

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI  
DISINFEKTAN SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-4-AMINO BENZOAT  
DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-4-KLORO BENZOAT**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**ANGGIT ANINDYA PUTRI**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

## ABSTRAK

### SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFECTAN SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-4-AMINOBEZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-4-KLOROBEZOAT

Oleh

ANGGIT ANINDYA PUTRI

Pada penelitian ini, telah dilakukan sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat. Kedua senyawa tersebut disintesis dengan cara mereaksikan senyawa difeniltimah(IV) oksida dengan asam 4-aminobenzoat dan asam 4-klorobenzoat yang dibuktikan dengan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, IR,  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$ , dan *microelemental analyzer*. Senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat diperoleh dalam bentuk padatan berwarna kuning dengan rendemen sebesar 79,06%, sedangkan senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat diperoleh dalam bentuk padatan putih dengan rendemen sebesar 92,49 %. Kedua senyawa hasil sintesis kemudian diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella sp.*, dengan menggunakan metode dilusi cair. Hasil pengujian bioaktivitas sebagai disinfektan menunjukkan bahwa senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat mampu menghambat pertumbuhan kedua bakteri uji dengan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)  $5 \times 10^{-4}$  M dengan waktu kontak 15 menit. Berdasarkan uji bioaktivitas disinfektan tersebut diperoleh konsentrasi paling efektif untuk menghambat bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.*  $5 \times 10^{-3}$  M dengan waktu kontak paling efektif 15 menit.

Kata kunci : disinfektan, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.*, difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat, difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat

## ABSTRACT

### SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND BIOACTIVITY TESTS AS DISINFECTANTS OF DIPHENYLTIN(IV) DI-4-AMINO BENZOATE AND DIPHENYLTIN(IV) DI-4-CHLORO BENZOATE COMPOUND

By

ANGGIT ANINDYA PUTRI

In this research, diphenyltin(IV) di-4-aminobenzoate and diphenyltin(IV) di-4-chlorobenzoate compounds have been synthesized. The two compounds were synthesized by reacting diphenyltin(IV) oxide with 4-aminobenzoic acid and 4-chlorobenzoic acid as ligand and these compounds were well characterized using UV-Vis spectrophotometer, IR spectrophotometer,  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$  spectrometers, and microelemental analyzer. Synthesis of diphenyltin(IV) di-4-aminobenzoate produced yellow-coloured solid with the yield of 79.06%, while synthesis of diphenyltin(IV) di-4-chlorobenzoate compound produced white-coloured solid with the yield of 92.49%. The synthesized compounds were then tested for their bioactivity as a disinfectant against *Staphylococcus aureus* and *Salmonella sp.* bacteria, using the liquid dilution method. The results of the bioactivity test as a disinfectant showed that synthesis of diphenyltin(IV) di-4-aminobenzoate and diphenyltin(IV) di-4-chlorobenzoate compound were able to inhibit the growth of two test bacteria with a Minimum Inhibitory Concentration (MIC)  $5 \times 10^{-4}$  M with a contact time of 15 minutes. Based on the bioactivity test of the disinfectant, the most effective concentration was obtained to inhibit *S. aureus* and *Salmonella sp.* bacteria was  $5 \times 10^{-3}$  M with the most effective contact time of 15 minutes.

Key words : disinfectant, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella sp.*, diphenyltin(IV) di-4-aminobenzoate, diphenyltin(IV) di-4-chlorobenzoate

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI  
DISINFEKTAN SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-4-AMINO BENZOAT  
DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-4-KLORO BENZOAT**

**Oleh**

**ANGGIT ANINDYA PUTRI**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2021**

Judul Skripsi : **SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI  
BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN  
SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-4-  
AMINO BENZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV)  
DI-4- KLORO BENZOAT**

Nama Mahasiswa : *Anggit Anindya Putri*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1717011052

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



*[Signature]*  
**Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 197104151995121001

*[Signature]*  
**Syaiful Bahri, M.Si.**  
NIP. 197308252000031001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

*[Signature]*  
**Mulyono, Ph.D.**  
NIP. 197406112000031002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

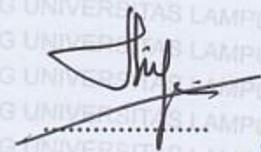
Ketua

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



Sekretaris

**: Syaiful Bahri, M.Si.** .....



Penguji

Bukan Pembimbing **: Prof. Ir. Suharso, Ph.D.** .....



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng Surtpto Dwi Yuwono, M.T.**  
NIP. 197407052000031001

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Agustus 2021**

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Anggit Anindya Putri  
NPM : 1717011052  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

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

“Sintesis, Karakterisasi dan Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-aminobenzoat dan Difeniltimah(IV) Di-4-klorobenzoat”

Adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, metode, hasil, dan analisisnya. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen/atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

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

Bandar Lampung, 9 Agustus 2021



Anggit Anindya Putri  
NPM. 1717011052

## **RIWAYAT HIDUP**

**Anggit Anindya Putri** lahir di Way Kanan, pada tanggal 04 Januari 2000 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, pasangan Bapak Suryono dan Ibu Eny Susiati. Penulis memiliki adik laki-laki bernama Gigih Pramudya Amukti.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Negeri Mulyo pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Bukit Kemuning, Lampung Utara pada tahun 2014, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Bukit Kemuning, Lampung Utara pada tahun 2017. Penulis diterima di Jurusan S1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan organisasi. Kegiatan organisasi yang pernah diikuti penulis yaitu sebagai Kader Muda Himaki Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2017-2018, anggota Biro Penerbitan, Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2018-2019. Penulis juga pernah mengikuti UKM Association Internationale des Sciences Economiques et Commerciales (AIESEC) Universitas Lampung pada tahun 2018. Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan dengan judul Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-aminobenzoat dan Difeniltimah(IV) Di-4-klorobenzoat di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Argomulyo, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus, Lampung pada Januari-Februari 2020.

## *MOTTO*

*Your life is yours, not other peoples have. Your mind is yours, not other peoples think. Your happiness is yours, not other peoples make. So, built your happiness and your luckies by yourself. Be you, do you, for you.*

*If you want to be heard, speak up. If you want to be see, show up. If you want to be clever, study hard. If you want to be success, work hard and pray hard. You can to be anything what you want.*

*Dream as big as the galaxy. Then, work and pray as much as you can. Let the God show what you do. The more you give, the more you can get.*

*Intelligence is not the measurement, but intelligence support all.*

*To get success your courage must be greater than your fear. So, be brave !*

*Allah does not charge a soul except [with that within] its capacity*

*(Q.S. Al-Baqarah: 286)*

*No one guarantes that the sun will always shine. But you have to believe, there will be no storms all the times.*

*Jadilah manusia berilmu dan berjiwa sosial. Jadilah pandai dan bergunalah bagi sesama*

*(Suryono)*

*Whatever you are, be a good one*

## **PERSEMBAHAN**

*Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan anugerah, nikmat, kesehatan, rahmat dan hidayah-Nya serta ketenangan hati dalam menjalankan kehidupan ini.*

*Tidak lupa shalawat beriring salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang merupakan suri teladan terbaik bagi seluruh umat.*

*Dengan penuh rasa syukur dan bangga kupersembahkan goresan tinta dalam karya kecilku ini sebagai tanda bakti dan cintaku kepada :*

### ***Ibu dan Bapakku tercinta***

*Terima kasih untuk do'a yang tiada hentinya, kasih sayang dan perhatian, serta semangat dan motivasi yang selalu diberikan setiap waktu sehingga hari-hariku selalu ceria. Untuk adikku tercinta Gigih Pramudya Amukti, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan keceriaan kepada penulis dalam menyelesaikan karya ini.*

*Rasa hormat saya kepada:  
Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D.*

*Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia  
Atas dedikasi dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di kampus.*

*Keluarga besar dan sahabat yang senantiasa memberikan semangat dan bantuan, serta membersamai dalam suka maupun duka.*

*Serta*

***Almamaterku Tercinta***

## SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'alamiin. Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanallahu wa ta'ala, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan nikmat dan karunia serta rahmat-Nya yang tak terhingga, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” **Sintesis, Karakterisasi dan Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-aminobenzoat dan Difeniltimah(IV) Di-4-Klorobenzoat**”. Sholawat serta salam tak lupa juga penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa taat mengamalkan ajaran dan sunnahnya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat dukungan semangat, kritik, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan baik. Teriring doa yang tulus dan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis dengan hormat mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, motivasi, dukungan dan saran selama proses praktik kerja lapangan dilakukan dan penulisan laporan ini serta semoga ilmu yang diberikan menjadi berkah dan Allah Subhanallahu wa ta'ala membalasnya dengan segala rahmat dan berkah-Nya.
2. Bapak Syaiful Bahri, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II dan Bapak Prof. Ir. Suharso, Ph.D., selaku Dosen Penguji atas segala bimbingan, saran, nasihat, gagasan dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam penyelesaian

penelitian serta skripsi ini. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan bapak.

3. Bapak Dr. Eng Suripto Dwi Yuwono, M.T. selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan bimbingan, semangat, motivasi dan nasehat selama penulis menjalankan studi di jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
5. Bapak Mulyono, Ph.D., sebagai Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
6. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung atas segala ilmu dan wawasan yang telah diberikan selama perkuliahan dan semoga Allah Subhanallahu wa ta'ala membalasnya dengan kebaikan.
7. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
8. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak dan Ibu yang selalu memberikan kasih sayang, motivasi, dukungan dan semangat serta doa yang tidak ada hentinya setiap waktu. Penulis ucapkan terimakasih yang sebanyak-banyaknya. Semoga Allah Subhanallahu wa ta'ala senantiasa memberikan nikmat dan karunia-Nya serta selalu diberi rahmat dan perlindungan.
9. Adikku, Gigih Pramudya Amukti dan kakak sepupuku, Abdi yang selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini, semoga Allah Subhanallahu wa ta'ala membalas dengan kebaikan.
10. Sahabat-sahabatku, Adita Sukma Ramadhania, Alfianida, Sangaji Ilham Prasetyo dan M. Rizky Fadhilah atas segala kebersamaan, bantuan, semangat, menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta selalu memberi motivasi selama penulis kuliah di jurusan Kimia sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan S1 dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki, dan melancarkan segala urusan kalian. *I'm so lucky to know you!*

11. Dini Aulia, Olivia Margaretta Damai Sartika dan Ahmad Alfarizi selaku rekan penelitian terbaik yang selalu memberikan bantuan, dukungan, semangat dan kerjasama selama penelitian dan menulis skripsi semoga Allah memberikan balasan kebaikan. *I'm so grateful to have you all!*
12. Kakak-kakak satu bimbingan mba Ulfia Fauziah Nur, mba Cindy Wulandari dan mba Fathia Rizka Fadhila yang selalu sabar memberikan bimbingan, bantuan, semangat dan motivasi selama penelitian dan menulis skripsi, semoga Allah memberikan balasan kebaikan.
13. Adik-adik satu bimbingan Gustin Lestiani, Mey Dhea Tami Putri, Nia Mardanti dan Natasya Azaria atas segala dukungan dan bantuannya selama ini, semoga kalian dipermudah dalam menyelesaikan kuliah, penelitian dan skripsinya.
14. Teman-teman baikku sejak sekolah Sheta Febriyanti, Nurul Fauzia Azizah, Fetry Eko Saipudin, Fatkhur Rohman dan Sonia Zahra atas segala dukungan, motivasi, semangat, bantuan dan keceriaan selama ini, semoga Allah membalas dengan kebaikan.
15. Teman-teman baikku di kimia Melly Yusnidar, Pinkan Valencia, Ria Mela Rosi, Mita Septiani, Aura Dhayang Fiarizky, Wahyu Devariani, Merriezka Ismaini atas segala bantuan dan semangat selama penulis melakukan penelitian dan menulis skripsi, semoga Allah membalas semua kebaikan kalian.
16. Teman-teman kelas B, teman-teman di lab Anorganik/Fisik dan Biokimia atas semua bantuan dan semangat selama penulis melakukan penelitian, semoga Allah membalas dengan kebaikan.
17. Teman-teman angkatan 2017 tercinta.
18. Teman baikku Ronerson, S.Si., atas segala bantuan, dukungan, semangat dan doa serta selalu memberikan motivasi dan keceriaan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi, semoga Allah membalas dengan kebaikan. *Thank you for always being there for me both of happiness and sadness. I'm so glad to find you!*

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

Bandar Lampung, 9 Agustus 2021

Penulis,

**Anggit Anindya Putri**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	4
1.3. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Senyawa Organologam .....	5
2.2. Timah .....	7
2.3. Senyawa Organotimah .....	8
2.4. Turunan Senyawa Organotimah .....	10
2.4.1. Senyawa Organotimah Halida.....	10
2.4.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida.....	11
2.4.3. Senyawa Organotimah Karboksilat.....	11
2.5. Asam 4-aminobenzoat dan Asam 4-klorobenzoat .....	12
2.6. Sintesis Senyawa Organtimah.....	12
2.7. Aplikasi Senyawa Organotimah .....	14
2.8. Analisis Senyawa Organotimah .....	15
2.8.1. Analisis dengan Spektrofotometer FT-IR .....	15
2.8.2. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	16
2.8.3. Analisis dengan Spektrometer <sup>1</sup> H-NMR dan <sup>13</sup> C-NMR.....	19
2.8.4. Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i> .....	20
2.9. Bakteri.....	21

2.10.	Bakteri <i>Salmonella sp</i> .....	23
2.11.	Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	26
2.12.	Disinfektan.....	27
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>		<b>30</b>
3.1.	Waktu dan Tempat .....	30
3.2.	Alat dan Bahan.....	30
3.3.	Prosedur Kerja .....	31
3.3.1.	Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-aminobenzoat.....	31
3.3.2.	Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-klorobenzoat .....	31
3.3.3.	Pengujian Senyawa sebagai Disinfektan.....	32
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>36</b>
4.1.	Sintesis .....	36
4.1.1.	Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-aminobenzoat.....	36
4.1.2.	Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-klorobenzoat .....	38
4.2.	Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR.....	40
4.2.1.	Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV).....	40
	Di-4-aminobenzoat .....	40
4.2.2.	Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV).....	42
	Di-4-klorobenzoat .....	42
4.3.	Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis .....	45
4.3.1.	Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV).....	45
	Di-4-aminobenzoat .....	45
4.3.2.	Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV).....	47
	Di-4-klorobenzoat .....	47
4.4.	Karakterisasi Menggunakan Spektrometer NMR .....	48
4.5.	Karakterisasi Menggunakan <i>Microelemental Analyzer</i> .....	51
4.6.	Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan .....	52
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>64</b>
5.1.	Kesimpulan .....	64
5.2.	Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>66</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>74</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan karakteristik IR senyawa organotimah karboksilat.....	16
2. Serapan $\lambda_{\text{maks}}$ senyawa organotimah karboksilat .....	18
3. Nilai kimia untuk $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ .....	20
4. Bilangan gelombang gugus-gugus yang terdapat pada senyawa difeniltimah(IV) oksida dan difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat.....	42
5. Bilangan gelombang gugus-gugus yang terdapat pada senyawa difeniltimah(IV) oksida dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat.....	44
6. Perbandingan pergeseran $\lambda_{\text{maks}}$ senyawa difeniltimah(IV) oksida dan difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat.....	46
7. Perbandingan pergeseran $\lambda_{\text{maks}}$ senyawa difeniltimah(IV) oksida dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat .....	48
8. Perbandingan pergeseran kimia senyawa hasil sintesis.....	51
9. Hasil mikroanalisis unsur .....	52
10. Nilai <i>optical density</i> senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap bakteri <i>S. aureus</i> .....	56
11. Nilai <i>optical density</i> senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat terhadap bakteri <i>S. aureus</i> .....	57
12. Nilai <i>optical density</i> senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i> .....	58
13. Nilai <i>optical density</i> senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i> .....	59
14. Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> Replikasi 1 .....	80

15.	Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> Replikasi 2 .....	81
16.	Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> Replikasi 1 .....	82
17.	Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> Replikasi 2 .....	83
18.	Kontrol, Media, Pelarut terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> Replikasi 1 .....	84
19.	Kontrol, Media, Pelarut terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> Replikasi 2.....	85
20.	Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> Replikasi 1.....	86
21.	Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> Replikasi 2.....	87
22.	Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> Replikasi 1.....	88
23.	Hasil Uji Senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> Replikasi 2.....	89
24.	Kontrol, Media, Pelarut terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> Replikasi 1 .....	90
25.	Kontrol, Media, Pelarut terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> Replikasi 2 .....	91

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur (a) asam 4-aminobenzoat dan (b) asam 4-klorobenzoat.....	12
2. Reaksi sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat. ....	14
3. Skema transisi elektronik dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Suhartati, 2017).....	17
4. Diagram alir penelitian .....	35
5. Reaksi sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat .....	36
6. Hasil sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat.....	37
7. Reaksi sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat.....	38
8. Senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat.....	39
9. Spektrum <i>IR</i> senyawa difeniltimah(IV) oksida (a) dan difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat (b) .....	40
10. Spektrum <i>IR</i> senyawa difeniltimah(IV) oksida (a) dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat (b).....	43
11. Spektrum UV- <i>Vis</i> Senyawa difeniltimah(IV) oksida (a) dan difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat (b) .....	45
12. Spektrum UV- <i>Vis</i> Senyawa difeniltimah(IV) oksida (a) dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat (b).....	47
13. Spektrum $^1\text{H}$ NMR (a) dan $^{13}\text{C}$ NMR (b) senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat.....	49
14. Spektrum $^1\text{H}$ NMR (a) dan $^{13}\text{C}$ NMR (b) senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Stoikiometri Reaksi Sintesis.....	75
2. Perhitungan Persentase Berat Senyawa Hasil Sintesis .....	77
3. Perhitungan Presentase Kandungan Unsur Teoritis .....	78
4. Hasil Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan.....	80

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kesehatan merupakan aspek yang sangat penting untuk kehidupan. Sesuai dengan UU Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan dicantumkan bahwa kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spiritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis. Setiap negara di dunia memiliki tingkat kesehatan yang berbeda. Negara-negara maju memiliki tingkat kesehatan yang tinggi, sedangkan beberapa negara berkembang termasuk Indonesia masih, memiliki tingkat kesehatan yang tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, terutama rendahnya kesadaran untuk menjaga kebersihan baik diri maupun lingkungan. Akibat dari kurangnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan adalah mudahnya terserang berbagai macam infeksi penyakit seperti diare, tipus, demam tifoid, infeksi saluran pernafasan dan penyakit infeksi lainnya akibat kontaminasi mikroba (UNICEF, 2012).

Infeksi masih menjadi masalah kesehatan utama yang menyebabkan kematian di rumah sakit dan pelayanan kesehatan di Indonesia. Infeksi merupakan masuknya suatu mikroorganisme ke dalam inang yang memasuki jaringan tubuh dan memperbanyak diri. Jika keadaan inang rentan terhadap infeksi dan fungsi biologinya rusak, maka hal ini dapat menimbulkan suatu penyakit (Potter dan Perry, 2005). Salah satu kasus infeksi yang banyak terjadi di dunia medis adalah infeksi nosokomial, atau disebut juga dengan *Hospital Acquired Infections* (HAIs). Infeksi ini adalah jenis infeksi yang sering terjadi pada pasien yang

dirawat dirumah sakit paling tidak selama 72 jam dan pasien tersebut tidak menunjukkan gejala infeksi saat masuk rumah sakit (Broker, 2009).

Menurut WHO (2016), persentase infeksi nosokomial di rumah sakit di seluruh dunia mencapai 9% (variasi 3-21%) atau lebih dari 1,4 juta pasien rawat inap di rumah sakit seluruh dunia mengalami infeksi nosokomial. Infeksi nosokomial yang sering ditemui yaitu pneumonia, infeksi saluran kemih, infeksi di tempat operasi dan infeksi pada aliran darah. Infeksi tersebut dapat disebabkan oleh adanya aktivitas bakteri Gram positif seperti *S. aureus*. Infeksi nosokomial yang disebabkan bakteri ini mempengaruhi aliran darah, kulit, jaringan lunak, saluran kemih dan saluran pernapasan bagian bawah. Pasien rawat inap memiliki risiko tinggi terinfeksi bakteri ini (Plata *et al.*, 2009). Selain itu, infeksi juga dapat disebabkan oleh bakteri Gram negatif, seperti bakteri *S. typhosa*. Bakteri ini menyebabkan infeksi akut pada usus halus manusia dan hewan (Pelczar and Chan, 1988).

Bakteri memiliki kemampuan untuk dapat hidup bebas di lingkungan, sehingga sangat mudah untuk berpindah dari tempat yang satu ke tempat yang lain. Perpindahan tersebut dapat menyebabkan bakteri menempel pada benda apa saja, sehingga menyebabkan makhluk hidup lainnya dengan mudah terkontaminasi oleh bakteri tersebut (Amala and Ejikema, 2015). Oleh karena itu, diperlukan suatu zat untuk membunuh mikroba atau bakteri yang menempel di lingkungan atau benda mati tersebut yaitu disinfektan.

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba (bakteri, virus, jamur, dan lain-lain), terutama pada benda mati. Disinfektan digunakan secara luas untuk sanitasi baik di rumah, laboratorium dan rumah sakit. Cara kerja disinfektan dalam membunuh bakteri adalah dengan menghambat pertumbuhan dan metabolisme bakteri tersebut. Berdasarkan mekanisme kerjanya, disinfektan yang ideal adalah yang mampu dengan cepat menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, berspektrum luas, serta aktivasinya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembapan.

Berdasarkan uraian diatas, diperlukan senyawa-senyawa baru sebagai disinfektan yang mampu membunuh bakteri dengan cepat. Senyawa organotin(IV) sangat berpotensi sebagai disinfektan. Hal ini dikarenakan, senyawa organotin(IV) tidak hanya memiliki struktur dan sifat kimia yang menarik, tetapi juga memiliki aktivitas biologi yang baik (Kang *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2009; Alama *et al.*, 2009; Affan *et al.*, 2009). Dari beberapa penelitian sebelumnya, diketahui senyawa organotin memiliki aktivitas sebagai antibakteri (Maiti *et al.*, 1988; Gleeson *et al.*, 2008; Nopiyanti dkk., 2016; Samsuar *et al.*, 2021; Hadi *et al.*, 2021; Annisa *et al.*, 2017), senyawa antikanker (Mohan *et al.*, 1988; Gielen *et al.*, 2003; Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012; Amir *et al.*, 2014; Nugroho, 2015; Sari, 2015; Arpan, 2013), antijamur (Hadi *et al.*, 2008; Manav *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2010), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Hadi *et al.*, 2012; Hadi dan Rilyanti., 2010), dan antiviral (Singh *et al.*, 2000).

Senyawa organotin merupakan suatu senyawa yang memiliki atom karbon (C) dari gugus organik terikat pada logam timah (Sn). Senyawa organotin dapat berbentuk mono-, di-, tri-, dan tetra-organotin bergantung pada gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat pada Sn. Anion yang terikat (X) seringkali berupa klorida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat, atau suatu tiolat. Kereaktifan biologis dari senyawa organotin(IV) ditentukan oleh jumlah dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Anion yang terikat dalam senyawa organotin(IV) berperan penting dan dapat meningkatkan kereaktifan dalam berbagai uji biologis (Pellerito and Nagy, 2002).

Di antara berbagai kompleks organotin yang lain, kompleks organotin karboksilat mendapat perhatian khusus. Hal ini karena, senyawa ini memiliki aktivitas biologis yang lebih kuat dibandingkan dengan kompleks organotin lainnya (Cotton *et al.*, 1989). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui kompleks di- dan tri-organotin memiliki aktivitas biologis yang lebih baik dibanding dengan monoorganotin. Aktivitas dari senyawa organotin sendiri, dipengaruhi oleh gugus organik yang terikat dengan atom pusat Sn (Affan *et al.*, 2009; dan Ahmed *et al.*, 2002). Dari beberapa

penelitian yang telah dilakukan, senyawa organotimah dengan ligan karboksilat menunjukkan aktivitas biologis yang cukup baik sebagai antibakteri, antivirus dan antijamur. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat yaitu difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat, yang selanjutnya akan dikarakterisasi dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus*.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat.
2. Mengkarakterisasi senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FT-IR, spektrometer  $^1\text{H}$  NMR, spektrometer  $^{13}\text{C}$  NMR dan *microelemental analyzer*.
3. Melakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus*.

## 1.3. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang organologam, serta untuk mengetahui lebih banyak lagi senyawa organologam yang memiliki aktivitas sebagai disinfektan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang setidaknya memiliki satu atom karbon (C) dari gugus organik yang berikatan langsung dengan logam. Ikatan antara atom logam yang tidak langsung dengan atom karbon bukan termasuk golongan organologam, sebagai contoh suatu senyawa kompleks memiliki ligan yang mengandung atom karbon, tetapi atom yang terikat langsung dengan atom pusat adalah atom lain yang dimiliki ligan seperti oksigen, nitrogen, belerang, ataupun halogen maka senyawa tersebut bukan termasuk golongan organologam karena atom karbon tidak terikat langsung dengan atom logam. Berdasarkan bentuk ikatan pada senyawanya, senyawa organologam dikatakan sebagai jembatan antara kimia organik dan anorganik. Senyawa organologam mempunyai aplikasi yang luas diantaranya sebagai anti-neoplastik dan anti-tuberkulosis, penstabil, pengawet kayu, agen anti-biofouling laut, untuk produksi lapisan timah dioksida pada botol kaca, sebagai bakterisida dan fungisida, sebagai mitisida, akarisida (membunuh tungau dan kutu), sebagai agen anti jamur di cat dan sebagai katalis (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Pada umumnya, senyawa organologam memiliki atom karbon yang lebih bersifat elektronegatif dibandingkan logam yang dimilikinya. Berdasarkan sifat tersebut, senyawa organologam dapat membentuk beberapa jenis ikatan seperti:

a. Senyawaan ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam yang relatif sangat elektropositif umumnya bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik dan sangat reaktif terhadap air dan udara. Senyawa ini dapat terbentuk jika radikal pada logam terikat pada

logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, contohnya pada logam alkali atau alkali tanah. Salah satu hal yang menentukan kereaktifan dan kestabilan senyawa ionik adalah kestabilan ion karbon yang berikatan. Sebagai contoh misalnya gugus dari senyawa organik dalam garam-garam seperti  $(C_5H_5)_2Ca$  (Abel *et al.*, 2002).

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

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

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

c. Senyawa organologam dengan ikatan non klasik

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

1. Senyawa organologam yang terbentuk diantara logam-logam transisi dengan alkena, alkuna, benzen, dan senyawa organik yang bersifat tak jenuh lainnya.
2. Senyawa organologam yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan.

(Zhang *et al.*, 2016).

## 2.2. Timah

Timah merupakan salah satu unsur yang berlimpah pada kerak bumi. Pada sistem periodik unsur, timah merupakan unsur dengan lambang Sn dan nomor atom 50 yang berada pada golongan IVA bersama-sama dengan karbon, silikon, germanium, dan timbal (Bakirdere, 2013). Timah merupakan logam berwarna putih, melebur pada suhu 232 °C, timah larut dalam asam maupun basa, dan senyawa-senyawa oksidanya dengan asam atau basa akan membentuk garam. Timah tidak reaktif terhadap air pada suhu biasa dan tidak reaktif terhadap oksigen bila dilapisi oleh oksida film, tetapi akan mempengaruhi kilauannya (Svehla, 1985).

Sebagai unsur golongan IVA, timah menunjukkan kemiripan sifat secara fisika dengan atom Ge dan Pb diantaranya memiliki keadaan oksidasi +2 dan +4. Pada tingkat oksidasi +4 timah menggunakan seluruh elektron valensinya yaitu  $5s^2 5p^2$  dalam ikatan sedangkan pada tingkat oksidasi +2 timah hanya menggunakan elektron valensi  $5p^2$  saja, sehingga menyebabkan timah pada tingkat oksidasi +4 relatif lebih stabil daripada timah pada tingkat oksidasi +2. Struktur geometri dari  $\text{SnCl}_4$  yang telah dikarakterisasi adalah tetrahedral seperti  $\text{CCl}_4$ . Pada suhu ruang, keduanya merupakan cairan tidak berwarna dengan titik didih masing-masing 114 dan 77 °C (pada tekanan atmosfer). Tetapi, keduanya menunjukkan sifat yang relatif berbeda di luar keadaan tersebut. Perbedaan tersebut terjadi karena ukuran atom Sn lebih besar dibandingkan atom C dan adanya orbital 5d yang dimiliki oleh Sn. Kedua faktor tersebut menyebabkan timah memiliki kemungkinan untuk dapat berikatan lebih (ekstra koordinasi) dengan ligan-ligannya. Dalam hal ini, timah memiliki bilangan koordinasi lebih dari empat sehingga memiliki fleksibilitas valensi yang lebih besar (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Timah memiliki tiga bentuk alotrop yaitu timah abu-abu ( $\alpha$ ), timah putih ( $\beta$ ), dan timah rombik ( $\gamma$ ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih ( $\text{Sn-}\beta$ ) dalam bentuk tetragonal, sedangkan pada suhu rendah timah putih ( $\text{Sn-}\beta$ ) berubah menjadi timah abu-abu ( $\text{Sn-}\alpha$ ) yang berupa non logam dan berbentuk

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

### 2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah adalah senyawa yang mengandung sedikitnya satu ikatan kovalen antara atom karbon (C) dengan logam timah (Sn). Sebagian besar senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari  $R_n\text{Sn(IV)}X_{4-n}$  ( $n=1,2,3$ , dan 4) dan diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetra- organotimah(IV). Hal ini tergantung pada banyaknya jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Anion yang terikat (X) biasanya adalah klorida, florida, oksida, hidroksida serta suatu karboksilat atau suatu thiolat (Pellerito and Nagy, 2002). Sn-X memiliki derajat ionik yang bergantung pada anion (X) dan alkil (R). Gugus organik yang paling umum berikatan dengan timah adalah metil, butil, oktil, fenil, dan sikloheksil (Davies, 2004).

Ikatan antara timah dengan halida memiliki derajat ionisasi tertentu bergantung pada anion (X) dan alkil (R). Sebagai contoh, titik leleh dari  $(\text{CH}_3)_3\text{SnX}$  bervariasi untuk fluorida ( $300\text{ }^\circ\text{C}$ ) > klorida ( $37\text{ }^\circ\text{C}$ ) > bromida ( $27\text{ }^\circ\text{C}$ ) > iodida ( $3,4\text{ }^\circ\text{C}$ ) (Tayer, 1988). Senyawa organotimah sudah dikenal sejak tahun 1850, dan memiliki berbagai aplikasi diantaranya sebagai penstabil dalam produksi plastik, pestisida dalam pertanian, katalis, pelapis kaca, stabilizer polivinil klorida, antikanker dan antitumor (Gielen *et al.*, 2003), antibakteri (Maiti *et al.*, 1988; Gleeson *et al.*, 2008), antiviral (Singh *et al.*, 2000), antifouling pada cat (Blunden and Hill, 1990), antimikroba dan antifungi (Bonire *et al.*, 1998).

Berdasarkan sifat fisika dan kimianya, senyawa organotimah merupakan suatu monomer yang dapat membentuk makromolekul stabil, padat (metiltimah,

feniltimah, dan dimetiltimah), serta cairan (butiltimah) yang sangat mudah menguap, mudah menyublim, dan tidak berwarna juga bersifat stabil terhadap hidrolisis dan oksidasi. Atom halogen yang terdapat pada senyawa organotimah mudah lepas dan berikatan dengan senyawa yang mengandung atom dari golongan IA atau golongan IIA dalam sistem periodik unsur, atas dasar hal tersebut senyawa-senyawa turunan organotimah dapat disintesis meskipun kekuatan ikatannya beragam (Greenwood and Earnshaw, 1990).

Senyawa organotimah memiliki kecenderungan terhidrolisis lebih lemah dibandingkan senyawa Si atau Ge yang terikat dan ikatan Sn-O dapat bereaksi dengan larutan asam. Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Kemudahan putusnya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan urutannya meningkat dengan urutan: Bu (paling stabil) <Pr< et< me< vinil <Ph< Bz < alil <  $\text{CH}_2\text{CN}$  <  $\text{CH}_2\text{CO}_2\text{R}$  (paling tidak stabil) (Alama *et al.*, 2009).

Tingkat kereaktifan senyawa organotimah(II) lebih tinggi seperti pada dialkil timah dan diaril timah sederhana sehingga dapat mengalami polimerisasi yang cepat. Kondisi ini ditemukan pada senyawa organotimah dengan kestabilan bivalen. Pada asam lewis yang sesuai, perbedaan bilangan koordinasi dan geometri juga mungkin ditemukan pada senyawa organotimah(II) pada penggunaan orbital 5d, yaitu bentuk trigonal planar (hibridisasi  $\text{sp}^2$ ), tetrahedral ( $\text{sp}^3$ ), trigonal bipiramida ( $\text{sp}^3\text{d}$ ) dan oktahedral ( $\text{sp}^3\text{d}^2$ ) (Van der Weij, 1981).

## 2.4. Turunan Senyawa Organotimah

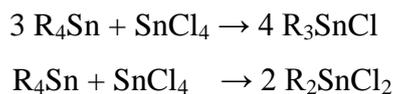
Berikut ini adalah turunan-turunan senyawa organotimah :

### 2.4.1. Senyawa Organotimah Halida

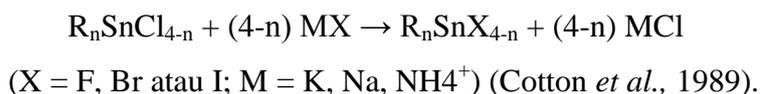
Pada umumnya, senyawa organotimah halida merupakan padatan kristal, sangat reaktif dan memiliki rumus umum  $R_nSnX_{4-n}$  ( $n = 1-3$ ;  $X = Cl, Br, I$ ). Organotimah halida ini dapat disintesis secara langsung melalui logam timah, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida yang reaktif. Metode ini secara luas digunakan untuk pembuatan dialkiltimah dihalida. Sintesis ini dapat ditinjau dari persamaan reaksi berikut ini :



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

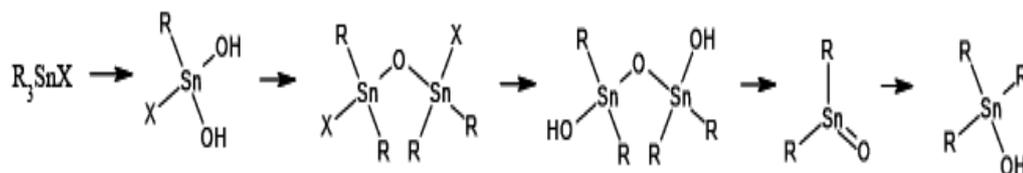


Senyawa organotimah klorida menggunakan kloridanya dari logam halida lain yang sesuai seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:



### 2.4.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida

Produk kompleks yang diperoleh melalui hidrolisis dari dialkiltimah halida ( $R_2SnX_2$ ) atau trialkiltimah halide ( $R_3SnX$ ), merupakan rute utama pada trialkiltimah oksida dan trialkiltimah hidroksida. Reaksinya adalah sebagai berikut:

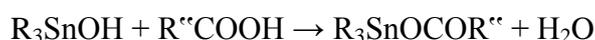
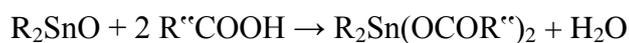


### 2.4.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Pada umumnya ada dua cara untuk sintesis senyawa organotimah, yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksidanya dengan asam karboksilat, dan dari organotimah halidanya dengan garam karboksilat. Metode yang paling sering digunakan untuk sintesis senyawa organotimah karboksilat adalah dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal. Organotimah halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan berikut:



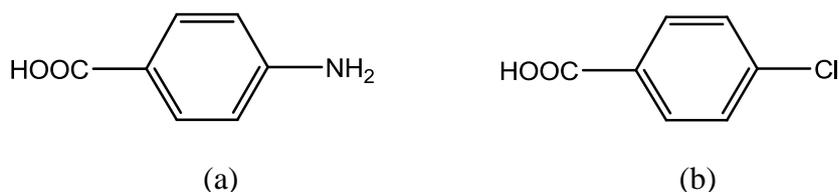
Reaksi esterifikasi dari asam karboksilat dengan organotimah oksida atau hidroksida dilakukan melalui dehidrasi azeotropik dari reaktan dalam toluen, seperti ditunjukkan pada reaksi berikut :



(Abel *et al.*, 2002)

## 2.5. Asam 4-aminobenzoat dan Asam 4-klorobenzoat

Pada penelitian ini, digunakan asam 4-aminobenzoat dan asam 4-klorobenzoat sebagai ligan. Asam 4-aminobenzoat merupakan kristal berwarna putih keabuan, memiliki rumus molekul  $C_7H_7NO_2$ , sedikit larut dalam air dan memiliki berat molekul 137,14. Asam 4-aminobenzoat memiliki pKa (derajat disosiasi) = 4,65; 4,80, pH = 3,5 (dalam 0,5% larutan). Asam 4-aminobenzoat digunakan sebagai bahan baku pembuatan zat warna dan senyawa turunannya dapat digunakan untuk anestesi lokal. Sedangkan, asam 4-klorobenzoat berbentuk bubuk berwarna putih dengan rumus kimia  $C_7H_5ClO_2$  dan memiliki berat molekul 156,57 g/mol yang banyak digunakan sebagai pewarna, pestisida, antiseptik dan pigmen. Asam 4-klorobenzoat memiliki nilai pKa (derajat disosiasi) = 4,76: 4,8, pH = 3,99 (Colipa, 2006).

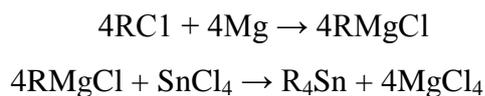


**Gambar 1.** Struktur (a) asam 4-aminobenzoat dan (b) asam 4-klorobenzoat

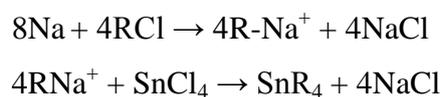
## 2.6. Sintesis Senyawa Organotimah

Beberapa metode untuk sintesis senyawaan organotimah telah banyak dikenal. *Starting material* seperti  $SnCl_4$  dan triorganotimah halida lazim digunakan sebagai *starting material* untuk mensintesis berbagai senyawaan organotimah. Beberapa metode yang umum digunakan diantaranya:

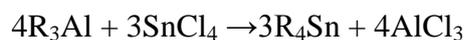
1. Metode Grignard, metode ini merupakan pertama yang dilakukan di Amerika Serikat dan Eropa Barat dalam memproduksi senyawa organotimah. Metode ini memerlukan kondisi reaksi yang inert, jauh dari nyala api secara langsung dan bersifat in situ. Adapun reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut:



2. Metode Wurst, persamaan reaksinya dituliskan sebagai berikut:

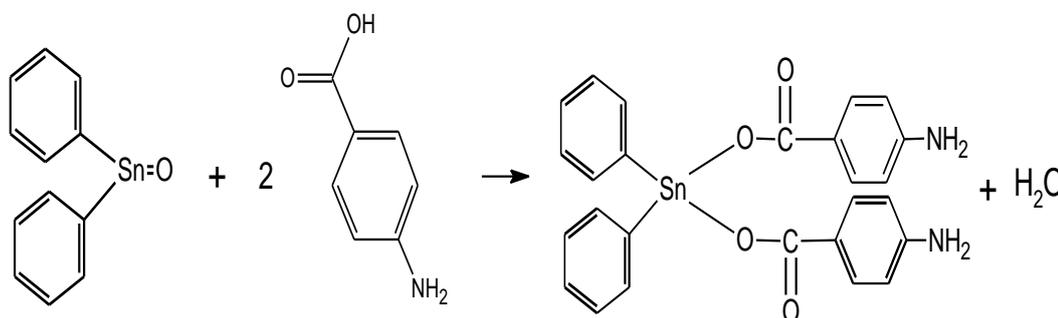


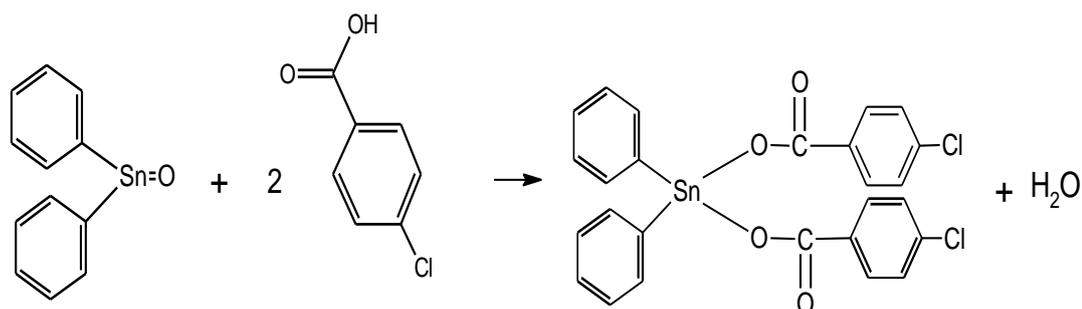
3. Metode dengan menggunakan reagen alkil aluminium, metode ini mulai dikenal pada awal tahun 1960-an. Adapun persamaan reaksinya sebagai berikut:



(Purnomo, 2008).

Pada penelitian ini, digunakan difeniltimah(IV) oksida sebagai senyawa awal. Senyawa awal tersebut direaksikan dengan dua ligan yang berbeda yaitu asam 4-aminobenzoat dan asam 4-klorobenzoat, untuk membandingkan keefektifan senyawa yang dihasilkan dari kedua ligan tersebut, ketika diuji sifat biologisnya. Selain itu, diharapkan juga dapat terbentuk senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat melalui reaksi berikut :





**Gambar 2.** Reaksi sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat.

## 2.7. Aplikasi Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai bidang kehidupan. Aplikasi senyawa organotimah dalam bidang industri, antara lain sebagai senyawa penstabil polivinil klorida untuk mengurangi degradasi dari polivinil klorida tersebut, pestisida non sistematis, katalis, antioksidan, agen antifouling dalam cat, penstabil pada plastik dan karet sintetis, penstabil untuk parfum dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi (Pellerito and Nagy, 2002). Senyawa organotimah yang paling umum digunakan sebagai katalis dalam sintesis kimia yaitu katalis mono-organotimah dan di-organotimah. Senyawa organotimah juga digunakan sebagai biosida (senyawa yang mudah terdegradasi), dan sebagai pestisida yang pertama kali diperkenalkan yaitu dari senyawa trifeniltimah asetat pada akhir tahun 1950-an (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Penggunaan dari senyawa organotimah terus meningkat dengan pesat setiap tahunnya. Senyawa organotimah diketahui memiliki aktivitas biologi yang kuat dan beragam (Rastogi *et al.*, 2005; Singh *et al.*, 2010; Rastogi *et al.*, 2011). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, diketahui senyawa organotimah(IV) memiliki berbagai manfaat diantaranya sebagai antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antimikroba (Annissa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018), antitumor (Salam *et al.*, 2016, Ruan *et al.*, 2011; Hadi dan Rilyanti, 2010), antiviral (Singh

*et al.*, 2000), antikorosi (Hadi *et al.*, 2015; Kurniasih *et al.*, 2015), antimalaria (Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2020) serta antioksidan yang merupakan senyawa golongan organotin(IV) karboksilat (Javed *et al.*, 2016). Keaktifan biologis dari senyawa organotin(IV) ditentukan oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Anion yang terikat hanya sebagai penentu sekunder keaktifan senyawa organotin(IV). Senyawa organotin karboksilat diberikan perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologi yang kuat dibandingkan senyawa organotin lainnya (Mahmood *et al.*, 2003, Pellerito and Nagy, 2002, Hadi *et al.*, 2012).

## **2.8. Analisis Senyawa Organotin**

Senyawa hasil sintesis pada penelitian ini, dianalisis menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR), Ultra Violet-Visible (UV-Vis), *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), serta analisis unsur C, H, S, dan N menggunakan *microelemental analyzer*.

### **2.8.1. Analisis dengan Spektrofotometer FT-IR**

Salah satu metode yang sering digunakan untuk menganalisis senyawa kimia adalah spektrofotometri FT-IR. Spektrofotometri IR (*infrared*) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75-1000  $\mu\text{m}$  atau pada bilangan gelombang 13000 - 10  $\text{cm}^{-1}$  menggunakan alat yang disebut spektrofotometer. Prinsip dari analisis spektrofotometer IR yaitu dengan melewatkan radiasi infra merah dengan rentangan panjang gelombang dan intensitas tertentu terhadap sampel yang akan dianalisis. Molekul-molekul senyawa pada sampel akan mengabsorpsi seluruh atau sebagian radiasi tersebut. Absorpsi ini ditentukan berdasarkan pada adanya sejumlah vibrasi ikatan yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul dalam sampel (Day dan Underwood, 1998).

Spektrum inframerah suatu senyawa dapat memberikan gambaran gugus fungsi dalam struktur molekul senyawa tersebut. Syarat suatu gugus fungsi dalam suatu senyawa dapat terukur pada spektrum IR adalah adanya perbedaan momen dipol pada gugus tersebut. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik. Untuk pengukuran menggunakan IR biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500  $\text{cm}^{-1}$ . Daerah pada bilangan gelombang ini disebut daerah IR sedang, dan merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Harjono, 1992).

Karena setiap tipe ikatan yang berbeda mempunyai sifat frekuensi vibrasi yang berbeda, dan tipe ikatan yang sama dalam dua senyawa berbeda terletak dalam lingkungan yang sedikit berbeda, maka tidak ada dua molekul yang berbeda strukturnya akan mempunyai bentuk spektrum IR yang tepat sama (Sastrohamidjojo, 1988). Adapun beberapa serapan karakteristik IR dari asam karboksilat dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Serapan karakteristik IR senyawa organotimah karboksilat

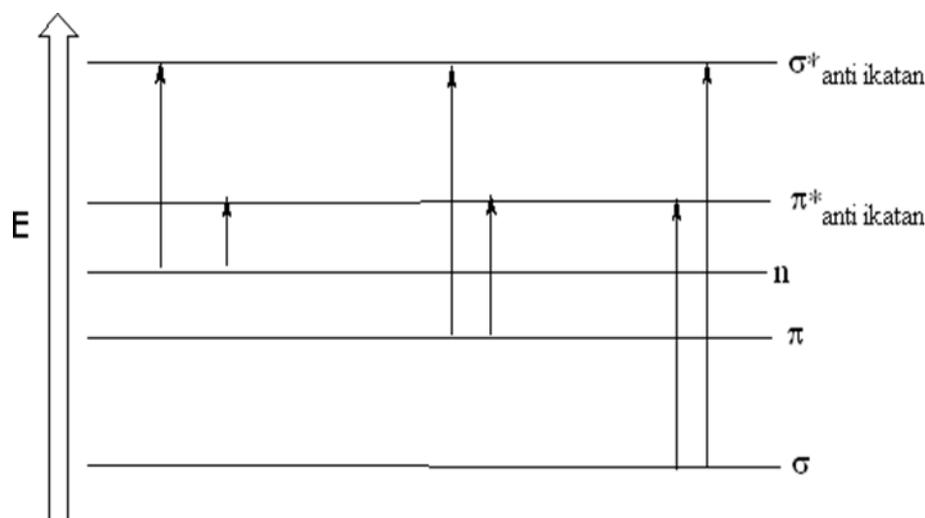
Serapan	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
Sn-Cl	390-310
Sn-O	600-400
Sn-O-C	1290-1000
Sn-Bu	800-660
CO <sub>2</sub> asimetris	1600-1400
O-H	3500-3100

(Elianasari dan Hadi, 2012; Hadi *et al.*, 2016).

### 2.8.2. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis

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

Transisi elektronik dapat terjadi dari tingkat energi keadaan dasar ke tingkat energi yang tereksitasi seperti pada Gambar 2.



**Gambar 3.** Skema transisi elektronik dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Suhartati, 2017).

Interaksi sinar ultraviolet atau sinar tampak menghasilkan transisi elektronik dari elektron-elektron ikatan, baik ikatan sigma ( $\sigma$ ) dan pi ( $\pi$ ) maupun elektron non ikatan ( $n$ ) yang ada dalam molekul organik. Elektron-elektron ini berada di bagian luar dari molekul organik. Transisi elektronik yang terjadi merupakan perpindahan elektron dari orbital ikatan atau non ikatan ke tingkat orbital antiikatan atau disebut dengan tingkat eksitasi. Orbital ikatan atau non ikatan sering disebut dengan orbital dasar, sehingga transisi elektron sering dinyatakan sebagai transisi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi. Tingkat tereksitasi dari elektron molekul organik hanya ada dua jenis, yaitu pi bintang ( $\pi^*$ ) dan sigma bintang ( $\sigma^*$ ), sehingga bila molekul organik yang memiliki elektron-elektron sigma, pi, dan elektron nonikatan, misalnya pada molekul aseton, maka tipe transisi elektroniknya meliputi  $\sigma \rightarrow \sigma^*$ ,  $\sigma \rightarrow \pi^*$ ,  $\pi \rightarrow \pi^*$ ,  $\pi \rightarrow \sigma^*$ ,  $n \rightarrow \sigma^*$ ,  $n \rightarrow \pi^*$  (Suhartati, 2017).

Transisi yang terjadi umumnya antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital antiikatan. Panjang gelombang yang diabsorpsi menunjukkan ukuran

perbedaan tingkat energi dari orbital-orbital. Energi paling tinggi diperlukan agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi dan akan memberikan serapan pada 120–200 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$ ). Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Serapan di atas 200 nm pada spektrofotometer UV-Vis merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan orbital  $\pi$  terutama sistem  $\pi$  terkonjugasi yang mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan.

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

**Tabel 2.** Serapan  $\lambda_{\text{maks}}$  senyawa organotin karboksilat

Senyawa	$\lambda_{\text{maks}}$ (nm)	
	$\pi \rightarrow \pi^*$	$n \rightarrow \pi^*$
$[(n\text{-C}_4\text{H}_9)_2\text{SnCl}_2]$	210,7	-
$[(n\text{-C}_4\text{H}_9)_2\text{SnO}]$	202,9	-
$[(n\text{-C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(o\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO})_2]$	237	279
$[(n\text{-C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(m\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO})_2]$	237	278
$[(n\text{-C}_4\text{H}_9)_2\text{Sn}(p\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COO})_2]$	237	278

(Hadi *et al.*, 2016).

Jika dibandingkan dengan spektrofotometer IR, identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah UV-Vis jauh lebih terbatas karena pita serapan pada daerah UV-Vis terlalu lebar dan kurang terperinci. Gugus-gugus fungsional seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung menunjukkan puncak karakteristik dan dapat diperoleh informasi mengenai ada tidaknya gugus tersebut dalam molekul (Day dan Underwood, 1998).

### 2.8.3. Analisis dengan Spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$

Spektrofotometer  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$  merupakan alat yang efektif untuk menentukan struktur semua jenis senyawa. Spektrometer NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) atau spektrometer resonansi magnet inti merupakan jenis spektrometer yang berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Alat ini mempelajari tentang molekul senyawa organik maupun anorganik yang dianalisis secara spektrometri resonansi magnet inti sehingga diperoleh gambaran perbedaan sifat magnet dari berbagai inti yang ada dan untuk memprediksi letak inti yang terdapat dalam suatu molekul (Sudjadi, 2007).

Konsep dasar spektroskopi NMR adalah adanya fenomena dari inti atom yang memiliki medan magnet (Kristianingrum, 2014). Spektrum  $^1\text{H-NMR}$  menunjukkan beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul dan jumlah atom hidrogen yang ada pada atom karbon tetangga (Sudjadi, 1985). Spektrum  $^{13}\text{C-NMR}$  memberikan informasi keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier atau kuarternar.

Spektrofotometer NMR yang menganalisis inti dari atom akan mengalami efek dari medan magnet kecil pada lingkungan didekatnya. Elektron yang bersirkulasi menyebabkan terjadinya medan magnet pada inti atom. Saat medan magnet lokal dalam atom berlawanan dengan medan magnet di luarnya, hal ini dinamakan inti atom tersebut “terperisai”. Inti yang terperisai memiliki kekuatan medan efektif yang lebih rendah dan beresonansi pada frekuensi yang lebih rendah, sehingga setiap jenis inti dalam molekul akan memiliki frekuensi resonansi yang berbeda. Perbedaan ini disebut pergeseran kimia yang dinyatakan dalam satuan ppm (Settle, 1997).

**Tabel 3.** Nilai kimia untuk  $^1\text{H-NMR}$  dan  $^{13}\text{C-NMR}$ 

Jenis Senyawa	$^1\text{H-NMR}$	$^{13}\text{C-NMR}$
Alkana	0.5-1.3	5-35
Alkana termonosubstitusi	2-5	25-65
Alkana terdisubstitusi	3-7	20-75
R-CH <sub>2</sub> -NR <sub>2</sub>	2-3	42-70
R-CH <sub>2</sub> -SR	2-3	20-40
R-CH <sub>2</sub> -PR <sub>3</sub>	3.3-3.2	50-75
R-CH <sub>2</sub> -OH	3.5-4.5	50-75
R-CH <sub>2</sub> -NO <sub>2</sub>	4-4.6	70-85
Nitril	-	100-120
Alkena	4.5-7.5	100-150
Aromatik	6-9	110-145
Benzilik	2.2-2.8	18-30
Asam	10-13	160-180
Ester	-	160-175
Hidroksil	4-6	-

(Settle, 1997).

Pada spektrofotometer NMR, sampel diletakkan di antara kedua kutub magnet dan disinari dengan gelombang radio. Bila proton-proton membalik dari keadaan paralel ke keadaan anti paralel, penyerapan energi akan dideteksi oleh suatu indikator daya (*power*). Dalam suatu macam spektrofotometer NMR, radio frekuensinya dibuat tetap pada 60 MHz, sedangkan kuat medan luar ( $H_0$ ) diubah-ubah dalam suatu range kecil, dan frekuensi absorpsi direkam untuk berbagai  $H_0$ . Jadi spektrum NMR adalah grafik dari banyaknya energi yang diserap ( $I$  atau intensitas) versus kuat medan magnet. Proton yang lebih mudah terbalik akan menyerap energi pada  $H_0$  lebih rendah dan menimbulkan *peak* bawah-medan (*downfield*, lebih ke kiri), proton yang sukar membalik akan menyerap energi pada  $H_0$  lebih tinggi dan menimbulkan *peak* atas-medan (*upfield*, lebih ke kanan) (Fessenden dan Fessenden, 1986).

#### 2.8.4. Analisis dengan *Microelemental Analyzer*

Analisis mikroelementer merupakan salah satu analisis yang dapat digunakan untuk menentukan kemurnian sampel senyawa organotimah yang disintesis

dengan membandingkan data kadar unsur yang dihasilkan alat dengan data hasil perhitungan. Unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Alat yang biasanya digunakan untuk tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai *CHNS Microelemental Analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini selanjutnya dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Walaupun hasil yang diperoleh kerap mengalami perbedaan, namun analisis ini tetap sangat berguna untuk mengetahui kemurnian suatu sampel.

Prinsip dasar dari analisis mikroelementer yaitu sampel dibakar pada suhu tinggi. Produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang telah dimurnikan, kemudian dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, sampel yang diketahui jenisnya, dapat diperkirakan beratnya dengan menghitung setiap berat unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi. Senyawa yang telah disintesis dikatakan murni jika perbedaan hasil yang diperoleh dari mikroanalisis dibandingkan dengan perhitungan secara teori masih berkisar antara 1-2% (Caprette, 2007).

## **2.9. Bakteri**

Bakteri merupakan organisme hidup bersel tunggal, tidak memiliki klorofil, memiliki DNA dan RNA. Bakteri dapat melakukan metabolisme, tumbuh dan berkembang biak. Sebagian besar bakteri berukuran sangat kecil misalnya kokus bergaris tengah satu sehingga tidak dapat dilihat oleh mata. Lapisan terluar bakteri terdiri dari dua komponen yakni dinding sel yang kaku dan membran sitoplasma atau membran plasma, di dalam sitoplasma terdapat organel penyusun sel bakteri seperti ribosom, mesosom, granula, vakuola, dan inti sel. Sel bakteri dapat diliputi oleh lapisan berupa gel yang mudah lepas. Beberapa bakteri juga mempunyai struktur tumbuh lain seperti filamen yang menonjol keluar dari permukaan sel yaitu flagela yang berfungsi sebagai alat penggerak dan fimbria sebagai alat untuk melekatkan diri (Gupte, 1990).

Berdasarkan sifat gram yang dimilikinya bakteri terbagi atas dua jenis, yaitu :

1. Bakteri Gram negatif

Bakteri Gram negatif merupakan bakteri yang mempunyai lapisan peptidoglikan tipis pada ruang periplasmik, yaitu ruang antara membran luar dengan membran plasma bakteri. Bakteri ini tidak mampu mempertahankan warna kristal violet pada dinding selnya saat pewarnaan Gram dilakukan, karena bagian dinding selnya menyerap zat warna merah. Pewarnaan Gram sangat penting untuk mengetahui klasifikasi bakteri dan mengetahui identifikasinya (Radji, 2011). Adapun contoh dari bakteri ini adalah *S. typhosa*, *Rhizobium leguminosarum*, *Azotobacter*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Helicobacter pylori* dan *Haemophilus influenzae*.

Bakteri Gram negatif memiliki sifat patogen sehingga lebih berbahaya jika dibandingkan bakteri Gram positif. Hal ini dikarenakan membran luar di bagian dinding sel dapat melindungi bakteri tersebut, sehingga menghalangi masuknya zat antibiotik dan merupakan sistem dari pertahanan inang. Membran luar dan beberapa lapis peptidoglikan di dinding sel yang membedakan bakteri Gram negatif dan Gram positif. Lipid kovalen terkait dengan protein yang disebut lipoprotein adalah molekul yang mengikat peptidoglikan ke membran luar. Peptidoglikan ini terletak di periplasma, ruang berisi cairan yang terletak antara membran plasma dan membran luar. Dinding sel bakteri Gram negatif lebih rentan terhadap kerusakan mekanis karena memiliki peptidoglikan yang lebih tipis dibandingkan bakteri Gram positif (Wheeler, 2007).

2. Bakteri Gram positif

Bakteri Gram positif merupakan jenis bakteri yang dapat mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan Gram sehingga akan berwarna ungu jika diamati menggunakan mikroskop. Ciri-ciri dari bakteri jenis ini adalah dinding sel yang homogen dengan ketebalan 20-80 nanometer dan tersusun dari senyawa peptidoglikan. Bentuk sel dari bakteri Gram positif ini adalah batang atau berbentuk filamen dan bulat. Sistem reproduksi bakteri

Gram positif melalui pembelahan secara biner. Alat geraknya berupa flagela nonmotil maka menggunakan petritrikus. Karakteristik yang membedakan bakteri Gram positif adalah komposisi dinding selnya. Jika pada bakteri Gram positif beberapa lapisan peptidoglikan bergabung bersama membentuk struktur tebal dan kaku. Sebaliknya, bakteri Gram negatif hanya memiliki lapisan tipis peptidoglikan (Wheelis, 2007).

Perbedaan Gram positif dan Gram negatif didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel yang berbeda dan dapat dinyatakan oleh prosedur pewarnaan gram, yang ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram dan merupakan prosedur penting dalam klasifikasi bakteri (Jawetz *et al.*, 2005). Bakteri ini memiliki dinding sel yang dapat menyerap zat warna violet serta mempunyai sebuah lapisan peptidoglikan tebal, contohnya *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Arachnia*, *Bifidobacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium* dan *Eubacterium*.

## **2.10. Bakteri *Salmonella sp***

Bakteri salmonella berada pada family *Enterobacteriaceae*. Klasifikasi dari *Salmonella sp.* dapat dibagi berdasarkan spesies, subspecies dan serotipe. Genus *Salmonella* terbagi ke dalam 2 spesies yakni : *Salmonella enteric* dan *Salmonella bongori*. Spesies *Salmonella enterica* dibagi lagi menjadi 6 subspecies yaitu : subspecies *enteric* atau subspecies I; subspecies *salamae* atau subspecies II; *arizonae* atau IIIa; *diarizonae* atau IIIb; *houtenae* atau IV; *indica* atau VI (Lubi, 2015; Jorgensen, 2010; Ryan dan Ray, 2014).

Bakteri *Salmonella* bersifat motil, Gram negatif, anaerob fakultatif serta berbentuk batang. Sel terluar terdiri atas struktur lipopolisakarida kompleks (LPS) yang terbebas dari lisis sel sampai batas tertentu selama kultur. Bagian lipopolisakarida dapat berfungsi sebagai endotoksin, dan berperan penting dalam menentukan virulensi organisme. Kompleks endotoksin makromolekul ini terdiri

dari tiga komponen, mantel O-polisakarida luar, bagian tengah (inti R), dan lapisan dalam lipid A. Secara umum, organisme yang berasal dari genus *Salmonella* merupakan sumber penyebab berbagai macam infeksi, mulai dari gastroenteritis ringan sampai berat seperti demam tifoid dan bakteremia. *Salmonella* adalah agen penyebab salmonellosis yaitu penyakit endemis dan menimbulkan kerugian yang besar di Indonesia (Jawetz *et al.*, 2010). Penularan penyakit salmonellosis ini dengan cara melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi bakteri *Salmonella*, dari manusia atau hewan yang terkena salmonellosis serta dari pembawa (carrier) penyakit tersebut sebagai faktornya. Gejala-gejala penyakit salmonellosis sangat dipengaruhi oleh jenis bakteri *Salmonella*, strain mikrobial dan jumlah sel-sel bakteri yang tertelan. Wabah penyakit ini juga ditandai oleh beberapa penyakit lain seperti leukopenia, malaise, bronkitis dan pneumonia (Fardiaz *et al.*, 1981).

Morfologi bakteri *Salmonella* mempunyai ciri-ciri umum sebagai berikut: berbentuk batang atau silindris, ukurannya tergantung dari jenis bakteri (umumnya mempunyai panjang  $\pm 2 \mu\text{m} - 3 \mu\text{m}$  dan bergaris tengah  $\pm 0,3 \mu\text{m} - 0,6 \mu\text{m}$ ), tidak berspora, motil, bersifat aerob, mempunyai flagella peritrik di seluruh permukaan selnya (kecuali pada jenis bakteri *Salmonella gallinarum* dan *Salmonella pullorum*), bersifat Gram negatif berkembang biak dengan cara membelah diri. Pada temperatur kamar bakteri *Salmonella* ini dapat berkembang dengan cepat. Struktur sel bakteri *Salmonella* terdiri atas bagian inti (nukleus), sitoplasma dan dinding sel. Dinding sel bakteri ini bersifat Gram negatif, sehingga mempunyai struktur kimia yang berbeda dengan bakteri Gram positif (Bonang, 1982). Struktur dinding sel bakteri Gram negatif mengandung 3 polimer senyawa mukokompleks yang terletak di luar lapisan peptidoglikan (murein). Ketiga polimer ini terdiri dari:

1. Lipoprotein adalah senyawa protein yang mempunyai fungsi menghubungkan antara selaput luar dengan lapisan peptidoglikan (murein).
2. Selaput luar adalah merupakan selaput ganda yang mengandung senyawa fosfolipid dan sebagian besar dari senyawa fosfolipid ini terikat oleh molekul-molekul lipopolisakarida pada lapisan atasnya.

3. Lipopolisakarida adalah senyawa yang mengandung lipid yang kompleks. Molekul-molekul lipopolisakarida ini berfungsi sebagai penyusun dinding sel bakteri gram negatif yang dapat mengeluarkan sejenis racun (*toxic*) yang disebut endotoksin. Endotoksin ini dikeluarkan apabila terjadi luka pada permukaan sel bakteri gram negatif tersebut.

Bakteri *Salmonella* masuk ke dalam kelas *Schizomycetes*, karena merupakan mikroorganisme uniseluler dan tidak mempunyai klorofil sebagai pigmen untuk proses fotosintesisnya (Stewart, 1982). Berdasarkan habitatnya sebagian besar bakteri *Salmonella* hidup sebagai parasit di dalam saluran pencernaan manusia, hewan ternak dan ikan, tetapi pada ikan selain dalam saluran pencernaan juga terdapat pada insang dan permukaan kulitnya. Bakteri *Salmonella* sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan nutrisi di alam. Pada daerah tropik seperti Indonesia, bakteri ini dapat berkembang dengan cepat akan tetapi ada juga jenis bakteri *Salmonella* yang dapat hidup di perairan pada temperatur rendah yaitu *Salmonella typhimurium*. Selain itu habitat bakteri *Salmonella* di perairan pantai dan estuari umumnya dapat diisolasi dari pada perairan laut terbuka. Hal ini disebabkan karena perairan pantai dan estuari banyak mengandung material organik yang berasal dari limbah domestik atau industri sebagai sumber nutrisinya.

Pada umumnya bakteri *Salmonella* penyebarannya ke dalam ekosistem laut mendiami daerah estuaria dan pantai, tetapi kehadiran bakteri tersebut di perairan laut sangat dipengaruhi oleh faktor fisik seperti arus, gelombang dan turbulensi. Selain faktor fisik juga nutrisi dan kondisi lingkungan yang sesuai sangat mendukung kehidupannya untuk berkembang biak. Bakteri *Salmonella* ini merupakan bakteri asal darat atau air tawar yang penyebarannya ke perairan laut melalui berbagai cara antara lain aliran sungai, mikroflora perairan laut dan biota laut (WHO, 1977).

Bakteri *Salmonella* termasuk bakteri mesofilik yaitu bakteri yang dapat hidup pada suhu antara 30 sampai 37°C. Sebagian besar bakteri yang bersifat mesofilik,

temperatur optimumnya adalah 30°C. Oleh karena itu bakteri tersebut dapat hidup bebas dan bersembiosis dengan hewan yang berdarah panas. Pada umumnya hewan dan manusia merupakan makhluk berdarah panas, sehingga faktor tercemar oleh bakteri *Salmonella* dari makanan dan minuman yang terkontaminasi akan sangat berpengaruh terhadap hospesnya. Pada ikan yang telah mati temperatur sangat berpengaruh, oleh karena itu untuk menghambat bakteri laut yang patogen harus dilakukan pencegahan dengan penurunan temperatur. Pada suhu 0 sampai 1°C, laju pertumbuhan bakterial yang dapat menyebabkan pembusukan dapat dihindari, karena proses kegiatan kimiawi dan enzimatik pada ikan dapat dihambat (Ilyas, 1983).

### 2.11. Bakteri *Staphylococcus aureus*

*S. aureus* adalah bakteri Gram positif. Sel-sel berbentuk bola berdiameter 0,5 - 1,5 µm, terdapat dalam bentuk tunggal dan berpasangan dan secara khas membelah diri pada lebih dari satu bidang sehingga membentuk gerombolan yang tak teratur. Non motil, tidak diketahui adanya stadium istirahat. Dinding sel mengandung dua komponen utama yaitu peptidoglikan dan asam teikoat yang berkaitan dengannya. Metabolisme dengan respirasi dan fermentatif. Anaerob fakultatif tumbuh lebih cepat dan lebih banyak dalam keadaan aerobik suhu optimum 35 – 40 °C. Terutama berasosiasi dengan kulit, selaput lendir hewan berdarah panas. Kisaran inangnya luas banyak galur merupakan patogen potensial (Pelczar and Chan, 1986).

Adapun klasifikasi *S. aureus* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Bacteriaceae  
Filum : Firmicutes  
Kelas : Bacilli  
Ordo : Bacillales  
Famili : Staphylococcaceae  
Genus : Staphylococcus  
Species : *Staphylococcus aureus*

*S. aureus* tumbuh dengan mudah pada sebagian besar media bakteriologis dengan kondisi anaerob atau mikroaerofilik. Tumbuh paling cepat pada 37 °C, tetapi membentuk pigmen paling baik pada temperatur ruang (20-25 °C). Koloni pada media solid berbentuk bulat, halus, timbul, dan mengkilat. *S. aureus* biasanya membentuk koloni berwarna abu-abu hingga kuning emas pekat. *S. aureus* menghasilkan berbagai tingkat hemolisis (Brooks *et al.*, 2010). *S. aureus* merupakan salah satu penyebab infeksi serius. Bakteri ini menyebabkan infeksi nosokomial yang mempengaruhi aliran darah, kulit, jaringan lunak dan saluran pernapasan bagian bawah. *S. aureus* bisa mengakibatkan bakteremia terkait dengan kateter urin dan infus. Pasien rawat inap memiliki risiko tinggi terinfeksi *S. aureus* (Plata *et al.*, 2009).

## 2.12. Disinfektan

Disinfektan adalah zat kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba patogen pada benda-benda, misalnya pada lantai ruangan, meja operasi, dan sebagainya. Disinfektan adalah bahan yang digunakan untuk melaksanakan disinfeksi. Seringkali sebagai sinonim digunakan istilah antiseptik, tetapi pengertian disinfeksi dan disinfektan biasanya ditujukan terhadap benda-benda mati, seperti lantai, piring, pakaian dan benda mati lainnya (Irianto, 2007). Tindakan untuk membunuh mikroba dengan disinfektan disebut dengan desinfeksi. Hingga sekarang semakin banyak zat-zat kimia yang dipakai untuk membunuh atau untuk mengurangi jumlah organisme, dan penemuan-penemuan baru terus muncul di pasaran. Oleh karena tidak adanya bahan kimia yang ideal atau yang dapat dipergunakan untuk segala macam keperluan, maka pilihan jatuh pada bahan kimia yang mampu membunuh organisme yang ada, dalam waktu yang tersingkat dan tanpa merusak bahan yang didesinfeksi (Hasdianah, 2012).

Disinfektan dibagi dalam beberapa golongan, yaitu :

1. Golongan fenol dan turunannya

Misalnya: *phenol*, *cresol*, *hexylresorcinol*, *hexa-chlorophene*. Larutan fenol 2-5 % dipakai sebagai disinfektan pada sputum, urine, feses atau alat-alat terkontaminasi. Virus dan bakteri bentuk spora, lebih tahan lama terhadap fenol dibanding dengan bakteri bentuk vegetatif, daya germisida fenol akan berkurang pada suhu rendah dan bila ada sabun. Orang yang pertama kali menggunakan fenol (*carbolic acid*) sebagai disinfektan adalah Joseph Lister (1827-1912) seorang ahli bedah Inggris. Fenol juga dipakai sebagai disinfektan standard untuk mengukur kekuatan lainnya. Prinsip kerja fenol adalah mendenaturasikan protein.

2. Alkohol

Etil alkohol merupakan disinfektan yang paling sering dipakai untuk disinfeksi kulit, dengan kadar etil alkohol 70%. Daya kerjanya yaitu mengkoagulasikan protein dan menarik air sel.

3. Yodium

Yodium merupakan germisida tertua. Yodium kurang baik kelarutannya dalam air dan lebih baik kelarutannya dalam alkohol. Preparatnya disebut yodium preparat berupa betadin yang banyak digunakan untuk membersihkan luka dan tindakan antiseptik pada kulit sebelum pembedahan. *Betadine* terdiri atas preparat yodium dan deterjen. *Betadine* tidak menimbulkan rasa sakit sehingga lebih disukai terutama bagi anak-anak. Yodium merupakan bakterisid yang paling kuat bahkan bersifat sporisida, fungisida, dan virusida. Diduga daya kerjanya yodium berkaitan dengan protein sel.

4. Preparat klor

Preparat klor banyak dipakai untuk disinfeksi air minum, misalnya kaporit. Daya kerjanya berdasarkan proses oksidasi.

5. Logam berat dan senyawanya

$\text{CuSO}_4$  dipakai untuk disinfeksi kolam renang karena sebagai bakterisida dapat membunuh ganggang dan algae dalam larutan.

Disinfektan merupakan senyawa kimia yang mempunyai sifat bakterostatik dan bakterisidal yang digunakan untuk mencegah terjadinya infeksi atau pencemaran mikroorganisme seperti bakteri dan virus, juga untuk membunuh atau menurunkan jumlah mikroorganisme (Waluyo, 2004). Jenis disinfektan dibagi menjadi dua, yaitu disinfektan kimia dan disinfektan nabati. Senyawa kimia yang dimiliki disinfektan mempunyai daya kerja sebagai pembasmi dan penghambat pertumbuhan mikroorganisme tertentu. Tidak semua disinfektan dapat digunakan untuk membasmi semua jenis mikroorganisme. Beberapa jenis disinfektan hanya dapat digunakan untuk membasmi satu jenis mikroorganisme saja, namun ada pula yang mampu membasmi lebih dari dua jenis organisme, seperti NaOH yang mampu membunuh beberapa mikroorganisme dengan efektif.

Menurut Pelczar dan Chan (1988), Volk dan Wheeler (1984), ada beberapa faktor yang mempengaruhi kerja disinfektan antara lain konsentrasi, jumlah mikroorganisme, suhu, pH, spesies mikroorganisme, dan adanya bahan organik lain. Kriteria suatu disinfektan dikatakan ideal yaitu bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, aktivitas tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur dan kelembaban, tidak toksik pada hewan dan manusia, tidak bersifat korosif, tidak berwarna dan meninggalkan noda, tidak berbau/baunya disenangi, bersifat mudah diurai, larutan stabil, mudah digunakan dan ekonomis serta aktivitas berspektrum luas (Murtidjo, 2006).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2020 sampai dengan bulan Mei 2021 di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik dan Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer IR dilakukan di Laboratorium Instrumentasi FMIPA Terpadu Universitas Islam Indonesia. Analisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis unsur menggunakan *Microelemental Analyzer* dan analisis menggunakan Spektrometer NMR dilakukan di *Department of Chemical Sciences, National University of Malaya*. Pengujian aktivitas sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Lampung.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas dalam laboratorium, termometer, satu set alat refluks, neraca analitik, oven, desikator, *hot plate stirrer*, jarum ose, mikropipet, pipet inokulum, *laminar air flow*, inkubator, spektrofotometer IR (karakterisasi), spektrofotometer UV-Vis, spektrometer NMR dan *microelemental analyzer*.

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa difeniltimah(IV) oksida, asam 4-nitrobenzoat, asam 4-hidroksibenzoat, akuabides,

metanol *p.a.*, bakteri *Salmonella sp.*, *S. aureus*, larutan *Mc Farland*, *nutrient broth*, dan *nutrient agar*.

### 3.3. Prosedur Kerja

Prosedur untuk sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat yang digunakan dalam penelitian ini, didasarkan pada prosedur yang telah dilakukan sebelumnya (Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012) yang merupakan hasil adopsi dari prosedur yang dilakukan oleh Szorcsik *et al.* (2002).

#### 3.3.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-aminobenzoat

Sebanyak 1,0603 gram (0,003669 mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1,0054 gram (0,007339 mol) senyawa asam 4-aminobenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60-62 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Metode ini diadaptasi dari Szorcsik *et al.*, (2002). Kristal yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer NMR, analisis *microelemental analyzer*, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

#### 3.3.2. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-klorobenzoat

Sebanyak 0,9895 gram (0,0034264 mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1,0718 gram (0,006849 mol) senyawa asam 4-nitrobenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan

pada suhu 60-65 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Metode ini diadaptasi dari Szorcik (2002). Kristal yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer NMR, analisis *microelemental analyzer*, dan diuji bioaktivitasnya sebagai desinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

### **3.3.3. Pengujian Senyawa sebagai Disinfektan**

#### **3.3.3.1. Penyiapan Media Uji**

Penyiapan media uji dilakukan dengan pembuatan media kaldu nutrisi (*nutrient broth*). *Nutrient broth* dimasukkan dalam 12 tabung reaksi ukuran 20 x 150 mm, volume masing-masing dibuat 10 mL. Komposisi per liter terdiri dari pepton 10 g, ekstrak daging 5 g, dan NaCl 5 g; hingga pH akhir 6,8.

#### **3.3.3.2. Pembuatan Inokulum**

Bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus* ditanam pada agar nutrisi (*nutrient agar*) miring dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 - 48 jam. Tahap pengenceran bakteri uji adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan tabung reaksi berisi 2 mL NaCl fisiologis 0,9%.
2. Memindahkan biakan *Salmonella sp.* dan *S. aureus* ke dalam larutan NaCl dengan ose, dan setarakan kekeruhannya dengan larutan *Mc Farland III* ( $10^9$  bakteri/mL).
3. Suspensi kuman tersebut kini diperkirakan berisi  $10^9$  bakteri/mL.
4. Menyiapkan 3 buah tabung reaksi masing-masing berisi 4,5 mL NaCl fisiologis 0,9%.
5. Dipipet 0,5 mL dari suspensi bakteri sebelumnya ( $10^9$  bakteri/mL), kemudian dipindahkan ke salah satu tabung reaksi berisi 4,5 mL NaCl. Suspensi kuman kini berkonsentrasi  $10^8$  bakteri/mL.

6. Pengenceran kedua dilakukan dengan mengambil 0,5 mL dari suspensi kuman  $10^8$  dan memindahkannya ke dalam tabung berisi 4,5 NaCl yang kedua. Suspensi bakteri kini berkonsentrasi  $10^7$  bakteri/mL.
7. Pengenceran selanjutnya dilakukan dengan memindahkan 0,5 mL dari suspensi bakteri  $10^7$  ke dalam tabung berisi 4,5 mL NaCl. Suspensi kuman telah setara dengan  $10^6$  bakteri/mL.
8. Pengenceran selanjutnya dilakukan dengan memindahkan 1 mL dari suspensi bakteri  $10^6$  ke dalam tabung terakhir berisi 9 NaCl. Suspensi bakteri telah setara dengan  $10^5$  bakteri/mL. Suspensi bakteri dengan konsentrasi inilah yang akan digunakan untuk melakukan uji penelitian ini.

#### **3.3.3.4. Pembuatan Larutan Disinfektan**

Pengenceran larutan disinfektan dilakukan pada tabung steril berukuran 25 x 150 mm. Tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Timbang sebanyak 0,2725 gram senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan 0,2920 gram senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat. Kemudian larutkan masing-masing senyawa tersebut ke dalam 50 mL pelarut (metanol + DMSO 5%). Larutan ini merupakan larutan disinfektan dengan konsentrasi  $1 \times 10^{-2}$  M.
2. Siapkan 3 buah tabung steril berisi pelarut dengan volume yang berbeda-beda di dalamnya yaitu 5; 9; dan 9,5 mL, secara berurutan.
3. Lakukan pengenceran pertama dengan memipet 5 mL larutan disinfektan  $1 \times 10^{-2}$  M ke dalam 5 mL pelarut sehingga konsentrasi menjadi  $5 \times 10^{-3}$  M.
4. Pengenceran selanjutnya adalah dengan memindahkan 1 mL disinfektan  $1 \times 10^{-2}$  M ke dalam tabung berisi 9 mL pelarut. Konsentrasi disinfektan pada tabung ini adalah  $1 \times 10^{-3}$  M.
5. Pindahkan 0,5 mL disinfektan  $1 \times 10^{-2}$  M ke dalam 9,5 mL pelarut sehingga konsentrasi kini  $5 \times 10^{-4}$  M.
6. Disinfektan yang akan dipakai selanjutnya adalah yang konsentrasinya  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M. Volume masing-masing tabung adalah 5 mL.

Media, bakteri uji dan disinfektan telah disiapkan. Dengan demikian kita dapat melakukan inokulasi kuman uji dalam disinfektan dengan memperhitungkan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit secara akurat. Beri label pada 12 tabung berisi *nutrient both*, dengan menandai DES (disinfektan) yang diikuti dengan perbandingan konsentrasi dan waktu kontak, sebagai berikut : DES  $5 \times 10^{-3}$  5', DES  $5 \times 10^{-3}$  10', DES  $5 \times 10^{-3}$  15', DES  $1 \times 10^{-3}$  5', DES  $1 \times 10^{-3}$  10', DES  $1 \times 10^{-3}$  15', DES  $5 \times 10^{-4}$  5', DES  $5 \times 10^{-4}$  10', DES  $5 \times 10^{-4}$  15'.

1. Uji Disinfektan  $5 \times 10^{-3}$  M

Pipet inokulum berkonsentrasi  $10^5$  bakteri/mL sebanyak 1 mL ke dalam disinfektan  $5 \times 10^{-3}$  M. Tunggu sampai 5 menit, ambil 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung berlabel DES  $5 \times 10^{-3}$  5'. Lima menit kemudian, ambil lagi 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung DES  $5 \times 10^{-3}$  10'. Setelah lima menit kemudian, ambil 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung dengan label DES  $5 \times 10^{-3}$  15'.

2. Uji Disinfektan  $1 \times 10^{-3}$  M

Pipet inokulum berkonsentrasi  $10^5$  bakteri/mL sebanyak 1 mL ke dalam disinfektan  $1 \times 10^{-3}$  M. Tunggu sampai 5 menit, ambil 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung berlabel DES  $1 \times 10^{-3}$  5'. Lima menit kemudian, ambil lagi 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung DES  $1 \times 10^{-3}$  10'. Setelah lima menit kemudian, ambil 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung dengan label DES  $1 \times 10^{-3}$  15'.

3. Uji Disinfektan  $5 \times 10^{-4}$  M

Pipet inokulum berkonsentrasi  $10^5$  bakteri/mL sebanyak 1 mL ke dalam disinfektan  $5 \times 10^{-4}$  M. Tunggu sampai 5 menit, ambil 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung berlabel DES  $5 \times 10^{-4}$  5'. Lima menit kemudian, ambil lagi 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung DES  $5 \times 10^{-4}$  10'. Setelah lima menit kemudian, ambil 2 ose dari campuran tersebut ke dalam tabung dengan label DES  $5 \times 10^{-4}$  15'.

Lautan-larutan uji tersebut kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm untuk mengukur OD (*optical density*) larutan uji tersebut. Setelah itu, tabung-tabung reaksi uji diinkubasi di dalam

inkubator pada suhu 37°C selama 24 - 48 jam. Diamati ada tidaknya pertumbuhan bakteri pada setiap tabung.

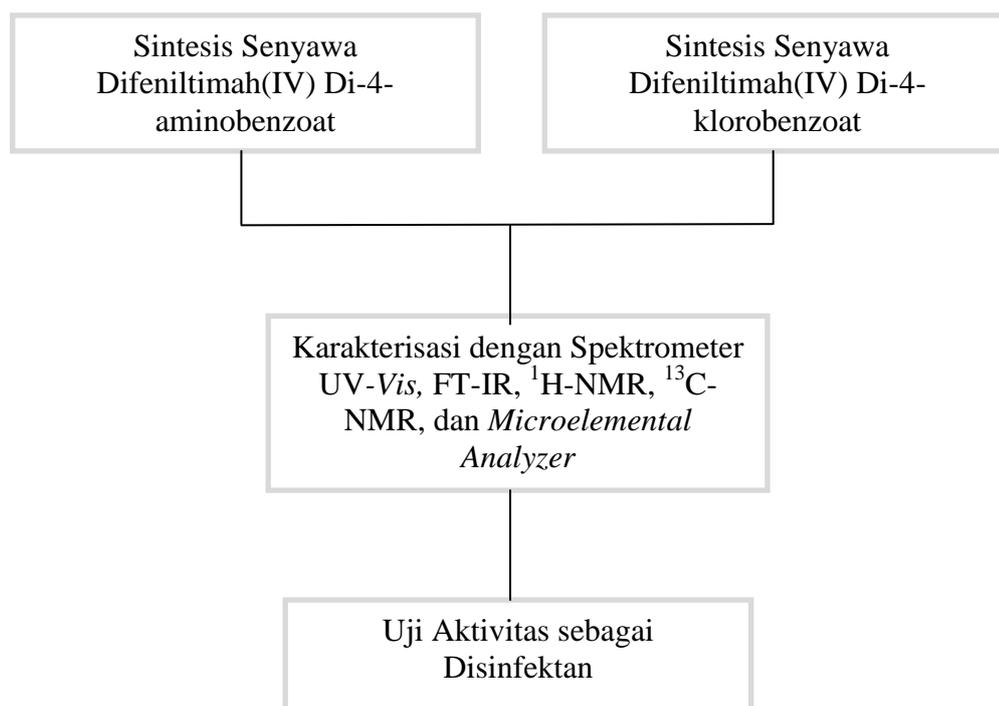
Pengamatan cara inokulasi kuman ke dalam disinfektan.

(+) keruh : ada pertumbuhan

(-) jernih : tidak ada pertumbuhan

Metode ini diadaptasi dari Jawetz *et al.*, (2005) dan Lawrence (1980). Larutan hasil uji yang telah diinkubasi kemudian dianalisis kembali menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk melihat OD setelah inkubasi.

Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini :



**Gambar 4.** Diagram alir penelitian

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat berupa padatan berwarna putih dengan persentase rendemen masing-masing sebesar 79,06 % dan 92,49 %.
2. Hasil karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer IR terdapat serapan untuk senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat berturut-turut adalah  $1527,67\text{ cm}^{-1}$  dan  $1641,09\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan bahwa dalam senyawa tersebut terdapat gugus karbonil yang berasal dari ligan asam 4-aminobenzoat dan asam 4-klorobenzoat. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis terdapat transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  dan  $n \rightarrow \pi^*$  untuk senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat yaitu pada  $\lambda_{\text{maks}}$  204,00 dan 275,00, untuk senyawa difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat yaitu pada  $\lambda_{\text{maks}}$  204,00 dan 289,00 nm. Hasil karakterisasi NMR menunjukkan adanya pergeseran kimia  $^{13}\text{C}$  yang khas yaitu karbon pada karbonil 163,89 ppm untuk difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan 164,69 ppm untuk difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat.
3. Senyawa hasil sintesis telah diuji kemurniannya dengan menggunakan karakterisasi IR, UV-Vis, NMR dan *Microelemental Analyzer* yang menunjukkan senyawa hasil sintesis telah murni.
4. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp*, kedua senyawa tersebut memiliki aktivitas

sebagai disinfektan yang efektif, dibandingkan dengan *Wipol* (disinfektan yang berada di pasaran) ditandai dengan penurunan absorbansi yang lebih besar dibandingkan dengan penurunan absorbansi dari *Wipol*.

5. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan, nilai KHM (Konsentrasi Hambat Minimal) dari kedua senyawa uji terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.*, yaitu  $5 \times 10^{-4}$  M. Waktu kontak yang paling efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri uji adalah 15 menit.

## 5.2. Saran

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

1. Melakukan rekristalisasi dan pengujian titik leleh pada senyawa hasil sintesis untuk mengetahui kemurnian senyawa yang dihasilkan.
2. Melakukan tiga kali replikasi pada pengujian bioaktivitas sebagai disinfektan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan melakukan penentuan KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum), sehingga dapat dipastikan disinfektan yang dihasilkan bersifat bakteriostatik atau bakterisidal terhadap mikroorganisme uji.
3. Melakukan uji bioaktivitas disinfektan terhadap mikroorganisme yang lain.
4. Melakukan uji bioaktivitas disinfektan menggunakan senyawa turunan organotimah(IV) yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abel, E.W., Wilkinson, G., and Stone, F. G. A. 2002. *Comprehensive Organometallic Chemistry II*. Pergamon Press. International Tin Research Institute. Publication UK.
- Affan, M.A., Foo, S.W., Jusoh, I., Hanapi, S., and Tiekink, E.R.T. 2009. Synthesis, Characterization and Biological Studies of Organotin(IV) Complexes with Hydrazone Ligand. *Inorg. Chim. Acta.* 362(7): 5031-5037.
- Ahmed, M. H., Bhatti, A., Badshah, M., and Khan, K.M. 2002. Synthesis, Spectroscopic Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivatives of 2-(N-maleoyl)-3- Phenylpropanoic Acid. *Synth. React. Inorg. Met. Org. Chem.* 32 (8): 1521-1536.
- Alama, A., B. Tasso, Novelli, F., and Sparatore, F. 2009. Organometallic Compounds in Oncology: Implications of Novel Organotins as Antitumor Agents. *Drugs. Discov. Today.* 14: 500–508.
- Amala, S. and Ejikema, I. 2015. Bacteria Associated with the Mobile Phones of Medical Personnel. *AM. J. Biomed. Sci.* 7:26-32.
- Aminollah. 2016. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Patogen Escherichia coli dan Salmonella sp pada Kotoran Kelelawar di Gua Pongangan Gresik dan Gudang Gula Bojonegoro Jawa Timur*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Amir, M.K, Khan, Rehman, Z.U., Shah, A., and Butler, I.S. 2014. Anticancer Activity of Organotin(IV) Carboxylates. *Inorg. Chim. Acta.* 32(1): 1-12.
- Annissa., Hadi, S., Suhartati, T., and Yandri. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chlorobenzoate Against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Orient. J. Chem.* 33(3): 1133-1139.
- Arpan, S.N. 2013. Sintesis dan Karakterisasi serta Uji Pendahuluan Aktivitas Antikanker Beberapa Senyawa Organotin(IV) 4-nitrobenzoat terhadap Sel Leukemia L-1210. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, LLC. France.
- Blunden, S.J. and Hill, R. 1990. Bis(tributyltin) Oxide as a Wood Preservative: Its Conversion to Tributyltin Carboxylates in *Pinus sylvestris*. *Appl. Organomet. Chem.* 4: 63-68.
- Bonang, G. 1982. *Mikrobiologi untuk Profesi Kedokteran 14 eds*. EGC. Jakarta.
- Bonire, J.J., Ayoko, G.A., Olurinola, P.F., Ehinmidu, J.O., Jalil, N.S.N., and Omachi, A.A. 1998. Synthesis and Antifungal Activity of Some Organotin(IV) Carboxylates. *Met. Based. Drugs.* 5(4): 233-236.
- Broker, C. 2009. *Ensiklopedia Keperawatan*. Alih bahasa Andry H dkk editor bahasa Indonesia Estu Tiar. EGC. Jakarta.
- Brooks, G.F., Karen, C.C., Janet, S.B., Stephen, A.M., dan Timothy, A.M. 2010. *Mikrobiologi Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides. Rice University.
- Cita, Y.P. 2011. Bakteri Salmonella typhi dan Demam Tifoid. *Jurnal Kesehatan Masyarakat.* 6(1): 42-46.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., and Eaton, A.D. 1998. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 20th Ed.* APHA. Washington DC.
- Colipa. 2006. *Scientific Committee Consumer Products Opinion on 4-Aminobenzoic acid (PABA)*. European Commission. Eropa.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C.A., and Bochmann, M. 1989. *Advanced Inorganic Chemistry, 6th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Cotton, F.A. dan Wilkinson, G. 2007. *Kimia Anorganik Dasar*. Alih bahasa oleh : S. Suharto. UI Press. Jakarta.
- Dainith. 1990. *Kamus Lengkap Kimia (Oxford)*. Erlangga. Jakarta.
- Davies, A.G. 2004. *Organotin Chemistry*. VCH Weinheim. Germany.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Elianasari dan Hadi, S. 2012. Aktivitas in Vitro dan Studi Perbandingan Beberapa Senyawa Organotin(IV) 4-Hidroksibenzoat terhadap Sel Kanker Leukemia, L-1210. *J. Sains MIPA.* 18(1):23-28.

- Fardiaz, S., Betty, S., dan Jenie, L. 1981. *Masalah Keamanan Pangan dalam Hubungannya dengan Mikrobiologi Veterineri*. Kumpulan Makalah Kongres Nasional Mikrobiologi ke III Jakarta.
- Fardiaz, S. 1989. *Mikrobiologi Pangan*. PAU Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fessenden, J. dan Fessenden, R. 1986. *Kimia Organik Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Greenwood, N.N. and A. Earnshaw. 1990. *Chemie der Elemente*. Willey VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim.
- Gielen, M., Biesemans, M., Vos, D., and Willem, R. 2003. Synthesis, Characterization and In Vitro Antitumor Activity of Di- and Triorganotin of Polyoxa- and Biologically Relevant Carboxylic Acids. *J. Inorg. Biochem.* 9: 139-145.
- Gleeson, B., Claffey, J., Ertler, D., Hogan, M., Muller-Bunz, H., Paradisi, F., Wallis, D., and Tacke, M. 2008. Novel Organotin Antibacterial and Anticancer Drug. *Polyhedron*. 27: 3619-3624.
- Greenwood, N.N. and A. Earnshaw, A. 1990. *Chemistry of Elements, 2<sup>nd</sup> Edition*. Pergamon Press. Tokyo.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Diterjemahkan oleh Julius E.S. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Hadi, A. G., Jawad, K., Ahmed, D.S., and Yousif, E. 2019. Synthesis and Biological Activities of Organotin(IV) Carboxylates. *J. Organomet. Chem.* 10(1): 26–31.
- Hadi, S., Irawan, B., and Efri. 2008. The Antifungal Activity Test Of Some Organotin(IV) Carboxylates. *J. Appl. Sci. Res.* 4 (11): 1521-1525.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and In Vitro Anticancer Activity of some Organotin(IV) Benzoate Compounds. *Orient. J. Chem.* 26 (3): 775-779.
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. In Vitro Activity and Comparative Studies of Some Organotin(IV) benzoat Compounds. *Indonesian J. Chem.* 12 (1): 172-177.
- Hadi, S., Afriyani, H., Anggraini, W.D., Qudus, H.I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and Potency Study of Some Dibutyl(IV) Dinitrobenzoat Compounds as Corrosion Inhibitor for Mild Steel HRP in DMSO-HCl Solution. *Asian J. Chem.* 27 (4): 1509-1512.
- Hadi, S., dan Afriyani, H. 2017. Studi Perbandingan Sintesis dan Karakterisasi Dua Senyawa Organotin(IV) 3-Hidroksibenzoat. *Alkimia*. 1(1): 26-31.

- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany, Suhartati, T., and Yandri. 2018. Antibacterial Activity Test of Diphenyltin(IV) Dibenzoate and Triphenyltin(IV) Benzoate Compounds Against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian J Microbiol. Biotechnol. Environ. Sci.* 20(1): 113-119.
- Hadi, S., Noviany, and Rilyanti, M. 2018. In Vitro Antimalarial Activity of some Organotin(IV) 2-nitrobenzoate Compounds Against *Plasmodium falciparum*. *Maced. J. Chem. Chem. Eng.* 37(2): 185-191.
- Hadi, S., Fenska, M.D., Wijaya, R.A., Noviany, and Suhartati, T. 2020. Antimalarial Activity of Some Organotin(IV) Chlorobenzoate Compounds Against *Plasmodium falciparum*. *Mediterr. J. Chem.* 10(3): 213-219.
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, T., Qudus, H.I., Rilyanti, M., Herasari, D., and Yandri. 2021. Synthesis and Comparative study on the antibacterial activity Organotin(IV) 3-hydrobenzoate compounds. *Pure Appl. Chem.* 93(5): 623-628.
- Harjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Hasdianah. 2012. *Mikrobiologi, untuk Mahasiswa Kebidanan, Keperawatan, dan Kesehatan Masyarakat*. Nuha Medika. Yogyakarta.
- Ibrahim, M. 2007. *Mikrobiologi: Prinsip dan Aplikasi*. Unesa University Press. Surabaya.
- Ilyas, S. 1983. *Teknologi refrigerasi hasil perikanan jilid I*. Teknik Pendinginan Ikan. Paripurna. Jakarta.
- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. CV Yrama Widya. Bandung.
- Javed, F., Sirajuddin, M., Ali, S., Khalid, N., Nawaz, M., and Rashid, M. 2016. Organotin ( IV ) Derivatives of O -Isobutyl Carbodithioate : Synthesis , Spectroscopic Characterization, X-ray Structure , HOMO / LUMO and In vitro Biological Activities. *Polyhedron*. 104: 80–90.
- Jawetz, E., Melnick, L.J., dan Adelberg, A.E. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, L.J., dan Adelberg, A.E. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran. Diterjemahkan oleh Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga*. Salemba Medika. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, L.J., dan Adelberg, A.E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3*. Alih Bahasa : Huriwati Hartanto dkk. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

- Jorgensen, J.H., Jawetz, E., Melnick, L.J., and Adelbeg, A.E. 2010. *Medical Microbiology 25th edition Chapter 15*. McGraw Hill Companies. New York.
- Kang, W., Wu, X., and Huang, J. 2009. Synthesis, Crystal Structure and Biological Activities of Four Novel Tetranuclear Di-Organotin(IV) Carboxylates. *J. Organomet. Chem.* 694: 2402-2408.
- Kristianingrum, S. 2014. *Spektroskopi Resonansi Magnetik Inti (NMR)*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Kurniasih, Afriyani, H., Hadi, S., Qudus, H.I., Nurissalam, M., and Iswanto, B. 2015. The Synthesis, Characterization and Comparative Anticorrosion Study of Some Organotin(IV) 4-Chlorobenzoate. *Orient. J. Chem.* 31: 2377-2383.
- Lawrence, G. 1980. *Health Education: A Diagnosis Approach* Mayfield Publishing. Co. The John Hopkins University.
- Lestari, D. 2014. Pengaruh Desinfektan Terhadap Kualitas Air Minum yang Bersumber Dari Sungai Kahayan Di Desa Mintin Kabupaten Pulang Pisau. (Tesis). IAIN Palangka Raya. Palangkaraya.
- Lubi, P.A.H. 2015. *Identifikasi Bakteri Escherichia coli serta Salmonella sp. yang Diisolasi dari Soto Ayam*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Mahmood, S.S., Ali, M.H., Bhatti, M., Mazhar, R., and Iqbal, R. 2003. Synthesis, Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivatives of 2-(2-Fluoro-4-biphenyl) Propanoic Acid. *Turk. J. Chem.* 27: 657666.
- Maiti, A., Guha, A.K., and Ghosh, S. 1988. Ligational Behavior of Two Biologically Actives N-S Donors Toward Oxovanadium(IV) Ion and Potentiation of Their Antibacterial Activities by Chelation. *J. Inorg. Biochem.* 33: 57-65.
- Manav, N., Ghandhi, N., and Kaushik, N.K. 2000. Some Tribenzyl Tin(IV) Complexes with Thio Hydrazide and Thiodiamines. Synthesis, Characterization and Thermal Studies. *J. Therm. Anal. Calorim.* 61: 127-134.
- Mohan, M., Agarwal, A., and Jha, N.K. 1988. Synthesis, Characterization, and Antitumor Properties of Some Metal Complexes of 2,6-diacetylpyridine bis(N<sub>4</sub>- azacyclic thiosemicarbazones). *J. Inorg. Biochem.* 34: 41-54.
- Murtidjo, B. A. 2006. *Pengendalian Hama dan Penyakit Ayam*. Kanisius. Yogyakarta.

- Nopiyanti, H.T., Agustriana, F., Isnaini dan Melki. 2016. Skrining *Nypa fruticans* sebagai Antibakteri *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *J. Maspari*. 8(2):83-90.
- Nugroho, R.S. 2015. Sintesis dan Karakterisasi serta Uji Pendahuluan Aktivitas Antikanker Beberapa Senyawa Organotimah(IV) Asetilsalisilat terhadap Sel Leukemia L-1210 (Tesis). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Pelczar, M. J. and Chan, E.C.S. 1986. *Dasar-dasar mikrobiologi 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pelczar, M. J. and Chan, E.C.S. 1988. *Element of Microbiology*. International Study Edition. Mc. Graw Hill Book Company.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin(IV)<sup>n+</sup> Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Structural Studies, and Some Biological Aspects. *Coord. Chem. Rev.* 224: 111 – 150.
- Plata, K., Adriana, E.R., and Wegrzyn, G. 2009. *Staphylococcus aureus* as an infection agent: overview of biochemistry and molecular genetics of its pathogenicity. *Acta. Biochim. Pol.* 56(4):597-612.
- Potter, P. dan Perry, A.G. 2005. *Buku Ajar Fundamental Keperawatan: Konsep, Proses dan Praktek. Edisi ke-4*. EGC. Jakarta.
- Purnomo, W.F. 2008. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat: Trimetilimah N-maleoilglisinat. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi. Buku Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Rastogi, R.B., Singh, M.M., Singh, K., and Yadav, M. 2005. Organotin Dithiohydrazodicarbonamides as Corrosion Inhibitors for Mild Steel Dimethyl Sulfoxide Containing HCl. *Port. Electrochim. Acta.* 22: 315–332.
- Rastogi, R.B., Singh, M.M., Singh, K., and Yadav, M. 2011. Organotin Dithiobiurets as Corrosion Inhibitors for Mild Steel-Dimethyl Sulfoxide Containing Hcl. *Afr. J. Pure. Appl. Chem.* 5(2): 19-33.
- Ruan, B., Tian, Y., Zhou, H., Wu, J., Hu, R., Zhu, C., Yang, J., and Zhu, H. 2011. Synthesis, Characterization, and In Vitro Antitumor Activity Of Three Organotin(IV) Complexes With Carbazole Ligand. *Inorg. Chim. Acta.* 365: 302-308.

- Ryan, K.J. and Ray, C.G. 2014. *Sherris Medical Microbiology 6th edition*. McGraw-Hill. p. New York.
- Salam, M. A., Hussein, M.A., Ramli, I., and Islam, S. 2016. Synthesis, Structural Characterization, and Evaluation of Biological Activity of Organotin(IV) Complexes with 2-hydroxy-5-methoxybenzaldehyde-N(4)-methylthiosemicarbazone. *J. Organomet. Chem.* 813: 71–77.
- Samsuar., Simanjuntak, W., Qudus, H.I., Yandri., Herasari, D., and Hadi, S. 2021. In Vitro Antimicrobial Activity Study of Some Organotin(IV) Chlorobenzoates against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia Coli*. *J. Adv. Pharm. Technol. Res.* 2: 17-22.
- Sari, M.D.F. 2015. Sintesis, Karakterisasi serta Uji Pendahuluan Aktivitas Antikanker Beberapa Senyawa Organotin(IV) benzoat terhadap Sel Leukemia L-1210 (Tesis). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sastrohamidjojo, H. 1988. *Spektroskopi Inframerah*. Liberty. Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H. 2007. *Spektroskopi. Edisi Ketiga*. Liberty. Yogyakarta.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Shaffer, J.G. 1965. *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. University of Michigan, School of Public health. Arbor.
- Singh, N. K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. In Vitro and In Vivo Antitumor Studies Of a New Thiosemicarbazide Derivative and Its Complexes with 3d-metal Ions. *Transit. Met. Chem.* 25; 133-140.
- Singh, R., Chaudary, P., and Khausik, N.K. 2010. A Review: Organotin Compounds in Corrosion Inhibition. *Rev. Inorg. Chem. Appl. Chem.* 5(2): 19-33.
- Stewart. 1982. *Bigger's Handbook of Bacteriology. 8th ed.* The Williams and Wilkins Company. Baltimore.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Sudjadi. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri uv-vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. CV. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.
- Svehla, G. 1985. *Vogel: Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Diterjemahkan oleh Setiono dan A.H. Pudjaatmaka. PT Kalman Media Pustaka. Jakarta.

- Szorcik, A., Nagy, L., Pellerito, L., Yamaguchi, T., and Yoshida, K. 2002. Preparation and Structural Studies of Organotin(IV) Complexes Formed with Organic Carboxylic Acids. *J. Rad. Nucl. Chem.* 256 (1): 3-10.
- Tayer, J. 1988. *Organometallic Chemistry and Overview*. VCH Publisher Inc. United States.
- UNICEF. 2012. *Ringkasan Kajian Kesehatan Ibu dan Anak*. UNICEF Indonesia. Jakarta.
- Van Der Weij, F.W. 1981. Kinetics and Mechanism of Urethane Formation Catalysed by Organotin Compound. *J. Sci. A. Polym. Chem.* 19 (2): 381-388.
- Volk, W. A. and Wheeler, M.E. 1984. *Basic Microbiology. 5th edition*. Harper and Row Publishers, Inc. United States.
- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum Edisi Pertama*. UMM Press. Malang.
- Wheeler, M.L. 2007. *Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eukarya*. Proceedings of the National Academy of Sciences. USA.
- WHO. 1977. *Guidelines for Health Related Monitoring of Coastal Water Quality*. W.H.O. Regional office for Europe. Copenhagen.
- WHO. 2016. *Global Report On Diabetes*. World Health Organization. France.
- Wu, X., Kang, W., Zhu, D., Zhu, C., and Liu, S. 2009. Synthesis, Crystal Structure and Biological Activities of Two Novel Organotin(IV) Complexes Constructed from 12-(methylbenzoyl)-9,10-dihydro-9,10-ethanoanthracene- II-Carboxylic Acid. *J. Organomet. Chem.* 694: 2981-2986.
- Zhang, X., Dai, H., Yan, H., Zou, W., and Cremer, D. 2016. B-H  $\pi$  Interaction: A New Type of Nonclassical Hydrogen Bonding. *J. Am. Chem. Soc.* 136: 4334-4337.