

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI
SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-AMINO BENZOAT DAN
DIBUTILTIMAH(IV) DI-4-AMINO BENZOAT TERHADAP BAKTERI
Bacillus subtilis DAN *Pseudomonas aeruginosa***

(Skripsi)

Oleh

HANI MARYULI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST OF BUTYLTIN(IV) DI-3-AMINO BENZOATE AND DIBUTYLTIN(IV) DI-4-AMINO BENZOATE TO BACTERIA *Bacillus subtilis* AND *Pseudomonas aeruginosa*

By

HANI MARYULI

Bacteria are one of the most frequent contributors to infectious diseases in Indonesia. Various attempts are continued to be done, including by doing the research and development associated with metal-based medicine as an antibacterial agent, for instance organotin(IV) aminobenzoate complex. Furthermore, the goals of this research were to get the dibutyltin(IV) di-3-aminobenzoate dan dibutyltin(IV) di-4-aminobenzoate and to examine the effectivity of both compounds. In this research, the synthesis by reacting the dibutyltin(IV) oxide as a precursor with aminobenzoate acid ligands has been done successfully.. Afterwards, the synthesized compounds were characterized using IR spectrophotometer, UV-Vis spectrophotometer, ¹H and ¹³C-NMR spectrometer as well as microelemental analyzers. The synthesized compounds produced brownish yellow-coloured and white-coloured powders with a consecutive yield percent value of 89,26 and 96,48 %. respectively. The subsequent synthesis of the compounds was conducted antibacterial test. The result of antibacterial activity test showed that the best antibacterial activity to the *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* was only shown by the dibutyltin(IV) di-3-aminobenzoate compound with a concentration of 250 ppm and results in the dilution test the dibutyltin (IV) di-3-aminobenzoate compound had the best antibacterial activity at volume 2,0 mL to *Bacillus subtilis* and 2.5 mL to *Pseudomonas aeruginosa*.

Keywords: dibutyltin (IV) di-3-aminobenzoate, dibutyltin (IV) di-4-aminobenzoate, antibacterial, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*

ABSTRAK

SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-AMINOBENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-4-AMINOBENZOAT TERHADAP BAKTERI *Bacillus subtilis* DAN *Pseudomonas aeruginosa*

Oleh

HANI MARYULI

Bakteri merupakan salah satu kontributor penyebab penyakit infeksi yang paling sering terjadi di Indonesia. Berbagai upaya terus dilakukan untuk menanganinya, termasuk salah satunya dengan melakukan penelitian terhadap obat-obatan potensial berbasis logam sebagai agen antibakteri seperti senyawa kompleks organotimah(IV) aminobenzoat. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat serta menguji aktivitas antibakteri kedua senyawa tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara mereaksikan senyawa dibutiltimah(IV) oksida dengan asam 3-aminobenzoat dan asam 4-aminobenzoat. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer IR, UV-Vis, spektrometer ¹H dan ¹³C-NMR serta analisis mikroelemen. Produk hasil sintesis berturut-turut berupa serbuk berwarna kuning kecokelatan dan serbuk berwarna putih dengan nilai persen rendemen berturut-turut sebesar 89,26 % dan 96,48 %. Senyawa hasil sintesis selanjutnya digunakan untuk diuji aktivitas antibakterinya. Hasil uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi diperoleh hasil bahwa aktivitas antibakteri terbaik terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* hanya ditunjukkan oleh senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dengan konsentrasi 250 ppm serta pada hasil uji dilusi senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat memiliki aktivitas antibakteri terbaik pada volume 2,0 mL terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan 2,5 mL terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

Kata Kunci : dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat, dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat, antibakteri, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*

**SINTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI
SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-AMINO BENZOAT DAN
DIBUTILTIMAH(IV) DI-4-AMINO BENZOAT TERHADAP BAKTERI
Bacillus subtilis DAN *Pseudomonas aeruginosa***

Oleh

HANI MARYULI

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
2019**

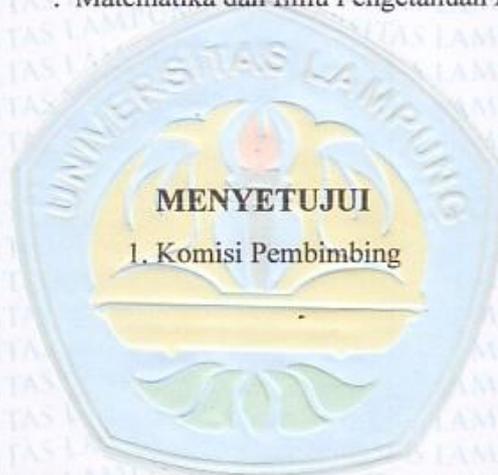
Judul Skripsi : **SISTESIS, KARAKTERISASI, DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) DI-3-AMINO BENZOAT DAN DIBUTILTIMAH(IV) DI-4-AMINO BENZOAT TERHADAP BAKTERI *Bacillus subtilis* DAN *Pseudomonas aeruginosa***

Nama Mahasiswa : **Hani Maryuli**

No. Pokok Mahasiswa : 1517011023

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Dr. Mita Rilyanti, M.Si.
NIP 19720530 200003 2 001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

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

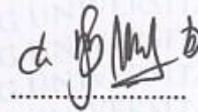
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

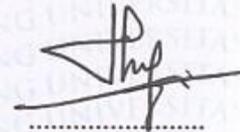
Ketua : **Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D.**



Sekretaris : **Dr. Mita Rilyanti, M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Syaiful Bahri, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Drs. Suratman, M.Sc.

NIP 19640604 199003 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **26 November 2019**

PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Hani Maryuli**
NPM : **1517011023**
Jurusan : **Kimia**
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**
Perguruan Tinggi : **Universitas Lampung**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul :

“Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Dibutyltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan Dibutyltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap Bakteri *Bacillus Subtilis* dan *Pseudomonas Aeruginosa*”

Adalah hasil pekerjaan saya sendiri, baik gagasan, metode, maupun hasil. Selanjutnya saya juga tidak keberatan apabila sebagian/seluruh data dalam skripsi saya digunakan oleh Dosen/program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

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

Bandar Lampung, 9 Desember 2019

Yang Menyatakan



Hani Maryuli
NPM. 1517011023

RIWAYAT HIDUP



HANI MARYULI dilahirkan di Gedung Aji Baru pada tanggal 29 September 1997 merupakan anak pertama dari empat bersaudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Hasim dan Ibu Rosmiati. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 4 Kibang Budi Jaya pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Lambu Kibang pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Pagar Dewa pada tahun 2015.

Penulis diterima di Jurusan S1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2015. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan organisasi. Kegiatan organisasi yang pernah diikuti penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) FMIPA Universitas Lampung sebagai Kader Muda Himaki pada tahun 2015-2016 dan anggota Bidang KPO tahun 2016-2017 serta Anggota Muda Rois FMIPA sebagai anggota Bidang Kestari tahun 2016-2017.

Penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Anorganik II pada tahun 2019. Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan dengan judul Sintesis dan Karakterisasi, Senyawa Dibutyltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan Dibutyltimah(IV)

di-4-aminobenzoat sebagai Senyawa Antibakteri di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Terang Makmur, Kecamatan Gunung Terang,, Kabupaten Tulang Baang Barat, Lampung, pada Juli-Agustus 2018.

MOTTO

".....dan tiada sehelai daun pun yang gugur melainkan Dia mengetahuinya (pula)...."
(al-An'aam: 59)

"Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu."
(Ibrahim : 7)

"Doa seorang Muslim untuk saudaranya yang tidak berada di hadapannya akan dikabulkan oleh Allah. Di atas kepala orang Muslim yang berdoa tersebut terdapat seorang malaikat yang ditugasi menjaganya. Setiap kali orang Muslim itu mendoakan kebaikan bagi saudaranya, niscaya malaikat yang menjaganya berkata, "Aamiin" (semoga Allah mengabulkan) dan bagimu hal yang serupa."
(HR. Muslim)

*"Selalu **"Berkerja Keras"** dan menjadi pribadi yang **"Baik Hati"**, maka hal-hal luar biasa akan selalu datang pada diriku"*
-Hani Maryuli

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap Alhamdulillahilalamin kepada Allah Subhanahu Wa Ta'alla yang senantiasa selalu melimpahkan rahmat dan ridho-Nya dalam setiap langkah, semoga ilmu, wawasan, dan keberhasilan ini dapat di amalkan dengan baik serta pada tempatnya.

Aku persembahkan karya kecilku ini sebagai tanda cinta, kasih sayang, hormat dan baktiku terhadap kedua malaikat dalam hidupku :

Ibundaku & Ayahandaku tercinta

*yang telah menjadi sumber kekuatan bagiku, keringat yang selalu menjadi saksi akan perjuangannya untukku, bahkan rasa lelah dan sakitmu tidak lagi terasa terkalahkan oleh rasa sayang dan ketulusan yang begitu besar untukku..
Pade dan Made, lewat karya ini ananda ingin berterima kasih atas segala cinta, kesabaran, pengorbanan, kasih sayang serta ketulusan dan atas setiap untaian Do'a dalam setiap sujudmu mendo'akanku.*

Rasa hormat saya kepada :

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

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

Adik-adikku tersayang : Madiriansyah, Tri Rahma Dayanti, dan Abid Aufo Rais yang selalu menjadi sumber semangat bagi Ohti.

Keluarga besarku, Bani, dan teman-teman yang senantiasa memberikan semangat dan bantuan untukku, selalu mengajarkan aku tentang arti kehidupan.

Serta

Almamaterku Tercinta

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'alamiin. Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanallahu wa ta'ala, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan nikmat serta rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul ” **Sintesis, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Dibutyltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan Dibutyltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap Bakteri *Bacillus Subtilis* dan *Pseudomonas Aeruginosa***”. Sholawat serta salam tak lupa juga penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad Salallahu ‘alaihi wasallam, keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa taat mengamalkan ajaran dan sunnahnya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

Penulis dengan hormat dan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, bantuan, nasihat, motivasi, kritik, saran, keikhlasan, kesabaran, dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan bapak dengan surga firdaus.

2. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, atas segala pelajaran berharga, gagasan, nasehat, bimbingan, kesabaran, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam perencanaan dan penyelesaian penelitian serta skripsi ini hingga penulis bisa banyak berbenah diri menjadi pribadi yang lebih teliti dan fokus dalam segala hal. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan ibu dengan surga firdaus.
3. Bapak Syaiful Bahri, M.Si., selaku Pembahas atas segala pertanyaan-pertanyaan yang sangat teliti yang mampu membangun penulis untuk lebih giat lagi dalam belajar, serta gagasan, nasehat, bimbingan, kesabaran, ketulusan, dan keikhlasan bapak. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan bapak dengan surga firdaus.
4. Ibu Dr. Ni Luh Gede Ratna J., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas segala pelajaran berharga, gagasan, nasehat, bimbingan, kesabaran, dan ilmu yang bermanfaat kepada penulis dalam perencanaan dan penyelesaian pendidikan di kampus. Semoga Allah SWT senantiasa membalas semua kebaikan ibu dengan surga firdaus.
5. Bapak Drs. Suratman, M.Si. selaku dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng Suropto Dw Yuwono., M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila, terimakasih atas seluruh ilmu, pengalaman, dan motivasi yang telah diberikan selama perkuliahan. Semoga Allah SWT senantiasa membalasnya.

8. Mbak Liza Apliliya S, S.Si. selaku laboran Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik yang sangat baik, dan Pak gani selaku staf administrasi jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas segala masukan dan bantuannya kepada penulis.
9. Bapak, Ibu guru dari SD, SMP, dan SMA yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan, pendidikan akhlak serta pengalaman kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.
10. Pade dan Made selaku orang tua penulis yang sangat penulis cintai yang telah memberikan dukungan dan doa yang tiada hentinya, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Allah Subhanallahu wa ta'ala senantiasanya melimpahkan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya serta selalu diberi petunjuk dan perlindungan, serta senantiasanya membalas semua kebaikan dengan surga firdaus.
11. Adik-adikku tersayang, Kanda Madiriansyah, Teteh Rahma, Abang Abid, yang selalu menjadi sumber semangat bagi penulis semoga Allah selalu menjaga kalian agar selalu berada di jalan yang Allah ridhoi, semoga kalian dapat lebih sukses dari kakakmu ini, di dunia dan di akhirat.
12. Terkhusus Deri Grafis Syah Putra yang selalu sabar dan setia menemani penulis, memberikan semangat, bantuan, motivasi, dan sabar mendengar keluh kesah penulis selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik, semoga Allah Subhanallahu wa ta'ala senantiasanya melimpahkan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya serta selalu diberi petunjuk dan perlindungan.

13. Rekan penelitian Rama Aji Wijaya, Mona Dwi Fenska, Sri Lestari dan Asti Dwi Rimawanti yang selalu menemani menyelesaikan penelitian dan menulis skripsi, semoga Allah memberikan kesehatan dan kemudahan.
14. Kakak-kakak bimbinganku Widia Sari, Deni Diora, Bayu Andani, dan Dira Fauzi Ridwan yang selalu membantu, memberi nasihat dan semangat kepada penulis. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kakak-kakak selama ini.
15. Adik-adik bimbinganku Cindy, Fatia, dan Ulfi atas segala dukungan dan bantuannya selama ini, semoga kalian dipermudah dalam menyelesaikan kuliah, penelitian dan skripsinya.
16. Teman baikku, Wiwin Indrianti atas segala kebersamaan, bantuan, semangat dan motivasi selama penulis kuliah di jurusan Kimia sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan S1 dengan baik, dan telah menjadi satu-satunya teman yang tetap setia menemani meskipun dalam kondisi sedang tidak ada satupun teman yang bersedia di samping penulis. Semoga dirimu tetap menjadi pribadi yang seperti dulu aku kenal.
17. Tri Handayani Suryaningsih dan Miranda Sari atas segala bantuannya selama penulis mengurus keperluan seminar dan berkas-berkas wisuda, semoga Allah Subhanallahu wa ta'ala membalas dengan kebaikan.
18. Muhammad Tri Jatmiko, Yarti Andayani, Dias Anggraini, Fitri Nuraini, Rizki Gilang Gumelar, Miranda Sari, Yumainismar, Desy Nurjannah, Ade Rika Nuralita dan rekan-rekan kimia angkatan 2015 yang tidak bisa penulis sebutkan seluruhnya, penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan dan

dukungannya, semoga Allah Subhanallahu wa ta'ala membalas dengan kebaikan.

19. Senior dan juniorku Kimia angkatan 2013, 2014, 2016, 2017, dan 2018 atas segala kebaikan dan bantuan kepada penulis.
20. Rekan-rekan Tim KKN Tiyuh Terang Makmur dan seluruh rekan-rekan yang telah memberikan semangat dan motivasi.
21. Almamater tercinta.
22. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terimakasih atas segala ketulusan dan bantuannya. Semoga kebaikan yang telah dilakukan mendapat balasan dari Allah SWT.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, 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 Desember 2019
Penulis,

Hani Maryuli

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| DAFTAR ISI | i |
| DAFTAR TABEL | iii |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| DAFTAR LAMPIRAN | vii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan | 4 |
| C. Manfaat | 5 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| A. Senyawa Organologam | 6 |
| B. Timah | 9 |
| C. Senyawa Organotimah | 10 |
| 1. Senyawa Organotimah Halida | 12 |
| 2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida | 12 |
| 3. Senyawa Organotimah Karboksilat | 13 |
| D. Aplikasi Senyawa Organotimah | 15 |
| E. Analisis Senyawa Dibutyltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan Dibutyltimah(IV) di-4-amoinobenzoat | 15 |
| 1. Analisis dengan Spektrofotometer IR | 16 |
| 2. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis | 17 |
| 3. Analisis Spektrometer ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR | 18 |
| 4. Analisis Unsur dengan Analisis Mikroelementer | 20 |
| F. Bakteri | 20 |
| G. Klasifikasi Bakteri | 22 |
| 1. Bakteri Gram Negatif | 23 |
| 2. Bakteri Gram Positif | 25 |
| H. Antibakteri | 27 |
| I. Uji Aktivitas Antibakteri | 29 |
| 1. Metode Difusi | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 2. Metode Dilusi | 30 |
| III. METODE PENELITIAN..... | 33 |
| A. Waktu dan Tempat..... | 33 |
| B. Bahan dan Alat..... | 33 |
| C. Prosedur Penelitian | 34 |
| 1. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) oksida | 34 |
| 2. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 35 |
| 3. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 35 |
| 4. Uji Aktivitas Antibakteri | 36 |
| III. HASIL DAN PEMBAHASAN | 38 |
| A. Sintesis Senyawa Organotimah | 38 |
| 1. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) oksida | 38 |
| 2. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 40 |
| 3. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 42 |
| B. Karakterisasi Senyawa Organotimah..... | 44 |
| 1. Karakterisasi Spektrofotometer IR | 44 |
| 2. Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis | 53 |
| 3. Karakterisasi Spektrometer ¹ H-NMR dan ¹³ C-NMR | 60 |
| 4. Karakterisasi Analisis Mikroelementer | 64 |
| B. Uji Aktivitas Antibakteri | 65 |
| 1. Uji Difusi | 65 |
| 2. Uji Dilusi | 77 |
| IV. SIMPULAN DAN SARAN..... | 83 |
| A. Simpulan | 83 |
| B. Saran | 84 |
| DAFTAR PUSTAKA | 85 |
| LAMPIRAN..... | 90 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Serapan karakteristik IR untuk asam karboksilat..... | 17 |
| 2. Nilai geseran kimia untuk ^1H dan ^{13}C -NMR..... | 19 |
| 3. Bilangan gelombang untuk gugus fungsi yang terdapat pada senyawa asam 3-aminobenzoat dan asam 4-aminobenzoat..... | 47 |
| 4. Bilangan gelombang gugus-gugus yang terdapat pada senyawa dibutiltimah(IV) diklorida, dibutiltimah(IV) oksida, dan dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 50 |
| 5. Bilangan gelombang gugus-gugus yang terdapat pada senyawa dibutiltimah(IV) diklorida, dibutiltimah(IV) oksida, dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 53 |
| 6. Perbandingan pergeseran λ_{maks} senyawa dibutiltimah(IV) oksida dengan dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 58 |
| 7. Perbandingan pergeseran λ_{maks} senyawa dibutiltimah(IV) oksida dengan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 60 |
| 8. Perbandingan pergeseran kimia senyawa hasil sintesis..... | 64 |
| 9. Hasil mikroanalisis unsur..... | 64 |
| 10. Ukuran zona hambat dari senyawa dibutiltimah(IV) oksida terhadap bakteri <i>P. Aeruginosa</i> | 66 |
| 11. Ukuran zona hambat dari senyawa uji dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap bakteri <i>P. Aeruginosa</i> | 67 |
| 12. Ukuran zona hambat dari senyawa dibutiltimah(IV) oksida terhadap bakteri <i>B. Subtilis</i> | 69 |

| | |
|---|----|
| 13. Ukuran zona hambat dari senyawa uji dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap bakteri <i>B. Subtilis</i> | 70 |
| 14. Klasifikasi respon hambat..... | 73 |
| 15. Perbandingan ukuran aktivitas antibakteri senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-aminobenzoat terhadap bakteri <i>B. subtilis</i> | 74 |
| 16. Perbandingan ukuran aktivitas antibakteri senyawa dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri <i>B. subtilis</i> | 75 |
| 17. Perbandingan aktivitas antibakteri senyawa organotimah(iv) dengan ligan turunan asam propanoat..... | 76 |
| 18. Hasil uji dilusi senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat terhadap pertumbuhan bakteri <i>B. Subtilis</i> | 78 |
| 19. Hasil uji dilusi senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat terhadap pertumbuhan bakteri <i>P. Aeruginosa</i> | 80 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Senyawa diboran (B_2H_6)..... | 8 |
| 2. Struktur asam 3-aminobenzoat dan asam 4-aminobenzoat..... | 14 |
| 3. Skema transisi elektronik dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi..... | 18 |
| 4. Sel bakteri <i>Bacillus subtilis</i> | 26 |
| 5. Padatan putih dibutiltimah(IV) oksida..... | 39 |
| 6. Reaksi pembentukan dibutiltimah(IV) oksida | 39 |
| 7. Padatan kuning kecokelatan dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 41 |
| 8. Reaksi pembentukan dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 41 |
| 9. Padatan putih dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 43 |
| 10. Reaksi pembentukan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 43 |
| 11. Spektrum senyawa dibutiltimah(IV) klorida, dan dibutiltimah(IV) oksida..... | 45 |
| 12. Spektrum IR dari senyawa asam 3-aminobenzoat dan asam 4-aminobenzoat..... | 46 |
| 13. Spektrum IR senyawa dibutiltimah(IV) klorida, dibutiltimah(IV) oksida, dan dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 48 |
| 14. Spektrum IR senyawa dibutiltimah(IV) klorida, dibutiltimah(IV) oksida, dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 51 |

| | |
|---|----|
| 15. Spektrum UV-Vis dibutiltimah(IV) diklorida dan dibutiltimah(IV) oksida..... | 54 |
| 16. Spektrum UV-Vis senyawa asam 3-aminobenzoat dan asam 4-aminobenzoat..... | 55 |
| 17. Spektrum UV-Vis senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 57 |
| 18. Spektrum UV-Vis senyawa dibutiltimah(IV) oksida dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 59 |
| 19. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ dan spektrum $^{13}\text{C-NMR}$ dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat..... | 61 |
| 20. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ dan spektrum $^{13}\text{C-NMR}$ dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... | 63 |
| 21. Hasil uji dilusi senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat terhadap pertumbuhan bakteri <i>B. Subtilis</i> | 79 |
| 22. Hasil uji dilusi senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat terhadap pertumbuhan bakteri <i>P. Aeruginosa</i> | 81 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| 1. Skema Tahap Penelitian..... | 91 |
| 2. Perhitungan Rendemen Senyawa Hasil sintesis..... | 92 |
| 3. Perhitungan Konversi Konsentrasi..... | 96 |
| 4. Persen Kemurnian Senyawa..... | 98 |
| 5. Hasil Uji Difusi Senyawa Awal dan Senyawa Uji..... | 99 |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bakteri merupakan salah satu kontributor penyebab penyakit infeksi yang paling sering terjadi di Indonesia. Meskipun tidak semua bakteri dapat menyebabkan penyakit atau berbahaya bagi manusia, akan tetapi kerusakan yang ditimbulkan oleh paparan bakteri penyebab penyakit cukup besar. Salah satu cara bakteri penyebab penyakit menginfeksi manusia adalah dengan menyerang tanaman seperti sayuran, buah-buahan dan sebagainya yang apabila dikonsumsi oleh manusia dapat menimbulkan penyakit (Irianto, 2007).

Bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* merupakan contoh jenis bakteri yang dapat menyebabkan terjadinya infeksi (Nursal dkk., 2006). Bakteri *B. subtilis* merupakan bakteri yang sering digunakan sebagai indikator terhadap kontaminasi makanan karena ketahanannya dalam mempertahankan diri dengan terbungkus oleh spora yang tahan terhadap suhu tinggi (Jawetz, dkk., 1996).

Bakteri *B. subtilis* dapat tumbuh pada kondisi aerob dan anaerob, serta mampu mendegradasi *xylan* dan karbohidrat (Cowan and Steel, 1973). Bakteri *P. aeruginosa* merupakan bakteri yang bersifat saprofit dan tersebar luas di alam seperti di tanah, air, tumbuhan dan hewan bahkan manusia. Bakteri *P. aeruginosa* memiliki kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrim dan dalam jangka waktu yang lama pada permukaan tubuh (Jawetz, dkk., 2005).

Masalah yang disebabkan oleh paparan bakteri berbahaya harus mendapatkan perhatian serius, karena kerugian yang ditimbulkan bukan hanya dari segi kesehatan tapi juga dari segi ekonomi. Salah satu cara yang telah dilakukan untuk menghambat paparan bakteri pada makhluk hidup adalah dengan membuat suatu bahan atau zat antibakteri dan penelitian mengenai zat antibakteri terus dikembangkan hingga saat ini (Irianto, 2007).

Zat antibakteri adalah zat atau bahan kimia yang dapat membunuh atau menghambat aktivitas mikroorganisme. Zat antibakteri secara umum digolongkan berdasarkan cara kerja, spektrum kerja, dan daya bunuh terhadap bakteri. Penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri oleh zat antibakteri dapat dilakukan dengan mekanisme berupa merusak dinding sel dengan cara menghambat pembentukannya atau mengubahnya setelah terbentuk, kemudian perubahan permeabilitas membran sitoplasma menyebabkan keluarnya bahan makanan dari dalam sel, penghambatan kerja enzim, dan penghambatan sintesis asam nukleat dan protein. Zat antibakteri biasanya diproduksi dapat berupa desinfektan, antiseptik, senyawa penstabil, dan sebagainya (Pelczar and Chan, 1986).

Permasalahan yang terjadi adalah zat antibakteri yang selama ini digunakan dapat menyebabkan resistensi bakteri terhadap zat tersebut apabila digunakan terus-menerus dan berulang-ulang. Resistensi bakteri terhadap senyawa antibakteri merupakan masalah yang serius di bidang kesehatan dan telah menjadi perhatian masyarakat global. Oleh karena itu, penelitian mengenai senyawa yang dapat digunakan sebagai antibakteri menjadi hal yang penting dan terus dilakukan.

Dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan, diketahui bahwa senyawa organotimah(IV) menunjukkan sifat sebagai antimikroorganisme dan dapat berfungsi sebagai antifungi serta antimikroba, sehingga senyawa organotimah(IV) diperkirakan dapat menjadi solusi sebagai zat antibakteri (Bonire *et al.*, 1998).

Senyawa organotimah(IV) adalah senyawa yang memiliki aktivitas biologi yang kuat. Aktivitas biologi ini ditentukan oleh jumlah dan gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Sementara ligan yang terikat pada senyawa organotimah(IV) berperan penting karena dapat meningkatkan kereaktifan dalam berbagai uji biologis. Senyawa organotimah karboksilat diberikan perhatian khusus karena senyawa ini memiliki aktivitas biologi yang kuat dibandingkan senyawa organotimah lainnya (Mahmood *et al.*, 2003; Pellerito and Nagy, 2002).

Dalam beberapa penelitian, diketahui senyawa organotimah(IV) karboksilat menunjukkan sifat sebagai antimikroorganisme yang cukup baik, sehingga dapat berfungsi sebagai antifungi dan antimikroba (Annisa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018). Pada penelitian sebelumnya, Annisa (2017) telah berhasil mensintesis dan menguji aktivitas antibakteri senyawa difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat terhadap bakteri gram negatif *Pseudomonas aeruginosa* dan gram positif *Bacillus subtilis*, dan diperoleh efisiensi inhibisi tertinggi sebesar 0,005 % terhadap bakteri *B. subtilis* dan 0,004% terhadap bakteri *P. aeruginosa* pada konsentrasi yang sama sebanyak 200 mg/L. Kemudian berdasarkan penelitian tersebut, senyawa trifeniltimah(IV) 3-klorobenzoat memiliki aktivitas antibakteri efektif terhadap bakteri *B. subtilis* dan *P. aeruginosa* pada kadar 2,5 mg/15 mL. Hadi (2018), juga telah menguji aktivitas

antibakteri dari senyawa difeniltimah(IV) benzoat dan trifeniltimah(IV) benzoat terhadap bakteri *B. subtilis* dan *P.aeruginosa*, diperoleh efisiensi inhibisi tertinggi sebesar 0,004%. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kedua senyawa organotimah tersebut memiliki efektifitas inhibisi tertinggi terhadap bakteri *B. subtilis* dan *P. aeruginosa* pada konsentrasi tertinggi 200 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka penulis telah melakukan sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat dengan cara mereaksikan senyawa awal dibutiltimah(IV) oksida dengan asam benzoat sebagai ligannya dan didukung dengan hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-VIS, spektrofotometer IR, spektrometer ¹H dan ¹³C NMR serta analisis mikroelementer. Senyawa kompleks yang terbentuk diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri gram negatif *P.aeruginosa* dan bakteri gram positif *Bacillus subtilis*.

Sintesis senyawa turunan organotimah(IV) benzoat yang dilakukan pada penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi sebagai antibakteri yang menunjukkan aktivitas yang baik dalam menghambat atau membunuh suatu bakteri penyebab penyakit.

B. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat.

2. Mengkarakterisasi senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer IR, spektrometer NMR, dan analisis mikroelementer.
3. Menguji aktivitas antibakteri dari senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap bakteri gram positif *Bacillus subtilis* dan gram negatif *P. aeruginosa* serta membandingkan aktivitas antibakterinya dengan *drug control streptomycin*.
4. Membandingkan aktivitas antibakteri terbaik dari senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat sebagai antibakteri.

C. Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan bagi penulis dan pembaca, serta meningkatkan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang organologam dan juga memperbanyak jenis dari senyawa organologam yang bisa digunakan dalam bidang kesehatan khususnya sebagai antibakteri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang di dalamnya terdapat minimal satu atom karbon dari gugus organik yang berikatan langsung dengan logam. Contohnya adalah senyawa $(C_6H_5)Ti(OC_3H_7)_3$, senyawa tersebut memiliki satu ikatan langsung antara karbon C dari gugus fenil dengan logam Ti. Senyawa organologam, dapat dikatakan sebagai jembatan antara kimia organik dan anorganik berdasarkan bentuk ikatannya. Senyawa organologam memiliki berbagai aplikasi 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), dan sebagai agen anti jamur di cat dan sebagai katalis (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Secara umum, senyawa organologam memiliki atom karbon yang lebih bersifat elektronegatif dibandingkan logam yang dimilikinya. Adapun senyawa organologam memiliki kecenderungan untuk membentuk beberapa jenis ikatan seperti:

a. Ikatan ionik

Pada umumnya senyawaan organologam yang relatif sangat elektropositif bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik dan sangat reaktif terhadap air dan udara. Senyawa ini akan terbentuk jika radikal pada logam terikat pada logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, contohnya pada logam alkali atau alkali tanah. Kereaktifan dan kestabilan senyawaan ionik salah satunya ditentukan dari kestabilan ion karbon. Sebagai contoh misalnya gugus dari senyawa organik dalam garam-garam seperti $(C_5H_5)_2Ca$ dan $(C_6H_5)_3C^-K^+$ (Abel *et al.*, 2002).

b. Ikatan sigma ($-\sigma$)

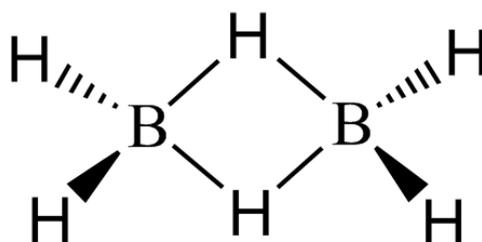
Senyawa organologam dimana sisa organiknya terikat pada suatu logam dengan ikatan kovalen (walaupun masih ditemukan karakter ioniknya dari senyawa ini) yang dimiliki oleh kebanyakan logam dengan keelektropositifan yang relatif lebih rendah dari golongan pertama, berkaitan dengan beberapa faktor berikut:

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. Keasaman lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak penuh seperti pada koordinasi tak jenuh ZnR_2 .
4. Pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam-karbon (M-C) atau karbon-karbon (C-C) (Cotton dan Wilkinson, 2007).

c. Ikatan tiga pusat dua elektron

Secara umum, senyawa organologam memiliki jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk ionik ataupun pasangan elektron. Ikatan tiga pusat dua elektron merupakan ikatan kimia yang kurang elektron,

dimana terdapat tiga atom saling berbagi dua elektron. Kombinasi tiga orbital atom membentuk satu orbital ikat, satu orbital anti ikat, dan satu orbital non ikat. Dua elektron berada pada orbital ikat, menghasilkan efek ikatan secara keseluruhan yang merupakan ikatan kimia yang mengikat tiga atom tersebut. Sebagai contoh, pada senyawa diborana (B_2H_6), BH_3 tidak stabil karena atom boron dikelilingi oleh enam elektron valensi, sehingga untuk membentuk oktet, ia berbagi elektron dengan ikatan 2 elektron pada B-H-B. Pada borana, terdapat dua ikatan berjenis ini: dua atom H menjembatani dua atom B dengan sisa dua atom H merupakan ikatan B-H yang biasa seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Senyawa diboran (B_2H_6)

Ikatan ini dapat terjadi pada dua golongan senyawa organologam yaitu:

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).

B. Timah

Salah satu contoh logam yang dapat membentuk senyawa organologam adalah timah. Timah dapat membentuk senyawa kompleks dengan ligan karboksilat melalui ikatan kovalen koordinasi seperti pada senyawa organotimah(IV) benzoat. Banyaknya kelompok atau gugus organik yang dapat terikat dengan atom pusat Sn merupakan faktor utama yang mempengaruhi kekuatan biologisnya (Sirajuddin *et al.*, 2012).

Timah merupakan salah satu unsur yang berlimpah pada kerak bumi. Dalam sistem periodik unsur, timah merupakan unsur dengan lambang Sn yang terdapat pada golongan IVA. Senyawaan timah dapat ditemukan di lingkungan dalam keadaan oksidasi +2 dan +4. Akan tetapi, timah dalam bentuk trivalen cenderung tidak stabil sehingga senyawa *stannous* (SnX_2) berupa timah bivalen dan senyawa *stannic* (SnX_4) berupa timah tetravalen merupakan dua jenis timah utama. Anionik seperti *stannite* dan *stannate* tidak larut dalam air dan lebih stabil dibandingkan kation Sn^{2+} dan Sn^{3+} (Bakirdere, 2013).

Timah menunjukkan kemiripan sifat secara fisika dengan atom Ge dan Pb, diantaranya memiliki keadaan oksidasi +2 dan +4. Akan tetapi pada senyawa timah tingkat oksidasi +4 cenderung lebih stabil daripada +2, hal ini dikarenakan 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. Sebagai anggota dari golongan IVA, struktur geometri dari SnCl_4 telah dikarakterisasi yaitu tetrahedral seperti CCl_4 . Pada suhu ruang, keduanya merupakan cairan tidak berwarna dengan titik didih

masing-masing 114 dan 77 °C. (pada tekanan atmosfer). Namun di luar keadaan tersebut, keduanya menunjukkan sifat yang relatif berbeda. Perbedaan ini dapat dijelaskan karena ukuran atom Sn lebih besar dibandingkan atom C dan adanya orbital 5d yang dimiliki oleh Sn. Berdasarkan kedua faktor ini, timah memiliki kemungkinan untuk dapat berikatan lebih (ekstra koordinasi) dengan ligan-ligannya. Dalam hal ini, timah memiliki fleksibilitas valensi yang lebih besar, yaitu memiliki bilangan koordinasi lebih dari empat (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Selain itu, timah memiliki tiga bentuk alotrop yaitu timah abu-abu (α), timah putih (β), dan timah rombik (γ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih (Sn- β) dalam bentuk tetragonal, sedangkan pada suhu rendah timah putih (Sn- β) berubah menjadi timah abu-abu (Sn- α) yang berupa non logam dan berbentuk intan kubik. Perubahan ini terjadi dengan cepat karena timah membentuk lapisan oksida film dimana peristiwa ini dikenal sebagai plak hitam atau timah *plague* (Davies, 2004).

C. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah merupakan suatu senyawa yang mengandung minimal satu ikatan kovalen karbon dengan timah (C-Sn). Senyawa organotimah dapat diklasifikasikan sebagai mono- organotimah (IV), di- organotimah (IV), tri-organotimah (IV), dan tetra- organotimah (IV), tergantung pada jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Anion yang terikat (X) biasanya adalah klorida, fluorida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu tiolat. Ikatan

Sn-X memiliki derajat ionik yang bergantung pada anion (X) dan alkil (R) (Davies, 2004).

Aplikasi senyawa organotimah diantaranya sebagai penstabil dalam produksi plastik, pestisida dalam pertanian, katalis, pelapis kaca, penstabil polivinil klorida, antikanker dan antitumor, *antifouling agents* pada cat, antimikroba dan antifungi. Aplikasi komersial organotimah sebagai penstabil PVC dikenalkan pada tahun 1940. Gugus organik yang paling umum berikatan dengan timah adalah gugus metil, butil, oktil, fenil, dan sikloheksil (Davies, 2004).

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 Earshaw, 1990).

Kecenderungan terhidrolisis dari senyawa organotimah lebih lemah dibandingkan senyawa yang terkait dengan logam Si atau Ge dan ikatan Sn-O. Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi SnO₂, CO₂ dan H₂O. Faktor yang mempengaruhi kemudahan putusnya ikatan antara Sn-C oleh suatu halogen atau reagen lainnya

bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan meningkat dengan urutan sebagai berikut:

Butil (Paling stabil) < propil < etil < metil < fenil < benzil < alil < CH₂CN << CH₂COOR (Paling tidak stabil) (Alama *et al.*, 2009).

Adapun jenis-jenis senyawa organotimah adalah sebagai berikut:

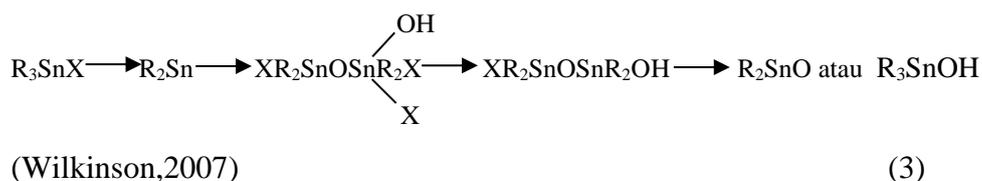
1. Senyawa Organotimah Halida

Senyawa organotimah halida pada umumnya merupakan padatan kristal dan sangat reaktif. Senyawaan ini 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. Metode lain yang sering digunakan untuk pembuatan organotimah halida adalah reaksi disproporsionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida. Caranya adalah dengan mengubah perbandingan material awal, seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut :



2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida

Produk kompleks yang diperoleh melalui hidrolisis dari dialkiltimah halida, R₂SnX₂ atau trialkiltimah halida , R₃SnX, merupakan rute utama pada trialkiltimah oksida dan trialkiltimah hidroksida. Reaksinya adalah sebagai berikut:



3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Organotimah karboksilat merupakan bagian dari organotimah yang mendapat perhatian khusus karena penemuan potensi aplikasi dari senyawa organotimah karboksilat dan turunnya untuk berbagai uji biologis sudah semakin mendunia. Senyawa organotimah karboksilat pada umumnya dapat disintesis melalui dua cara yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksidanya dengan asam karboksilat dan dari organotimah halidanya dengan garam karboksilat. Metode yang biasa digunakan untuk sintesis organotimah karboksilat adalah dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal.

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



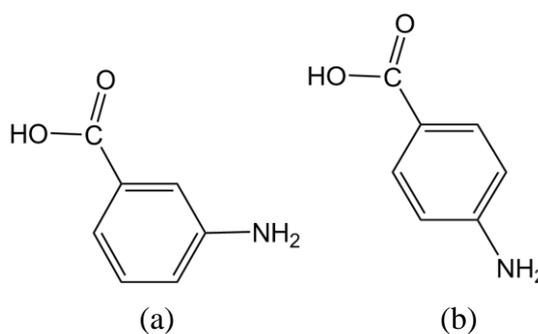
Metode sintesis senyawaan organotimah yang telah dikenal secara luas biasanya menggunakan senyawa $SnCl_4$ dan triorganotimah sebagai bahan awal (*starting material*). Metode pembuatan senyawa organotimah selalu terdiri dari dua tahap, yang pertama membuat ikatan langsung timah-karbon pada senyawa seperti R_4Sn . Tahap kedua adalah koproporsinasi, senyawa R_4Sn direaksikan dengan timah

klorida untuk memproduksi senyawa dari jenis R_3SnCl , R_2SnCl_2 , dan $RSnCl_3$.

Turunan lainnya dihasilkan dari reaksi lanjut senyawa klorida tersebut.

Salah satu contoh ligan yang dapat digunakan untuk menghasilkan kompleks organotin(IV) adalah asam 3-aminobenzoat dan asam 4-aminobenzoat. Asam 3-aminobenzoat atau lebih dikenal dengan istilah *meta-aminobenzoic acid* (MABA) merupakan serbuk berwarna putih kecoklatan dengan rumus kimia ($m-NH_2C_6H_4COOH$), titik leleh $137\text{ }^\circ\text{C}$, memiliki berat molekul 137,14 gram/mol, sedikit larut di air tapi larut baik dalam pelarut organik seperti aseton, alkohol panas, kloroform dan eter.

Asam 4-aminobenzoat dikenal dengan *para-aminobenzoic acid* (PABA) merupakan serbuk putih keabu-abuan, titik leleh $187\text{-}189\text{ }^\circ\text{C}$, densitas 1,374 gr/mL pada suhu $25\text{ }^\circ\text{C}$, memiliki berat molekul 137,14 gram/mol dan digunakan sebagai biopestisida, agen *sunscreen* dan sintesis warna azo (Sigma-Aldrich, 2014).



Gambar 2. Struktur (a) asam 3-aminobenzoat dan (b) asam 4-aminobenzoat.

D. Aplikasi Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah memiliki aplikasi yang luas dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan timah kurang lebih 25.000 ton per tahun untuk berbagai aplikasi organotimah. Aplikasi senyawa organotimah dalam industri antara lain sebagai senyawa penstabil polivinilklorida untuk mengurangi degradasi dari polivinilklorida tersebut, pestisida nonsistemik, katalis, antioksidan, *antifouling agents* dalam cat, penstabil pada plastik dan karet sintetik, 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. Kegunaan yang utama dari agrokimia senyawa organotimah karena senyawa ini relatif memiliki fitotoksisitas yang rendah dan terdegradasi secara alami dengan cepat sehingga residunya tidak berbahaya bagi lingkungan (Cotton dan Wilkinson, 2007).

E. Analisis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan Dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat

Pada penelitian ini untuk meyakinkan senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat yang disintesis telah benar terbentuk dengan baik maka perlu dilakukan pengujian kualitatif dengan

spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, dan spektrometer NMR dan analisis mikroelementer untuk mengetahui tingkat kemurniannya. Penjabaran alat-alat instrumentasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Analisis dengan Spektrofotometer 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 μm atau pada bilangan gelombang 13000-10 cm^{-1} menggunakan alat yang disebut spektrofotometer. Setiap senyawa yang memiliki ikatan kovalen, baik senyawa organik, anorganik, maupun organologam akan menyerap berbagai frekuensi radiasi elektromagnetik dalam daerah spektrum inframerah sehingga atom-atom yang berikatan dalam molekul tidak tinggal diam tetapi bervibrasi secara kontinyu. Pada spektrofotometri IR (*infrared*) atau inframerah, spektrum untuk penentuan struktur senyawa organik biasanya pada bilangan gelombang antara 650 - 4.000 cm^{-1} (15,4 – 2,5 μm). Daerah di bawah frekuensi 650 cm^{-1} dinamakan inframerah jauh dan daerah di atas frekuensi 4.000 cm^{-1} dinamakan inframerah dekat. Letak puncak serapan umumnya digunakan satuan bilangan gelombang (cm^{-1}) dan hanya sebagian kecil.

Dalam sintesis suatu senyawa organotimah(IV) karboksilat, monitoring jalannya reaksi dapat dilihat dari perubahan spektrum IR dari senyawa awal, ligan dan senyawa akhir. Daerah yang menjadi fokus perhatian dalam spektrumnya adalah munculnya puncak karbonil dari senyawa akhir yang menunjukkan telah terjadinya reaksi dari senyawa awal dengan ligan asam karboksilat.

Tabel 1. Serapan karakteristik IR untuk asam karboksilat

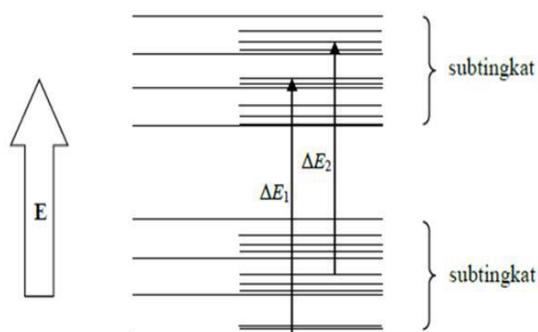
| Tipe Getaran | Daerah Frekuensi (cm^{-1}) |
|---------------------|---|
| Uluran O-H | 2860 – 3300 |
| Uluran C=O | 1700 – 1725 |
| Uluran C-O | 1210 – 1330 |
| Tekukan O-H | 1300 – 1440 |
| Tekukan O-H dimer | ~925 |

(Fessenden dan Fessenden, 1986)

2. Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi dengan spektrofotometer UV ditujukan untuk mengetahui pergeseran serapan panjang gelombang akibat pergantian kromofor yang terikat pada logam dan ligan. Pada spektrofotometri UV-Vis, senyawa yang dianalisis akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi sinar UV dan sinar tampak oleh senyawa yang dianalisis. Transisi tersebut pada umumnya antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$). Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Serapan di atas 200 nm pada spektrofotometer UV-Vis merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan orbital π terutama sistem π terkonjugasi yang mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan. Kegunaan spektrofotometer UV-

Vis ini terletak pada kemampuannya mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik di dalam suatu molekul. Letak serapan dapat dipengaruhi oleh substituen dan terutama yang berhubungan dengan substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1985). Elektron pada ikatan kovalen tunggal terikat dengan kuat dan diperlukan radiasi berenergi tinggi atau panjang gelombang yang pendek untuk eksitasinya. Hal ini berarti suatu elektron dalam orbital ikatan (*bonding*) dieksitasikan ke orbital antiikatan. Transisi elektronik dapat terjadi dari subtingkat apa saja dari keadaan dasar ke subtingkat apa saja dari keadaan eksitasi seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Skema transisi elektronik dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Sudjadi, 1985).

3. Analisis Spektrometer ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR

Spektrometer NMR atau spektrometer resonansi magnet inti merupakan jenis spektrometer yang berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Spektrometer NMR terdiri dari dua jenis yaitu spektrometer ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR. Dari spektrum ^1H -NMR, akan didapat informasi beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul, dan jumlah atom hidrogen yang ada pada atom karbon tetangga

(Sudjadi,1985). Pada spektrum ^{13}C -NMR dapat diketahui keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, atau kuarterner. Spektrometer NMR yang menganalisis inti dari atom-atom akan mengalami efek dari medan magnet kecil pada lingkungan di dekatnya. 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. Hal ini menghasilkan setiap jenis inti dalam molekul akan memiliki frekuensi resonansi yang agak berbeda. Perbedaan ini dinamakan geseran kimia. Nilai geseran kimia ini memiliki satuan ppm. Nilai geseran kimia dari beberapa jenis senyawa dengan TMS sebagai titik nol-nya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai geseran kimia untuk ^1H dan ^{13}C NMR

| Jenis Senyawa | ^1H | ^{13}C |
|------------------------------------|--------------|-----------------|
| Alkana | 0.5-1.3 | 5-35 |
| Alkana termonosubstitusi | 2-5 | 25-65 |
| Alkana Terdisubstitusi | 3-7 | 20-75 |
| Nitril | - | 100-120 |
| Asam | 10-13 | 160-180 |
| Ester | - | 160-175 |
| R-CH ₂ -NR ₂ | 2-3 | 42-70 |
| R-CH ₂ -SR | 2-3 | 20-40 |
| R-CH ₂ -PR ₃ | 2.2-3.2 | 50-75 |
| R-CH ₂ -OH | 3.5-4.5 | 50-75 |

(Settle, 1997)

4. Analisis Unsur dengan Analisis Mikroelementer

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).

F. Bakteri

Bakteri merupakan suatu mikroorganisme hidup yang memiliki sel tunggal, kemudian tidak memiliki klorofil, dan memiliki DNA dan RNA. Bakteri juga

dapat melakukan metabolisme, tumbuh dan berkembang biak. Sebagian besar bakteri berukuran sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Sel bakteri dapat diliputi oleh lapisan berupa gel yang mudah lepas atau tersusun sebagai suatu simpai. Bakteri memiliki lapisan terluar yang terdiri dari dua komponen yaitu dinding sel yang kaku dan membran sitoplasma atau membran plasma. Di dalamnya terdapat sitoplasma seperti ribosom, mesosom, granula, vakuola, dan inti sel. Selain itu beberapa bakteri juga mempunyai struktur tumbuhan lain seperti filamen yang menonjol keluar dari permukaan sel yaitu flagella yang berfungsi sebagai alat penggerak dan fimbria sebagai alat untuk melekatkan diri (Gupte, 1990).

Di alam terdapat ribuan jenis bakteri dan setiap jenisnya mempunyai sifat-sifat yang berbeda. Sebagian besar dari jenis bakteri tersebut tidak berbahaya bagi manusia, bahkan ada yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia seperti bakteri pencernaan, *Lactobacillus bulgaricus* yang digunakan dalam pembuatan youghurt, dan lain-lain. Tetapi juga terdapat bakteri yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia (bersifat patogen) seperti *Eschericia coli*, *Salmonella thypimurium* (bakteri gram negatif, *Staphylococcus aureus*, *P. Aeruginosa*, dan *B. subtilis* (bakteri gram positif) (Alaerts dan Santika, 1984). Klasifikasi bakteri yang paling banyak dikenal adalah bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Bakteri gram negatif mengandung lipid, lemak atau substansi seperti lemak dalam persentasi lebih tinggi daripada yang dikandung oleh bakteri gram positif. Dinding sel bakteri gram negatif lebih tipis dibandingkan dengan bakteri gram positif. Struktur bakteri gram negatif memiliki membran lapisan luar yang menyelimuti lapisan tipis peptidoglikan, struktur luar peptidoglikan ini adalah

lapisan ganda yang mengandung fosfolipid, protein dan lipopolisakarida (LPS). LPS terletak pada lapisan luar dan merupakan karakteristik bakteri gram negatif. Sementara sel bakteri gram positif memiliki dinding sel yang terdiri atas lapisan peptidoglikan yang tebal dimana di dalamnya mengandung senyawa teikoat dan lipoteikoat (Pelczar and Chan, 1986).

G. Klasifikasi Bakteri

Bakteri dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bakteri berdasarkan hubungannya dengan manusia

Bakteri ini dapat dikategorikan menjadi 3 golongan, yaitu golongan bakteri Simbion golongan bakteri ini merupakan bakteri yang dapat saling menguntungkan terhadap manusia, contohnya kuman yang terdapat dalam saluran pencernaan yaitu usus besar. Golongan bakteri komensal, yaitu bakteri yang tidak membahayakan bagi manusia. Bakteri ini merupakan flora normal manusia, dan golongan bakteri oportunistik yaitu bakteri yang membahayakan bagi kehidupan manusia. Dalam keadaan tertentu bakteri golongan simbion bisa menjadi oportunistik dan kemudian menjadi patogen.

2. Bakteri berdasarkan bentuknya

Bakteri jenis ini dibagi menjadi 3 yaitu: Bentuk bulat/coccus misalnya *Staphylococcus*, bentuk batang/bacil misalnya *Escherichia coli*, *Proteus*, *Pseudomonas*, bentuk lengkung/spiral misalnya *Vibrio sp.*

2. Berdasarkan sifat Gram

Bakteri jenis ini dibagi menjadi 2 yaitu: Gram positif dan Gram negatif, dan dijelaskan sebagai berikut:

1. Bakteri Gram Negatif

Bakteri gram negatif merupakan bakteri yang bagian dinding selnya dapat menyerap zat warna merah. Bakteri ini mempunyai lapisan peptidoglikan tipis yang terdapat pada ruang periplasmik, yaitu antara membran luar dengan membran plasma. Adapun contoh dari bakteri ini adalah *Salmonella typhi*, *Rhizobium leguminosarum*, *azotobacter*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Helicobacter pylori* dan *Haemophilus influenza*. Pada dasarnya bakteri gram negatif memiliki sifat patogen sehingga lebih berbahaya jika dibandingkan bakteri gram positif. Hal ini dikarenakan membran luar di bagian dinding sel bisa melindungi bakteri tersebut, dapat menghalangi masuknya zat antibiotik dan juga sistem dari pertahanan inang (Wheeler, 2007).

a. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

P.aeruginosa merupakan salah satu jenis bakteri gram negatif yang berbentuk batang halus atau lengkung, motil, berukuran sekitar 0,6 x 2 mm. Bakteri ini dapat ditemukan soliter, berpasangan dan kadang-kadang membentuk rantai pendek. Bakteri ini merupakan bakteri motil karena mempunyai flagela monotrika (flagel tunggal pada kutub) dan memerlukan oksigen untuk motilitas. *P. aeruginosa* adalah aerob obligat yang tumbuh dengan mudah pada banyak jenis

media pembiakan, *P. aeruginosa* kadang-kadang berbau manis seperti anggur atau seperti bau *corn taco* (Kayser *et al.*, 2005).

P. aeruginosa memiliki kebutuhan nutrisi yang sederhana seperti amonia dan karbon dioksida. *P. aeruginosa* membutuhkan suasana aerob untuk pertumbuhan dan metabolisme optimal, tetapi *P. aeruginosa* juga dapat tumbuh dengan lambat dalam kondisi anaerobik jika tersedia nitrat (NO_3^-) sebagai akseptor elektron. *P. aeruginosa* dapat menghasilkan satu atau lebih pigmen.

Beberapa pigmen tersebut adalah sebagai berikut:

- Piosianin, pigmen berwarna biru
- Pioverdin, pigmen berwarna kehijauan
- Piorubin, pigmen berwarna merah
- Piomelanin, pigmen berwarna hitam

P. aeruginosa menghasilkan dua jenis pigmen yang larut dalam air yaitu pioverdin dan piosianin. Piosianin berasal dari kata *pyocyaneus* merujuk pada biru nanah, ini merupakan karakteristik infeksi supuratif yang disebabkan oleh *P. aeruginosa* (Brown and Lowbury, 1965).

P. aeruginosa dalam biakan dapat menghasilkan berbagai jenis koloni. Tiap jenis koloni mempunyai aktivitas biokimia dan enzimatik berbeda serta pola kepekaan antimikroba yang berbeda pula. Isolat *P. aeruginosa* dapat menghasilkan tiga jenis koloni. Isolat dari tanah atau air mempunyai ciri koloni yang kecil dan tidak rata. Pembiakan dari spesimen klinik biasanya menghasilkan satu atau dua tipe koloni yang halus yaitu, koloni besar dan halus dengan permukaan merata dan meninggi dan koloni halus dan mukoid sebagai hasil produksi berlebihan dari

alginat. Tipe ini sering didapat dari sekresi saluran pernafasan dan saluran kemih (Thornley, 1960).

Alginat merupakan suatu eksopolisakarida yang merupakan polimer dari *glucuronic acid* dan *mannuronic acid*, berbentuk gel kental di sekeliling bakteri. Alginat memungkinkan bakteri-bakteri untuk membentuk biofilm. Alginat dapat melindungi bakteri dari pertahanan tubuh inang seperti limfosit, fagosit, silia di saluran pernapasan, antibodi dan komplemen. Kemampuan *P. aeruginosa* membentuk biofilm membuat bakteri ini resisten terhadap antibiotik. Strain mukoid dari *P. aeruginosa* paling sering diisolasi dari pasien dengan *cystic fibrosis* (CF) dan biasanya ditemukan dalam jaringan paru-paru dari individu tersebut. *P. aeruginosa* mampu mentolerir terhadap berbagai kondisi fisik termasuk suhu. Bakteri ini resisten terhadap konsentrasi tinggi garam, zat pewarna, antiseptik dan berbagai antibiotik yang sering digunakan (Brodsky and Nixon, 1973).

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).

a. *Bacillus subtilis*

Bacillus adalah salah satu genus bakteri yang berbentuk batang dan merupakan anggota dari divisi *Firmicutes*. *Bacillus* merupakan bakteri yang bersifat aerob obligat atau fakultatif, dan positif terhadap uji enzim katalase. *Bacillus* secara alami terdapat dimana-mana dan termasuk spesies yang hidup bebas atau bersifat patogen. Beberapa spesies *Bacillus* menghasilkan enzim ekstraseluler seperti protease, lipase, amilase, dan selulase yang bisa membantu pencernaan dalam tubuh hewan.

Bakteri *B. subtilis* merupakan salah satu contoh bakteri gram positif, berbentuk batang, dapat tumbuh pada kondisi aerob dan anaerob. Sporangya tahan terhadap panas (suhu tinggi), mampu mendegradasi *xylan* dan karbohidrat (Cowan dan Stell's, 1973). Sel Bakteri *Bacillus subtilis* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 4. Sel Bakteri *Bacillus subtilis* (Wheelis, 2007).

Bakteri *B. subtilis* mempunyai sifat khusus yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Mampu tumbuh pada suhu lebih dari 50 °C dan suhu kurang dari 5 °C
2. Mampu bertahan terhadap pasteurisasi
3. Mampu tumbuh pada konsentrasi garam tinggi (>10%)
4. Mampu menghasilkan spora
5. Mempunyai daya proteolitik yang tinggi dibandingkan mikroba lainnya.

H. Antibakteri

Antibakteri merupakan suatu zat yang dapat digunakan untuk membasmi bakteri, khususnya bakteri yang merugikan bagi manusia (Vincent, 1987). Antibakteri dapat digolongkan berdasarkan cara kerja, spektrum kerja, dan daya bunuh terhadap bakteri. Zat ini dapat mengganggu pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme bakteri tersebut. Kelompok antibakteri dilihat dari cara kerjanya, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menghambat sintesis dinding sel bakteri.

Kerusakan dinding sel mikroba akan menyebabkan terjadinya lisis karena tekanan osmosis di dalam sel mikroba lebih tinggi daripada di luar sel, yang merupakan dasar dari efek bakterisidal terhadap mikroba yang peka (Setyaningsih, 2004).

Contohnya adalah golongan *polypeptide*, *cephalosporin*, *penicillin*, dan *sikloserin* (Jawetz, dkk., 2005).

2. Menghambat sintesis protein.

Jenis antibakteri yang menghambat sintesis protein, contohnya adalah golongan *aminoglycoside*, *macrolide*, *chloramphenicol*, *streptomycin*, *tetracycline*,

oxytetracycline, gentamycine, kanamycine (Todar, 2009). Sedangkan antibakteri yang menghambat sintesis asam nukleat contohnya seperti *quinolon, pyrimethamin, rifampicin, dan sulfonamide* (Jawetz, dkk., 2005). Namun secara umum, antibakteri yang mempengaruhi sintesis asam nukleat dan protein mempunyai mekanisme kegiatan pada tempat yang berbeda.

Spesifikasi kerja antibakteri dalam menghambat sintesis protein adalah sebagai berikut:

- a. Antibakteri mempengaruhi replikasi DNA, seperti *bleomisin, phleomisin, mitomisin, edeine, dan porfiromisin*.
- b. Antibakteri mempengaruhi transkripsi, seperti *aktinomisin, ekonomisin, rifamisin, korisepin, dan streptolidigin*.
- c. Antibakteri mempengaruhi pembentukan *aminoacyl-tRNA*, seperti *borrelidin*.
- d. Menghambat fungsi membran sel seperti, *kolistin, imidasol, triasol, polien, polimiycin, dan amfoterisin*. Membran sel sebagai *barrier* permeabilitas selektif, membawa fungsi transpor aktif kemudian mengontrol komposisi internal sel. Jika fungsi integritas membran sitoplasma dirusak, makromolekul dan ion keluar dari sel, kemudian sel rusak atau sel bakteri mengalami lisis.
- e. Antibakteri dapat mempengaruhi translasi, antara lain *chloramphenicol, streptomisin, neomisin, kanamisin, karbomisin, crytromisin, linkomisin, fluidic acid, dan tetrasiklin* (Suwandi, 1992).

I. Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri terdiri dari dua metode utama yaitu:

1. Metode Difusi

Metode difusi merupakan suatu metode yang biasa digunakan dalam uji antibakteri dimana suatu zat antibakteri akan berdifusi ke dalam media agar yang telah ditanami bakteri. Teknik atau metode ini secara umum dilakukan dengan menginokulasikan kuman secara merata di seluruh permukaan media agar, kemudian sampel yang diuji ditempatkan di atas permukaan tersebut. Setelah itu diinkubasi selama 18 - 24 jam pada suhu 37 °C, kemudian akan terbentuk zona hambat di sekeliling reservoir sampel. Pengamatan dilakukan berdasarkan ada atau tidaknya zona hambat pertumbuhan bakteri disekeliling cakram. Ada tiga macam teknik difusi, yaitu cara parit, cara lubang atau sumuran, dan cara cakram.

Faktor-faktor yang mempengaruhi metode difusi adalah ketebalan agar, komposisi dari media agar, konsentrasi inokulum, suhu, dan waktu inkubasi. Ketebalan lapisan agar yang bervariasi akan menghasilkan efek dan besar zona hambat yang jauh berbeda. Oleh karena itu, diperlukan ketebalan lapisan yang sama. Cawan petri yang digunakan harus benar-benar rata dan agar harus dituang pada posisi yang tepat. Media agar mempengaruhi besarnya zona hambatan dengan 3 cara, yaitu mempengaruhi aktivitas suatu antibakteri, mempengaruhi kecepatan difusi suatu sampel antibakteri, dan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan bakteri (Balsam and Sagarin, 1972; Jawetz, dkk., 1986).

Aktivitas dari antibakteri dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti adanya kation dalam media, pH dari media, dan adanya bermacam-macam zat pengganggu. Kecepatan difusi dari obat ditentukan oleh konsentrasi dari agar, konsentrasi beberapa ion dalam media, dan perpanjangan pengikatan elektrostatik antar sampel dan kelompok yang terionisasi dalam media agar. Viskositas dari media juga mempengaruhi kecepatan difusi dan hal ini tergantung juga pada waktu inkubasi. Kapasitas nutrisi dari media agar sangat ditentukan oleh panjangnya fasa lag dan waktu pertumbuhan untuk bakteri yang diteliti. Konsentrasi inokulum yang besar akan memperkecil zona hambat, sebab masa kritis sel akan tercapai dengan cepat. Suhu harus sesuai dengan suhu optimal untuk pertumbuhan bakteri, yaitu pada 37 °C, apabila tidak sesuai maka akan mengakibatkan kecepatan pertumbuhan bakteri tidak sesuai sehingga jumlah bakteri yang diinginkan tidak akan tercapai. Suhu inkubasi yang rendah dapat memperbesar zona hambat karena akan memperlambat pertumbuhan bakteri atau dapat juga memperkecil zona hambat karena difusi sampel antibakteri berjalan lambat, akan tetapi efek memperbesar zona hambatan lebih dominan. Perpanjangan waktu dapat menurunkan aktivitas dan dapat pula menimbulkan muatan resisten. Lamanya waktu inkubasi harus merupakan waktu minimal yang diperlukan pertumbuhan normal dari bakteri percobaan (Jawetz, dkk., 1986).

2. Metode Dilusi

Metode dilusi merupakan suatu metode yang biasa digunakan dalam penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) sampel antibakteri terhadap bakteri yang diujikan. KHM yaitu konsentrasi terkecil dari obat yang menghambat

pertumbuhan bakteri, sehingga tabung kaldu dengan konsentrasi sampel antibakteri tersebut kelihatan jernih dan tidak memperlihatkan pertumbuhan bakteri bila dibandingkan dengan kontrol.

Metode ini dilakukan dengan cara mencampurkan zat antibakteri dengan media yang kemudian diinokulasikan dengan bakteri. Pengamatan dilakukan dengan melihat ada atau tidaknya pertumbuhan bakteri. Metode ini dibagi menjadi dua berdasarkan media yang digunakan dalam percobaan, yaitu penipisan lempeng agar dan pengenceran tabung (Lorian, 1980). Pada penipisan lempeng agar, dilakukan dengan melarutkan zat antibakteri yang akan diuji terlebih dahulu dalam air suling steril atau dalam pelarut steril lain yang sesuai. Kemudian dilakukan dengan mengencerkan secara serial dengan kelipatan dua sampai kadar terkecil yang diinginkan.

Hasil pengenceran dicampur dengan medium agar yang telah dicairkan kemudian didinginkan pada suhu 45 °C-50 °C. Setelah itu, dituangkan ke dalam cawan petri steril, dan dibiarkan sampai dingin dan membeku, lalu diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Setiap cawan petri diinokulasikan dengan suspensi kuman yang mengandung kira-kira 10^5 sampai 10^6 sel kuman/ml. Pada setiap seri pengenceran digunakan kontrol negatif (Jawetz, dkk., 1986; Lorian, 1980).

Kedua, pada pengenceran tabung dilakukan dengan melarutkan zat antibakteri ke dalam pelarut yang sesuai, kemudian diencerkan dengan kaldu berturut-turut pada tabung-tabung yang disusun dalam satu deret terkecil yang diinginkan. Tiap tabung yang berisi 1 ml campuran dengan berbagai kadar tersebut diinokulasikan dengan suspensi kuman yang mengandung kira-kira 10^5 sampai 10^6 sel kuman/ml.

Diinkubasi selama 18 sampai 24 jam pada suhu 37 °C. Kedua cara diatas biasanya digunakan dalam penentuan Kadar Hambat Minimal (KHM) (Lorian, 1980).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 sampai April 2019 di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Lampung. Analisis senyawa telah dilakukan menggunakan Spektrofotometer IR di Laboratorium Instrumentasi FMIPA Terpadu Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Analisis spektrofotometer UV-Vis di Laboratorium Kimia Analitik, FMIPA Universitas Lampung. Analisis Mikroelementer, dan spektrometer NMR telah dilakukan di *College of Pharmacy, Oregon State University, USA*. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

B. Bahan dan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas ukur, cawan petri, gelas kimia, kertas saring *Whatman* No. 42, balp, pipet gondok, satu set alat refluks, *water bath*, *hot plate stirrer*, desikator, instrumentasi: spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrometer NMR, dan analisis mikroelementer (untuk analisis unsur). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam 3-aminobenzoat, asam 4-aminobenzoat, dibutyltin(IV)

diklorida, NaOH, metanol *p.a.*, akuabides, media *Nutrient Agar* (NA), dimetil sulfoksida (DMSO), dan NaCl.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur umum untuk sintesis senyawa $R_2Sn(OOCR)_2$ ataupun $R_3Sn(OOCR)$ dengan R baik alkil maupun fenil dilakukan berdasarkan prosedur yang telah dilakukan sebelumnya (Hadi *et al.*, 2009; Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012) yang merupakan adaptasi dari Szorcsik *et al.* (2002). Sedangkan prosedur uji antibakteri dilakukan berdasarkan prosedur yang telah dilakukan oleh Windiyani (2015) yang merupakan adaptasi dari (Jawetz, dkk., 1986; Lorian, 1980).

1. Sintesis Senyawa Dibutyltimah(IV) oksida $[(C_4H_9)_2SnO]$ (Szorcsik *et al.*, 2002)

Senyawa dibutyltimah(IV) diklorida $[(C_4H_9)_2SnCl_2]$ sebanyak 3,04 gram direaksikan dengan NaOH 0,8 gram (perbandingan mol 1:2) dalam 50 ml pelarut metanol, kemudian direfluks menggunakan *hot plate stirrer* selama 1 jam pada suhu 60°C. Endapan yang dihasilkan disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* No. 42, lalu dicuci dengan akuabides dan metanol, kemudian endapan disimpan dalam desikator sampai endapan kering dan diperoleh padatan dibutyltimah(IV) oksida $[(C_4H_9)_2SnO]$ berwarna putih. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrometer NMR dan analisis mikroelementer.

2. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat [(C₄H₉)₂Sn(*m*-OCOC₆H₄NH₂)₂] (Szorcsik *et al.*, 2002)

Senyawa dibutiltimah(IV) oksida [(C₄H₉)₂SnO] sebanyak 0,747 gram direaksikan dengan asam 3-aminobenzoat [(C₆H₄(NH₂)COOH)] sebanyak 0,822 gram dengan perbandingan mol 1:2 dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 58-60 °C. Setelah reaksi sempurna, metanol diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering.

Kristal hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis yang diukur pada panjang gelombang 190-380 nm (Sudjadi,1985), spektrometer NMR dan dianalisis kandungan unsur C, H dan N dengan analisis mikroelementer, serta diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *B. subtilis* dan bakteri *P. aeruginosa*.

3. Sintesis Senyawa Dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat [(C₄H₉)₂Sn (*p*-OCOC₆H₄NH₂)₂] (Szorcsik *et al.*, 2002)

Senyawa dibutiltimah(IV) oksida [(C₄H₉)₃SnO] sebanyak 0,747 gram direaksikan dengan asam 4-aminobenzoat [(C₆H₄(NH₂)COOH)] sebanyak 0,822 gram dengan perbandingan mol 1:2 dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 58-60 °C. Setelah reaksi sempurna, metanol diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering.

Kristal hasil sintesis dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR dan UV-Vis yang diukur pada panjang gelombang 190-380 nm (Sudjadi,1985), spektrometer NMR dan dianalisis kandungan unsur C, H dan N dengan analisis mikroelementer, serta diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *B.subtilis* dan bakteri *P. aeruginosa*.

4. Uji Aktivitas Antibakteri

a. Penyiapan media uji

Penyiapan media uji dilakukan dengan pembuatan media NA sebanyak 2,8 gram NA dilarutkan dalam 100 mL aquades, kemudian dipanaskan dan disterilkan dalam *autoclave* pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Sebanyak 15 mL media NA yang telah steril kemudian dituangkan ke dalam cawan petri yang telah disterilisasi. Penuangan tersebut dilakukan dalam *Laminar Air Flow*. Kemudian media didinginkan sampai memadat, jika tidak terlihat adanya kontaminan/pengotor, maka media ini dapat digunakan untuk pengujian aktivitas antibakteri.

b. Uji bioaktivitas dengan metode difusi agar (Jawetz, dkk., 1986).

Sebanyak 1 mata ose bakteri *P. aeruginosa* dan *B. subtilis* masing-masing diencerkan dengan 0,5 mL air salin (NaCl 0,9%) kemudian digunakan sebagai suspensi bakteri. Kemudian suspensi sebanyak 0,5 ml bakteri tersebut diinokulasikan ke dalam media uji NA yang telah dibuat sebelumnya dan diratakan di atas permukaan media menggunakan *spreader*. Siapkan 4 kertas cakram. Pada kertas cakram pertama berisi larutan kontrol positif (*streptomycin*), kertas cakram kedua berisi larutan kontrol negatif (pelarut senyawa uji yaitu dimetil sulfoksida (DMSO)) dan kertas cakram ketiga dan keempat berisi larutan senyawa uji yang digunakan yaitu dibutyltin(IV) oksida, dibutyltin(IV) di-3-aminobenzoat atau dibutyltin(IV) di-4-aminobenzoat dengan variasi konsentrasi 200; 250; 300; 400; 500 ppm. Kemudian diletakkan semua kertas cakram tadi

pada permukaan media NA, diinkubasi selama 1 hari pada suhu 37 °C dan setelahnya diamati untuk mempelajari zona hambatnya. Senyawa yang memiliki konsentrasi penghambatan paling efektif akan kembali diuji dengan metode dilusi (Lorian, 1980).

c. Uji bioaktivitas dengan metode dilusi agar (Lorian, 1980).

Senyawa yang memiliki konsentrasi penghambatan paling efektif, kemudian dilarutkan dalam pelarut DMSO 5 %. Selanjutnya senyawa uji tersebut dibuat variasi volumenya yakni 0,5; 1; 1,5 ;2 dan 2,5 mL. Disiapkan 15 mL NA cair, pertahankan NA cair tersebut pada suhu 55°C . Selanjutnya, dimasukanlah senyawa uji ke media NA cair, dihomogenkan dengan bantuan *vortex* kemudian campuran tersebut dituang ke dalam cawan petri lalu diamkan hingga memadat. Kemudian suspensi bakteri *P. aeruginosa* dan *B. subtilis* diinokulasikan pada media NA dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 2-3 hari. Selanjutnya dilakukan pengamatan pertumbuhan bakteri setiap harinya. Senyawa kimia uji yang paling efektif sebagai antibakteri adalah senyawa yang memiliki variasi konsentrasi kecil namun memiliki daya penghambat pertumbuhan bakteri yang paling besar (Lorian,1980).

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Hal yang dapat disimpulkan dari hasil penelitian ini yaitu :

1. Hasil sintesis senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat berupa padatan berwarna kuning kecokelatan dan putih dengan rendemen masing-masing sebesar 89,26% dan 96,48%.
2. Hasil karakterisasi IR senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat menunjukkan adanya pita serapan C=O pada daerah 1627,48 dan 1628,82 cm^{-1} , yang berasal dari ligan asam 3-aminobenzoat dan asam 4-aminobenzoat serta menunjukkan adanya 2 pita serapan N-H pada masing-masing senyawa pada daerah 3440,41 dan 3347,15 dan untuk dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat serta 3465,49 dan 3385,76; untuk dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis terdapat transisi elektron π - π^* dan n - π^* dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat yaitu pada λ_{maks} 203,00 nm dan 248,00 nm serta dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat

pada λ_{maks} 206,00 nm dan 285,00 nm. Hasil karakterisasi NMR menunjukkan adanya pergeseran kimia ^{13}C yang khas yaitu karbon pada karbonil 164,96 ppm untuk dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan 163,757 ppm untuk dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat.

3. Hasil uji difusi senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *B. subtilis* dan bakteri *P. aeruginosa*, meskipun senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat memiliki aktivitas sebagai antibakteri namun aktivitasnya masih lebih rendah dibandingkan dengan *streptomycin*.
4. Senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat lebih efektif dibandingkan senyawa dibutiltimah(IV) di-4-aminobenzoat, dan hasil uji difusi menunjukkan bahwa senyawa dibutiltimah(IV) di-3-aminobenzoat menghambat pertumbuhan bakteri *B. subtilis* dan *P. aeruginosa* pada kadar 2,0 mL untuk bakteri *B. subtilis* dan 2,5 mL untuk bakteri *P. aeruginosa* dalam 15 mL media agar.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan saran untuk praktik kerja lapangan selanjutnya yaitu untuk melakukan sintesis senyawa dengan menggunakan labu leher tiga agar dapat mengukur suhu dalam larutan bukan suhu lingkungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, E.W., G. Wilkinson, and F. G. A. Stone. 2002. *Comprehensive Organometallic Chemistry II*. International Tin Research Institute. Publication No. 618, Pergamon Press.
- Affan, M. A., B. A. Fasihuddin, Y. Z. Liew, S. W. Foo, dan J. Ismail. 2009. Synthesis Spectroscopic Characterization and Antibacterial Activity of Organotin(IV) Kompleks Containing Hydrazone Ligand: X-Ray Single Crystal Structure of [n-Bu₂Sn(H₂PAI). H₂O]. *Journal of Scientific Research*. 1 (2): 306-316.
- Ahmed, S., S. Ali, F. Ahmed, M. H. Bhatti, A. Badshah, M. Mazhar, dan K. M. Khan. 2002. Synthesis, Spectroscopic Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivatives of 2-(N-maleoyl)-3-Phenylpropanoic Acid. *Synthesis and Reactivity Inorganic and Metal-Organic Chemistry*. 32 (8): 1521-1536.
- Alaerts, G. dan S. S. Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Alama, A., B. Tasso, F. Novelli, F. Sparatore. 2009. Organometallic Compounds in Oncology: Implications of Novel Organotins as Antitumor Agents. *Drug Discovery Today Press*. 14: 500-508.
- Annisa. 2017. Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Difeniltimah(IV) Di-3-Klorobenzoat Dan Trifeniltimah(IV) 3-Klorobenzoat terhadap Bakteri Gram Negatif *Pseudomonas aeruginosa* dan Gram Positif *Bacillus subtilis*. [Tesis]. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Ashenhurst, J. 2018. Understanding Ortho, Para, and Meta Directors. *Article*. www.masterorganicchemistry.com/2018/02/02/. Diakses pada 21 Mei 2019 pukul 07.00 WIB.
- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, LLC. France. Hal 577.
- Balsam, M. S. and E. Sagarin. 1972. *Cosmetics Science and Technology*, 2nd ed.
- Bonire, J.J., G.A. Ayoko, P.F. Olurinola, J.O. Ehinmidu, N.S.N. Jalil, and A.A. Omachi. 1998. Synthesis and Antifungal Activity of Some Organotin(IV) Carboxylates. *Metal-Based Drugs*. **5** (4): 233-236.
- Brodsky, M.H and Nixon M.C. 1973. Rapid Method for Detection of *Pseudomonas aeruginosa* under Ultraviolet Light. *J Appl Microbiol*. **26**: 219-220.
- Brown and Lowbury, E.J.L. 1965. Use of Improved Cetrinide Agar Medium and Other Culture Methods for *Pseudomonas aeruginosa*. *J Clin Pathol*. **18**: 752-756.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides Rice University.
- Cotton, F. A. dan G. Wilkinson. 2007. *Kimia Anorganik Dasar* .alih bahasa S. Suharto. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Cowan, J and W. Steel. 1973. *Manual and for the Identification of Medical Bacteria*. 3rd Edition. Cambridge University Press. New York. pp. 21-25.
- Davies, A.G. 2004. *Organotin Chemistry*. VCH Weinheim. Germany.
- Diora, D. 2018. Sintesis, Karakterisasi dan Uji Antibakteri Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-Aminobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 3-Aminobenzoat. [*Skripsi*]. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 106 hlm.

- Fessenden J. dan R. Fessenden. 1986. *Kimia Organik Jilid-1*. Erlangga. Jakarta.
- Greenwood, N.N. and A. Earnshaw. 1990. *Chemie der Elemente*. Willey-VCH Verlags gesellschaft mbH. Weinheim.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Diterjemahkan oleh Julius E.S. Binarupa Aksara. Jakarta. Hal. 261-265.
- Hadi, S., M. Rilyanti, Nurhasanah. 2009. Comparative Study on the Antifungal Activity of Some Di- and Tributyltin(IV) Carboxylate Compounds. *Mod. Appl. Sci.* **3** (2): 12-17.
- Hadi, S. and M. Rilyanti. 2010. Synthesis and In Vitro Anticancer Activity Of Some Organotin(IV) Benzoate Compounds. *Orient. J. Chem.* **26** (3):775:779.
- Hadi, S., M. Rilyanti and Suharso. 2012. Invitro Activity And Comparative Studies of Some Organotin(IV) Benzoate Derivatives Against Leukemic Cancer Cell, L-1210. *Indo. J. Chem.* **12** (2): 172-177.
- Hadi, S., E. Hermawati, Noviany, T. Suhartati and Yandri. 2018. Antibacterial Activity Test Of Diphenyltin(IV) Dibenzoate and Triphenyltin(IV) Benzoate Compounds Against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian Jr. of Microbiol.* **20** (1) : 113-119.
- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Mengungkap Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. Bandung: CV. Yrama Widya.
- Iqbal, H., S. Ali, and S. Shahzadi. 2015. Antituberculosis Study of Organotin(IV) Complexes: A Review. *Chemistry Journal.* 06: 1-12.
- Jawetz, E., L.J. Melnick, dan A.E. Adelberg. 1986. *Mikrobiologi untuk Profesi Kesehatan ed 16*, terjemahan Tonang, H. EGC Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta. Hal.31,34,145-147,150-152.
- Jawetz, E., L.J. Melnick, dan A.E. Adelberg. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Jawetz, E., L.J. Melnick, dan A.E. Adelberg. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3*. Alih Bahasa : Huriwati Hartanto. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

- Kayser, F. H., K.A. Bienz, J. Eckert, R.M. Zinkernagel. 2005. *Medical Microbiologi*. Thieme Stuttgart. New York.
- Lorian, V. 1980. *Antibiotics in Laboratory Medical*. Wiliam and Wilkins Co. Baltimore. London. Hal. 1-22, 170-178, 511-512.
- Mahmood, S., S. Ali, M.H. Bhatti, M. Mazhar, and R. Iqbal. 2003. Synthesis, Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivates of 2-(2-Fluoro-4-biphenyl) Propanoid Acid. *Turk. J. Chem.* **27**: 657-666.
- Nursal, S. Wulandari, W.S. Juwita. 2006. Bioaktivitas Ekstrak Jahe (*Zingiber officinale* Roxb.) dalam Menghambat Pertumbuhan Koloni Bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. *J. Biogen.* **2** (2): 64-66.
- Pelczar M.J and E.C.S Chan. 1986. *Dasar-dasar mikrobiologi 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. Hal. 489-522.
- Pellerito, L. and L. Nagy. 2002. Organotin (IV)_n+Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Structural Studies and Some Biological Aspect. *Coor. Chem. Rev.* **224**: 111–50.
- Sari, W. 2018. Sintesis, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap Bakteri Gram Positif *Bacillus Subtilis* dan Gram Negatif *Pseudomonas Aeruginosa*. [Skripsi]. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 100 hlm.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Sirajuddin, M., S. Ali, A. Haider, N. A. Shah, A. Shah, and M. R. Khan. 2012. Synthesis, Characterization, Biological Screenings and Interaction with Calf Thymus DNA As Well As Electrochemical Studies of Adducts Formed by Azomethine [2-((3, 5-dimethylphenylimino)methyl)phenol] and Organotin (IV) Chlorides. *Polyhedron.* **40**: 19-31.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.

- Suriawiria, U. 2005. *Mikrobiologi Dasar. Papas Sinar Menanti*. Jakarta. 172 hlm.
- Suwandi, U. 1992. *Mekanisme Kerja Antibiotik*. Cermin Dunia Kedokteran No.76. Jakarta.
- Szorcsik, A., L. Nagy, L. Pellerito, T. Yamaguchi, and K. Yoshida. 2002. Preparation and Structural Studies of Organotin(IV) Complexes Formed with Organic Carboxylic Acids. *J. Rad. Nuc.Chem.* **256** (1): 3-10.
- Thornley, M.J. 1960. The Differentiation of *Pseudomonas* From Other Gram Negative Bacteria on The Basis of Arginine Metabolism. *J Appl Bact.* **23**: 37-52.
- Todar, K. 1990. *Biological identity of Procaryotes*. Department of Bacteriology University of Wisconsin-Madison. USA.
- Van Der Weij, F.W. 1981. Kinetics and Mechanism of Urethane Formation Catalysed by Organotin Compound. *J. Sci : Polymer Chemistry.* **19** (2): 381-388.
- Vincent, G. 1987. *Farmakologi dan Terapi*. Edisi ke-3. Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran UI. Jakarta. Hal 514-520, 588-592.
- Volk, W.A and M.F. Wheeler. 1993. *Mikrobiologi Dasar*. Edisi Kelima. Jilid 1. Erlangga. Jakarta
- Wheelis, M.L. 2007. Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eukarya. *Proceeding of the National Academy of Sciences, U.S.A*, 87, 4576.
- Wilkinson, G. 1982. *Kimia Anorganik Dasar*. UI-Press. Jakarta.
- Zhang, X., H. Dai., H. Yan., W. Zou., and D. Cremer. 2016. B-H π Interaction: A New Type of Nonclassical Hydrogen Bonding. *Journal of The American Chemical Society.* 136: 4334-4337.