai disinfektan, tetapi sifatnya sangat volatil. Metanol, etanol, dan isopropanol merupakan jenis alkohol yang banyak terkandung pada disinfektan komersial. Jenis alkohol tersebut terbukti efektif dalam mencegah bakteri, virus, dan jamur, namun penggunaan berlebih atau dalam jangka waktu panjang dapat mengakibatkan iritasi bahkan keracunan (Moorer, 2003).

Berdasarkan studi bioaktivitas sebelumnya, senyawa lain yang berpotensi besar menjadi bahan dasar disinfektan yaitu turunan senyawa organotimah(IV). Senyawa organotimah(IV) karboksilat bersifat non toksik atau sedikit toksik pada mamalia, dan memiliki aktivitas biologis yang baik sebagai agen antibakteri, antivirus, serta antijamur (Cotton and Wilkinson, 2007). Semakin panjang rantai alkil suatu senyawa organotin(IV) dan adanya gugus halogen dapat meningkatkan aktivitas biologisnya (Hadi *et al.*, 2019). Senyawa difeniltimah(IV) benzoat dan turunannya juga telah teruji memiliki kemampuan disinfeksi terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus*, melalui metode koefisien fenol dan *optical density* (Hadi *et al.*, 2021). Namun nilai *optical density* yang dihasilkan terlalu kecil untuk diamati, sehingga diperlukan beberapa pengembangan metode yang dapat mendukung data penelitian ini. Hal ini menjadi dasar perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap beberapa senyawa organotimah(IV), untuk mengetahui potensi bioaktivitasnya sebagai disinfektan. Karakterisasi menggunakan instrumen seperti Spektrofotometer *UV-Vis*, FTIR, NMR, dan *Microelemental Analyzer* dilakukan terhadap ketiga turunan senyawa organotimah(IV) ini untuk mengetahui keberhasilan sintesisnya. Senyawa-senyawa ini selanjutnya di uji bioaktivitasnya sebagai disinfektan, dalam melawan bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

1.2. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu, untuk mengetahui potensi bioaktivitas dan efektivitas senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat sebagai disinfektan bakteri patogen. Mengetahui nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat dalam melawan bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*. Data analisis ketiga senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat yang diperoleh, juga dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh ligan serta substituen halogen terhadap bioaktivitas dan efektivitasnya.

1.3. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu, memberikan alternatif disinfektan kimia yang efektif melawan bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*. Hasil penelitian ini juga dapat memberikan pengetahuan mengenai pengaruh ligan serta substituen halogen terhadap bioaktivitas dan efektivitas senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organotimah

Timah memiliki nomor atom 50, dengan massa atom relatif 118,710 g/mol. Timah memiliki konfigurasi elektron [Kr] $4d^{10}5s^25p^2$, sehingga valensi dasarnya Sn(IV), tetapi dapat juga bervalensi Sn(II) namun tidak terlalu stabil. Pada abad ke-18, mulai muncul berbagai penelitian mengenai senyawa-senyawa organotimah. Suatu senyawa, disebut sebagai senyawa organotimah apabila terdapat minimal satu atom Sn yang berikatan langsung dengan satu atom C (Gielen *et al.*, 2008).

Atom timah pada senyawa organotimah(II) terhibridisasi sp^2 , dengan dua orbital hibrida ditemukan pada ikatannya dengan ligan siklopentadienil dan yang ketiga mengandung pasangan elektron bebas. Senyawa timah yang paling dikenal adalah turunan organotimah(IV) dikarenakan kestabilannya. Pada senyawa organotimah(IV), hibridisasi sp^3 dari orbital valensinya, menyebabkan orientasi ikatan tetrahedral (Das *et al.*, 1987).

Di bawah ini merupakan beberapa jenis senyawa organotimah:

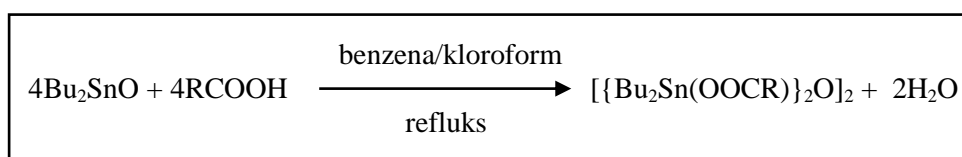
- a. Organotimah halida (R_nSnX_{4-n}). Senyawa ini dapat diperoleh dari reaksi langsung antara halida organik dengan logam timah atau timah(II) halida, reaksi tetraorganotimah dengan gas halogen (X_2) atau asam halogen (HX) atau logam halida (MX_n), reaksi senyawa organologam dengan timah tetrahalida (SnX_4), dsb.
- b. Organotimah hidroksida dan oksida. Senyawa ini dapat diperoleh dari hidrolisis turunan organotimah (R_nSnX_{4-n}) dimana X dapat berupa halida, $OCOR'$, OR' , NR'_2 , dsb.

- c. Organotimah karboksilat ($R_nSn(O_2CR')_{4-n}$). Senyawa ini umumnya dapat diperoleh dari reaksi antara organotimah hidroksida atau oksida dengan asam karboksilat.
- d. Organotimah alkoksida dan fenoksida. Senyawa ini dapat diperoleh dari reaksi alkali logam alkoksida atau fenoksida dengan organotimah halida serupa.
- e. Organotimah hidrida. Senyawa ini dapat diperoleh dengan mereduksi suatu organotimah halida dengan logam hidrida (Davies, 2004).

Senyawa organotimah yang paling penting dan sangat luas aplikasinya yaitu organotimah karboksilat. Senyawa-senyawa ini memiliki struktur yang beragam. Organotimah karboksilat terbagi menjadi tiga jenis yaitu mono-organotimah karboksilat, di-organotimah karboksilat, tri-organotimah karboksilat (Gielen *et al.*, 2008).

2.1.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV)

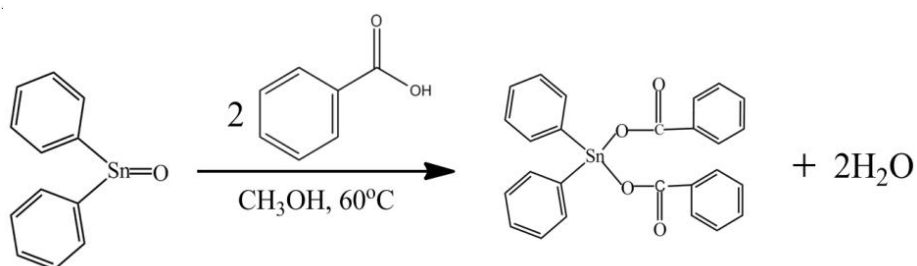
Sebagian besar turunan senyawa organotimah(IV) karboksilat didapat melalui reaksi kondensasi antara organotimah(IV) oksida atau hidroksida dengan asam karboksilat tertentu, dengan skema seperti pada Gambar 1 (Matela and Aman, 2012).



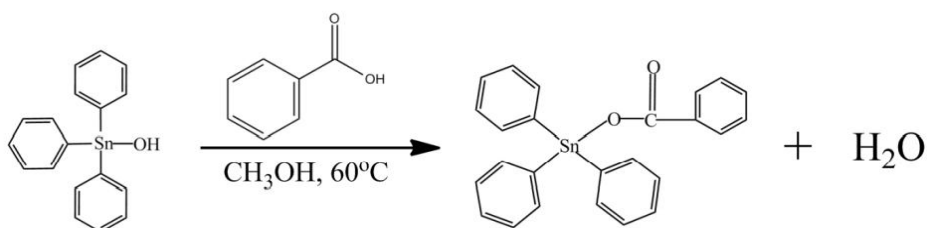
Gambar 1. Skema Sintesis Senyawa Organotimah(IV) karboksilat (Matela and Aman, 2012).

Sintesis senyawa organotimah(IV) benzoat yang umumnya menggunakan senyawa dibutyltimah(IV) oksida, difenyltimah(IV) oksida, dan trifenyltimah(IV) hidroksida yang direaksikan dengan suatu asam benzoat.

Reaksi dapat berlangsung sempurna melalui proses refluks pada suhu 60-70°C selama 4 jam, dalam pelarut methanol (Hadi and Rilyanti, 2010). Pada sintesis difeniltimah(IV) dibenzoat, asam benzoat yang digunakan sebanyak 2 mol, reaksi dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan pada trifeniltimah(IV) benzoat asam benzoat yang digunakan sebanyak 1 mol, reaksi dapat dilihat pada Gambar 3. Rendemen hasil sintesis senyawa organotimah(IV) benzoat dengan metode ini rata-rata mencapai 90%. (Hadi *et al.*, 2018).



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



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

2.1.2. Analisis Senyawa Organotimah(IV)

Senyawa-senyawa organotimah(IV) dapat dianalisis dengan menggunakan berbagai teknik karakterisasi seperti spektrofotometer UV (dengan konsentrasi 1×10^{-4} M, pada panjang gelombang sinar UV), spektrofotometer FTIR (pada bilangan gelombang 4000 - 400 cm^{-1}), ^1H dan ^{13}C -NMR (dengan DMSO sebagai referen pada 298 K), dan analisis elemental (unsur C, H, N, S) menggunakan *microelemental analyzer* (Hadi and Rilyanti, 2010).

Contoh hasil analisis senyawa organotimah(IV) menggunakan berbagai teknik karakterisasi ini, terdapat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 1. Hasil Analisis Spektrofotometer UV Senyawa Organotimah(IV)

Senyawa	$\lambda_{\text{maksimum}} \text{ (nm)}$ $(\pi \rightarrow \pi^*)$	$\lambda_{\text{maksimum}} \text{ (nm)}$ $(n \rightarrow \pi^*)$
difeniltimah(IV) di- <i>m</i> -klorobenzoat	235	272
trifeniltimah(IV) <i>m</i> -klorobenzoat	236	285

(Hadi *et al.*, 2021 and Annissa *et al.*, 2017).

Tabel 2. Hasil Analisis Spektrofotometer FTIR Senyawa Organotimah(IV)

Gugus Fungsi	difeniltimah(IV) di- <i>m</i> -klorobenzoat (cm^{-1})	trifeniltimah(IV) <i>m</i> -klorobenzoat (cm^{-1})
C=C butil	-	-
C=C fenil	1591,60	1551,81
C=O	1697,63	1629,72
Sn-O-C	1155,86	1158,10
Sn-O	652,68	-
Sn-butil	-	-
Sn-fenil	1072,90	1072,90

(Hadi *et al.*, 2021 and Annissa *et al.*, 2017).

Tabel 3. Hasil Analisis ^1H -NMR Senyawa Organotimah(IV)

^1H NMR	difeniltimah(IV) di- <i>m</i> -klorobenzoat (ppm)	trifeniltimah(IV) <i>m</i> -klorobenzoat (ppm)
H butil	-	-
H fenil	7,4 - 7,6	7,4 - 7,6
H benzoat	7,7 - 7,9	7,7 - 7,9

(Hadi *et al.*, 2021 and Annissa *et al.*, 2017).

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

^{13}C NMR	difeniltimah(IV) di- <i>m</i> -klorobenzoat (ppm)	trifeniltimah(IV) <i>m</i> -klorobenzoat (ppm)
C butil	-	-
C fenil	128 - 130	128 - 130
C karboksil	165 - 166	165 - 166
C benzoat	130 - 135	130 - 135

(Hadi *et al.*, 2021 and Annissa *et al.*, 2017).

Tabel 5. Hasil Analisis Elemental Senyawa-Senyawa Organotimah(IV)

Senyawa	%C	%H
	ditemukan(terhitung)	ditemukan(terhitung)
difeniltimah(IV) di- <i>m</i> -klorobenzoat	52,35 (53,42)	3,05 (3,08)
trifeniltimah(IV) <i>m</i> -klorobenzoat	58,00 (59,40)	3,69 (3,76)

(Hadi *et al.*, 2021 and Annissa *et al.*, 2017).

2.1.3. Bioaktivitas Senyawa Organotimah(IV)

Senyawa organotimah sudah lama dikenal karena aplikasinya, diantaranya yaitu insektisida, antijamur, dan antikanker (Gielen, 2008). Penelitian lainnya juga menunjukkan aplikasi berbagai turunan senyawa organotimah(IV) benzoat sebagai antibakteri (Annissa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018; and Hadi *et al.*, 2021). Pada metode difusi, senyawa difeniltimah(IV) dibenzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat 200 ppm diketahui menghasilkan zona hambat terbesar terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* (Hadi *et al.*, 2018). Hasil yang sama diketahui juga terdapat pada senyawa difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat 200 ppm (Annissa *et al.*, 2017).

Pada penelitian terbaru, senyawa dibutyltin(IV) di-*m*-klorobenzoat 100 ppm diketahui menghasilkan zona hambat terbesar terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Pada metode dilusi, nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) senyawa dibutyltin(IV) di-*m*-klorobenzoat yaitu 40 ppm, sedangkan senyawa dibutyltin(IV) di-*p*-klorobenzoat hanya diketahui memiliki nilai KHM terhadap bakteri *S. aureus* yaitu 60 ppm (Hadi *et al.*, 2021).

2.1.4. Toksisitas Senyawa Organotin(IV)

Beberapa senyawa organotin(IV) bersifat toksik. Toksisitas organotin(IV) yang berbahaya, di sisi lain memiliki kemampuan yang baik sebagai antibakteri. Bioaktivitas senyawa ini ditentukan oleh banyaknya gugus organik dan sifatnya terhadap atom pusat Sn. Sedangkan gugus anion, hanya memberikan efek sekunder. (Ali *et al.*, 2016). Senyawa tributyltin(IV) oksida yang diaplikasikan sebagai cat *antifouling* sangat toksik dan menyebabkan sifat hemaprodit terhadap invertebrata di laut, pada kadar 0,1-1 µg/L (Sunday *et al.*, 2012).

Berbeda dengan efeknya terhadap mahluk laut, senyawa organotin(IV) anorganik maupun heterosiklik organik, hanya bersifat sedikit toksik terhadap mamalia, hal ini disebabkan oleh kelarutannya yang rendah, kurang terabsorpsi, dan akumulasinya rendah pada jaringan dan sistem ekskresi mamalia (Kimbrough, 1976). Berdasarkan penelitian terbaru, senyawa turunan organotin(IV) memiliki potensi bioaktivitas sebagai *metallo drugs*, bahkan lebih baik dari obat-obatan platina karena toksisitasnya rendah dan efek sampingnya yang jauh lebih kecil (Annuar *et al.*, 2021). Organotin(IV) karboksilat, bersifat tidak toksik atau hanya sedikit toksik pada mamalia. Semakin panjang rantai alkilnya, maka semakin berkurang toksisitasnya (Hadi *et al.*, 2019).

2.2. Teori Analisis Spektrofotometri *UV-Visible*

Spektrofotometer *UV-Visible* merupakan instrumen yang digunakan untuk menentukan suatu, baik secara kuantitatif maupun kualitatif, dengan mengukur nilai transmittan ataupun absorbansi suatu sampel sebagai fungsi dari konsentrasi (Harjadi, 1990). Teknik analisis spektroskopi, memakai sumber radiasi elektromagnetik *ultraviolet* dekat (190 - 380 nm) dan sinar *visible* (380 - 780 nm) (Mulja dan Suharman, 1995). Umumnya sampel yang digunakan dalam analisis spektrofotometri berupa larutan yang jernih. Pelarut yang digunakan harus dapat melarutkan sampel dengan baik, tidak mengandung ikatan rangkap terkonjugasi, tidak berwarna, tidak bereaksi, dan kemurniannya tinggi. Beberapa pelarut memiliki serapan di panjang gelombang tertentu, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

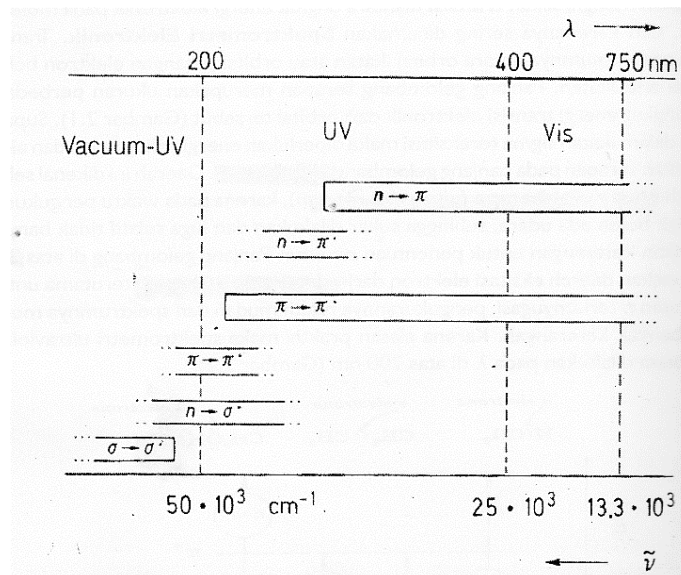
Tabel 6. Panjang Gelombang Maksimum Beberapa Pelarut

Pelarut	λ_{\max} (nm)	Pelarut	λ_{\max} (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).

Suatu 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.

Panjang gelombang yang lebih besar, menunjukkan semakin mudahnya suatu elektron tereksitasi, sedangkan absorbansi yang lebih tinggi menunjukkan semakin banyaknya elektron yang tereksitasi. Gambar 4, 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 4. Daerah Serapan Berbagai Transisi Elektron (Supratman, 2010).

Transisi elektron dapat juga disebut sebagai promosi elektron dari keadaan dasar yang berenergi rendah *highest occupied molecular orbital* (HOMO), ke orbital keadaan tereksitasi yang berenergi lebih tinggi *lowest unoccupied molecular orbital* (LUMO). Senyawa-senyawa organik memiliki serapan karakteristik berdasarkan elektronnya, yaitu:

- Senyawa dengan elektron σ , contohnya hidrokarbon jenuh, dengan energi transisi $\sigma \rightarrow \sigma^* > 185$ kkal/mol pada serapan UV, sehingga tidak terdapat serapan di daerah *visible*.
- Senyawa dengan elektron n , contohnya senyawa jenuh yang mengandung heteroatom (oksigen, nitrogen, dan halogen) yang memiliki elektron sunyi (n). Energi yang diperlukan untuk transisi $n \rightarrow \sigma^* < 185$ kkal/mol pada serapan UV, lebih kecil dibanding $\sigma \rightarrow \sigma^*$. Serapan yang dihasilkan biasanya lemah dan sering membuat interpretasi yang meragukan.

- c. Senyawa dengan kromofor elektron π , contohnya senyawa yang mengandung elektron π dan n sehingga juga memiliki elektron sunyi. Gugus fungsi ini memiliki kemungkinan transisi $n \rightarrow \sigma^*$, $\pi \rightarrow \pi^*$, dan $n \rightarrow \pi^*$ (Supratman, 2010).

Suatu asam karboksilat jenuh memiliki pita serapan yang lemah disekitar 200 nm 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).

Pergeseran panjang gelombang dapat terjadi karena beberapa faktor, terdapat dua tipe pergeseran yaitu batokromik dan hipsokromik. Efek batokromik (pergeseran merah) terjadi karena adanya perpanjangan konjugasi (delokalisasi elektron π) senyawa akibat pelarut, pereaksi penggeser, maupun auksokrom, sehingga energi transisi yang dibutuhkan lebih kecil dan panjang gelombang lebih besar.

Efek hipsokromik (pergeseran biru) terjadi karena konjugasi yang dihilangkan akibat pelarut atau pereaksi penggeser, sehingga energi transisi yang dibutuhkan lebih besar dan panjang gelombang lebih kecil. Perubahan intensitas serapan atau absorpsi dibedakan menjadi dua tipe yaitu efek hiperkromik dan efek hipokromik. Kenaikan intensitas serapan akibat lebih pekatnya konsentrasi zat terlarut, disebut sebagai efek hiperkromik. Penurunan intensitas serapan akibat lebih enceranya konsentrasi zat terlarut, disebut sebagai efek hipokromik (Supratman, 2010).

Suatu kromofor merupakan molekul yang mampu mengabsorpsi sinar dengan kuat pada daerah *UV-Visible*, seperti heksana, aseton, asetilen, benzena, karbonil, karbondioksida, karbonmonooksida, dan gas nitrogen. Sebaliknya, auksokrom merupakan gugus yang memiliki pasangan elektron bebas dengan ikatan kovalen tunggal dan terikat pada suatu kromofor, sehingga menyebabkan absorpsi sinar *UV-Visible*, panjang gelombang maupun intensitasnya lebih intensif, seperti hidroksi, amina, halida, dan alkoksi (Suhartati, 2017). Tabel 7, merupakan contoh data absorpsi dasar serta substituen pada suatu senyawa karbonil terkonjugasi, yang dapat membantu memprediksi struktur senyawa.

Tabel 7. Absorpsi Dasar Serta 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).

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

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C$$

Dimana A merupakan absorbansi atau serapan, ε merupakan nilai ekstinsi molar ($M^{-1}cm^{-1}$), b merupakan tebal kuvet (cm), dan C konsentrasi (M) (Dachriyanus, 2004).

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

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

Dimana 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) (Supratman, 2010).

2.3. Teori Analisis *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR)

Fourier Transform - Infra Red, merupakan salah satu jenis instrumen spektroskopi yang bekerja pada rentang cahaya inframerah, dengan panjang gelombang 2,5-50 μm atau bilangan gelombang 4.000 - 200 cm^{-1} . Setiap gugus fungsi maupun berbagai jenis ikatan kimia, memiliki pita absorpsi inframerah yang khas dan spesifik. Sehingga, metode spektroskopi ini dapat digunakan untuk mempermudah identifikasi senyawa organik maupun organologam. Spektrum yang dihasilkan instrumen FTIR, berbentuk grafik yang menunjukkan persen transmittan yang bervariasi untuk setiap frekuensi radiasi inframerah. Satuan frekuensi pada garis aksis grafiknya dinyatakan

sebagai bilangan gelombang, atau banyaknya gelombang dalam setiap satuan panjang. Dibawah ini merupakan gambaran hubungan bilangan gelombang (ν) dan panjang gelombang (λ):

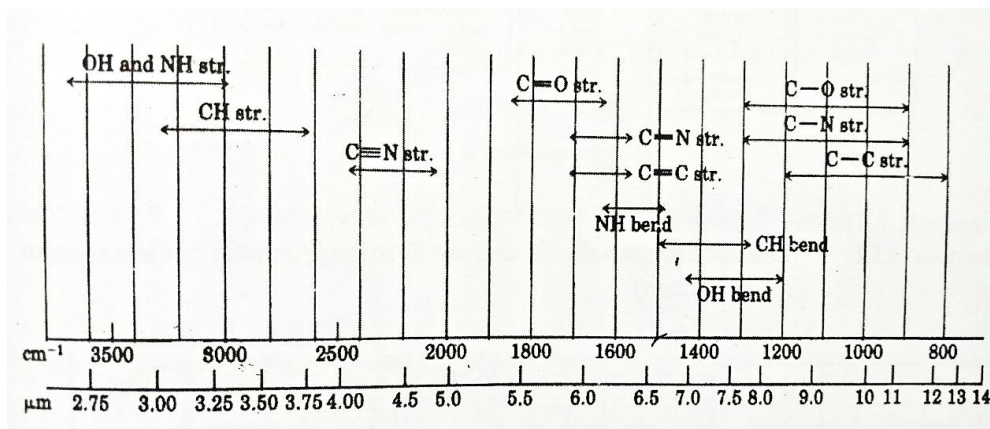
$$\nu = \frac{1}{\lambda} \text{ cm}^{-1}$$

Saat frekuensi cahaya inframerah yang dilewatkan diserap oleh sampel, akan menyebabkan terjadinya vibrasi atau getaran pada molekul sampel (Dachriyanus, 2004).

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:

- a. Vibrasi regang/ulur (*stretching*), vibrasi ini menyebabkan perpanjangan atau pengerutan ikatan.
- b. Vibrasi lentur/tekuk (*bending*), vibrasi ini menyebabkan sudut ikatan mengalami pembesaran atau pengecilan sudut.

Spektrum inframerah merekam panjang gelombang atau frekuensi berbanding %T. Saat suatu senyawa menyerap radiasi pada panjang gelombang tertentu, intensitasi 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 O-H biasanya berupa pita yang kuat dan lebar, vibrasi regang C-H biasanya berupa pita yang tajam dan sedang, 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 5.



Gambar 5. Serapan Khas Berbagai Gugus Fungsi Pada Spektrum Inframerah (Supratman, 2010).

Beberapa serapan khas gugus fungsi molekul organik:

- Serapan karbon-karbon dan karbon-hidrogen. Ikatan C-C dengan hibridisasi sp^3 , menyebabkan adanya pita serapan yang lemah. 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 karbon-hidrogen. Ikatan C-H memiliki pita serapan sekitar $2800-3300\text{ cm}^{-1}$ dan beberapa diantaranya sekitar $3300-2700\text{ cm}^{-1}$. 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 $-\text{CH}_3$ memiliki pita serapan sekitar 2960 dan 2870 cm^{-1} dengan intensitas tinggi. Ikatan $-\text{CH}_2-$ memiliki pita serapan sekitar 2930 dan 2850 cm^{-1} dengan intensitas tinggi. Ikatan $=\text{CH}-$ memiliki pita serapan sekitar 2890 cm^{-1} dengan intensitas rendah.
- Serapan haloalkana. Ikatan C-X memiliki serapan di daerah sidik jari sekitar $500-1430\text{ cm}^{-1}$.
- Serapan karbonil. 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 $1705\text{-}1725\text{ cm}^{-1}$ dengan serapan kuat (Supratman, 2010).

2.4. Teori Analisis Spektrofotometri $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$

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. Spektrofotometri NMR dapat membedakan sifat magnet setiap inti dan memprediksi letak inti dalam molekul (Supratman, 2010).

Berbeda dari jenis spektroskopi lainnya yang didasarkan pada eksitasi elektron, NMR didasarkan pada serapan inti. Semua inti bermuatan dapat mengalami putaran (*spin*) pada sumbunya, sehingga menghasilkan dipol magnet di sepanjang sumbu dengan momentum magnetik (μ). Ketika inti tersebut diletakkan dalam medan magnet yang kuat, maka unsur akan mengalami rotasi pada sumbu intinya, hal ini mengakibatkan energi inti unsur pecah menjadi dua tingkat energi terkuantisasi. Transisi antara tingkatan energi yang terjadi karena diinduksi medan magnet bisa berlangsung apabila terjadi absorpsi radiasi elektromagnet, pada frekuensi yang sesuai atau sama.

Instrumen NMR sangat akurat dalam menentukan struktur molekul senyawa organik maupun anorganik. 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 $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$. Senyawa TMS dipilih sebagai standar karena beberapa sifatnya, yaitu larut dalam semua jenis pelarut organik, *inert*, sangat mudah menguap, serta memiliki 12 H dan 4 C yang ekuivalen.

Nilai pergeseran kimia yang dihasilkan, diakibatkan 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. Sebaliknya, 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).

Berbagai 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 atau doublet. 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 atau triplet. 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. Triplet, merupakan sinyal yang terdiri dari empat sinyal atau quartet. Dihasilkan bila sebuah proton memiliki tiga 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 $3+1 = 4$. Perbandingan luas kedua sinyalnya seharusnya 1:3:3:1.

Pada $^1\text{H-NMR}$, dari spektrum resonansi magnet inti protonnya, dapat diperoleh informasi jenis hidrogen, jumlah hidrogen, dan lingkungan di sekitar hidrogen dalam senyawa tersebut (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 8.

Tabel 8. Data Pergeseran Kimia Pada Spektra $^1\text{H-NMR}$

Gugus	Nilai δ (ppm)
Proton pada karbon sp^3:	
RCH_3	0.8-1.2
R_2CH_2	1.1-1.5
R_3CH	~ 1.5
ArCH_3	2.2-2.5
R_2NCH_3	2.2-2.6
R_2CHOR	3.2-4.3
R_2CHCl	3.5-3.7
$\text{R}_2\text{CHCR}=\text{CR}_2$	~ 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
$\text{RC}\equiv\text{CH}$	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).

Pada ^{13}C -NMR dari spektrum resonansi magnet inti protonnya, dapat diperoleh informasi jenis karbon, jumlah karbon, dan lingkungan di sekitar karbon dalam senyawa tersebut (Supratman, 2010). Nilai pergeseran kimia yang dihasilkan pada spektra ^{13}C -NMR berbeda-beda berdasarkan keberadaan atom karbonnya, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. 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).

2.5. Teori Analisis *Microelemental Analyzer*

Senyawa baru dan material lainnya yang merupakan bagian dari senyawa organik, seperti polisiklik, heterosiklik, polihalogen aromatik, organologam, dan sebagainya, dapat diketahui komposisinya melalui analisis mikroelemen. Elemen utama yang terkandung dalam senyawa organik seperti karbon, hidrogen, nitrogen, dan sulfur dapat ditentukan menggunakan instrumen C, H, N atau C, H, N, S *analyzer*. Pada mikroanalisis C, H, N sampel diperiksa secara otomatis, sehingga hasil persentase setiap elemennya presisi dan akurat. Sampel yang digunakan juga sangat sedikit, yaitu 1-2 mg (Etherington *et al.*, 2001).

Prinsip instrumen ini dalam 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).

2.6. Disinfektan

Disinfeksi merupakan proses dimana sesuatu yang berpotensi menyebabkan infeksi dapat dihilangkan, dengan mengurangi jumlah mikroorganisme yang ada. Proses ini tidak menghilangkan seluruh mikroorganisme, tetapi dapat menguranginya hingga ke tingkat dimana mereka tidak lagi dapat menyebabkan infeksi. Disinfeksi dapat dilakukan pada permukaan benda, dan

beberapa diantaranya aman pada kulit, membran mukosa, serta jaringan berpori. Umumnya metode disinfeksi yang digunakan berupa pemanasan atau penggunaan bahan kimia.

Bahan kimia yang digunakan untuk proses disinfeksi, dengan fungsi membunuh mikroorganisme disebut sebagai disinfektan (Hoffman *et al.*, 2004).

Disinfektan yang ideal, harus memiliki kualitas sebagai berikut:

- a. Bekerja cepat meskipun dengan adanya substansi organik, seperti pada cairan tubuh.
- b. Efektif melawan berbagai jenis penyebab infeksi, tanpa merusak jaringan atau bersifat beracun apabila tertelan.
- c. Mudah menembus benda yang didisinfeksi tanpa merusak atau mengubah warna.
- d. Mudah disiapkan dan stabil meskipun terpapar cahaya, panas, atau faktor lingkungan lainnya.
- e. Tidak mahal dan mudah diperoleh dan digunakan.
- f. Tidak memiliki bau yang menyengat (Black, 2008).

Beberapa 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, contohnya 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 10.

Tabel 10. 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 pantogen 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.

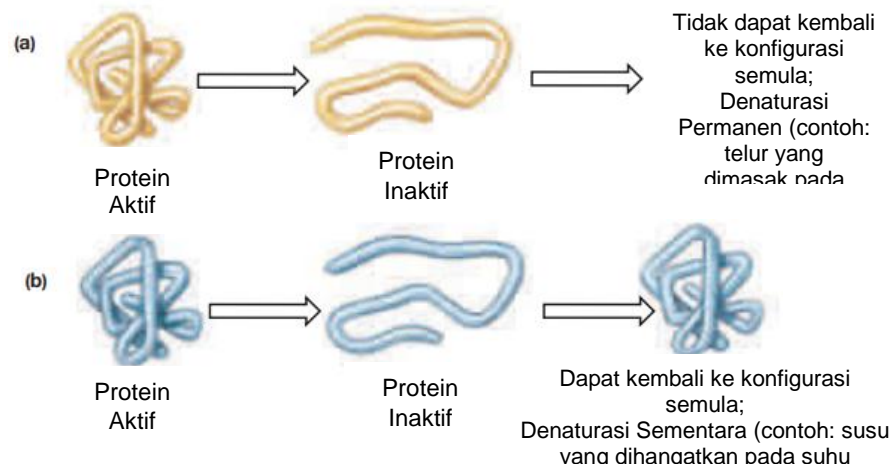
(Black, 2008).

2.6.1 Mekanisme Kerja Disinfektan

Mekanisme kerja disinfektan terhadap bakteri Gram positif maupun negatif, terjadi pada dinding sel bakteri yang berbeda rigiditasnya, sehingga afinitas hidrofiliknya berbeda. Selain itu dapat terjadi terhadap membran sitoplasma (mempengaruhi transport), energi metabolisme, nukleus (jumlah kromosom). Disinfektan yang mengandung klorin lebih elektronegatif, sehingga dapat mengoksidasi ikatan peptida dan mendenaturasi protein penyusun bakteri (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 protein, membran, atau komponen sel lainnya.

- a. Reaksi yang mempengaruhi protein. Sebagian besar sel terdiri dari protein, begitu juga dengan enzimnya. Dengan adanya bahan kimia yang mampu mendenaturasi protein, menyebabkan terjadinya perubahan bentuk, atau bahkan terganggunya fungsi awal dari protein tersebut. Seperti yang diketahui dengan adanya perlakuan pemanasan, penambahan asam, basa atau bahan kimia lainnya dalam waktu singkat dapat mendenaturasi protein sementara, seperti pada Gambar 6b. Penambahan disinfektan dengan rentang waktu tertentu, dapat mendenaturasi protein secara permanen, seperti pada Gambar 6a. Reaksi yang terlibat pada proses denaturasi meliputi hidrolisis, oksidasi, dan masuknya atom atau gugus tertentu. Reaksi hidrolisis akibat adanya asam atau basa kuat yang dapat menghidrolisis protein. 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. 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 6. (a) Denaturasi Protein Permanen, dan (b) Denaturasi Protein Sementara (Black, 2008).

- b. Reaksi yang mempengaruhi membran. Membran tersusun dari protein sehingga juga dapat mengalami denaturasi. Adanya lipid pada membran, dapat rusak dengan penambahan pelarut lipid, seperti surfaktan (alkohol, deterjen, ammonium kuarterner seperti benzalkonium klorida. Sehingga fenol yang termasuk ke dalam jenis alkohol, dapat dengan mudah merusak protein dan lipid pada membran.
- c. Reaksi yang mempengaruhi komponen sel lainnya. 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).

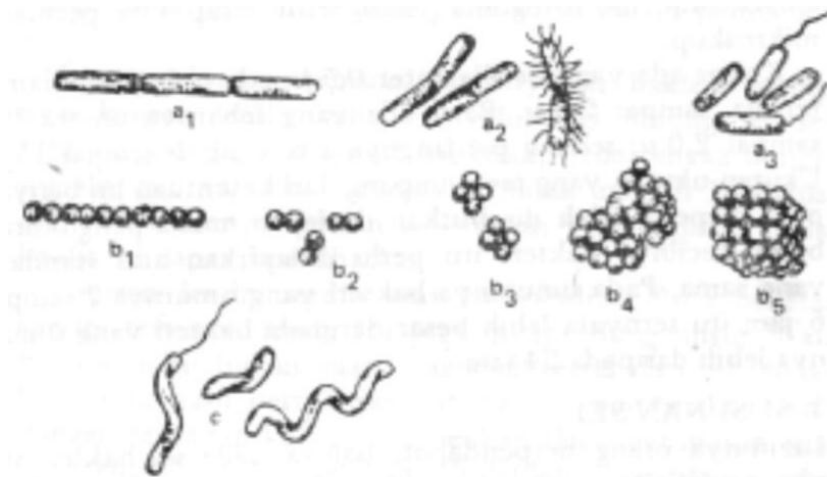
2.7. Bakteri

Bakteri termasuk kedalam golongan prokariot (struktur selnya tidak memiliki inti sejati atau tidak dikelilingi membran inti). Bakteri dapat tumbuh dalam media agar dengan bentuk koloni. Sel penyusun koloni dianggap sama dan merupakan keturunan satu mikroba yang mewakili biakan bakteri. Koloni bakteri berbentuk dan berukuran khas, seperti bulat, tidak beraturan dengan permukaan cembung, cekung dengan tepi rata, maupun bergelombang. Bentuk bakteri apabila dilihat menggunakan mikroskop cahaya, dibagi ke dalam empat bentuk, yaitu *coccus* (bulat), *basil* (batang/silinder), *spiral* (bengkok/melingkar), dan *filamen* (benang/*filamentus*). Morfologi bakteri dianggap tetap, tetapi apabila dipengaruhi faktor lingkungan dapat memiliki bentuk tidak normal.

Bakteri bereproduksi dengan cara 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. Bakteri dalam kelompoknya, akan memiliki beragam bentuk, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7. Kelompok bakteri tersebut dibagi menjadi:

- a. *Monococcus*, bakteri akan terpisah dari sel induk setelah membelah.
- b. *Diplococcus*, bakteri tetap bertaut dan berpasangan setelah membelah.
- c. *Tetracoccus*, bakteri terbagi ke dua arah membentuk sudut siku-siku, setiap kelompok bakteri terdiri dari 4 empat sel.

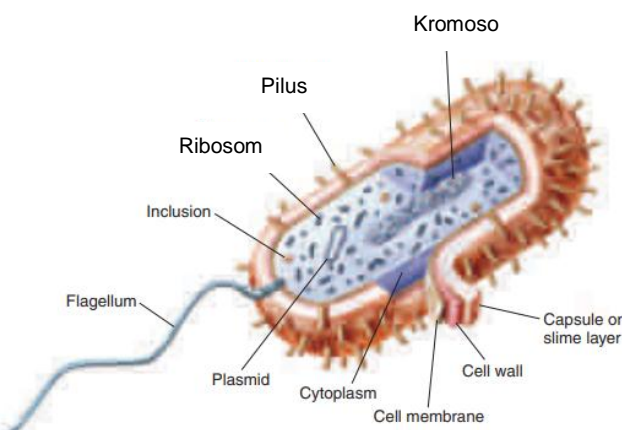
- d. *Sarcina*, bakteri terbagi ke tiga arah membentuk sudut siku-siku, setiap kelompok bakteri tersusun berbentuk kubus.
- e. *Staphylococcus*, bakteri terbagi ke arah yang tidak menentu, kelompok-kelompok bakteri tersebut membentuk untaian menyerupai buah anggur.
- f. *Bacillus* / *Streptobacillus* / *Sprillum*, bakteri membelah melintang, kemudian membentuk anakan seperti bakteri coccus.
- g. *Filamentus*, kelompok bakteri yang membentuk hifa palsu (Hafsan, 2011).



Gambar 7. Bentuk Kelompok Bakteri (a₁) *Streptobacillus*; (a₂) *Diplobacillus*; (a₃) basil bebas; (b₁) *Streptococcus*; (b₂) *Diplococcus*; (b₃) *Tetracoccus*; (b₄) *Staphylococcus*; (c) *Sprillum* (Hafsan, 2011).

Contoh bentuk bagian-bagian penyusun sel bakteri *Bacillus* yang memiliki flagella dapat dilihat pada Gambar 8. 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).



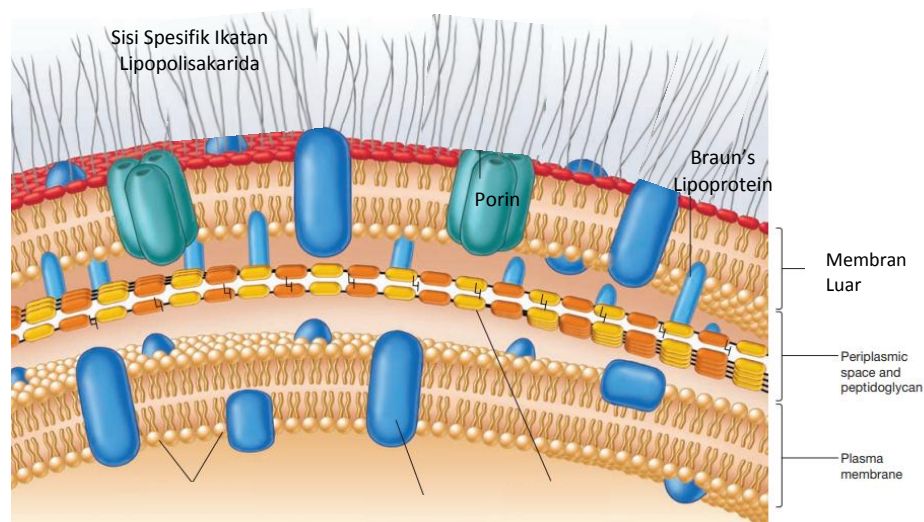


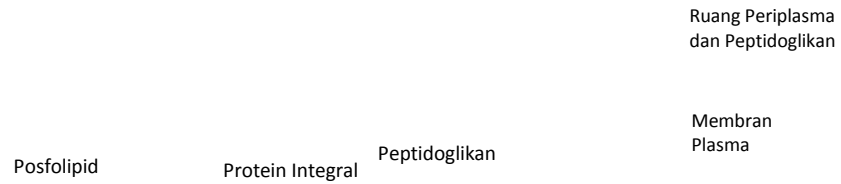
Gambar 8. Sel Prokariot *Bacillus* dengan Flagella (Black, 2008).

Berdasarkan perbedaan dinding selnya, bakteri dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang mengandung banyak lapisan peptidoglikan, yang terdiri dari gula dan rantai peptida yang membentuk struktur yang kaku dan tebal. Bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang sangat sedikit, namun dapat menyebabkan sel mudah pecah. Membran luar bakteri Gram negatif mengandung lipopolisakarida, yang memungkinkan sistem imun menghancurkannya (Brands, 2006).

2.7.1. Bakteri *Salmonella sp.*

Bakteri *Salmonella sp.* yang memiliki bentuk *bacillus*, memiliki diameter 0,75-1,25 μm dan panjang 2-3 μm (Hafsan, 2011). Bakteri ini merupakan Gram negatif, yang berbentuk batang, fakultatif anaerob. Klasifikasi *Salmonella sp.* cukup rumit karena merupakan kesatuan, sehingga awalnya dibedakan berdasarkan epidemiologi, jangkauan penjamu, reaksi biokimia, dan struktur antigennya (O / H / Vi). Contohnya bakteri (*S. typhi*, *S. typhimurium*), keduanya ditulis sebagai genus dan spesies (Brooks *et al.*, 2007).



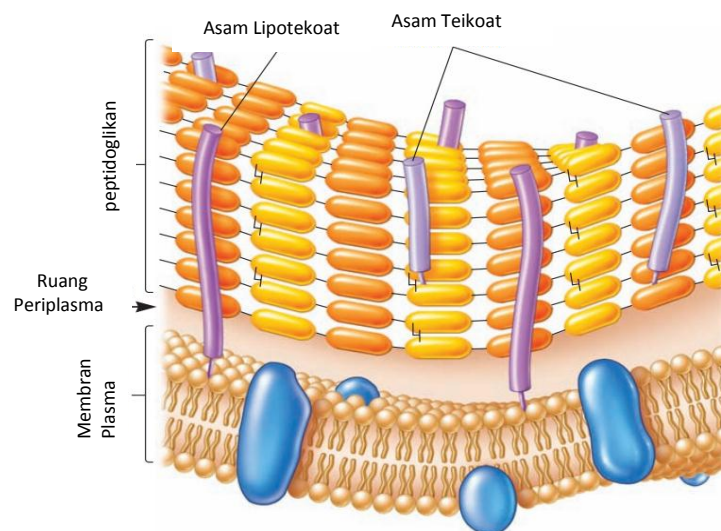


Gambar 9. Dinding Sel Bakteri Gram Negatif (Willey *et al.*, 2009).

Terdapat lebih dari 2500 spesies *Salmonella sp.* yang dapat menginfeksi manusia dan hewan. *Salmonella sp.* sangat mudah berkembang karena struktur dan aktifitasnya, dengan laju pertumbuhan 40 menit, pada suhu optimum 37°C, namun dapat juga berkembang pada suhu 6 - 46°C. Infeksi *Salmonella sp.* dapat menyebabkan demam tifoid, gastroenteritis, diare, dan sepsis (Brands, 2006).

2.7.2. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* yang memiliki bentuk *coccus* memiliki diameter 0,75 - 1,25 µm (Hafsan, 2011). Bakteri ini merupakan sel sferi Gram positif, yang tersusun dalam kelompok menyerupai anggur yang tidak teratur, dan memiliki pigmen bervariasi dari putih hingga kuning tua.



Gambar 10. Dinding Sel Bakteri Gram Positif (Willey *et al.*, 2009).

Genus *S. aureus* memiliki lebih dari 30 spesies, dan yang paling utama diantaranya adalah *S. aureus*, patogen utama pada tubuh manusia. *S. aureus* dapat tumbuh dengan baik dalam berbagai medium bakteriologik, dengan suhu 37°C (pigmen terbaik dihasilkan pada suhu ruangan 20-25°C). Infeksi *S. aureus* beragam, mulai dari keracunan makanan, infeksi kulit ringan seperti abses, hingga infeksi berat yang mengancam jiwa (Brooks *et al.*, 2007).

2.7.3. Uji Antibakteri

Potensi atau efektifitas suatu senyawa antibakteri dipengaruhi oleh waktu, suhu, pH, dan konsentrasi. Laju kematian bakteri dipengaruhi oleh waktu kontak bakteri dengan senyawa antibakteri. Laju kematian bakteri dapat dipercepat dengan meningkatkan temperatur. pH asam atau basa dapat meningkatkan atau menurunkan potensi senyawa antibakteri. 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 Koefisien Fenol (*Phenol Coefficient*)

Fenol merupakan disinfektan standard 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. Apabila koefisien fenol suatu senyawa antibakteri adalah 1.0 berarti efektifitasnya setara dengan fenol, sedangkan apabila koefisien fenolnya kurang dari 1.0 berarti efektifitasnya dibawah fenol, terakhir apabila koefisien fenolnya lebih dari 1.0 berarti efektifitasnya lebih baik dibandingkan fenol.

Uji koefisien fenol dilakukan dengan cara membuat larutan senyawa antibakteri dan larutan fenol dengan volume yang sama, pada tabung

berbeda. Tabung-tabung tersebut selanjutnya diletakkan pada *waterbath* suhu 20°C selama 5 menit, untuk memastikan suhunya sama. Kemudian, sebanyak 0,5 mL kultur bakteri dimasukkan ke dalam setiap tabung tersebut. Setelah waktu kontak 5, 10, dan 15 menit, ose steril dimasukkan ke masing-masing tabung, dan dipindahkan ke tabung lain berisi nutrient broth, dan diinkubasi selama 48 jam.

Setelah proses inkubasi selesai kekeruhan setiap tabung diperiksa, dan tabung dengan konsentrasi terendah yang mampu membunuh bakteri, dibandingkan rasionya dengan fenol, sehingga diperoleh nilai koefisien fenol. Sebagai contoh, jika pengenceran senyawa antibakteri 1:1000 memiliki efek yang sama dengan pengenceran fenol 1:100, maka koefisien fenol senyawa antibakteri tersebut adalah (1000/100) atau 10. Beberapa penelitian terhadap bakteri *S. aureus* dan *S. typhi* memberikan nilai koefisien fenol seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.

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).

b. Metode Kertas Saring (*Filter Paper*)

Metode ini lebih sederhana dibandingkan metode koefisien fenol. Menggunakan *filter paper disks* kecil, yang telah direndam dengan

senyawa antibakteri bervariasi. *Filter paper disks* ini kemudian diletakkan dipermukaan *plate* agar, yang sebelumnya telah diinokulasi dengan bakteri. Jika bakteri berbeda, maka *plate* agar yang 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.

c. Metode Uji Dilusi (*Dilution Test*)

Pada metode uji dilusi, 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).

d. Metode Densitas Optik

Metode *plate*, memerlukan waktu 24 jam untuk menentukan kepadatan bakteri, sehingga tidak efektif. Metode lain yang dikembangkan, dapat menentukan kepadatan bakteri secara akurat dalam waktu singkat, dengan melihat tingkat kekeruhan (*optical density*) berdasarkan nilai absorbansi menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Vis*. Semakin tinggi kepadatan bakteri, maka semakin besar nilai absorbansinya (Seniati and Irham, 2019).

Optical Density, merupakan pengukuran dari berkurangnya transmitansi akibat gangguan suspensi bakteri. Spektrofotometer mengkonversi transmitansi yang dilemahkan ini, menjadi nilai absorbansi. Sebagai referensi, digunakan larutan standar McFarland untuk menghitung kepadatan bakteri dalam satuan (CFU/mL), pengukuran ini dilakukan pada

panjang gelombang 600 nm, sehingga disebut juga sebagai pengukur OD600 (Matlock, 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai pada Oktober 2021 s.d. Maret 2022, di Laboratorium Kimia Anorganik dan Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Uji aktivitas disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, 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 Lampung. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, dilakukan di *Department of Chemistry, Kasetsart University*, Thailand, serta *Microelemental Analyzer*, dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaya*.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam melakukan sintesis senyawa, yaitu neraca analitik, spatula, aluminium foil, gelas ukur 100 mL, set refluks 250 mL, termometer 0-100°C, penangas air, *hot plate stirrer*, botol vial 30 mL, desikator, dan oven. Instrumen yang digunakan dalam menganalisis senyawa, yaitu Spektrofotometer *UV-Visible Double Beam*, *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*.

Peralatan yang digunakan dalam melakukan uji bioaktivitas disinfektan, yaitu neraca analitik, spatula, erlenmeyer 250 mL, *hot plate stirrer*, sumbat kapas, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 5 mL, pipet ukur 10 mL, mikropipet 100-1000 μL , *ball pipet*, cawan petri, tabung reaksi 15x150 mm, rak tabung reaksi, pembakar spritus, gelas ukur 10 mL, gelas beaker 100 mL, jarum ose, *glass rod spreader*, *vertical shaker*, autoklaf, *laminar air flow*, dan inkubator.

Bahan-bahan yang digunakan untuk sintesis senyawa ini, yaitu dibutiltimah(IV) oksida, difeniltimah(IV) oksida, trifeniltimah(IV) hidroksida, asam 2-klorobenzoat, metanol, dan akuabides. Bahan-bahan yang digunakan untuk uji aktivitas disinfektan yaitu, metanol, dimetilsulfoksida, akuabides, *nutrient agar*, *nutrient broth*, disinfektan komersil merk Wipol (2,5% *pine oil*), bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat

Sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat, dilakukan dengan mengadopsi prosedur Szorcik *et al.* (2002). Sebanyak 0,7468 gram (0,003 mol) senyawa dibutiltimah(IV) oksida, direaksikan dengan 0,9394 gram (0,006 mol) senyawa asam 2-klorobenzoat, dalam 30 mL pelarut metanol, dan direfluks selama 4 jam pada suhu 60-62°C. Setelah proses refluks selesai dan reaksi telah berlangsung sempurna, campuran dikeringkan dalam desikator selama ± 3 bulan, untuk menguapkan pelarut metanol, sehingga diperoleh padatan dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible Double Beam*, *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*. Uji aktivitas disinfektan senyawa dibutiltimah(IV) di-2-

klorobenzoat, selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

3.3.2. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat

Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, dilakukan dengan mengadopsi prosedur Szorcsik *et al.* (2002). Sebanyak 0,8667 gram (0,003 mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida, direaksikan dengan 0,9394 gram (0,006 mol) senyawa asam 2-klorobenzoat, dalam 30 mL pelarut metanol, dan direfluks selama 4 jam pada suhu 60-62°C. Setelah proses refluks selesai dan reaksi telah berlangsung sempurna, campuran dikeringkan dalam desikator selama \pm 3 bulan, untuk menguapkan pelarut metanol, sehingga diperoleh padatan difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible Double Beam*, *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental Analyzer*. Uji aktivitas disinfektan senyawa difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

3.3.3. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat

Sintesis senyawa trifeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, dilakukan dengan mengadopsi prosedur Szorcsik *et al.* (2002). Sebanyak 1,011 gram (0,003 mol) senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida, direaksikan dengan 0,4700 gram (0,006 mol) senyawa asam 2-klorobenzoat, dalam 30 mL pelarut metanol, dan direfluks selama 4 jam pada suhu 60-62°C. Setelah proses refluks selesai dan reaksi telah berlangsung sempurna, campuran dikeringkan dalam desikator selama \pm 3 bulan, untuk menguapkan pelarut metanol, sehingga diperoleh padatan trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat kering dan konstan. Padatan yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible Double Beam*, *Fourier Transform - Infra Red* (FTIR), Spektrofotometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$, serta *Microelemental*

Analyzer. Uji aktivitas disinfektan senyawa trifeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat, selanjutnya dilakukan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan bakteri *S. aureus*.

3.3.4. Peremajaan Bakteri

3.3.4.1. Peremajaan Bakteri *Salmonella sp.*

Peremajaan dilakukan dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *Salmonella sp.*, dan digoreskan pada media agar miring steril (*Nutrient Agar*). Kemudian, 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.

3.3.4.2. Peremajaan Bakteri *S. aureus*

Peremajaan dilakukan dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *S. aureus*, dan digoreskan pada media agar miring steril (*Nutrient Agar*). Kemudian, 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.

3.3.5. Pembuatan Larutan Bakteri

3.3.5.1. Pembuatan Larutan Bakteri *Salmonella sp.*

Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella sp.* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 400 mL media *Nutrient Broth* steril. Media, berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *optical density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.5.2. Pembuatan Larutan Bakteri *S. aureus*

Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *S. aureus* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 400 mL media *Nutrient Broth* steril. Media, berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *optical density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.6. Pembuatan Larutan Disinfektan

3.3.6.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat

Larutan stok disinfektan dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0544 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.6.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat

Larutan stok disinfektan difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0584 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Ketiga larutan

disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.6.3. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0506 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.7. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri

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

Larutan bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan disinfektan dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 μ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan.

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

Larutan bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan disinfektan dibutyltimah(IV) di-2-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 μ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan.

3.3.7.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 μ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan

perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan.

3.3.7.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan disinfektan difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 μ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan.

3.3.7.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μ L larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 μ L, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan

perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan.

3.3.7.6. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 500 μL larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik, dan dengan dua kali ulangan.

3.3.7.7. Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif, dan Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan bakteri *Salmonella sp.* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 500 μL pelarut, yang terdiri dari campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua, ditambahkan 500 μL kontrol positif, yang merupakan disinfektan komersil merk Wipol. Pada tabung reaksi ketiga, ditambahkan 500 μL kontrol negatif, yang merupakan media *Nutrient Broth* steril. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 μL , dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan

petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

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

Larutan bakteri *S. aureus* dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Pada tabung reaksi pertama, ditambahkan 500 µL pelarut, yang terdiri dari campuran metanol + DMSO 5%. Pada tabung reaksi kedua, ditambahkan 500 µL kontrol positif, yang merupakan disinfektan komersil merk Wipol. Pada tabung reaksi ketiga, ditambahkan 500 µL kontrol negatif, yang merupakan media *Nutrient Broth* steril. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *optical density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini, diambil sebanyak 100 µL, dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril, kemudian diratakan menggunakan *glass rod spreader*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam dalam inkubator. Setelah proses inkubasi selesai, dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

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

1. Senyawa dibutyltin(IV) di-2-klorobenzoat berhasil disintesis dengan rendemen 93,55%. Senyawa difenyltin(IV) di-2-klorobenzoat berhasil disintesis dengan rendemen 87,69%. Senyawa trifenyltin(IV) 2-klorobenzoat berhasil disintesis dengan rendemen 88,71%.
2. Hasil karakterisasi Spektrofotometer UV-Visible ketiga senyawa menunjukkan adanya dua serapan. Serapan pertama pada transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dari ikatan rangkap (Sn=O), gugus fenil/benzoat (-C=C-), maupun gugus karbonil (C=O). Serapan kedua pada transisi $n \rightarrow \pi^*$ dari elektron sunyi gugus (Cl).
3. Hasil karakterisasi FTIR ketiga senyawa menunjukkan beberapa serapan khas, salah satunya pada panjang gelombang $1250-1000 \text{ cm}^{-1}$ dari ikatan (Sn-O-C).
4. Hasil karakterisasi $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ ketiga senyawa menunjukkan pergeseran kimia yang sesuai, dengan jumlah proton, karbon, serta penomorannya.
5. Hasil *Microelemental Analysis* ketiga senyawa menunjukkan persentase komposisi %C dan %H hasil analisis perbedaannya $< 1\%$ dibandingkan perhitungan teoritis, sehingga senyawa dapat dikatakan murni.

6. Hasil uji bioaktivitas ketiga senyawa dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri *Salmonella sp.*, dapat diurutkan dari yang paling kuat, yaitu : difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat > trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat > dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat. Dengan nilai KHM 5×10^{-4} M, pada waktu kontak 20 dan 30 menit.
7. Hasil uji bioaktivitas ketiga senyawa dalam menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri *S. aureus*, dapat diurutkan dari yang paling kuat, yaitu : trifeniltimah(IV) 2-klorobenzoat > difeniltimah(IV) di-2-klorobenzoat > dibutiltimah(IV) di-2-klorobenzoat. Dengan nilai KHM 5×10^{-4} M, pada waktu kontak 10 dan 30 menit.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian, didapat beberapa saran yang dapat dijadikan catatan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Pada proses sintesis senyawa organotimah(IV), sebaiknya dilakukan rekristalisasi dan pengukuran titik leleh senyawa untuk mengetahui kemurnian senyawa.
2. Dalam melarutkan senyawa organotimah(IV), perlu dilakukan pemilihan pelarut yang cocok dan dapat melarutkan secara sempurna, agar saat pengukuran *optical density*, kekeruhan senyawa tidak ikut terukur.
3. Volume senyawa organotimah(IV) yang dicampurkan ke dalam bakteri, sebaiknya ditambah, agar variasi konsentrasi dapat terlihat dengan jelas perbedaannya.
4. Mengembangkan pengujian bioaktivitas senyawa organotimah(IV) sebagai disinfektan terhadap jamur dan virus.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Shahzadi, S., Din, I.U. 2016. Anticarcinogenicity and Toxicity of Organotin(IV) Complexes: A Review. *Iranian Journal of Science and Technology* 42(2) : pp 1-20.
- Andrews, J.M. 2001. Determination of Minimum Inhibitory Concentrations. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 48(1) : pp 5-16.
- Annissa, Suhartati, T., Yandri, Hadi, S. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chlorobenzoate Against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Oriental Journal of Chemistry* 33(3) : pp 1133-1139.
- Annuar, S.N.S., Kamaludin, N.F., Awang, N., Chan, K.M. 2021. Cellular Basis of Organotin(IV) Derivatives as Anticancer Metallodrugs: A Review. *Frontier in Chemistry* 657599(9) : pp 1-15.
- Besser, J.M. 2018. Salmonella epidemiology: A whirlwind of change. *Food Microbiology* 71(2018) : pp 55-59.
- Bierowiec, K., Ploneczka-Janeczko, K., Rypula, K. 2016. Is the Colonisation of *S. aureus* in Pets Associated with Their Close Contact with Owners. *PLOS One* 11(5) : pp 1-14.
- Black, J.G. 2008. Microbiology Principles and Explorations 7th Edition. John Wiley & Sons, New Jersey USA. 970 hlm.
- 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., Omachi, A.A. 1998. Synthesis and Antifungal Activity of Some Organotin(IV) Carboxylates. *Metal-Based Drugs* 5(4) : pp 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.
- Cotton, F.A. and Wilkinson, G. 2007. Advanced Inorganic Chemistry: A Comprehensive Text. Interscience Publications, New York. 1171 hlm.
- Dachriyanus. 2004. Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektrofotometri. LPTIK Universitas Andalas, Padang. 158 hlm.
- Das, V.G.K., Mun, L.K., Wei, C., Mak, T.C.W. 1987. Synthesis Spectroscopic Study, and X-ray Crystal Structure of bis [3-(2-pyridyl)-2-thienyl-C,N] diphenytin(IV): The First Example of a Six-Coordinate Tetraorganotin Compound. *Organometallics* 6(1) : pp 10-14.
- Davies, A.G. 2004. Organotin Chemistry 2nd Edition. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim Germany. 436 hlm.
- De Brito, R.C., Da Silva, G.N., Farias, T.C., Ferreira, P.B., Ferreira, S.B. 2017. Standardization of the Safety ;Level of the Use of DMSO in Viability Assays in Bacterial Cells. *International Conferences Series on Multidiciplinary Science* 3(2017) : pp 1-6.
- Etherington, K.J., Rodger, A., Hemming, P. 2001. CHN Microanalysis A Technique for The 21st Century. *Lab Plus International (Analytical Spotlight)* PI 26-27 : pp 1.
- Fadeeva, V.P., Tikhova, V.D., Nikulicheva, O.N. 2007. Elemental Analysis of Organic Compounds with The Use of Automated CHNS Analyzer. *Journal of Analytical Chemistry* 63(11) : pp 1094-1106.
- Gielen, M., Davies, A.G., Pannell, K., Tiekink E.R. 2008. Tin Chemistry Fundamentals, Frontiers, and Aplication. John Wiley & Sons, Oxford UK. 745 hlm.
- Hadi A.G., Jawad, K., Ahmed, D.S., Yousif, E. 2019. Synthesis and Biological Activities of Organotin(IV) Carboxylates A Review. *Synthesis Reviews in Pharmacy (A Multifaceted Review Journal in The Field of Pharmacy)* 10(1) : pp 26-31.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and In Vitro Anticancer Activity of Some Organotin(IV) Benzoate Compounds. *Oriental Journal of Chemistry* 26(3) : pp 775-779.

- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany, Suhartati, T., Yandri. 2018. Antibacterial Activity Test of Diphenyltin(IV) Benzoate Compound Against *Bacillus Subtilis* and *Pseudomonas Aeruginosa*. *Asian Journal of Microbiology Biotechnology Environmental Science* 20(1) : pp 113-119.
- Hadi, S., Samsuar, Qudus, H.I., Simanjuntak, W. 2021. In Vitro Antibacterial Activity of Some of Dibutyltin(IV) Chlorobenzoate Derivatives Against *S. aureus* and *Escherichia Coli*. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 16(15) : 1624-1629.
- Hadi, S., Suhartati, T., Noviany, Pandiangan, K.D., Yandri, Simanjuntak, W., Junaidi. 2021. Disinfecting Activity of Some Diphenyltin(IV) Benzoate Derivative Compounds. *Pure and Applied Chemistry* 1751(011004) : pp 1-9.
- 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., Ayliffe, G. 2004. Disinfection in Healthcare 3rd Edition. Blackwell Publishing, Oxford UK. 111 hlm.
- Jenie, U.A., Kardono, L.B.S., Hanafi, M., Rumampuk, R.J., Darmawan, A. 2014. Teknik Modern Spektroskopi NMR Teori dan Aplikasi dalam Elusidasi Struktur Molekul Organik. LIPI Press, Jakarta. 247 hlm.
- Jing, J.L.J., Yi T.P., Bose, R.J.C., McCarthy, J.R., Tharmalingam, N., Madheswaran, T. 2020. Hand Sanitizers: A Review on Formulation Aspects, Adverse Effects, and Regulation. *International Journal of Environmental Research and Public Health Review* 3326(17) : pp 1-17.
- Kimbrough, R.D. 1976. Toxicity and Health Effects of Selected Organotin Compound: A Review. *Environmental Health Perspective* 14 : pp 51-56.
- 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-Chlorobenzoates. *Oriental Journal of Chemistry* 31(4) : pp 2377-2383.
- Maris, P. 1995. Modes of Action of Disinfectants. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)* 14(1) : pp 47-45.

- Matela, G., and Aman, R. 2012. Organotin(IV) Complexes of Carboxylic Acid Derivatives. *Central European Journal of Chemistry* 10(1) : pp 1-15.
- Matlock, B.C. 2019. Differences in Bacterial Optical Density Measurements between UV-Visible Spectrofotometer. *Thermoscientific Technical Note* 52236 : pp 1-4.
- McDonnel, G.E. 2017. Antisepsis Disinfection and Sterilization Types, Action, and Resistance 2nd Edition. ASM Press, Washington DC USA. 433 hlm.
- Moorer, W.R. 2003. Antiviral Activity of Alcohol for Surface Disinfection. *International Journal of Dental Hygiene* 1 : pp 138-142.
- 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(2005) : pp 565-570.
- Mulja, M., dan Suharman. 1995. Analisis Instrumental. Airlangga University Press, Surabaya. 427 hlm.
- Sanders, E.R. 2012. Aseptic Laboratory Techniques: Plating Methods. *Journal of Visualized Experiments* 63 (e3064) : pp 1-18.
- 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) : pp 12-19.
- 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. *Brazilian Journal of Microbiology* 40(1) : pp 149-154.
- 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.
- Sunday, A.O., Alafara, B.A., Oladele, O.G. 2012. Toxicity and Speciation Analysis of Organotin Compounds. *Chemical Speciation and Bioavailability* 24(4) : 216-226.

- 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.
- Szorcik, A., Nagy, L., Pellerito, L., Yamaguchi, T., Yoshida, K. 2002. Preparation and Structural Studies of Organotin(IV) Complexed Formed with Organic Carboxylic Acid. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 256(1) : pp 3-10.
- Thompson, M. 2008. CHNS Elemental Analyzer. *AMC Technical Briefs (Analytical Methods Committee)* : pp 29.
- Tong, S.Y.C., Davis, J.S., Eichenberger, E., Holland, T.L., Fowler, V.G. 2015. *Staphylococcus aureus* Infections: Epidemiology, Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Management. *American Society for Microbiology Journals* 28(3) : pp 603-661.
- Willey, J.M., Sherwood, L.M., Woolverton, C.J. 2009. Prescott's Principles of Microbiology. McGraw-Hill Higher Education, New York USA. 969 hlm.