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)

Oleh

WIDIA SARI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018

ABSTRAK

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*

Oleh

Widia Sari

Dalam penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-amiobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-amiobenzoat dengan mereaksikan senyawa difeniltimah(IV) dihidroksida dengan asam 4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) hidroksida dengan asam 4-aminobenzoat menghasilkan senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat dengan berat padatan masing-masing senyawa 1,5787 gram dan 1,298 gram. Senyawa hasil sintesis telah dikarakterisasi dengan spektrofotometer *IR*, *UV-Vis*, *NMR* dan *microelemental analyzer*. Senyawa hasil sintesis selanjutnya diuji aktivitas antibakterinya. Hasil pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi menunjukkan bahwa senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat memiliki aktivitas antibakteri terbaik dengan konsentrasi 100 ppm dan pada uji dilusi didapatkan kadar senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat yang efektif adalah 0,25 mg/15 mL media agar.

Kata kunci : *difeniltimah(IV) dihidroksida, trifeniltimah(IV) hidroksida, asam 4-aminobenzoat, difeniltimah(IV) di-4-amiobenzoat, trifeniltimah(IV) 4-amiobenzoat, antibakteri*.

ABSTRACT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST OF DIPHENYLTIN(IV) DI-4-AMINOBENZOATE AND TRIPHENYLTIN(IV) 4-AMINOBENZOATE COMPOUNDS ON BACTERIA GRAM POSITIVE *Bacillus subtilis* AND GRAM NEGATIVE *Pseudomonas aeruginosa*

By

Widia Sari

In this research has been conducted the syntheses of diphenyltin(IV) 4-aminobenzoate and triphenyltin(IV) 4-aminobenzoate compounds by reacting diphenyltin(IV) dihydroxide with 4-aminobenzoic acid and triphenyltin(IV) hydroxide with 4-aminobenzoic acid. The results of reaction, were diphenyltin(IV) 4-aminobenzoate and triphenyltin(IV) 4-aminobenzoate compound weighing 1,5787 gram and 1,298 gram. The yields were characterized using spectroscopies infrared, UV-Vis, NMR and microelemental analyzer. The compounds synthesized were tested of the antibacterial activity. The result antibacterial activity using the diffusion method showed that triphenyltin(IV) 4-aminobenzoate compound exhibited the best antibacterial activity at concentration of 100 ppm and the result of dilution test on triphenyltin(IV) 4-aminobenzoate compound showed a better result at concentration of 0,25 mg/15 mL media.

Key words: *diphenyltin(IV) dihydroxide, triphenyltin(IV) hydroxide, 4-aminobenzoate acid, diphenyltin(IV) di-4-aminobenzoate, triphenyltin(IV) 4-aminobenzoate, antibacteria.*

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*

Oleh

WIDIA SARI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018

Judul Skripsi : **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***

Nama Mahasiswa : Widia Sari

Nomor Pokok Mahasiswa : 1417011111

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D.	**Dr. Noviany, S.Si., M.Si.**
NIP. 197104151995121001	NIP. 197311191998022001

2. Ketua Jurusan Kimia

Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono
NIP. 197407052000031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Pembimbing II : **Dr. Noviany, S.Si., M.Si.** .....

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

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Prof. Warsito, S.Si., D.E.A., Ph.D.
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **28 Juni 2018**

RIWAYAT HIDUP

Widia Sari dilahirkan di Talangpadang, pada tanggal 27 Februari 1997 sebagai anak bungsu dari lima bersaudara, pasangan bapak Slamet dan ibu Daryasih. Penulis telah menyelesaikan pendidikan mulai dari Sekolah Dasar di SD Negeri 3 Talangpadang pada tahun 2008, selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Talangpadang pada tahun 2011 dan menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Talangpadang pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah kimia anorganik I angkatan 2016 tahun 2017, asisten mata kuliah Kimia Anorganik 2 angkatan 2015 tahun 2017, dan asisten mata kuliah Kimia Anorganik 2 angkatan 2015 tahun 2018. Penulis juga mengikuti beberapa aktivitas organisasi, dimulai dengan menjadi Kader Muda Himaki (KAMI) periode 2014-2015, Anggota Muda Rois (AMAR) Fmipa Unila 2014-2015, dan Garuda BEM Fmipa Unila 2014-2015. Pada periode 2015-2016 penulis Aktif sebagai anggota Sosial Masyarakat (SOSMAS) Himaki dan anggota Departemen Pemberdayaan Sumber Daya Mahasiswa (PSDM) BEM Fmipa Unila. Penulis mengemban

amanah sebagai Bendahara Biro Keputrian Rois FMIPA Unila pada tahun 2015-2016, pada tahun 2016 penulis mengemban amanah sebagai Bendahara Departemen Kajian Strategi BEM FMIPA Unila. Pada tahun 2017 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di pekon Banjarnegeri kecamatan Gunung Alip Kabupaten Tanggamus.

MOTO

"If Allah knows (any) good in your hearts, He will give you (something) better than what was taken from you, and He will forgive you; and Allah is Forgiving and Merciful."

(QS. Al-Anfal:70)

"Barangsiapa menghendaki keuntungan di akhirat akan Kami tambahkan keuntungan itu baginya, dan barang siapa menghendaki keuntungan di dunia Kami berikan kepadanya sebagian darinya (keuntungan dunia) tetapi dia tidak akan mendapat bagian di akhirat"

(QS. Asy-Syura:20)

"Ikhtiar dan doa, perihal hasil akhir dari perjuangan biar Allah yang menghendaki. Baik atau buruk, berhasil atau gagal lagi, semua itu adalah hasil terbaik dari ketetapan terindahNya. Karena Allah selalu memberi yang terbaik untuk hambaNya. Allah mengetahui sedangkan aku tidak mengetahui"

(Widia Sari)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap Alhamdulillahirobil'alamin kepada Allah Subhanahu Wa Ta'alla

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

Ibundaku tercinta & Ayahandaku tercinta

yang telah menjadi sumber kekuatan dan semangat bagiku,
keringat yang selalu menjadi saksi akan perjuangannya untukku.
Bapak dan Ibu, lewat karya ini ananda ingin berterimakasih atas segala cinta, kesabaran, pengorbanan, kasih sayang serta ketulusan yang tak pernah lelah dalam setiap sujudnya mendo'akan hidupku.

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

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

Kakak-kakaku tercinta yang selalu
memberikan dukungan serta kasih sayang.

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

Serta

Almamaterku Tercinta

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji bagi Allah *Rabb* semesta alam atas segala nikmat dan karunianya yang tak terhingga, kasih dan sayang yang selalu mengalir, serta rahmatnya yang tak pernah terputus sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul " **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*** " sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Sholawat beriring salam selalu tercurah kepada suri tauladan terbaik pengubah peradaban ummat manusia nabi Muhammad Shalallahu 'Allaihi Wassalam beserta para sahabat dan keluarganya, semoga kita termasuk umatnya yang mendapatkan *syafa'at* beliau di *yaumil akhir* nanti, *aamiin yarabbal'alamin.*

Teriring doa yang tulus *jazaakumullah khaiiran,* penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing I atas segala dedikasi yang telah beliau berikan selama menempuh pendidikan di kampus, atas semua kebaikan, keikhlasan, kesabaran, bimbingan, dan ilmu sehingga

penelitian dan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan serta keberkahan atas segala kebaikan yang telah diberikan.

2. Ibu Dr. Noviany, S.Si., M.Si. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan serta arahan dengan ikhlas dan penuh kesabaran. Semoga Allah SWT selalu memberikan pertolongan dan membalas semuanya dengan kebaikan.
3. Bapak Prof. Dr. Yandri A.S, M.S. selaku penguji atas bimbingan, arahan, dan semua ilmu yang telah diberikan. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan atas semua yang telah diberikan.
4. Bapak Prof. Dr. Warsito, D.E.A. Ph.D. Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
5. Bapak Mulyono Ph.D. selaku pembimbing akademik atas bimbingan, nasehat, serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis.
6. Bapak Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila atas seluruh ilmu dan pengalaman yang telah diberikan kepada penulis selama mengikuti perkuliahan di kampus. Semoga Allah membalasnya dengan kebaikan.
8. Ibu Prof. Dr. Buhani, S.Pd., M.Si. selaku kepala laboratorium Kimia Anorganik-Fisik yang telah memberikan izin dan kemudahan bagi penulis untuk melakukan penelitian.
9. Dengan segala ketulusan, *jazakumullah khayran* untuk kedua malaikat terbaikku Bapak Slamet dan Ibu Daryasih atas seluruh cinta, kasih sayang,

kesabaran, keikhlasan, dan ketulusan doa yang selalu beliau senandungkan. Semoga Allah SWT membalas cintanya dengan *jannah*-Nya, *aamiin Allahuma aamiin*.

10. Terimakasih kepada bidadari baik Mbak Yuli dan 3 kakak laki-lakiku a' Ono, a' Novan dan a' amin yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, serta pengertian kepada adiknya ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan dan kebahagian di dunia maupun di akhirat, *aamiin Allahuma aamiin.*
11. Kepada ketiga kakak iparku a' Mastur, teh Peni,dan teh Riyah yang selalu mendukung dan menyengatiku, semoga Allah SWT akan membalas kebaikan kalian.
12. Keponakanku Nissa, Winda, Karin, Rizi, Nova, dan Nadia pasukan yang selalu mengobarkan api semangat. Terimakasih atas canda tawa yang selalu menjadi motivasi bagi penulis.
13. Terimakasih kepada keluarga besar bapak dan keluarga besar ibu yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan bantuan kepada penulis. Semoga setiap kebaikan yang diberikan dibalas oleh Allah SWT.
14. Bapak Ibu Dewan guru dari SD, SMP, dan SMA yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pendidikan akhlak serta pengalaman kepada penulis. Terimakasih yang tiada terkira, semoga bapak ibu selalu dalam lindungan dan diberikan *Jannah*-Nya.
15. Rekan seperjuangan penelitian Dira Fauzi Ridwan, Deni Diora, dan Bayu Andani yang senantiasa mendampingi serta memberikan motivasi kepada

penulis dalam penelitian maupun penyusunan skripsi ini, semoga Allah limpahkan keberkahan padamu sahabat.

16. Kakak-kakak satu bimbingan Mbak Annisa, Mbak Jeje, Kak Sukamto, Mbak Murni, Kak Adi, Mbak Nova, Mbak Kartika, Mbak Ismi, Mbak Della, Kak Febri, yang selalu memberikan arahan, semangat dan bantuannya, dan adik-adikku Mona, Asti, Tari, Hani dan Aji atas semangat dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
17. Sahabat-sahabatku Khumil Ajmila, Ni Putu Rahma, Asdini Virginia, Risa Septiana, Khasandra, Richa Royjanah, Riza Mufarida, Nella Merliani, Rahmah Hanifah, Laili Dini Ariza, Yola Yashinta, Rizky Fijaryani, Liana Hariyanti, Hidayatul Mufidah, Nur Laelatul, Lucia Arum, Rizka Ari Wandari, dan Mahliani Erianti, terimakasih atas persahabatan ini. Semoga Allah SWT selalu meridhoi tali *ukhuwah* ini.
18. Teman-teman seperjuangan dari SMAN 1 Talangpadang, Dina Nur Ayudia (teman sebangku 3 tahun), Linda Serlina, Siti Kholifah, Sinta Debi Pratama, dan Qori Merinda Pratiwi. Terimakasih atas semangat dan dukungan selama ini, semoga kita dipertemukan di puncak kesuksesan. Aamiin.
19. Keluarga kontrakanku, Mba Tum, Miranda, Anca, Tika, Endang, Afifah, dan Enti. Terimakasih banyak atas semua canda dan kebersamaan yang pernah kita alami, semoga apa yang pernah kita alami akan menjadi catatan indah yang akan selalu kita kenang. Semangat mengejar impian, semoga kita dipertemukan di puncak kesuksesan dan *keep istiqomah*. Aamiin.
20. Teman-teman tercinta angkatan 2014 Yusuf, Laili, Nella, Rahmah, Yola, Astriva, Reni, Uci, Ainun, Cindy, Fitria, Ferita, Fikri, Hafid, Anna, Devi, Hot

Asi, Novi, Putsen, Aniza, ismi, Gabriel, Kartika, Elisabeth, Herda, Dicky, Erien, Dira, Beber, Dhia, Fendi, Clodina, Rica, Bunga, Diva, Leony, Ayuning, Bidari, Agung, Asrul, Luthfi, Erika, Fernando, Edit, Heni, Nova, Windi, Dinda, Riri, Riza, Della, Arra, Hesty, Jepry, Nindy, Ismini, Grace, Angga, Firza, Daus, Teguh, Ilham, Hamidin, Diani, Yunita, Sifa, Ilhan, Fergina, Ganjar, Tika, Elin, Meliana, Rizky, Renaldi, Erwin, Matthew, Viggy, Arqam, Michael. Terimakasih atas kebersamaanya dalam menuntut ilmu juga canda tawa bahagia yang selalu kalian hadirkan di setiap episode perjalanan kita.

21. Mbak Liza, Mbak Wid, Pak Gani, Mas Nomo, Pak Jon terima kasih atas bantuan yang diberikan kepada penulis.
22. Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila 2016 atas cinta kasih, semangat dan motivasi yang sudah diberikan.
23. Keluarga Bapak Muslimin selaku induk semang dalam kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN), Nora, Septi, Pak ridwan, Pak Sekdes, Pak Kosim dan Nisa terimakasih atas segala kebaikan hati.
24. Teman-teman Kuliah Kerja Nyata Gunung Alip, Arra, Irul, Jefri, Wayan, Endah, Meta, Putri, Ghina, Shindy, Mbak Mey, Tiara, Putri WD, Bang Bagus, Nandika, Mario, Eko, Guntur, Anung, Anley, Rizki, Bang Dika, Nuridin. Terimakasih atas pengalaman selama ini, terimakasih juga telah mengajarkanku banyak hal tentang sabar dan kerjasama. Semoga kita akan dipertemukan di masa depan yang cerah. Aamiin.
25. Adik-adik kesayanganku Valen, Gista, Gisti, Nurbaiti, Devi, Widya, Charlita, dan Adita, serta lainnya yang tak dapat disebutkan satu persatu atas doa

semangat dan keceriaan yang telah diberikan kepada penulis, semoga Allah senantiasa istiqomahkan serta melimpahkan *baraakah* kepada kalian.

26. Santi, Putri (puput), Miranda, Aderika, Aini, Fatri, Tiara, dan semua adik-adik 2015 yang tidak bisa saya sebutkan. Terimakasih atas dukungan dan bantuan selama ini. Jalan masih panjang, masih butuh energi untuk menjalani ini. Percayalah, hidup akan indah jika kita jalani dengan baik, tetap berusaha dan berdoa.
27. Terimakasih juga untuk kakak-kakak 2012 dan 2013 serta Adik-adik angkatan 2016 dan 2017 yang tidak bisa saya sebutkan.Semoga apa yang pernah kita lakukan memberikan perubahan di masa depan. Sukses selalu dan tetap menjadi yang terbaik.
28. Almamater tercinta.
29. 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.

`

Bandar Lampung, Juni 2018
Penulis,

Widia Sari

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI ..... **i**

DAFTAR TABEL ..... **iii**

DAFTAR GAMBAR ..... **v**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **vii**

I. PENDAHULUAN **1**
- A. Latar Belakang 1
- B. Tujuan Penelitian 4
- C. Manfaat Penelitian 5

II. TINJAUAN PUSTAKA **6**
- A. Timah 6
- B. Senyawa Organologam 7
- C. Senyawa Organotimah 9
  - 1. Senyawa organotimah halida 10
  - 2. Senyawa organotimah hidroksida dan oksida 11
  - 3. Senyawa organotimah Karboksilat 12
- D. Analisis Senyawa Organotimah 12
  - 1. Analisis spektroskopi *IR* senyawa organotimah 12
  - 2. Analisis spektroskopi *UV-VIS* senyawa organotimah 14
  - 3. Analisis spektroskopi ^{1}H-NMR dan ^{13}C-NMR 15
  - 4. Analisis unsur dengan menggunakan *microelemental* Analyzer 17
- E. Aplikasi Senyawa Organotimah 18
- F. Antibakteri 19
- G. Bakteri 21
- H. Bakteri *Bacillus subtilis* 23
- I. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* 24
- J. Uji Aktivitas Antibakteri 27
  - 1. Metode Difusi 27
  - 2. Metode Dilusi 29
- K. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Aktivitas Antibakteri 31

III. METODE PENELITIAN **33**
- A. Waktu dan Tempat 33

B. Alat dan Bahan 33
C. Metode Penelitian 34
1. Sintesis senyawa awal difeniltimah(IV) dihidroksida $[(C_6H_5)_2Sn(OH)_2]$ 34
2. Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat $[(C_6H_5)_2Sn(p\text{-}OCOC_6H_4NH_2)_2]$ 35
3. Sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat $[(C_6H_5)_3Sn(p\text{-}OCOC_6H_4NH_2]$ 35
4. Uji aktivitas antibakteri 36
a. Penyiapan media uji 36
b. Uji bioaktivitas dengan metode difusi agar 36
c. Uji bioaktivitas dengan metode dilusi agar 37

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 38
A. Sintesis 38
1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) dihidroksida 38
2. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat 39
3. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat 41
B. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer *IR* 43
1. Asam 4-aminobenzoat 43
2. Perbandingan Spektrum Senyawa Difeniltimah(IV) diklorida, Difeniltimah(IV) dihidroksida, dan Difeniltimah(IV) 4-aminobenzoat 44
3. Perbandingan Spektrum Senyawa Trifeniltimah(IV) hidroksida dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat 47
C. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* 49
1. Senyawa Difeniltimah(IV) diklorida, Difeniltimah(IV) dihidroksida, dan Difeniltimah(IV) 4-aminobenzoat 49
2. Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat 52
D. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer *NMR* 53
E. Karakterisasi menggunakan *Microelemental Analyzer* 57
F. Uji Aktivitas Antibakteri 58
1. Uji Difusi 58
2. Uji Dilusi 65

V. SIMPULAN DAN SARAN 69
A. Simpulan 69
B. Saran 70

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Serapan inframerah gugus fungsional senyawa organik.....14

2. Nilai geseran kimia untuk ^{1}H dan ^{13}C NMR.....16

3. Kriteria kekuatan Antibakteri.....28

4. Bilangan gelombang untuk gugus fungsi yang terdapat pada senyawa asam 4-aminobenzoat..... 44

5. Bilangan gelombang untuk gugus fungsi yang terdapat pada senyawa difeniltimah(IV) diklorida, difeniltimah(IV) dihidroksida dan difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... 47

6. Bilangan gelombang untuk gugus fungsi yang terdapat pada senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat 49

7. Perbandingan pergeseran λmax senyawa awal dan hasil sintesis 52

8. Perbandingan pergeseran λmax senyawa awal Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan senyawa hasil sintesis Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat..... 53

9. Perbandingan pergeseran kimia senyawa hasil sintesis 57

10. Hasil mikroanalisis unsur..... 57

11. Ukuran zona hambat dari senyawa difeniltimah(IV) dihidroksida terhadap bakteri *B. subtilis*. 59

12. Ukuran zona hambat dari senyawa trififeniltimah(IV) hidroksida terhadap bakteri *B. subtilis*. 60

13. Ukuran zona hambat dari senyawa difeniltimah(IV) dihidroksida terhadap bakteri *P. aeruginosa*. 60

14. Ukuran zona hambat dari senyawa trififfeniltimah(IV) hidroksida terhadap bakteri *P. aeruginosa*. 60

15. Ukuran zona hambat dari senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap bakteri *B. subtilis*. 61

16. Ukuran zona hambat dari senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri *B. subtilis*. 61

17. Ukuran zona hambat dari senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat terhadap bakteri *P. aeruginosa*. 61

18. Ukuran zona hambat dari senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri *P. aeruginosa*. 61

19. Hasil uji dilusi senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri *B. subtilis*. 66

20. Hasil uji dilusi senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri *P. aeruginosa*. 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Sel Bakteri Bacillus subtilis.....23

2. Sel Bakteri Pseudomonas aeruginosa 25

3. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) dihidroksida.....38

4. Hasil sintesis senyawa Senyawa Difeniltimah(IV) dihidroksida..... 39

5. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat. 40

6. Hasil sintesis senyawa Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat..... 40

7. Reaksi Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat..... 42

8. Hasil sintesis senyawa Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat. 42

9. Diagram Valensi Sn dan Sn^{4+} 43

10. Spektrum *IR* Asam 4-aminobenzoat 44

11. Spektrum *IR* Senyawa Difeniltimah(IV) diklorida (a), Difeniltimah(IV) dihidroksida (b), dan Difeniltimah(IV) 4-aminobenzoat (c)..... 45

12. Spektrum *IR* Senyawa Trifeniltimah(IV) hidroksida [$(C_6H_5)_3SnOH$] dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat. 48

13. Spektrum *UV-Vis* Senyawa Difeniltimah(IV) diklorida (a), Difeniltimah(IV) dihidroksida (b), dan Difeniltimah(IV) 4-aminobenzoat (c)..... 51

14. Spektrum UV-Vis Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida (a) dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat (b). 52

15. Penomoran pada struktur hasil sintesis (a) difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan (b) trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat..... 53

16. Spektrum ^{1}H-*NMR* dan spektrum ^{13}C-*NMR* difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat. 55

17. Spektrum ^{1}H-NMR dan Spektrum ^{13}C-*NMR* trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat. 56

18. Kelarutan senyawa hasil sintesis dalam DMSO 5% (a) difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat, (b) trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat. 58

19. Uji dilusi senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri *Bacillus subtilis* pada (a) 2,5 mL, (b) 2 mL, (c) 1,5 mL, (d) 1 mL, (e) 0,5 mL..... 66

20. Uji dilusi senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada (a) 2,5 mL, (b) 2 mL, (c) 1,5 mL, (d) 1 mL, (e) 0,5 mL..... 67

DAFTAR LAMPIRAN

1. Perhitungan Stoikiometri Reaksi Sintesis.....78
2. Perhitungan Persentase Berat Senyawa Hasil Sintesis 81
3. Perhitungan Data Mikroanalisis.....82
4. Perhitungan Nilai Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) 84
5. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri 86

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penyakit infeksi merupakan salah satu masalah dalam dunia kesehatan dan penyebab utama tingginya angka kesakitan (*mordibity*) dan angka kematian (*mortality*) terutama pada negara-negara berkembang seperti Indonesia. Penyakit infeksi merupakan suatu penyakit yang disebabkan karena adanya mikroba patogen (Darmadi, 2008), salah satu penyebab utama infeksi adalah bakteri (Suwito, 2010). Bakteri merupakan salah satu mikroorganisme utama penyebab penyakit infeksi (Jawetz *et al*., 2005). Bakteri yang dapat menyebabkan terjadinya infeksi contohnya *Bacillus subtilis* (gram positif) dan *Pseudomonas aeruginosa* (gram negatif).

B. subtilis dapat menyebabkan kerusakan pada makanan yang juga dapat mengakibatkan infeksi pada manusia yang mengkonsumsinya (Nursal dkk., 2006). *B. subtilis* sering digunakan sebagai indikator terhadap kontaminasi makanan karena ketahanannya dalam mempertahankan diri dengan terbungkus oleh spora yang tahan terhadap panas (suhu tinggi) (Jawetz *et al.*, 1996). *B. subtilis* dapat tumbuh pada kondisi aerob dan anaerob, mampu mendegradasi xylan dan karbohidrat (Cowan and Steel, 1973). Selain bakteri *B. subtilis*, bakteri *P. aeruginosa* juga banyak menimbulkan masalah kesehatan mencakup kasus

bakterimia, meningitis, infeksi saluran kemih, infeksi pada luka yang dapat menimbulkan nanah hijau kebiruan, infeksi saluran nafas yang mengakibatkan pneumonia yang disertai nekrosis, otitis eksterna ringan pada perenang, dan infeksi mata (Ryan, 2004). *P. aeruginosa* merupakan bakteri yang tersebar luas di alam yang hidup di tanah, air, tumbuhan dan hewan termasuk manusia. *P. aeruginosa* dapat berada pada orang sehat, yang bersifat saprofit. Bakteri ini menjadi patogenik jika berada pada tempat dengan daya tahan abnormal kemampuan bakteri *P. aeruginosa* untuk bertahan hidup pada kondisi lingkungan ekstrem dan bertahan dalam jangka waktu yang lama pada permukaan tubuh juga sering menyebabkan infeksi pada manusia (Jawetz dan Adelberg., 2005). Timbulnya berbagai penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri mendorong untuk terus dilakukannya penelitian baru yang mampu menghasilkan antibiotik baru serta memiliki efikasi yang optimal untuk mengobati penyakit infeksi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri pada mahluk hidup adalah dengan membuat suatu bahan atau zat antibakteri (Irianto, 2007).

Zat antibakteri berdasarkan kegunaannya dapat dibuat menjadi desinfektan, antiseptik, sterilizer, dan sanitizer. Penghambatan antibakteri terhadap pertumbuhan bakteri oleh senyawa antibakteri dapat dilakukan dengan cara perusakan dinding sel, yaitu menghambat pembentukan dinding sel atau mengubahnya setelah selesai terbentuk, sehingga menyebabkan perubahan permeabilitas membran sitoplasma dan menyebabkan keluarnya cairan sitoplasma yang berisi bahan makanan dari dalam sel bakteri, penghambatan kerja enzim, dan penghambatan sintesis asam nukleat serta protein (Pelczar and Chan, 1986).

Senyawa organotimah(IV) merupakan senyawa yang memiliki berbagai aktivitas biologis. Jumlah dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn menentukan kereaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) itu sendiri. Ligan yang terikat pada senyawa organotimah(IV) walaupun sebagai penentu sekunder kereaktifan senyawa organotimah(IV), namun berperan penting dan dapat meningkatkan kereaktifan dalam berbagai uji biologis. Dari bermacam-macam senyawa kompleks organotimah dengan molekul biologi, kompleks organotimah karboksilat mendapat perhatian khusus karena senyawa ini memiliki aktivitas biologis lebih kuat dibandingkan dengan kompleks organotimah lainnya (Pellerito and Nagy, 2002; Szorcsik *et al*., 2002). Senyawa organotimah memiliki rentang aplikasi yang luas dan merupakan salah satu bahan kimia organologam yang paling banyak digunakan. Senyawa organotimah(IV) menunjukkan aktifitas biologis yang signifikan (Kang *et al*., 2009; Wu *et al*., 2009; Alama *et al.*, 2009; Affan *et al.*, 2009). Senyawa-senyawa tersebut telah diketahui sebagai antijamur (Hadi *et al*., 2008; Manav *et al.*, 2000; Singh dan Kaushik, 2008), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al*., 2011; Hadi *et al*, 2012; Hadi and Rilyanti, 2010), antiviral (Singh *et al.*, 2000), inhibitor korosi (Rastogi *et al*., 2005; Singh *et al*., 2010; Rastogi *et al.*, 2011; Afriyani, 2014; Anggraini, 2014; Aini, 2015) dan antibakterial (Maiti *et al.*, 1988; Gleeson *et al*., 2008; Annisa, 2017).

Dalam beberapa penelitian, diketahui senyawa organotimah(IV) karboksilat menunjukkan sifat sebagai antimikroorganisme sehingga dapat berfungsi sebagai antifungi dan antimikroba (Annisa *et al.*, 2017; Hadi *et al*, 2018). Pada penelitian sebelumnya, Annisa (2017) menggunakan asam 3-klorobenzoat sebagai ligan asam karboksilat diperoleh efisiensi inhibisi tertinggi sebesar 0,005 % terhadap

bakteri *B. subtilis* dan 0,004% terhadap bakteri *P. aeruginosa.* Kemudian berdasarkan dari 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), menggunakan asam benzoat sebagai ligan asam karboksilat diperoleh efisiensi inhibisi tertinggi sebesar 0,004 %. Kedua penelitian tersebut menunjukan bahwa senyawa yang memiliki efektifitas inhibisi tertinggi terhadap bakteri *B. subtilis* dan *P. aeruginosa* pada konsentrasi tertinggi 200 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka telah dilakukan pula uji aktivitas antibakteri senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat dengan menggunakan asam 4-aminobenzoat sebagai ligan asam karboksilatnya kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *IR*, spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer *NMR*, dan *microelemental* analyzer. Senyawa hasil sintesis kemudian dilakukan uji aktivitas terhadap bakteri gram positif *B. subtilis* dan bakteri gram negatif *P. aeruginosa*.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah (IV) 4-aminobenzoat.
2. Mengkarakterisasi senyawa hasil sintesis difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, menggunakan spektrofotometer *IR*,

spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer *NMR* dan *microelemental analyzer.*

3. Menguji aktivitas antibakteri dari senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat terhadap bakteri gram positif *B. subtilis* dan gram negatif *P. aeruginosa* serta membandingkan aktivitas antibakteri dengan *drug control streptomicin.*
4. Membandingkan aktivitas terbaik dari dua senyawa tersebut sebagai antibakteri.

C. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi dan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang organologam serta memperbanyak jenis dari senyawa organologam yang bisa digunakan dalam bidang kesehatan sebagai antibakteri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Timah

Timah atau *Stannum* (Sn) adalah logam yang memiliki fleksibilitas valensi yang lebih besar daripada atom-atom segolongannya di tabel periodik. Timah merupakan unsur golongan IVA dalam tabel periodik, bersama dengan karbon, silikon, germanium, dan timbal. Logam timah memiliki bilangan koordinasi lebih dari empat. Timah dalam bentuk senyawaannya memiliki tingkat oksidasi +2 dan +4, tingkat oksidasi +4 lebih stabil daripada +2. Pada tingkat oksidasi +4, timah menggunakan seluruh elektron valensinya, yaitu $5s^2$ $5p^2$ dalam ikatan, pada tingkat oksidasi +2, timah hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ saja (Cotton dan Wilkinson, 1989). Sebagai anggota dalam golongan IVA, struktur geometri $SnCl_4$ yang telah dikarakterisasi ialah tetrahedral seperti CCl_4. Pada suhu ruang, keduanya merupakan cairan tidak berwarna dengan titik didih masing-masing 114^oC dan 77^oC (pada tekanan atmosfer). Di luar keadaan tersebut, keduanya menunjukkan karakter yang cukup berbeda. Perbedaan tersebut dapat dijelaskan karena ukuran atom Sn lebih besar dibandingkan atom C dan dimilikinya orbital 5d pada atom Sn. Kedua faktor tersebut, membuat Sn memungkinkan untuk "berikatan lebih" (ekstra koordinasi) dengan ligan-ligannya (Cotton dan Wilkinson, 1989).

B. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang sedikitnya memiliki satu atom karbon dari gugus organik yang terikat langsung dengan logam yang berperan sebagai atom pusat. Senyawa yang mengandung ikatan karbon dengan arsen, boron , fosfor, ataupun silikon termasuk dalam organologam tetapi untuk senyawa yang mengandung ikatan antara atom logam dengan belerang, oksigen, nitrogen ataupun dengan suatu halogen tidak termasuk sebagai senyawa organologam. Sebagai contoh senyawa $(C_6H_5)Ti(OC_3H_7)_3$ adalah senyawa organologam karena terdapat satu ikatan langsung antara karbon C dari gugus fenil dengan logam Ti. Sedangkan suatu alkoksida seperti $Ti(C_3H_7O)_4$ bukan termasuk senyawa organologam karena gugus organiknya terikat pada Ti melalui atom oksigen. Sifat senyawa organologam yang umum ialah memiliki atom karbon yang lebih elektronegatif daripada kebanyakan logamnya. Berdasarkan bentuk ikatan pada senyawa organologam, senyawa ini dapat dikatakan sebagai penghubung antara kimia anorganik dan organik (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Pada umumnya sifat atom karbon yang terikat pada logam dalam senyawaan organologam lebih elektronegatif daripada kebanyakan logam yang dimilikinya. Ada beberapa kecenderungan jenis ikatan yang terbentuk pada senyawaan organologam yaitu:

a. Senyawaan ionik dari logam elektropostif

   Senyawaan organo dari logam yang sangat elektropositif umumnya bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik, dan sangat reaktif terhadap udara dan juga air. Kestabilan dan kereaktifan senyawaan ion ditentukan dalam satu

bagian oleh kestabilan ion karbon. Garam logam ion-ion karbon yang diperkuat oleh delokalisasi elektron lebih stabil walaupun masih relatif. Contoh gugus organik dalam garam-garam tersebut seperti $(C_6H_5)_3C^-K^+$ dan $(C_5H_5)_2Mg^{2+}$.

b. Senyawaan yang memiliki ikatan –σ (sigma)

Senyawa organo dimana sisa organiknya terikat pada suatu atom logam dengan suatu ikatan yang digolongkan sebagai ikatan kovalen (walaupun masih ada karakter-karakter ionik dari senyawaan ini) yang dibentuk oleh kebanyakan logamdengan kelektropositifan yang relatif rendah dari golongan pertama di atas, dan sehubungan 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 alkil atau aril dengan pasangan elektron menyendiri.
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) ataukarbon-karbon (C-C).

c. Senyawaan yang terikat secara non klasik

Dalam banyak senyawaan organologam terdapat suatu jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk ionik atau pasangan elektron/valensi. Misalnya, pada $B(CH_3)_3$ atom B termasuk atom golongan IIIA, memiliki 3 elektron valensi, sehingga cukup sulit untuk membentuk konfigurasi oktet dalam senyawaannya. Ada kecenderungan untuk memanfaatkan orbital-orbital kosong pada atom B dengan menggabungkanya pada gugus suatu senyawa yang memiliki kelebihan pasanganelektron menyendiri. Senyawaan ini terbagi menjadi dua golongan:

1. Senyawa organologam yang terbentuk antara logam-logam transisi dengan alkena, alkuna, benzena, dan senyawaan organik tak jenuh lainnya.
2. Senyawa organologam yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan

(Cotton dan Wilkinson, 1989).

C. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah adalah senyawa yang sedikitnya mengandung satu ikatan kovalen C-Sn. Senyawa organotimah sebagian besar dapat dianggap sebagai turunan dari $R_nSn(IV)X_{4-n}$ (n = 1-4) dan diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetra- organotimah(IV), tergantung dari jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Anion atau ligan yang terikat (X) biasanya adalah klorida, fluorida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu thiolat (Pellerito and Nagy, 2002). Ikatan Sn-X memiliki derajat ion tertentu bergantung pada anion (X) dan alkil (R). Sebagai contoh, titik leleh dari $(CH_3)_3SnX$ bervariasi untuk fluorida (300ºC) > klorida (37ºC) > bromida (27ºC) > iodida (3,4ºC) (Tayer, 1988). Kecenderungan terhidrolisis dari senyawa organotimah 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 SnO_2, CO_2, dan H_2O. Kemudahan putusnya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan urutannya meningkat dengan urutan: Bu (paling stabil) < Pr < et < me < vinil < Ph < Bz < alil < CH_2CN < CH_2CO_2R (paling tidak stabil)(Van der Weij, 1981).

Dari sisi fisika dan kimia, senyawa organotimah merupakan monomer yang dapat

membentuk makromolekul stabil berbentuk padat (metiltimah, feniltimah, dan dimetiltimah) dan cairan (butiltimah) yang sangat mudah menguap, menyublim, dan tidak berwarna serta stabil terhadap hidrolisis dan oksidasi. Atom halogen, khususnyaklor yang dimiliki oleh senyawa organotimah mudah lepas dan berikatan dengan senyawa-senyawa yang mengandung atom dari golongan IA atau golongan IIA sistem periodik atau ion logam positif lainnya. Meskipun kekuatan ikatannya bervariasi, akan tetapi atas dasar sifat itulah senyawa organotimah dapat disintesis (Greenwood and Earshaw, 1990).

Penggabungan SnR_4 melalui gugus alkil tidak teramati sama sekali. Senyawa-senyawa dengan rumus R_3SnX atau R_2SnX_2 tergabung secara luas melalui jembatan X sehingga meningkatkan bilangan koordinasi Sn menjadi lima, enam atau bahkan tujuh. Dalam hal ini, F lebih efektif dibandingkan unsur-unsur halogen lainnya. Sebagai contoh Me_3SnF memiliki struktur trigonal bipiramida, Me_2SnF_2 memiliki struktur oktahedral sedangkan jembatan Cl yang lebih lemah memiliki struktur terdistorsi (Van der Weij, 1981).

Dari beberapa metode yang digunakan untuk sintesis senyawa organotimah, $SnCl_4$ biasa digunakan sebagai *starting material* (material awal) untuk sintesis berbagai senyawa organotimah. Ada beberapa metode yang umum digunakan untuk sintesis senyawa organotimah yaitu:

1. Senyawa Organotimah Halida

Senyawa organotimah halida mempunyai rumus umum R_nSnX_{4-n} (n = 1-3; X = Cl, Br, I) pada umumnya merupakan padatan kristalin dan sangat reaktif. Senyawa organotimah halida 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 melalui persamaan reaksi:

$$2\ EtI + Sn \longrightarrow Et_2Sn + I_2$$

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

$$SnR_4 + 3\ SnCl_4 \longrightarrow 4\ RSnCl_3$$

$$SnR_4 + SnCl_4 \longrightarrow 2\ R_2SnCl_2$$

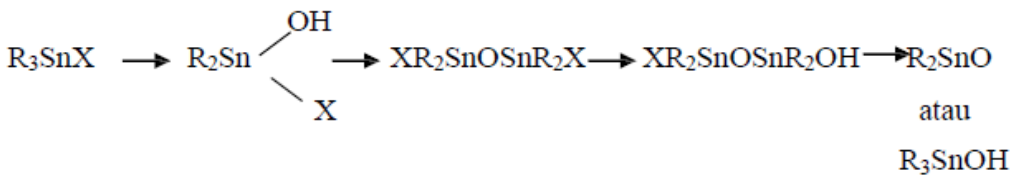
$$3\ SnR_4 + SnCl_4 \longrightarrow 4\ R_3SnCl$$

Ketiga persamaan reaksi di atas merupakan reaksi *redistribusi Kocheshkov*. Reaksinya berlangsung dalam atmosfer bebas uap air. Hasilyang diperoleh dengan metode diatas cukup tinggi. Senyawa organotimah klorida digunakan sebagai kloridanya dengan memakai logam halida lain yang sesuai seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:

$$R_nSnCl_{4-n} + (4-n)\ MX \longrightarrow R_nSnX_{4-n} + (4-n)\ MCl$$

(X = F, Cl, Br, atau I; M = K, Na, NH_4) (Cotton dan Wilkinson, 1989).

2. Senyawa Organotimah Hidroksida



Pada reaksi diatas menunjukkan prinsip tahapan intermediet.Produk kompleks yang didapat melalui hidrolisis dari senyawa trialkiltimah halida dan senyawa yang berikatan R_3SnX merupakan rute utama pada trialkiltimah oksida dan trialkiltimah hidroksida (Wilkinson, 1982).

3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Pada umumnya senyawa organotimah karboksilat dapat disintesis melalui melalui dua cara yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksidanya dengan asam karboksilat dan dari organotimah halidanya dengan asam karboksilat. Metode yang biasa digunakan untuk sintesis organotimah karboksilat yakni dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal. Organotimah halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida. Reaksinya adalah sebagai berikut:

$$R_nSnCl_{4-n} + (4-n)\ MOCOR \longrightarrow R_nSn(OCOR)_{4-n} + (4-n)\ MCl$$

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

$$R_2SnO + 2\ R'COOH \longrightarrow R_2Sn(OCOR')_2 + H_2O$$

$$R_3SnOH + R'COOH \longrightarrow R_3SnOCOR' + H_2O$$ (Wilkinson, 1982).

D. Analisis Senyawa Organotimah

1. Analisis Spektroskopi *IR* Senyawa Organotimah

Pada spektroskopi *IR*, radiasi inframerah dengan rentang panjang gelombang Dan intensitas tertentu dilewatkan terhadap sampel. Molekul-molekul senyawa pada sampel akan menyerap seluruh atau sebagian radiasi itu. Penyerapan ini berhubungan dengan adanya sejumlah vibrasi yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul itu. Penyerapan ini juga berhubungan dengan adanya perubahan momen dari ikatan kovalen pada waktuterjadinya vibrasi. Bila radiasi itu diserap sebagian atau seluruhnya, radiasi

itu akan diteruskan. Detektor akan menangkap radiasi yang diteruskan itu dan mengukur intensitasnya.

Spektra *IR* memberikan absorpsi yang bersifat aditif atau bisa juga sebaliknya. Sifat aditif disebabkan karena *overtone* dari vibrasi-vibrasinya. Penurunan absorpsi disebabkan karena kesimetrian molekul, sensitifitas alat, dan aturan seleksi. Aturan seleksi yang mempengaruhi intensitas serapan *IR* ialah perubahan momen dipol selama vibrasi yang dapat menyebabkan molekul menyerap radiasi *IR*. Dengan demikian, jenis ikatan yang berlainan (C-H, C-C, atau O-H) menyerap radiasi *IR* pada panjang gelombang yang berlainan. Suatu ikatan dalam molekul dapat mengalami berbagai jenis getaran, oleh sebab itu suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu panjang gelombang. Puncak- puncak yang muncul pada daerah 4000 cm^{-1}-1450 cm^{-1} biasanya berhubungan dengan energi untuk vibrasi uluran diatomik. Daerahnya dikenal dengan *group frequency region* (Sudjadi, 1985). Serapan inframerah gugus fungsional senyawa organik ditunjukkan pada Tabel 1.

Secara umum, spektrum serapan *IR* dapat dibagi menjadi tiga daerah:

a. Inframerah dekat, dengan bilangan gelombang antara 14.300 hingga 4.000 cm^{-1}. Fenomena yang terjadi ialah absorpsi *overtone* C-H.
b. Inframerah sedang, dengan bilangan gelombang antara 4.000 hingga 650 cm^{-1}. Fenomena yang terjadi ialah vibrasi dan rotasi.
c. Inframerah jauh, dengan bilangan gelombang 650 hingga 200 cm^{-1}. Fenomena yang terjadi ialah penyerapan oleh ligan atau spesi lainnya yang berenergi rendah.

Tabel 1. Serapan inframerah gugus fungsional senyawa organik

Bilangan gelombang (cm^{-1})	**Tipe ikatan**	**Keterangan**
3200-3600	O-H	Ikatan hidogen dapat Memperlebar absorpsi. Ikatan hidrogen internal yang sangat kuat dapat menutupi serapan C-H alifatik dan aromatik.
1372-1290	N-O	Menunjukkan adanya ikatan N-O asimetri
3310-3320	C-H Asetilenik C-H aromatik dan etilenik	Terdapat pada semua molekul organik, karenanya kegunaannya untuk analisis gugus fungsi terbatas
2850-2950	C-H alkane	
2500-3600	-COOH	Serapan gugus karboksilat sangat lebar, kuat. Puncak tajam dekat 3500 cm-1 menunjukkan vibrasi O-H bebas (yang tidak berikatan hidrogen).
1680-1700	R-CON	Vibrasi gugus karbonil amida sekunder muncul dengan satu puncak, sedangkan untuk amida tersier tidak muncul puncak.

(Fessenden dan Fessenden, 1986).

2. Analisis Spektroskopi *UV-Vis* Senyawa Organotimah

Pada spektroskopi *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 antiikatan. 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 nm = 10^{-7}cm = 10 Å). 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. Panjang gelombang lebih dari 200 nm merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan orbital π terutama sistem π terkonjugasi, pengukurannya mudah 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 subtituen dan terutama yang berhubungan dengan subtituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1985).

Pada ikatan kovalen tunggal, elektron terikat dengan kuat dan diperlukan radiasi berenergi tinggi atau panjang gelombang yang pendek untuk membuat elektron tereksitasi. Hal ini berarti suatu elektron dalam orbital ikatan (*bonding*) dieksitasikan ke orbital antiikatan. Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, dikarenakan pita serapan pada daerah *UV-Vis* terlalu lebar dan kurang terperinci. Tetapi gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung menunjukkan puncak karakteristik dan dapat diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus tersebut dalam molekul (Day and Underwood, 1998).

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

Spektrofotometri NMR atau spektrometri resonansi magnet inti berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Spektrometri NMR terdiri dari dua jenis yaitu spektrometri ^{1}H-NMR dan ^{13}C-NMR. Dari spektrum ^{1}H-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. Spektrofotometer NMR yang menganalisis inti dari atom-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. 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 ^{1}H dan ^{13}C NMR

Jenis Senyawa	**^{1}H**	**^{13}C**
Alkana	0.5-1.3	5-35
Alkana termonosubstitusi	2-5	25-65
Alkana Terdisubstitusi	3-7	20-75
$R-CH_2-NR_2$	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
$R-CH_2-NO_2$	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)

4. Analisis unsur dengan menggunakan *microelemental analyzer*

Mikroanalisis adalah penentuan kandungan unsur penyusun suatu senyawa yangdilakukan dengan menggunakan *microelemental analyzer*. Unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sehingga alat yang biasanya digunakan untuk tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai CHNS *microelemental analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Walaupun seringnya hasil yang diperoleh berbeda, perbedaan biasanya antara 1–2%, namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian suatu sampel (Costecsh Analytical Technologies, 2011). Prinsip dasar dari *microelemental analyzer* 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 yangdiperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi (Caprette, 2007).

E. Aplikasi Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah memiliki aplikasi yang luas dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi senyawa organotimah dalam industri antara lain sebagai senyawa stabilizer polivinilklorida, pestisida nonsistematik, katalis antioksidan, antifouling agents dalam cat, stabilizer pada plastik dan karet sintetik, stabilizer untuk parfum dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi. Untuk

penggunaan tersebut, kurang lebih 25.000 ton timah dipergunakan per tahun (Pellerito and Nagy, 2002).

Mono dan diorganotimah digunakan secara luas sebagai stabilizer polivinilkloridauntuk mengurangi degradasi polimer polivinilklorida tersebut. Empat tipe utama penstabil timah berdasarkan gugus alkilnya yaitu: oktil, butil, fenil, dan metil. Dimana oktiltimah memiliki kandungan timah paling sedikit, paling kurang efisien. Ligan-ligan utama yang digunakan untuk membedakan berbagai penstabil timah yaitu, asam tioglikolat ester, dan asam karboksilat. Senyawa organotimah yang paling umum digunakan sebagai katalis dalam sintesis kimia yaitu katalis mono dan diorganotimah. Senyawa organotimah merupakan katalis yang bersifathomogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan dan untuk sintesis poliester. Senyawa organotimah ditemukan berikutnya antara lain sebagai *biocide* (senyawa yang mudah terdegradasi), sebagai pestisida yang pertama kali diperkenalkan di Jerman yaitu dari senyawa trifeniltimah asetat pada akhir 1950-an. Kegunaan yang utama dari agrokimia senyawa organotimah karena senyawa ini relatif memiliki fitotoksisitas (daya racun pada tanaman) yang rendah dan terdegradasi dengan cepat sehingga residunya tidak berbahaya terhadap lingkungan (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Senyawa organotimah(IV) telah diketahui memiliki aktivitas biologis yang kuat. Sebagian besar senyawa organotimah(IV) bersifat toksik walaupun pada konsentrasi rendah. Aktivitas biologi ini ditentukan oleh jumlah gugus organik yang terikat pada pusat atom Sn. Senyawa organotimah karboksilat diberikan perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologi yang

kuat dibandingkan senyawa organotimah lainnya (Mahmood *et al*., 2003; Pellerito and Nagy, 2002). Dalam beberapa penelitian, diketahui senyawa organotimah(IV) karboksilat yang menunjukkan sifat sebagai antimikroorganisme sehingga dapat berfungsi sebagai antifungi dan antimikroba (Bonire *et al*., 1998). Diketahui bahwa kompleks di dan triorganotimah halida dengan berbagai ligan yang mengandung nitrogen, oksigen, dan sulfur memiliki aktivitas biologi dan farmakologi dan digunakan sebagai fungisida dalam pertanian, bakterisida, dan agen antitumor (Jain *et al*., 2003). Dari penelitian lain juga menjelaskan bahwa senyawa organotimah dapat dimanfaatkan sebagai inhibitor korosi (Rastogi *et al*., 2005; Singh *et al*., 2010; Rastogi *et al*., 2011; Afriyani, 2014; Anggraini, 2014; Aini, 2015).

F. Antibakteri

Antibakteri merupakan zat yang dapat membasmi bakteri, khususnya bakteri yang merugikan bagi manusia (Vincent, 1987). Antibakteri merupakan zat yang dapat mengganggu pertumbuhan atau bahkan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan. Mikroorganisme dapat menyebabkan bahaya karena kemampuan menginfeksi dan menimbulkan penyakit serta merusak bahan pangan. Antibakteri termasuk kedalam antimikroba yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Antibakteri digolongkan berdasarkan cara kerja, spektrum kerja, dan daya bunuh terhadap bakteri. Kelompok antibakteri dilihat dari cara kerjanya, yaitu:

1. Menghambat sintesis dinding sel bakteri.

   Tekanan osmosis dalam sel mikroba lebih tinggi daripada di luar sel, sehingga

kerusakan dinding sel mikroba akan menyebabkan terjadinya lisis, yang merupakan dasar dari efek bakterisidal terhadap mikroba yang peka (Setyaningsih, 2004). Seperti golongan *polypeptide, cephalosporin, penicillin, vankomisin, basitrasin,* dan *sikloserin* (Jawetz *et al*., 2005).

2. Menghambat sintesis protein.

   Banyak jenis antibakteri yang menghambat sintesis protein, terutama golongan *aminoglycoside, macrolide, chloramphenicol, streptomycin, tetracycline, oxytetracycline, gentamycine, kanamycine* (Todar, 2009). Menghambat sintesis asam nukleat seperti *quinolon, pyrimethamin, rifampicin, sulfonamide, trimethoprim*(Jawetz, *et al*., 2005).

Menurut Jawetz *et al* (2005) antibakteri yang mempengaruhi sintesis asam nukleat dan protein mempunyai mekanisme kegiatan pada tempat yang berbeda.

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).

G. Bakteri

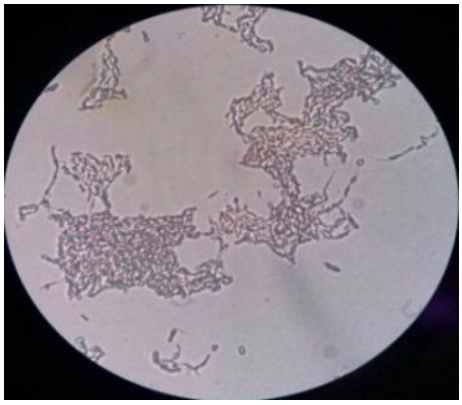
Mikroorganisme adalah oganisme berukuran sangat kecil atau mikroskopis, hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Dunia organisme terdiri dari lima kelompok organisme yaitu bakteri, protozoa, virus, alga, dan jamur mikroskopis (Pelezar dan Chan, 1986).Bakteri adalah organisme berukuran kecil atau mikroskopis, hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop serta sel prokariotik yang khas, uniselular, pleomorfik dan tidak mengandung struktur yang terbatasi membran di dalam sitoplasmanya. Sel-selnya secara khas berbentuk bola (kokus), batang (bacill), atau spiral (spirilium). Ukurannya berkisar antara 0,1 sampai 0,3 μm dengan diameter sekitar 0,5 sampai 1,0 μm. Berdasarkan pewarnaan gram, bakteri dibagi menjadi dua yaitu bakteri gram positif dan gram negatif. Keduanya mempunyai respon yang berbeda terhadap antibiotik karena adanya perbedaan struktur dan komposisi dari dinding selnya (Pelczar and Chan, 1986).

Bakteri gram negatif mengandung lipid, lemak atau substansi seperti lemak dalam persentasi lebih tinggi dari pada yang dikandung 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 didalamnya mengandung senyawa teikoat dan lipoteikoat (Pelczar and Chan, 1986). Di alam terdapat ribuan jenis bakteri dan setiap jenis

mempunyai sifat-sifat sendiri. 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).

Bakteri merupakan organisme hidup bersel tunggal, tidak memiliki klorofil, dan memiliki DNA dan RNA. Bakteri dapat melakukan metabolisme, tumbuh dan berkembang biak. Sebagian besar bakteri berukuran sangat kecil misalnya kokus bergaris tengah 1 sehingga tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Lapisan terluar bakteri terdiri dari dua komponen yakni dinding sel yang kaku dan membran sitoplasma atau membran plasma. Di dalamnya terdapat sitoplasma seperti ribosom, mesosom, granula, vakuola, dan inti sel. Sel bakteri dapat diliputi oleh lapisan berupa gel yang mudah lepas atau tersusun sebagai suatu simpai. 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).

H. Bakteri *Bacillus subtilis*



Gambar 1. Sel Bakteri *Bacillus subtilis*
(Sumber : Arianti, 2016).

B. Subtilis secara alami terdapat dimana-mana, dan termasuk spesies yang hidup bebas atau bersifat patogen. Jenis *B. subtilis* termasuk dalam lima produk probiotik komersil terdiri dari spora bakteri yang telah dikarakterisasi dan berpotensi untuk kolonisasi, immunostimulasi, dan aktivitas antimikrobanya (Duc *et al*, 2004). *Bacillus sp* merupakan bakteri gram positif, berbentuk batang, dapat tumbuh pada kondisi aerob dan anaerob. Sporanya tahan terhadap panas, mampu mendegradasi *xylane* dan karbohidrat (Cowan dan Steel, 1973). *B. Subtilis* adalah salah satu genus bakteri yang berbentuk batang dan merupakan anggota dari divisi *Firmicutes*. *B. Subtilis* merupakan bakteri yang bersifat aerob obligat atau fakultatif, dan positif terhadap uji enzim katalase. *B. Subtilis* secara alami terdapat dimana-mana dan termasuk spesies yang hidup bebas atau bersifat patogen. Beberapa spesies *B. Subtilis* menghasilkan enzim ekstraseluler seperti protease, lipase, amilase, dan selulase yang bisa membantu pencernaan dalam tubuh hewan (Wongsa and Werukhamkul, 2007).

B. subtilis adalah kuman berbentuk batang, gram positif dan mempunyai spora, fakultatif anaerob dapat bergerak dengan flagella yang peritrika. Mikroorganisme ini sering sebagai indikator terhadap kontaminasi karena ketahananya dalam mempertahankan diri dengan terbungkus oleh spora (Jawetz *et al.*, 1996).

B. subtilis mempunyai sifat diantaranya:

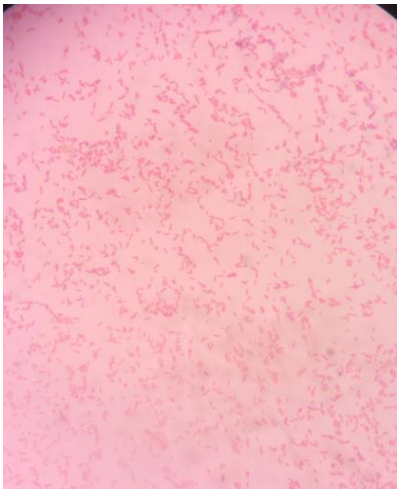
1. Mampu tumbuh pada suhu lebih dari 50 ^{o}C dan suhu kurang dari 5 ^{o}C
2. Mampu bertahan terhadap pasteurisasi
3. Mampu tumbuh pada konsentrasi garam tinggi (>10%)
4. Mampu Menghasilkan spora
5. Mempunyai daya proteolitik yang lebih tinggi dibandingkan mikroba lainnya.

(Wongsa and Werukhamkul, 2007).

I. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

P.aeruginosa adalah 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 dan 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, kadang-kadang berbau manis seperti anggur atau seperti bau *corn taco*. Beberapa strain dari *P. aeruginosa* menghemolisis agar darah. *P. aeruginosa* tumbuh dengan baik pada suhu 37 – 42ºC. Pertumbuhannya pada suhu 42ºC membantu membedakannya dari spesies *Pseudomonas* lain dalam kelompok fluoresen. Bakteri ini dapat

melakukan oksidase positif, nonfermenter tetapi beberapa strain ada yang mengoksidasi glukosa (Kayser *et al*., 2005).



Gambar 2. Sel Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*
(Sumber :Rapi, 2017).

P. aeruginosa memiliki kebutuhan nutrisi yang sederhana seperti amonia dan karbon dioksida sebagai satu-satunya sumber nitrogen dan karbon. Suasana aerob diperlukan untuk pertumbuhan dan metabolisme optimal, tetapi kebanyakan strain *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 antara lain:

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

Piosianin merupakan pigmen nonfluoresen dan pioverdin merupakan pigmenfluoresen. Strain *P. aeruginosa* menghasilkan dua jenis pigmen yang larut

air yaitu pioverdin dan piosianin. Piosianin berasal dari kata *pyocyaneus* merujukpada biru nanah, ini merupakan karakteristik infeksi supuratif yang disebabkanoleh *P. aeruginosa* (Brown and Lowbury, 1965).

P. aeruginosa dalam biakan dapat menghasilkan berbagai jenis koloni sehingga memberi kesan biakan dari campuran berbagai spesies bakteri. Tiap jenis koloni dapat 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. Koloni halus dan mukoid dianggap berperan dalam kolonisasi dan virulensi (Thornley, 1960). Alginat adalah suatu eksopolosakarida 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).

J. Uji Aktivitas Antibakteri.

Uji aktivitas antibakteri terdiri dari dua metode utama yaitu :

1. Metode difusi

Pada metode ini, zat antibakteri akan berdifusi ke dalam media agar yang telah ditanami bakteri. Teknik metode ini secara umum adalah dengan menginokulasikan kuman secara merata diseluruh pemukaan media agar, kemudian sampel yang diuji ditempatkan diatas permukaan tersebut. Setelah diinkubasi, selama 18 - 24 jam pada suhu 37°C, akan terbentuk zona hambat di sekeliling reservoir sampel. Pengamatan 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.

1. Pada metode parit, media agar yang ditanami bakteri dibuat parit yang kemudian diisi dengan larutan yang mengandung zat antibakteri dan diinkubasi selama 18 - 24 jam pada suhu 37°C. Kemudian dilihat ada atau tidaknya zona hambatan disekeliling parit (Balsam dan Sagarin, 1972; Jawetz *et al*., 1986).
2. Cara lubang atau sumuran, pada media agar yang ditanami bakteri dibuat lubang atau dengan meletakkan silinder besi tahan karat pada medium agar yang kemudian diisi dengan larutan yang mengandung zat antibakteri dan diinkubasikan selama 18 – 24 jam pada suhu 37°C, kemudian dilihat ada

atautidaknya zona hambatan disekeliling silinder (Balsam dan Sagarin, 1972; Jawetz *etal*., 1986).

3. Cara cakram, pada media agar yang telah ditanami bakteri diletakkan diatas kertas cakram yang mengandung zat antibakteri dan diinkubasikan selama 18 – 24 jam pada suhu 37°C, kemudian dilihat ada atau tidaknya zona hambatan di sekeliling cakram. Cara lubang maupun cara cakram terdapat persamaan dimana larutan akan berdifusi secara tiga dimensi. Sedangkan pada cara parit, sampel hanya berdifusi secara dua dimensi (Jawetz *et al*., 1986).

Luas zona hambat yang tampak mencerminkan tingkat kerentanan mikroorganisme uji terhadap senyawa antibakteri. Menurut Win *et al* (2010) mengatakan bahwa kriteria kekuatan senyawa antibakteri adalah pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria kekuatan antibakteri

Diameter Zona Hambat (mm)	Sifat Daya Hambat
<10	Lemah
10 – 16	Sedang
> 16	Kuat

Faktor-faktor yang mempengaruhi metode difusi adalah ketebalan agar, komposisi dari media agar, konsentrasi inokulum, suhu, dan waktu inkubasi. Ketebalan lapisan agar yang sedikit saja bervariasi akan menghasilkan efek dan besar zona hambat yang jauh berbeda. Oleh karena itu, diperlukan ketebalan lapisan agar 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. Aktivitas dari antibakteri dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti adanya kation dalam media, pH dari media, dan adanya bermacam-macam zat antagonis (pengganggu). Kecepatan difusi dari obat ditentukan oleh konsenstrasi agar, konsentrasi beberapa ion dalam media, dan perpanjangan pengikatan elektrostatikantar sampel dan group yang terionisasi di 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. Bila 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. Tetapi efek memperbesar zona hambatan lebih dominan. Lamanya waktu inkubasi harus merupakan waktu minimal yang diperlukan pertumbuhan normal dari bakteri percobaan. Perpanjangan waktu dapat menurunkan aktivitas dan dapat pula menimbulkan muatan resisten (Balsam and Sagarin, 1972; Jawetz *et al*., 1986).

2. Metode Dilusi

Metode ini biasanya digunakan untuk menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) sampel antibakteri terhadap bakteri uji. Metode dilusi ini dilakukan dengan mencampurkan zat antibakteri dengan media yang kemudian

diinokulasidengan bakteri. Pengamatannya dengan melihat ada atau tidaknya pertumbuhan bakteri (Lorian, 1980). Berdasarkan media yang digunakan dalam percobaan, metode ini dibagi menjadi dua yaitu penipisan lempeng agar dan pengenceran tabung. Pada penipisan lempeng agar, zat antibakteri yang akan diuji dilarutkan lebih dahulu dalam air suling steril atau dalam pelarut steril lain yang sesuai. Kemudian dilakukan dengan pengenceran secara serial dengan kelipatan dua sampai kadar terkecil yang dikehendaki. Hasil pengenceran dicampur dengan medium agar yang telah dicairkan kemudian didinginkan pada suhu 45 ^{o}C-50 ^{o}C. Setelah itu dituang kedalam cawan petri steril, dibiarkan dingin dan membeku, lalu diinkubasi pada suhu 37 ^{o}C selama 30 menit.

Pada setiap cawan petri diinokulasikan dengan suspensi kuman yang mengandung kira-kira 10^5sampai 10^6 sel kuman/ml. Untuk setiap seri pengenceran digunakan kontrol negatif. 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 (Jawetz *et al.*, 1986; Lorian, 1980). Pada pengenceran tabung, zat antibakteri dilarutkan dalam pelarut yang sesuai, kemudian diencerkan dengan kaldu berturut-turut pada tabung-tabung yang disusun dalam satu deret terkecil yang dikehendaki, dengan metode Kerby Bauwer yang dimodifikasi.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 . Sebagai kontrol gunakan paling sedikit satu tabung cair dengan

inokulum bakteri tersebut. Kedua cara diatas biasanya digunakan dalam penentuan Kadar Hambat Minimal (KHM) (Lorian, 1980).

K. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Aktivitas Antibakteri

Aktivitas antibakteri ditentukan oleh spektrum kerja (spektrum kerja luas, spectrum kerja sempit), Cara kerja (bakterisida atau bakteriostatik), dan ditentukan pula oleh Konsentrasi Hambat Minimun (KHM) serta potensi KHM. Suatu antibakteri dikatakan mempunyai aktivitas yang tinggi bila KHM terjadi pada kadar antibakteri yang rendah tetapi mempunyai daya bunuh atau daya hambat yang besar. Pada percobaan in vitro dengan metode lempeng agar dapat dilihat pada besar diameter hambatan pertumbuhan mikroba disekeliling antibakteri. Bila antibakteri pada kadar yang rendah dapat memberikan diameter hambatan yang luas dan bening disekeliling antibakteri, antibakteri tersebut berpotensi tinggi terhadap mikroba uji yang digunakan (Wattimena *et al.*, 1981).

Menurt Wattimena *et al*, pada cara difusi agar, digunakan media agar padat dan reservoir yang dapat berupa cakram kertas, silinder atau cekungan yang dibuat pada media padat. Larutan uji akan berdifusi dari pencadang ke permukaan media agar padat yang telah diinokulasi bakteri. Bakteri akan terhambat pertumbuhannya dengan pengamatan berupa lingkaran atau zona disekeliling pencadang.
Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam metode difusi. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Pra difusi, perbedaan waktu pradifusi mempengaruhi jarak difusi dari zat uji yaitu difusi antar pencadang.

2. Ketebalan media agar, hal ini penting untuk memperoleh sensitivitas yang optimal. Perbedaan ketebalan media agar dapat memempengaruhi difusi dari zat uji kedalam agar sehingga akan mempengaruhi diameter zona hambat. Semakin tebal media yang digunakan, semakin kecil diameter zona hambat yang terjadi.
3. Kerapatan inokulum, ukuran inokulum merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi lebar zona hambat, jumlah inokulum yang lebih sedikit menyebabkan obat dapat berdifusi lebih jauh, sehingga zona hambat yang dihasilkan lebih besar, sedangkan jika jumlah inokulum lebih besar maka akan dihasilkan zona hambat yang kecil.
4. Suhu inkubasi, kebanyakan bakteri tumbuh baik pada suhu 37°C.
5. Komposisi media agar, perubahan komposisi media dapat merubah sifat media sehingga jarak difusi berubah. Hal ini akan mempengaruhi aktivitas beberapa bakteri, kecepatan difusi antibakteri, dan kecepatan pertumbuhan antibakteri.
6. Waktu inkubasi disesuaikan dengan pertumbuhan bakteri karena luas zona hambat ditentukan beberapa jam pertama, setelah diinokulasikan pada media agar, maka zona hambat dapat diamati segera setelah adanya pertumbuhan bakteri.
7. Pengaruh pH, adanya perbedaan pH media yang digunakan dapat menyebabkan perbedaan jumlah zat uji yang berdifusi, pH juga menentukan jumlah molekul zat uji yang mengion. Selain itu pH berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri (Wattimena *et al.*, 1981).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai dengan bulan April 2018 di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik FMIPA Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan spektrofotometer *IR* dilakukan di Universitas Islam Indonesia, analisis senyawa menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik FMIPA Universitas Lampung. Untuk analisis senyawa menggunakan spektrofotometer *NMR* dilakukan di *School of Chemical Science, University Science in* Malaysia, analisis unsur dengan menggunakan *microelemental analyzer*, dilakukan di *School of Chemical and Food Technology*, Universitas Kebangsaan Malaysia, dan pengujian aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

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*, spektrofotometer *NMR* dan *microelemental analyzer* (untuk analisis unsur). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

ini adalah asam 4-aminobenzoat, difeniltimah(IV) diklorida, trifeniltimah(IV) klorida, NaOH, metanol *p.a.*, akuabides, media *Nutrient Agar*, DMSO, NaCl, bakteri *P. aeruginosa*, dan bakteri *B. subtilis*.

C. Metode 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*et al.*,1986; Lorian, 1980).

1. Sintesis Senyawa Awal Difeniltimah(IV) dihidroksida[$(C_6H_5)_2Sn(OH)_2$] (Szorcsik *et al*., 2002)

Senyawa difeniltimah(IV) diklorida [$(C_6H_5)_2SnCl_2$)] sebanyak 3,44 gram (0,01 mol) direaksikan dengan NaOH 0,8 gram (0,02 mol) (perbandingan mol 1:2) dalam 50 ml pelarut metanol, 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 diperoleh padatan [$(C_6H_5)_2Sn(OH)_2$]. Hasil yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer *IR, UV-Vis, NMR* dan *Microelemental Analyzer*.

2. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di(4-aminobenzoat) [$(C_6H_5)_2Sn(p\text{-}OCOC_6H_4NH_2)_2$] (Szorcsik *et al*., 2002)

Senyawa difeniltimah(IV) dihidroksida [$(C_6H_5)_2Sn(OH)_2$] sebanyak 0,921 gram direaksikan dengan asam 4-aminobenzoat [$(C_6H_4(NH_2)COOH)$] 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 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), spektrofotometer *NMR* dan dianalisis kandungan unsur C, H dan N dengan *microelemental analyzer*, serta diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *B. subtilis* dan bakteri *P. aeruginosa*.

3. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat [$(C_6H_5)_3Sn(p\text{-}OCOC_6H_4NH_2$] (Szorcsik *et al.*, 2002)

Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida [$(C_6H_5)_3SnOH)$] sebanyak 1,101 gram direaksikan dengan asam 4-aminobenzoat [$(C_6H_4(NH_2)COOH)$] sebanyak 0,411 gram dengan perbandingan mol 1:1 dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 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), spektrofotometer *NMR* dan dianalisis kandungan unsur C, H dan N dengan *microelemental analyzer*, serta diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *B. subtilis* dan bakteri *P. aeruginosa*.

4. Uji Aktifitas Antibakteri

a. Penyiapan Media Uji

Penyiapan media uji dilakukan dengan pembuatan *Nutrient Agar*. Sebanyak 2,8 gram *Nutrient Agar* 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 *Nutrient Agar* 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 *et al.*, 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 *Nutrient Agar* yang telah dibuat sebelumnya dan diratakan diatas permukaan media menggunakan *spreader*. Siapkan 4 kertas cakram, kertas cakram pertama berisi larutan kontrol positif (*streptomicin*), kertas cakram kedua berisi larutan kontrol negatif (pelarut senyawa uji yaitu DMSO) dan kertas cakram ketiga dan keempat berisi larutan senyawa uji yang digunakan yaitu difeniltimah(IV) dihidroksida, trifeniltimah(IV) hidroksida, difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat dengan variasi konsentrasi 100; 200; 300; 400; 500 ppm. Kemudian letakkan semua kertas cakram tadi pada permukaan media *Nutrient Agar*. Kemudian diinkubasi selama 1 hari pada suhu 37°C dan setelahnya diamati untuk melihat 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. Selanjutnya senyawa uji tersebut dibuat variasi volumenya yakni 0.5; 1; 1,5 ;2 dan 2,5 mL. Siapkan 15 mL *Nutrient Agar* cair, pertahankan *Nutrient Agar* cair tersebut pada suhu 55°C . Selanjutnya masukan senyawa uji ke media *Nutrient Agar* cair, homogenkan 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 *Nutrient Agar* tersebut. Inkubasi pada suhu 37°C selama 2-3 hari. Dilakukan pengamatan pertumbuhan bakteri setiap harinya. Senyawa kimia uji yang paling efektif adalah senyawa yang memiliki variasi konsentrasi kecil namun memiliki daya penghambat pertumbuhan bakteri yang paling besar (Lorian, 1980).

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Hasil sintesis difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat berupa padatan merah bata dan kuning dengan rendemen masing-masing 96,56% dan 89,02%.
2. Hasil karakterisasi IR senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat menunjukkan adanya pita serapan C=O pada daerah 1624,66 dan 1599,83 cm^{-1}, yang berasal dari ligan asam 4-aminobenzoat dan menunjukkan adanya 2 pita serapan N-H pada masing-masing senyawa pada daerah 3383,32 dan 3460,10 cm^{-1} untuk difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat serta 3353,55 dan 3466,64 cm^{-1} untuk trifeniltimah 4-aminobenzoat. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* terdapat transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ dan $n \rightarrow \pi^*$ difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat yaitu pada λmax 204,00 nm dan 284,00 nm serta trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat pada λmax 222,00 nm dan 291,00 nm. Hasil karakterisasi NMR menunjukkan adanya pergeseran kimia ^{13}C yang khas yaitu karbon pada karbonil 166,80 ppm untuk difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan 165,11 ppm untuk trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat.
3. Hasil uji difusi senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *B. subtilis* dan bakteri *P. aeruginosa*, meskipun senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat memiliki aktivitas sebagai antibakteri namun aktivitasnya masih lebih rendah dibandingkan dengan *streptomicin*.

4. Hasil uji dilusi senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat efektif menghambat pertumbuhan bakteri *B. subtilis* dan *P. aeruginosa* pada kadar 0,25 mg dalam 15 mL media agar.

B. 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 pengujian aktivitas antibakteri menggunakan senyawa turunan organotimah(IV) lainnya.
3. Melakukan pengujian aktivitas lain menggunakan senyawa organotimah hasil sintesis.

DAFTAR PUSTAKA

Affan, M.A., S.W. Foo, I. Jusoh, S. Hanapi and E.R.T. Tiekink. 2009. Synthesis, Characterization and Biological Studies of Organotin(IV) Complexes with Hydrazone Ligand. *Inor. Chem. Acta*. **362**: 5031-5037.

Afriyani, H. 2014. Kajian Aktivitas Antikorosi Beberapa Senyawa Turunan Organotimah(IV) 3-Nitrobenzoat pada Baja Lunak dalam Medium Korosif DMSO-HCl. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 76 hlm.

Aini, A.N.2015. Sintesis dan Karakterisasi Serta Uji Aktivitas Antikorosi Senyawa Turunan Organotimah(IV) 3-Aminobenzoat Pada Baja Lunak dalam Medium Korosif. (*Skripsi*). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Alaerts, G. dan S. S. Santika. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.

Alama, A., B. Tasso, F. Novelli and F. Sparatore. 2009. Organometallic Compounds in Oncologi: Implications of Novel Organotins as Antitumor Agents. *Drug Discov. Today*. **14**: 500-508.

Anggraini, W. D. 2014. Kajian Senyawa Turunan Organotimah(IV) 2-Nitrobenzoat Sebagai Inhibitor Korosi pada Baja Lunak dalam Medium Korosif. [*Skripsi*]. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 95 hlm.

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. Bandarlampung.

Annisa., T. Suhartati, Yandri and S. Hadi. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chlorobenzoate Againts *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis. Orientjchem.* **33** (3): 1133-1139.

Arianti, W. 2016. Pertumbuhan Bakteri *E.Coli* Dan *Bacillus subtilis* Pada Media Singkong, Ubi Jalar Putih, dan Ubi Jalar Kuning Sebagai Substitusi Media Na. *[Skripsi]*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

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. Synthesisand Antifungal Activityof 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 Cetrimide Agar Medium and Other Culture Methods for *Pseudomonasaeruginosa*. *J Clin Pathol*. **18**: 752-756.

Caprette, D.R. 2007. *Using a Caunting Chamber.* Lab Guides. Rice University.

Costech Analitical Technologies. 2011. *Elemental Combiustion System CHNS*. http//costech analytical.com/Diakses 28 Maret 2015.

Cotton, F.A. dan G.*Wilkinson*. *1989*. *Kimia Anorganik Dasar*. 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.

Darmadi, 2008. Infeksi Nosokomial Problematika dan Pengendaliannya. Salemba Medika. Jakarta.

Day, R.A. and A.L. Underwood. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.

Duc L. H, A.H. Huynh, M.B. Teresa, O.H. Andriano, M.C. Simon. 2004. Characterization of Bacillus Probiotics Available for Human Use. *J. Appl Environ Microbiol.* **70**(4): 2161-2171.

Fessenden J. dan R. Fessenden. 1986. *Kimia Organik Jilid-1*. Erlangga. Jakarta.

Gleeson, B., J. Claffey, D. Ertler, M. Hogan and H. Muller-Bunz, F. Paradisi, D. Wallis, M. Tacke. 2008. Novel Organotin Antibacterial and Anticancer Drug. *Polyhedron*. **27**: 3619-3624.

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., B. Irawan and Efri. 2008. The Antifungal Activity Test Of Some Organotin(IV) Carboxylates. *J. Appl. Sci. Res*. **4** (11): 1521-1525.

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 Organothin(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 substilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian Jr. of Microbiol.* **20** (1) : 113-119.

Ibrahim, M. 2007. *Mikrobiologi*: *Prinsip dan Aplikasi*. Surabaya: Unesa University Press

Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. Bandung: CV. Yrama Widya.

Jain, M.G., K. Agarwal, and R.V. Singh. 2003. Studies on Nematicidal, Fungicidal and Bacterial Activities of Organotin(IV) Complexes with Heterocyclic Sulphonamide Azomethine. *Chem.: An Indian J*. **1**: 378-391.

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 ECG.Jakarta.

Kang, W., X. Wu and J. Huang, 2009. Synthesis, Crystal Structure And Biological Activities of Four Novel Tetranuclear Di-Organotin(Iv) Carboxylates. *J.*

Organo.Chem. **694**: 2402-2408.

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. *Turkish Journal of Chemistry*. **27**: 657-666.

Maiti, A., A.K. Guha and S. Ghosh, 1988. Ligational Behavior of Two Biologically Actives N-S Donors Toward Oxovanadium(Iv) Ion and Potentiation Of Their Antibacterial Activities by Chelation. *J. Inor. Biochem*. **33**: 57-65.

Manav, N., N. Ghandhi and N.K. Kaushik, 2000.Some Tribenzyltin(IV) Complexes with Thiohydrazides and Thiodiamines. Synthesis, Characterization and Thermal Studies. *J. Therm. Anal. Calorom*. **61**: 127-134.

Mohan, M., A. Agarwal, and N.K. Jha. 1988. Synthesis, Characterization, and Antitumor Properties o Some Metal Complexes of 2,6-Diacetylpyridine Bis(N4- Azacyclic Thiosemicarbazones). *J. Inor. Biochem*. **34**: 41-54.

Nursal, S. Wulandari, W.S. Juwita. 2006. Bioaktifitas 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**: 111–150.

Rapi, D.H., Erina., dan Darniati. 2017. Isolation and Identification of *Pseudomonas sp* from Failed to Hatch of Quail's eggs (Coturnix-coturnix japonica) in Garot, Darul Imarah Subdistrict, Aceh Besar. *Jimvet*. **01** (1): 019-023.

Rastogi, R.B., M.M. Singh, K. Singh, and M. Yadav. 2005. Organotin Dithiohydrazodicarbonamides as Corrosion Inhibitors for Mild Steel

Dimethyl Sulfoxide Containing HCl. *Port. Electrochim. Acta.* **22**: 315-332

Rastogi, R.B., M.M. Singh, K. Singh and M. Yadav. 2011. Organotin Dithiobiurets as Corrosion Inhibitors for Mild Steel-Dimethyl Sulfoxide Containing Hcl. *Afr. J. of Pure Appl. Chem.* **5**(2): 19-33.

Ruan, B., Y. Tian, H. Zhou, J. Wu, R. Hu, C. Zhu, J. Yang, H. Zhu. 2011. Synthesis, Characterization and In Vitro Antitumor Activity of Three Organotin(IV) Complexes with Carbazole Ligand. *Inor. Chem. Acta*. **365**: 302-308.

Ryan, K.J. and Ray C.G. 2004. *Sherris Medical Microbiology An Introduction to infection Ed Ke-4* . Medical Publishing Division. New York.

Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

Setyaningsih, I. 2004. Resistensi Bakteri dan Antibiotik Alami dari Laut. Makalah Falsafah Sains. IPB. Bogor.

Shahzadi, S., S. Ali, K. Shahid, M. Yousaf. 2011. Interaction of Di-and Triorganotin(IV) Compound with Carboxylate Ligand: Synthesis, Spectral Characterization, Semi-empirical Study and In Vitro Antimicrobial Activities. *J. of the Chem Society*. **57**: 659-670

Singh, N.K., A. Srivastava, A. Sodhi, and P. Ranjan. 2000. In Vitro and In Vivo Antitumour Studies of a New Thiosemicarbazide Derivative and Its Complexes with 3d-Metal Ions. *Transit. Metal Chem.* **25**: 133-140.

Singh, R. and N.K. Kaushik. 2008. Spectral and Thermal Studies with Anti-Fungal Aspects of Some Organotin(IV) Complexes with Nitrogen and Sulphur Donor Ligands Derived From 2-Phenylethylamine. *Spec. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectr.* **71**: 669-675.

Singh, R., P. Chaudary, and N.K. Khausik. 2010. A Review: Organotin Compounds in Corrosion Inhibition. *Rev. Inorganic Chemistry*. **30** *(4): 275 – 294.*

Subowo. 1995. *Biologi sel*. Angkasa Bandung.

Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.

Suwandi, U. 1992. *Mekanisme Kerja Antibiotik.* Cermin Dunia Kedokteran No.76. Jakarta.

Suwito, W. 2010. *Bakteri Yang Sering Mencemari Susu:Deteksi, Patogenesis, Epidemiologi, Dan Cara Pengendaliannya*. Jurnal Litbang Pertanian. **29** (3): 3-10.

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, MJ. 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 Baceriology University of Wisconsin-Madison. USA.

Van Der Weij, F.W. 1981. Kinetics and Mechanism of Urethane Formation Catalysed by Organotin Compound. *J. Poly. 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.

Wattimena, J.R., N. B. Sugiarso., E. Y. Sukandar., Soemardji. 1991. *Farmakodinamik dan Terapi Antibiotik*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Wilkinson, G. 1982. *Kimia Anorganik Dasar*. UI-Press. Jakarta.

Windiyani, M.N. 2015. *Sintesis, Karakterisasi, dan Uji aktivitas biologis beberapa senyawa turunan organotimah(IV) 4-nitrobenzoat sebagai antibakteri pada bakteri bacillus sp* (Skrispsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Win Yip-foo., S.G. Teoh., M.R. Vikneswaran., S.T. Ha and P. Ibrahim. 2010. Synthesis and Characterization of Organotin(IV) Complexe Derived of 4-(Dethylamino) Benzoic Acid: In Vitro Antibacterial Screening Activity. *J. phys. sci.* **5** (8): 1263-1269.

Wongsa, P. and P. Werukhamkul. 2007. *Product Development and Technical Service, Bisolution International.* Thailand : Bangkadi Industrial Park 133/4.

Wu, X,. W. Kang, D. Zhu, C. Zhu and S. Liu. 2009. Synthesis, Crystal Structure and Biological Activitiesof Two Novel Organotin(IV) Complexes Constructed From 12-(Methylbenzoyl)-9,10-Dihydro-9,10-Ethanoanthracene- Ii-Carboxylic Acid. *J. Organo. Chem.* **694**: 2981-2986.