

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-
4-HIDROKSIBENZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-4-
NITROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

DINI AULIA



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

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-4-HIDROKSIBENZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-4-NITROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

DINI AULIA

Proses disinfeksi saat ini rutin dilakukan untuk mencegah kontaminasi permukaan dari penularan COVID-19. Berbagai upaya terus dilakukan termasuk salah satunya dengan melakukan penelitian terhadap senyawa-senyawa yang aman digunakan sebagai disinfektan seperti senyawa kompleks organotimah(IV). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan senyawa kompleks difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat serta menguji efektivitas senyawa tersebut sebagai disinfektan. Penelitian ini dilakukan dengan cara mereaksikan difeniltimah(IV) oksida dengan ligan asam 4-hidroksibenzoat dan asam 4-nitrobenzoat. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer IR, UV-Vis, ^1H - dan ^{13}C - NMR serta *microelemental analyzer*. Produk hasil sintesis berupa serbuk berwarna putih dengan nilai persen rendemen berturut-turut sebesar 85,20 % dan 83,03 %. Pemurnian senyawa hasil sintesis dilakukan dengan cara rekristalisasi dan pengujian titik leleh dengan *Melting Point Apparatus*. Uji bioaktivitas sebagai disinfektan dilakukan dengan metode dilusi cair terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.* Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan diperoleh senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat bersifat aktif sebagai disinfektan pada konsentrasi 5×10^{-3} M dan waktu kontak terbaik adalah 15 menit. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua senyawa yang disintesis bersifat aktif sebagai disinfektan karena nilai penurunan absorbansi yang lebih besar dari kontrol yaitu larutan *pine oil*.

Kata kunci: disinfektan, difeniltimah(IV) oksida, difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat, difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat, *S. aureus* dan *Salmonella sp.*

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DIPHENYLTIN(IV) DI-4-HYDROXYBENZOATE AND DIPHENYLTIN(IV) DI-4-NITROBENZOATE AND BIOACTIVITY TEST AS A DISINFECTANT

By

DINI AULIA

Currently, the disinfection actions are still being carried out to prevent surface contamination as a measure to prevent the transmission of COVID-19. Various attempts were still in progress to this day, including the research of compounds that are save to use as disinfectant such as the research about organotin(IV) carboxylate complex. The research's goals were to synthesize the diphenyltin(IV) di-4-hydroxybenzoate and diphenyltin(IV) di-4-nitrobenzoate, and to measure both of the compounds effectivity as disinfectant. In this research, to synthesize of diphenyltin(IV) di-4-hydroxybenzoate and diphenyltin(IV) di-4-nitrobenzoate compounds, diphenyltin(IV) oxide as precursor was reacted with 4-hydroxybenzoate acid and 4-nitrobenzoate acid ligands. Afterwards, the synthesized compounds were characterized using IR, UV-Vis, ^1H - and ^{13}C -NMR spectrometer as well as microelemental analyzers. The synthesized compounds produced white-coloured powders with a consecutive yield percent value of 85.20 % and 83.03 % respectively. Purification of synthesized compounds was done by recrystallization and melting point testing with Melting Point Apparatus. Bioactivity test as disinfectant has been conducted by liquid dilution method against *S. aureus* and *Salmonella sp* bacteria. The results of bioactivity test as a disinfectant were obtained diphenyltin(IV) di-4-hydroxybenzoate and diphenyltin(IV) di-4-nitrobenzoate is active as a disinfectant at a concentration of 5×10^{-3} M and the optimum contact time is 15 minutes. These results showed that both synthesized compounds were active as disinfectants due to greater decrease in absorbance value than the control of pine oil solution.

Keywords: disinfectant, diphenyltin(IV) oxide, diphenyltin(IV) di-4-hydroxybenzoate, diphenyltin(IV) di-4-nitrobenzoate, *S. aureus* and *Salmonella sp*.

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-
4-HIDROKSIBENZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-4-
NITROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

Oleh
Dini Aulia

Skripsi

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

Pada

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



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

**Judul Skripsi : SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA
DIFENILTIMAH(IV) DI-4-HIDROKSIBENZOAT
DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-4-
NITROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS
SEBAGAI DISINFECTAN**

Nama Mahasiswa : Dini Aulia

No. Pokok Mahasiswa : 1717011001

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.
NIP 19540510 198803 2 001

2. Ketua Jurusan Kimia

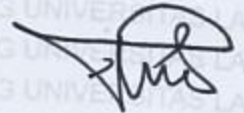
Mulyono, Ph.D.
NIP 19740611 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

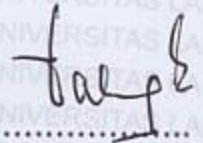
Ketua

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



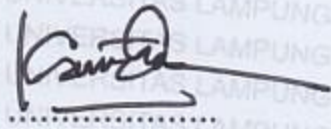
Sekretaris

: Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Agung Abadi Kiswandono, M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Agustus 2021

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Dini Aulia
NPM : 1717011001
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

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

“Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat serta Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan”

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

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

Bandar Lampung, 18 Agustus 2021

Menyatakan


(Dini Aulia)
NPM. 1717011001

RIWAYAT HIDUP



Dini Aulia dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 17 Januari 1999 sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Muhammad Safi'i dan Ibu Nelly, kakak dari Zaky Alfito.

Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Bratasena Adiwarna pada tahun 2005, Sekolah dasar di SD Negeri 1 Bratasena Adiwarna pada tahun 2011, Madrasah Tsanawiyah Muhammadiyah 1 Way Bungur pada tahun 2014, dan Madrasah Aliyah Negeri 1 Metro pada tahun 2017.

Penulis diterima di Jurusan S1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nilai Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNPMTN) pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan organisasi. Kegiatan organisasi yang pernah diikuti penulis yaitu sebagai Anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) Universitas Lampung tahun 2018-2019, Staff Departemen Riset dan Teknologi UKM U Saintek Universitas Lampung tahun 2017-2018, Staff Komunikasi dan Informasi UKM U Saintek Universitas Lampung tahun 2018-2019, Kepala Divisi Informasi dan Komunikasi Ikatan Himpunan Mahasiswa Kimia Indonesia (IKAHIMKI) Bapewil I tahun 2018-2020.

Selain berorganisasi, penulis juga mengeksplor diri yang ditunjukkan dengan beberapa prestasi yang pernah didapat, yaitu meraih Medali Perak Olimpiade Sains Mahasiswa bidang Kimia di Universitas Riau pada Februari 2019, meraih

Medali Perunggu bidang kimia pada Olimpiade Semirata BKS PTN Barat pada September 2020, dan menjadi finalis ONMIPA-PT tingkat wilayah kopertis 2 pada tahun 2019 dan 2020.

Sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu di dunia kerja, penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan dengan judul Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat serta Karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-*Vis* dan IR di Laboratorium Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Tanjung Kerta, Kecamatan Way Khilau, Kabupaten Pesawaran pada Januari-Februari 2020.



MOTTO

“ Those who believed and led a righteous life
are the best creatures ”

(Qur'an 98:7)

*Verily, with
every difficulty,
here is relief*

[QUR'AN 94:5]

“
IF YOU ARE GRATEFUL
I WILL SURELY GIVE YOU
MORE AND MORE ”
(Qur'an 14:7)

YOU GOT A DREAM, YOU GOTTA PROTECT IT

People Can't Do Something Themselves

THEY WANTS TELL YOU

CAN'T DO IT. if you want something **GO GET IT!**

P E R I O D ! ! !

(The Pursuit of Happiness)

*You don't know how much you appreciate
something until someone takes it away*



PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Allah SWT. yang selalu memberikan anugerah, nikmat iman, kesehatan, dan perlindungan serta ketenangan hati dalam menjalani kehidupan.

Tak lupa shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang merupakan suri teladan yang terbaik di muka bumi ini

Dengan penuh rasa syukur, saya persembahkan hasil studi selama 4 tahun dalam sebuah karya sebagai tanda bakti dan kasih sayang kepada:

Orangtuaku tercinta...

Terimakasih untuk doa yang tiada hentinya, semangat yang tak pernah putus dan motivasi yang terus mengalir sehingga kehidupan yang dijalani terasa mudah dan bahagia.

Rasa hormat saya kepada:

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

Bapak/Ibu Dosen Jurusan Kimia

Atas ilmu yang bermanfaat dan dedikasi yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.

Sahabat-sahabat terbaik yang telah menemani baik suka maupun duka, serta belajar bersama menuju kehidupan yang lebih baik,

SANWACANA

Segala Puji bagi Allah SWT. atas segala rahmat, karunia, dan keridhoan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat serta Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan”**. Sholawat serta salam tak lupa juga penulis haturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW., keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang senantiasa taat mengamalkan ajaran dan sunnahnya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.

Penulis mengucapkan rasa terimakasih dan ketulusan hati diringi doa kepada:

1. Bapak Prof. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I atas segala ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, bantuan, keikhlasan dan kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kebaikan, kesehatan, dan kemudahan kepada beliau.
2. Ibu Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S., selaku dosen Pembimbing II atas segala ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, bantuan, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kebaikan, kesehatan, dan kemudahan kepada beliau.
3. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono, S.Si., M.Sc., selaku dosen penguji atas segala ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, kritik, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kebaikan, kesehatan, dan kemudahan kepada beliau.

4. Bapak Prof. Ir. Karomani, selaku Rektor Universitas Lampung
5. Bapak Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Mulyono, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung sekaligus dosen Pembimbing Akademik penulis atas segala ilmu yang bermanfaat, bimbingan, nasihat, bantuan, dan saran selama penulis melaksanakan studi di Jurusan Kimia. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kebaikan, kesehatan, dan kemudahan kepada beliau.
7. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, terimakasih atas seluruh ilmu, motivasi, dan pengalaman yang telah diberikan selama perkuliahan. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kebaikan, kesehatan, dan kemudahan.
8. Mbak Liza Aprilia S, S.Si. selaku laboran Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik dan Mbak Tri selaku laboran Laboratorium Biokimia tempat penulis melaksanakan penelitian, terimakasih atas segala kemudahan yang diberikan, serta kepada Pak Rudi Santoso dan Bu Endang Sri Lestari selaku staff administrasi Jurusan Kimia atas segala bantuannya kepada penulis.
9. Ibu Endang Widaryati, S.Pd., M.P.Kim., selaku guru kimia penulis atas segala nasihat, bimbingan, motivasi, dan pendidikan akhlak yang diberikan. Semoga Allah SWT. senantiasa memberikan kebaikan, kesehatan, dan kemudahan kepada beliau.
10. Bapak, Ibu guru dari SD, SMP, dan SMA yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan serta pengalaman kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan tersebut.
11. Sahabat penelitian Anggit Anindya Putri, Olivia Margareta, D.S., dan Ahmad Alfarizi yang selalu bersama dan saling menyemangati satu sama lain dalam menyelesaikan penelitian dan menulis skripsi, *im incredibly thankfull for having you gais!*. Semoga Tuhan selalu memberi kesehatan, rezeki, dan kebahagiaan.
12. *My Support Sytem*, Teguh Tirta Fadhilah, atas segala dukungan dan motivasi yang diberikan selama ini. Semoga Allah SWT. selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki, dan kebahagiaan.

13. Kak Ihsan Arifin, M.Si, dan Adikku M. Rofif Nur Faizi atas segala ilmu, motivasi dan bantuan yang diberikan kepada penulis sejak masa Aliyah hingga kuliah. Semoga Allah SWT. selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki dan melancarkan segala urusan beliau.
14. Teman pelepas penatku, *goblin squad*, Lola Erdianes, Diah Ekarini, Winda Safitri, Syayyidati Aulia dan juga untuk si galak Nelda Rosa Oktarida, atas segala kebersamaan, dan kebahagiaan sehingga masa kuliah penulis penuh warna berkat mereka. Semoga Allah SWT. selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki dan melancarkan segala urusan kalian.
15. Sahabatku sejak Aliyah, Tuti Nur Azizah dan Tia Nirma Widiyanto, serta adikku Rahmah Safitri Terimakasih atas kebersamaan, bantuan dan semangat yang diberikan selama ini. . Semoga Allah SWT. selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki dan melancarkan segala urusan kalian.
16. Kakak- kakak bimbingan penelitian, Ulfia Fauziah Nur, Fathia Rizqa Fadhila, dan Cindy Wulandari yang selalu membantu, membimbing, memberi saran dan motivasi kepada penulis. Semoga Allah SWT. selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki dan melancarkan segala urusan kalian.
17. Teman-teman *Chemistry 2017*, terimakasih atas segala kebersamaan canda tawa dan bantuan selama penulis menyelesaikan studi di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Semoga kita semua dimudahkan dalam karir dan kesuksesan.
18. Adik-adik bimbingan penelitian, Gustin, Dhea, Nia dan Natasha atas segala dukungan dan bantuan selama ini. Semoga kalian dipermudah dalam menyelesaikan kuliah, kerja praktik, penelitian, serta skripsi.
19. Teman-temanku di Laboratorium Organik dan biokimia yang telah banyak membimbing penulis dalam menyelesaikan pekerjaan di Laboratorium tersebut, khususnya Alya Rahmatina Salsabilla yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan pekerjaan di laboratorium organik
20. Teman-teman 40 hariku, Indah Dwi Muharani, Yoel Gultom, Ilham Hares, Angela Tania, Mellinia Ramdani, dan Uhti Nisa terimakasih telah memberikan cerita yang berkesan selama Kuliah Kerja Nyata.

21. Senior dan Junior Kimia angkatan 2014, 2015, 2016, 2018, dan 2019 serta keluarga Himaki FMIPA Universitas Lampung dan Bapewil I Ikahimki 2018-2020 terimakasih atas segala kebaikan dan bantuan kepada penulis.
22. Tante dan Omku, Fida Afrina dan Rahmat Solihin atas segala dukungan serta fasilitas yang diberikan selama penulis melaksanakan studi di Jurusan Kimia Universitas Lampung, serta sepupuku Arkan dan Dinda yang selalu memberikan keceriaan kepada penulis dan kepada seluruh keluarga besar atas dukungan yang diberikan. Semoga Allah SWT. selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rezeki dan melancarkan segala urusan kalian.
23. *The last but not least*, kepada orangtua dan adik tercinta, Bapak Muhammad Safi'i dan Ibu Nelly, yang telah merawat, mendidik, memberikaan bukungan baik moril maupun materil dan doa yang tiada hentinya, serta Adikku Zaky Alfito yang selalu memberikan semangat, penulis mengucapkan rasa terimakasih yang tak hingga dan semoga Allah SWT. senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta selalu kepada keluarga kami.

Bandar Lampung, 18 Agustus 2021
Penulis

Dini Aulia

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Senyawa Organologam	6
2.2. Timah.....	7
2.3. Senyawa Organotimah	8
2.3.1. Senyawa Organotimah Halida.....	9
2.3.2. Senyawa Organotimah Oksida dan Hidroksida.....	10
2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat.....	11
2.4. Aplikasi Organotimah	13
2.5. Analisis Senyawa Organotimah	14
2.5.1. Analisis dengan spektrofotometer UV-Vis.....	14
2.5.2. Analisis dengan Spektrofotometer <i>Infra Red</i> (IR).....	16
2.5.3. Analisis dengan spektroskopi ¹³ C-NMR dan ¹ H-NMR	18
2.5.4. Analisis dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	19
2.6. Bakteri	20
2.6.1. Bakteri <i>S. aureus</i>	22
2.6.2. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	24
2.7. Disinfektan	26

III. METODE PENELITIAN.....	28
3.1. Waktu dan Tempat	28
3.2. Alat dan Bahan	28
3.3. Prosedur Penelitian.....	29
3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat	29
3.3.2. Rekristalisasi Senyawa Hasil Sintesis dan Pengujian Titik Leleh.	30
3.3.3. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat	36
4.1.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat.....	36
4.1.2. Sintesis Senyawa Difeniltimah (IV) Di-4-nitrobenzoat.....	38
4.2. Karakterisasi Senyawa Hasil Sintesis	39
4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR	39
4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	45
4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer ^1H dan ^{13}C -NMR	49
4.2.4. Analisis Unsur Menggunakan <i>Microelemental Analyzer</i>	54
4.3. Rekrlistalisasi Senyawa Hasil Sintesis dan Pengujian Titik Leleh	55
4.4. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis Sebagai Disinfektan	56
4.4.1. Pengukuran <i>Optical Density</i> Hasil Uji Disinfektan dengan Spektofotometer UV-Vis	61
V. SIMPULAN DAN SARAN	67
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai λ maks Spektroskopi UV-Vis untuk Beberapa Senyawa Difeniltimah(IV).....	16
2. Serapan Khas IR untuk Organotimah Karboksilat.....	17
3. Nilai Geseran Kimia untuk ^1H - NMR dan ^{13}C -NMR	19
4. Bilangan Gelombang Gugus Fungsi yang Terdapat Pada Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	42
5. Bilangan Gelombang Gugus Fungsi yang Terdapat Pada Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida, dan Difeniltimah(IV) Di 4-nitrobenzoat	44
6. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dengan Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	47
7. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dengan Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat	49
8. Perbandingan Pergeseran Kimia Senyawa Hasil Sintesis.....	54
9. Perbandingan Komposisi Unsur Teoritis dan Hasil Analisis.....	55
10. Jenis Larutan Mc Farland.....	59
11. Hasil Uji Disinfektan dengan Pengamatan <i>Optical Density</i> Pada Setiap Waktu Kontak	65
12. Hasil Uji Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	96
13. Hasil Uji Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	97
14. Hasil Uji Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat terhadap Bakteri <i>S. aureus</i>	98
15. Hasil Uji Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida.....	10
2. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	12
3. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat	12
4. Senyawa Asam 4-hidroksibenzoat	13
5. Senyawa Asam 4-nitrobenzoat.....	13
6. Diagram Alir Penelitian	35
7. Padatan Putih Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat.....	37
8. Reaksi Pembentukan Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	37
9. Padatan Putih Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat.....	38
10. Reaksi Pembentukan Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	39
11. Spektrum IR Difeniltimah(IV) Oksida.....	40
12. Spektrum IR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida(a), dan Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat(b)	41
13. Spektrum IR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida(a), dan Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat (b).....	43
14. Spektrum UV-Vis Difeniltimah(IV) Oksida	45
15. Spektrum UV-Vis Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat.....	46
16. Spektrum UV-Vis Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dengan Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat	48
17. Penomoran Struktur Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat	49
18. Penomoran Struktur Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat	50
19. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4 hidroksibenzoat	51
20. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4 nitrobenzoat	53

21. (a) Standar <i>Mc Farland III</i> (b) Kekeruhan Suspensi Bakteri.....	59
22. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke I Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat dengan Bakteri <i>S. aureus</i>	88
23. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke II Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat dengan Bakteri <i>S. aureus</i>	89
24. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke I Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat dengan Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	90
25. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke II Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat dengan Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	91
26. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke I Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat dengan Bakteri <i>S. aureus</i>	92
27. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke II Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat dengan Bakteri <i>S. aureus</i>	93
28. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke I Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat dengan Bakteri <i>Salmonella sp.</i> ,	94
29. Pengamatan Visual Hasil Uji Disinfektan ke II Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat dengan Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Rendemen Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat	79
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat.....	81
3. Perhitungan Tetapan Kopling (J) Pada Hasil Karakterisasi $^1\text{H-NMR}$	83
4. Perhitungan Presentase Kandungan Unsur Teoritis dan Data Hasil Pengukuran <i>Microelemental Analyzer</i>	84
5. Pembuatan dan Pengenceran Larutan Disinfektan.....	86
6. Hasil Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan.....	88
7. Data Pengukuran <i>Optical Density</i> pada Uji Disinfektan dari Senyawa Hasil Sintesis	96

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada Desember 2019, *World Health Organization* (WHO) melaporkan munculnya jenis penyakit baru yaitu *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19) yang disebabkan oleh virus *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2* (SARS-CoV-2). Virus ini pertama kali muncul di Wuhan, China. Penyebaran virus terjadi secara cepat dan membuat ancaman pandemi baru (Handayani dkk., 2020). Walaupun transmisi ke manusia tidak diketahui dengan jelas, cepatnya kemampuan penularan virus ini sangat mengkhawatirkan (Hui *et al.*, 2020).

Virus ini dapat menular melalui kontak langsung atau *droplet* melalui batuk, bersin, berbicara, ataupun melalui benda-benda yang terkena *droplet* penderita COVID-19 (Islam *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020). Transmisi virus SARS-CoV-2 juga dikaitkan erat dengan kontak antara masyarakat di tempat-tempat umum (*World Health Organization*, 2020). Tempat-tempat tersebut memerlukan perlakuan pencegahan penularan COVID-19 seperti pembersihan dan disinfeksi, sebagai upaya pencegahan utama untuk mengurangi kemungkinan penularan terkait kontaminasi permukaan.

Ketahanan virus SARS-CoV-2 pada berbagai jenis permukaan sudah dievaluasi dalam beberapa penelitian. Penelitian Chin *et al.*, pada tahun 2020 menemukan bahwa virus SARS-CoV-2 tetap bertahan hingga 1 hari pada kain dan kayu, hingga 2 hari pada kaca, hingga 4 hari pada *stainless steel* dan plastik, dan hingga 7 hari pada lapisan luar masker medis. Penelitian lain menemukan bahwa virus

SARS-CoV-2 mampu bertahan selama 4 jam pada tembaga, 24 jam pada kardus, dan hingga 72 jam pada plastik dan *stainless steel*. Virus SARS-CoV-2 juga bertahan diberbagai tingkat pH dan suhu lingkungan tetapi rentan terhadap panas dan metode disinfeksi standar (Doremalen *et al.*, 2020).

Seperti jenis *coronavirus* lainnya, SARS-CoV-2 merupakan virus berselubung yang memiliki selubung lipid luar yang rapuh. Sehingga, SARS-CoV-2 lebih rentan terhadap disinfektan dibandingkan virus-virus tanpa selubung seperti *rotavirus*, *norovirus*, dan *poliovirus*. Oleh karena itu, proses disinfeksi sangat penting dilakukan secara rutin untuk mencegah penularan virus ini. Namun, zat kimia yang digunakan pada disinfektan cenderung berbahaya untuk manusia, hewan, dan tumbuhan sekitar (Koh, 2020), terlebih untuk saat ini proses disinfektan harus lebih sering dilakukan.

Hingga saat ini, zat kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengurangi jumlah organisme parasit sudah semakin banyak. Penemuan baru terus muncul di pasaran karena tidak adanya bahan kimia yang ideal atau yang dapat dipergunakan untuk segala macam keperluan. Oleh karena itu, dipilih bahan kimia yang mampu membunuh mikroorganisme yang ada, dalam waktu tersingkat dan tanpa merusak bahan yang terkena disinfektan (West *et al.*, 2018; Rutala and Weber, 2014; Hasdianah, 2012).

Beberapa disinfektan yang sering digunakan adalah alkohol larut, di antaranya etanol dan isopropil alkohol. Bahan-bahan tersebut memiliki kelemahan tidak membunuh spora dan menyebabkan korosi pada logam kecuali jika ditambahkan pereduksi seperti natrium nitrit 2 %, yang dapat mengeringkan kulit. Selain alkohol larut, produk gas disinfektan yang digunakan seperti formaldehida cenderung menimbulkan bau, keracunan pada membran kulit dan membran mukosa (Shaffer, 2013). Selain bersifat toksik untuk beberapa mikroorganisme, disinfektan ini juga bersifat toksik pada manusia sehingga penggunaannya perlu pengawasan lebih. Untuk mengurangi efek toksik pada manusia, maka dilakukan pencarian bahan baru sebagai alternatif untuk menjadi bahan disinfektan.

Beberapa alternatif disinfektan buatan disintesis dengan menggunakan senyawa-senyawa anorganik, salah satu senyawa anorganik yang diketahui memiliki aktivitas biologis adalah organotimah (Cotton *and* Wilkinson, 2007). Aktivitas tersebut di antaranya sebagai antiinflamasi (Kadu *et al.*, 2015), sitotoksik dan antimikroba (Galvan-Hildago *et al.*, 2017), antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antimikroba (Bonire, 1985; Annisa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011), antivirus (Singh *et al.*, 2000), antihipertensi (Sadiq-Ur-Rehman *et al.*, 2013), antikanker (Hadi *and* Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012), antimalaria (Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2020) dan biosidal (Tariq *et al.*, 2013). Senyawa organotimah juga tidak berbahaya bagi tubuh selama masih dalam dosis yang sesuai (Javed *et al.*, 2016). Karena banyaknya aktivitas biologis organotimah, maka organotimah dapat dijadikan sebagai alternatif bahan kimia untuk disinfektan.

Salah satu senyawa organotimah(IV) yang telah mendapat banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir adalah organotimah(IV) karboksilat, karena aktivitas biologisnya yang cukup tinggi di antara organotimah dengan ligan lainnya (Cotton *and* Wilkinson, 2007). Kehadiran gugus penarik elektron yang terikat pada atom timah menyebabkan berkurangnya kerapatan elektron dalam senyawa. Kerapatan elektron yang berkurang menyebabkan kereaktifan senyawa terhadap gugus-gugus tertentu. Oleh karena itu, variasi substituen alkil atau aril dalam senyawa organotimah(IV) tidak menunjukkan efek pada aktivitas biologisnya (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Ditinjau dari banyaknya aktivitas biologis dari senyawa organotimah(IV) karboksilat, maka akan dilakukan penelitian mengenai senyawa organotimah(IV) karboksilat dan menguji aktivitasnya sebagai disinfektan. Dari sisi gugus organiknya, di- dan tri-organotimah memiliki aktivitas biologis yang lebih baik dibandingkan monoorganotimah. Selain itu, jenis gugus organik juga mempengaruhi aktivitas dari senyawa organotimah (Cotton *and* Wilkinson, 2007).

Pada penelitian ini, dipilih senyawa di-organotimah dengan gugus fenil. Hal tersebut dikarenakan hasil uji bioaktivitas antibakteri sebagian besar gugus fenil pada organotimah memiliki zona hambat yang relatif besar daripada metil namun lebih rendah daripada gugus butil. Namun, gugus butil cenderung lebih toksik daripada gugus fenil (Affan *et al.*, 2009; Ahmed *et al.*, 2002). Sehingga pada penelitian ini dipilih senyawa organotimah dengan gugus fenil. Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat serta karakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer IR, spektrometer NMR dan *Microelemental Analyzer*, kemudian dilakukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat.
2. Karakterisasi hasil sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat dengan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer IR, spektrometer NMR dan *Microelemental Analyzer*.
3. Menguji aktivitas senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat sebagai disinfektan terhadap bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan bakteri Gram negatif (*Salmonella sp.*).

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menambah informasi mengenai bioaktivitas senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat sebagai disinfektan.

2. Senyawa organotin(IV) karboksilat yang memiliki aktivitas biologis yang efektif dapat digunakan sebagai disinfektan yang berguna dalam bidang kesehatan dan pertanian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang memiliki ikatan langsung antara logam dengan atom karbon dari gugus organik. Senyawa yang mengandung ikatan antara logam dengan oksigen, belerang, nitrogen, maupun halogen tidak termasuk sebagai senyawa organologam. Selain unsur golongan utama, unsur lantanida, aktinida, serta metaloid yang berikatan dengan atom karbon suatu gugus organik juga dapat disebut sebagai organologam. 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 *et al.*, 2007).

Berdasarkan ikatannya, organologam dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu:

- a. Senyawa organologam ionik dari logam elektropositif
Logam yang sangat positif umumnya membentuk senyawa organologam yang bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik, serta sangat reaktif terhadap udara dan air. Senyawa organologam ionik ini terbentuk bila suatu radikal pada logam terikat pada logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, misalkan dengan logam alkali atau alkali tanah.
- b. Senyawa organologam dengan ikatan σ (sigma)
Senyawa ini terbentuk melalui pembentukan ikatan σ dua pusat elektron antara gugus organik dan atom logam dengan keelektropositifan rendah.

Pada umumnya, senyawa organologam dengan ikatan ini memiliki ikatan utama kovalen dan sifat kimianya disebabkan karena beberapa faktor, yaitu kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi, kemampuan donor alkil atau aril dengan pasangan elektron bebas, keasaman Lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak penuh dan pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam-karbon (M-C) atau karbon-karbon (C-C).

c. Senyawa organologam yang terikat secara nonklasik

Di antara senyawaan organologam terdapat suatu jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk ikatan ionik atau pasangan elektron. Senyawa ini terbagi menjadi beberapa golongan:

1. Senyawa organologam yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan.
2. Senyawa organologam yang terbentuk antara logam-logam transisidengan alkena, alkuna, benzena, dan sistem cincin lainnya seperti C_5H_5 (Gora, 2005).

2.2. Timah

Timah atau *stannum* (Sn) merupakan unsur yang memiliki nomor atom 50. Berat molekul timah 118,71 sma, mempunyai titik leleh 231,968 °C serta titik didih 2270 °C. Pada sistem periodik unsur, timah terletak pada golongan IV A dan periode 5. Timah memiliki beberapa jenis, di antaranya timah α yang berwarna abu dan timah β yang berwarna putih (Jones *and* Lappert, 1966).

Senyawa timah yang telah ditemukan memiliki bilangan oksidasi +2 dan +4. Bentuk trivalen (+3) dari timah tidak stabil sehingga senyawa *stannous* (SnX_2) yang berupa timah bivalen dan *stannic* (SnX_4) yang berupa tetravalen, merupakan dua jenis utama timah karena kestabilannya (Bakirderee, 2013). Timah dengan tingkat oksidasi +4 lebih stabil daripada +2, karena pada tingkat oksidasi +4 timah menggunakan seluruh elektron valensinya dalam ikatan.

Struktur geometri SnCl_4 menunjukkan bentuk yang sama seperti CCl_4 setelah dikarakterisasi. Timah(IV) klorida dan karbon tetraklorida merupakan cairan tak berwarna pada suhu ruang. Namun, diluar keadaan tersebut keduanya menunjukkan sifat yang cukup berbeda. Perbedaan tersebut disebabkan ukuran atom yang jauh berbeda serta Sn yang memiliki orbital d. Kedua faktor tersebut membuat Sn memungkinkan untuk membentuk ikatan koordinasi dengan ligan-ligannya (Cotton *and* Wilkinson, 2007).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah memiliki ciri khas ikatan kovalen antara atom karbon dengan timah. Sebagian senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $\text{R}_n\text{Sn(IV)X}_{4-n}$ ($n=1-4$) dan diklasifikasikan sebagai alkil atau aril (Ar) yang terkait. Anion yang terikat (X) biasanya adalah klorida, flourida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu tiolat (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Ditinjau dari sisi fisika dan kimia, senyawa organotimah merupakan monomer yang dapat membentuk makromolekul stabil dan padat, contohnya metiltimah, feniltimah, dan dimetiltimah sedangkan butiltimah berbentuk cairan. Butiltimah tidak berwarna, sangat mudah menguap, menyublim, dan stabil terhadap hidrolisis serta antioksidan. Atom halogen yang terikat pada organotimah khususnya klor, mudah lepas dan membentuk garam dengan logam golongan utama. Meskipun kekuatan ikatannya bervariasi, akan tetapi atas dasar sifat itulah senyawa organotimah dapat disintesis (Greenwood *and* Earhaw, 1990).

Kemudahan putusannya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lain bervariasi berdasarkan gugus organiknya. Berikut urutan peningkatan kemudahan putusannya ikatan Sn-C sesuai dengan urutan, yaitu: butil<propil<etil<metil<vinil<fenil <benzil<alil< CH_2CN < CH_2COOR (paling tidak stabil). Diketahui empat tipe penstabil timah berdasarkan gugus alkilnya yaitu oktil, butil, fenil, dan metil.

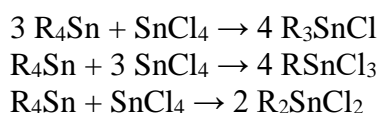
Senyawa okttiltimah memiliki kandungan timah paling sedikit dan paling kurang efisien (Van der Weij, 1981).

Senyawa tetraalkil dan tetraaliltimah(IV) sederhana yang merupakan turunan $R_nSn(IV)X_{4-n}$ yaitu X merupakan gugus elektronegatif (halida, karboksilat, dan lain-lain) maka sifat asam lewis dan basa lewis meningkat membentuk kompleks dengan bilangan koordinasi yang lebih tinggi. Senyawa R_3SnX biasanya membentuk kompleks koordinasi lima, yaitu R_2SnXL dengan bentuk trigonal bipiramidal. Sedangkan senyawa R_2SnX_2 dan $RSnX_3$ biasanya membentuk kompleks koordinasi enam yaitu $R_2SnX_2L_2$ dan $RSnX_3L_2$ dengan bentuk oktahedral (Davies, 2004).

Ada tiga turunan senyawa organotimah menurut Wilkinson pada tahun 1982, antara lain sebagai berikut:

2.3.1. Senyawa Organotimah Halida

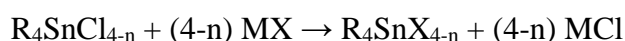
Senyawa organotimah halida memiliki rumus umum R_nSnX_{4-n} . Senyawa ini biasanya digunakan sebagai material awal dalam pembuatan senyawa organotimah R_nSnY_{4-n} dengan Y berupa gugus -H, -OR', OCOR' dan -NR₂'. Senyawa organotimah halida dapat disintesis dengan beberapa cara, di antaranya dengan direaksikan secara langsung melalui logam timah, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida yang reaktif. Metode lain yang sering digunakan untuk pembuatan organotimah halida adalah reaksi disproporsionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida. Caranya adalah dengan mengubah perbandingan material awal, seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:



(Davies, 2004).

Senyawa organotimah klorida digunakan sebagai *starting material* (bahan dasar) untuk sintesis organotimah halida lainnya, melalui penggantian langsung ion

kloridanya dengan memakai logam halida lain yang sesuaiseperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:

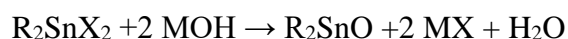
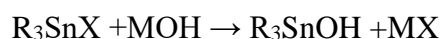


(X = F, Br, atau I; M = K, Na, NH₄)

(Cotton *and* Wilkinson, 2007)

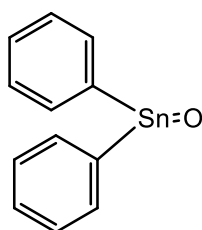
2.3.2. Senyawa Organotimah Oksida dan Hidroksida

Senyawa organotimah oksida dan hidroksida merupakan produk reaksi hidrolisis senyawa alkiltimah halida. Reaksi yang berlangsung ditunjukkan sebagai berikut:



(Ingham *et al.*, 1960)

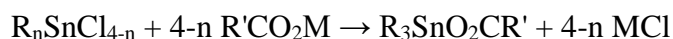
Senyawa organotimah hidroksida dan oksida yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa difeniltimah(IV) oksida. Senyawa tersebut berperan sebagai material awal yang direaksikan dengan asam karboksilat untuk menghasilkan senyawa difeniltimah(IV) karboksilat. Struktur dari senyawa ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida

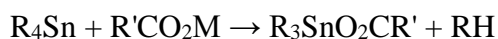
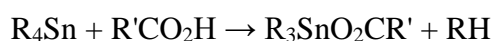
2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Senyawa organotimah karboksilat, $R_nSn(O_2CR')_{4-n}$ pada umumnya dapat disintesis melalui tiga cara, yaitu dari organotimah halidanya dengan garam karboksilat, dari pemutusan ikatan Sn-C dengan asam atau merkuri(I) atau merkuri(II) atau timbal(IV) karboksilat, dan dari organotimah oksida atau organotimah hidroksida dengan asam karboksilat. Metode pertama yang biasa digunakan untuk sintesis organotimah karboksilat selanjutnya adalah dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal. Organotimah halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida.

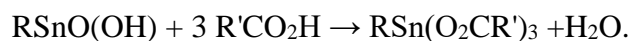
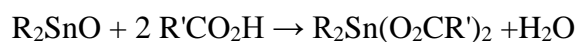


(Wilkinson, 1982)

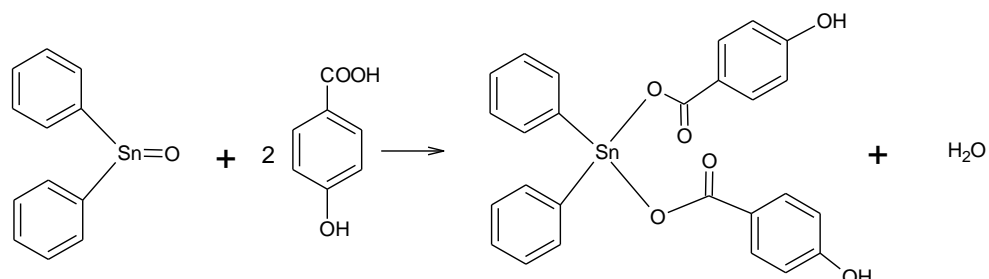
Pembuatan organotimah karboksilat selanjutnya yaitu dengan pemutusan ikatan Sn-C dapat lebih mudah terjadi ketika R berupa gugus vinil, alil, aril daripada gugus alkil. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



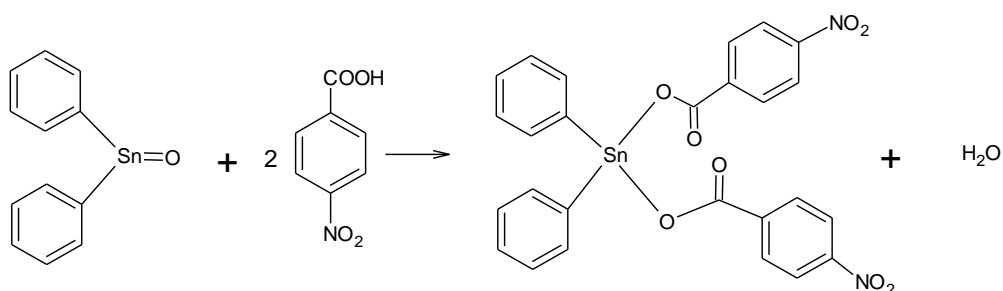
Cara terakhir dapat dibuat dengan mencampurkan aliquot timah oksida atau hidroksidanya dengan asam karboksilat dalam pelarut yang sesuai seperti metanol. Kemudian airnya dapat dipisahkan dengan mudah dengan dehidrasi azeotropik dalam pelarut benzena atau toluena.



Pada penelitian kali ini akan dilakukan sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat dengan cara yang kedua (Davies, 2004). Reaksi yang dapat berlangsung yakni sebagai berikut:

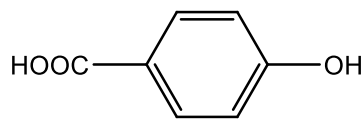


Gambar 2. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-hidroksibenzoat

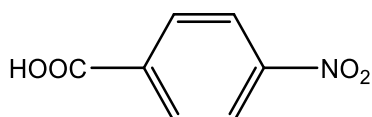


Gambar 3. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-4-nitrobenzoat

Asam 4-hidroksibenzoat dan asam 4-nitrobenzoat merupakan turunan asam benzoat. Asam 4- hidroksibenzoat berupa kristal tak berwarna, memiliki titik leleh 214,5 °C serta cepat larut dalam air panas dan etanol. Asam 4-hidroksibenzoat sering diaplikasikan dalam makanan, obat-obatan, dan kosmetik. Sedangkan asam 4-nitrobenzoat memiliki berat molekul sebesar 167,2 g/mol, titik leleh sebesar 237 °C, dan larut dalam metanol dan dietil eter. Asam 4-nitrobenzoat berupa serbuk yang berwarna putih kekuningan yang dapat digunakan sebagai pewarna, kosmetik dan obat-obatan (Hans-Dieter *and* Jeschkeit, 1994). Struktur asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-hidroksibenzoat ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Senyawa Asam 4-hidroksibenzoat



Gambar 5. Senyawa Asam 4-nitrobenzoat

2.4. Aplikasi Organotimah

Senyawa organotimah(IV) memiliki banyak aplikasi dalam bidang industri antara lain digunakan sebagai senyawa penstabil PVC (Pereyre *et al.*, 1987), katalis (Evans *and* Karpel, 1985), aktivitas biosidal, antigumpal cat, pengawet kayu, kaca untuk pelapis timah oksida (Gitlitz *et al.*, 1992) dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi (Pellerito dan Nagy, 2002).

Senyawa organotimah(IV) diketahui memiliki efek biologis yang kuat (Davies, 2004). Dalam beberapa penelitian, diketahui beberapa manfaat lain senyawa organotimah(IV) karboksilat di antaranya sebagai antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antimikroba (Bonire, 1985; Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2021; Samsuar *et al.*, 2021), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011; Hadi *and* Rilyanti, 2010) antiviral (Singh *et al.*, 2000) dan antikorosi (Hadi *et al.*, 2015). Keaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) ditentukan oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Anion yang terikat hanya sebagai penentu sekunder keaktifan senyawa organotimah(IV) (Hadi *et al.*, 2012).

2.5. Analisis Senyawa Organotimah

Pada penelitian ini, untuk membuktikan senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat yang disintesis telah terbentuk dengan baik, maka perlu dilakukan pengujian kualitatif dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer Inframerah (IR), spektrometer ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR serta analisis unsur C dan H dengan menggunakan alat *Microelemental Analyzer*.

2.5.1. Analisis dengan spektrofotometer UV-Vis

Senyawa yang dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi sinar UV dan sinar tampak oleh senyawa yang tersebut. Transisi elektronik terjadi antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital antiikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital yang bersangkutan.

Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi, maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ \AA}$). Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Daerah eksitasi elektron dari orbital p, orbital d, dan orbital π terutama sistem π terkonjugasi pada serapan diatas 200 nm cenderung lebih mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan.

Spektrofotometer UV-Vis mampu mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik di dalam suatu molekul. Spektrofotometer ini dapat secara umum membedakan antara diena terkonjugasi dari diena tidak terkonjugasi, diena

terkonjugasi dari triena dan sebagainya. Letak serapan dapat dipengaruhi oleh substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dan senyawa karbonil (Sudjadi, 1985).

Pada spektroskopi UV-*Vis*, spektrum tampak (*Vis*) memiliki rentang antara 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan spektrum ultraviolet (UV) memiliki rentang antara 200-400 nm. Informasi yang diperoleh dari spektroskopi ini yaitu adanya ikatan rangkap atau ikatan terkonjugasi dan gugus kromofor yang terikat pada auksokrom. Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-*Vis* karena mengandung elektron, baik elektron ikatan maupun pasangan elektron bebas, yang dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi (Day *and* Underwood, 1998).

Kekuatan elektron ikatan pada molekul akan menentukan energi absorpsi dan panjang gelombang yang terjadi. Elektron pada ikatan kovalen tunggal memiliki ikatan lebih kuat dan tidak mudah diputuskan sehingga diperlukan radiasi berenergi tinggi atau dengan kata lain panjang gelombang yang lebih pendek untuk eksitasinya. Hal ini dapat diartikan suatu elektron dalam orbital ikatan (*bonding*) yang memiliki energi lebih rendah dieksitasikan ke orbital anti ikatan (*antibonding*) yang memiliki energi lebih tinggi.

Identifikasi kualitatif dengan spektroskopi UV-*Vis* untuk senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, dikarenakan daerah serapan pada daerah UV-*Vis* terlalu lebar dan kurang terperinci, sehingga perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut dengan spektroskopi IR dan NMR (Day *and* Underwood, 1998).

Tabel 1. Nilai λ maks Spektroskopi UV-Vis untuk Beberapa Senyawa Difeniltimah(IV)

Senyawa	λ maks (nm)		
	π - π^*	n- π^*	Pita sekunder pada cincin benzena
$[(n-C_4H_9)_2Sn(OOCC_6H_5)_2]$	-	282,6	-
$[(C_6H_5)_2Sn(OOCC_6H_5)_2]$	201	297,7	407
$[(C_6H_5)_3Sn(OOCC_6H_5)]$	204	300,5	409

(Hadi *and* Rilyanti, 2010)**2.5.2. Analisis dengan Spektrofotometer *Infra Red* (IR)**

Alat yang dapat digunakan untuk memberikan informasi mengenai adanya suatu gugus fungsi adalah Spektrofotometer *Infra Red* (IR). Spektroskopi ini mengukur daerah serapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang. Pada saat analisis sampel menggunakan IR, radiasi inframerah dengan rentang panjang gelombang dan intensitas tertentu dilewatkan terhadap sampel. Molekul-molekul senyawa pada sampel akan menyerap seluruh atau sebagian radiasi itu (Hardjono, 1992).

Perbedaan momen dipol pada gugus fungsi menyebabkan suatu senyawa dapat terukur pada spektra IR. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik. Untuk pengukuran menggunakan IR biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} yang disebut juga daerah sedang yang merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Harjono, 1992).

Penyerapan ini berhubungan dengan adanya sejumlah vibrasi yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul dan perubahan momen dari ikatan kovalen pada waktu terjadinya vibrasi. Bila radiasi

itu diserap sebagian atau seluruhnya, radiasi itu akan diteruskan. Detektor akan menangkap radiasi yang diteruskan itu dan mengukur intensitasnya.

Secara umum, spektrum IR dibagi menjadi tiga daerah, yaitu:

1. Daerah IR dekat, fenomena yang terjadi adalah adsorpsi *overtone* C-H dengan bilangan gelombang antara 14.300 cm^{-1} hingga 4.000 cm^{-1} .
2. Daerah IR sedang, fenomena yang terjadi adalah vibrasi dan rotasi dengan bilangan gelombang antara 4.000 cm^{-1} hingga 650 cm^{-1} .
3. Daerah IR jauh, fenomena yang terjadi adalah penyerapan sinar IR oleh ligan atau spesi lainnya yang berenergi rendah dengan bilangan gelombang 650 cm^{-1} hingga 200 cm^{-1} .

Dalam sintesis senyawa organotin(IV), reaksi dapat dilihat pada perubahan spektrum IR dari senyawa awal, ligan, dan senyawa akhir. Hal yang perlu diperhatikan yaitu adanya vibrasi ulur Sn-O pada bilangan gelombang 500-400 cm^{-1} dan Sn-C pada bilangan gelombang 500 –600 cm^{-1} (Sudjadi, 1985). Daerah yang menjadi fokus perhatian dalam spektrum adalah munculnya puncak karbonil pada spektrum dari senyawa akhir yang menunjukkan telah terjadinya reaksi dari senyawa awal dengan ligan asam karboksilat. Beberapa serapan IR untuk gugus fungsi pada senyawa organotin karboksilat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Serapan Khas IR untuk Organotin Karboksilat

No.	Vibrasi Ikatan	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
1.	Sn-O	800 - 600
2.	Sn-O-C	1250 - 1000
3.	CO ₂ simetri	1500 – 1400
4.	O-H	3500 – 3100
5.	C=O	1760 – 1600
6.	-NO ₂	1560 - 1515; 1385 – 1345

(Bonire *et al.*, 1998)

2.5.3. Analisis dengan spektroskopi ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR

Spektrometri *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Spektrometri NMR yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu spektrometri ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR. Dari spektrum ^1H -NMR, akan dapat diduga adanya beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul, serta jumlah atom hidrogen yang ada pada atom karbon tetangga. Pada spektrum ^{13}C -NMR dapat diketahui keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, atau kuarterner (Sudjadi, 1985).

Prinsip dari resonansi magnet inti adalah karena tidak setiap inti atom dalam molekul beresonansi pada frekuensi yang sama. Hal ini disebabkan karena inti atom dikelilingi elektron dan menunjukkan adanya perbedaan lingkungan elektronik antara satu inti atom dengan intiatom lainnya. Di dalam medan magnet, perputaran elektron-elektron valensi dari inti menghasilkan medan magnet yang melawan medan magnet yang digunakan. Besarnya perlindungan ini tergantung pada kerapatan elektron yang mengelilinginya. Makin besar kerapatan elektron yang mengelilingi inti, maka makin besar pula medan yang dihasilkan untuk melawan medan yang digunakan, sehingga inti merasakan medan magnet yang mengenainya menjadi lebih kecil dan inti akan mengalami presisi pada frekuensi yang lebih rendah (Kealey *and* Haines, 2002).

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 berbeda. Perbedaan ini dinamakan geseran kimia. Nilai geseran kimia ini memiliki satuan ppm. Nilai geseran kimia dari beberapa jenis senyawa dengan tetrametil silan (TMS) sebagai titik nol-nya ada pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Geseran Kimia untuk ^1H - NMR dan ^{13}C -NMR

No.	Jenis Senyawa	^1H (ppm)	^{13}C (ppm)
1.	Alkana	0,5-0,3	5-35
2.	Alkana Termonosubstitusi	2-5	25-65
3.	Alkana Terdisubstitusi	3-7	20-75
4.	R-CH ₂ -NR ₂	2-3	42-70
5.	R-CH ₂ -SR	2-3	20-40
6.	R-CH ₂ -PR ₃	2,2-3,2	50-75
7.	R-CH ₂ -OH	3,5-4,5	50-75
8.	R-CH ₂ -NO ₂	4-4,6	70-85
9.	Alkena	4,5-7,5	100-150
10.	Aromatik	6-9	110-145
11.	Benzilik	2,2-2,8	18-30
12.	Asam	10-13	160-180
13.	Ester	-	160-175
14.	Hidroksil	4-6	-

(Settle, 1997)

2.5.4. Analisis dengan *Microelemental Analyzer*

Analisis yang dapat digunakan untuk menentukan kemurnian sampel senyawa organotimah yang disintesis adalah analisis unsur mikro dengan membandingkan data kadar unsur yang dihasilkan alat dengan data hasil perhitungan. Unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Alat yang biasanya digunakan untuk tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai

CHNS *Microelemental Analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini selanjutnya dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Walaupun seringkali hasil yang diperoleh berbeda, namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian suatu sampel (*Costech Analytical Technologies*, 2011).

Prinsip dasar dari *Microelemental Analyzer* yaitu sampel dibakar pada suhu tinggi. Produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang selanjutnya diperlukan proses pemurnian kemudian dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, sampel yang diketahui jenisnya dapat diperkirakan beratnya dengan menghitung setiap berat unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi yang terendah atau tertinggi (Caprette, 2007).

2.6. Bakteri

Bakteri adalah organisme hidup bersel tunggal, memiliki DNA dan RNA, serta tidak memiliki klorofil. Bakteri dapat tumbuh, berkembang biak, dan dapat melakukan metabolisme. Lapisan terluar dari bakteri terdiri dua komponen yakni dinding sel yang kaku tersusun dari peptidoglikan 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 ke luar dari permukaan sel yaitu flagella yang berfungsi sebagai alat penggerak dan fimbria sebagai alat untuk melekatkan diri (Gupte, 1990).

Bakteri memiliki fungsi dan peranan masing-masing. Bakteri tanah berperan dalam siklus zat yang bersifat khas misalnya siklus nitrogen, fosfor, dan lainnya memiliki manfaat yang tinggi pada rantai makanan makhluk hidup. Bakteri secara umum melakukan fungsi sebagai dekomposer. Bakteri berinteraksi dengan lingkungan fisik dan kimia untuk menghasilkan metabolit yang khas. Fungsi

lainnya yakni sebagai penghasil enzim dalam berbagai proses yang berguna bagi kehidupan (Syauqi, 2017).

Namun, selain bakteri yang memiliki banyak manfaat, ada sebagian bakteri yang dapat menyebabkan kerugian dan bersifat patogen sehingga dapat menyebabkan berbagai penyakit. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang terdapat di air misalnya rekreasi pemandian bersifat resisten terhadap azonasi dan disinfektan. Contoh lainnya yakni *S. aureus* yang tahan terhadap klorinasi, dapat menyebabkan infeksi pada mata, telinga, dan kulit. *Escherichia coli* dalam usus halus dapat menyebabkan penyakit gastroenteritis atau penyakit diare akut. Bakteri-bakteri lain yang menyebabkan penyakit di antaranya *Salmonella sp*, *Bacillus cereus*, dan *Clostridium defficile* (Syauqi, 2017). Berdasarkan sifat gramnya bakteri dibagi menjadi dua jenis, yakni bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif.

a. Bakteri Gram Positif

Bakteri Gram positif adalah bakteri yang memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal. Bakteri ini memiliki dinding sel yang dapat menyerap zat warna violet pada proses pewarnaan gram sehingga akan berwarna ungu di bawah mikroskop. Perbedaan Gram positif dan Gram negatif didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel dan dinyatakan oleh prosedur pewarnaan Gram yang ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram dan merupakan prosedur yang penting dalam klasifikasi bakteri (Brooks *et al.*, 2013).

Ciri-ciri dari bakteri Gram positif adalah dinding sel yang homogen dengan ketebalan 20 - 80 nm. Bakteri ini tersusun dari senyawa peptidoglikan yang bergabung membentuk struktur tebal dan kaku. Bentuk sel dari bakteri Gram positif ini adalah seperti batang atau filamen. Sistem reproduksi bakterinya melalui pembelahan secara biner, dengan alat geraknya berupa flagela nonmotil dan jika tidak mempunyai motil maka menggunakan petritrikus. Adapun contoh dari bakteri Gram positif di antaranya *Lactobacillus*,

Actinomyces, Arachnia, Bifidobacterium, Staphylococcus, Propionibacterium, Eubacterium, dan Bacillus (Wheelis, 2007).

b. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif adalah bakteri yang mempunyai lapisan peptidoglikan tipis yang terdapat dalam ruang periplasmik. Bagian dinding sel bakteri ini dapat menyerap zat warna merah pada pewarnaan Gram karena tidak mampu mempertahankan warna kristal violet (Radji, 2011). Sebenarnya, bakteri Gram negatif memiliki sifat patogen sehingga lebih berbahaya jika dibandingkan bakteri Gram positif.

Hal yang menyebabkan bakteri Gram negatif bersifat patogen karena membran luar dibagian dinding sel bisa melindungi bakteri tersebut sehingga dapat menghalangi masuknya zat antibiotik dan juga sistem dari pertahanan inang. Dinding sel bakteri Gram negatif lebih rentan terhadap kerusakan mekanis karena jumlah peptidoglikan yang rendah. Adapun contoh dari bakteri ini adalah *Salmonella sp.*, *Rhizobium leguminosarum*, *Haemophilus influenza*, dan *P. aeruginosa* (Wheelis, 2007).

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

2.6.1. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* termasuk dalam familia *Staphylococaceae*, bersifat Gram positif, berbentuk bulat (coccus), berdiameter 0,5 - 1,5 μ L, tidak membentuk spora, katalase positif dan sel-selnya tersusun seperti buah anggur atau membentuk pasangan atau dalam jumlah 4 sel. *S. aureus* tumbuh dalam kaldu nutrisi pada suhu 37 °C. Batas-batas suhu pertumbuhannya adalah 15 °C dan 40 °C, sedangkan suhu pertumbuhan optimum adalah 35 °C.

Bakteri *S. aureus* bersifat anaerob fakultatif dan dapat tumbuh dalam udara yang hanya mengandung hidrogen dan pH optimum untuk pertumbuhan ialah 7,4. *Staphylococcus* tahan pada kondisi kering, temperatur 50 °C selama 30 menit, dan natrium klorida 9% dan dihambat oleh heksaklorofenol 3% (Jawetz dkk., 2005).

S. aureus tumbuh pada pembedahan bakteri dalam keadaan aerobik atau mikroaerobik, tumbuh paling cepat pada suhu 37 °C tetapi paling baik membentuk pigmen pada *S. aureus* suhu kamar (20-25 °C). Koloni pada pembedahan padat berbentuk bulat, halus dan berkilau membentuk pigmen. Sifat pertumbuhannya dapat meragikan banyak karbohidrat dengan lambat, menghasilkan asam laktat, tetapi tidak menghasilkan gas, aktivitas proteolitik sangat bervariasi (Jawetz *et al.*, 2005).

S. aureus dapat menyebabkan penyakit karena kemampuannya berkembang biak dan menyebar luas dalam jaringan tubuh serta adanya beberapa zat yang dapat diproduksi, antara lain koagulase yaitu enzim yang mengaktifkan faktor yang mereaksi koagulase (*Coagulase Reacting Factor-CRF*) yang biasanya terdapat dalam plasma, yang menyebabkan plasma menggumpal karena perubahan fibrinogen (Volk and Wheeler, 2003).

S. aureus dapat menyebabkan intoksifikasi, infeksi, seperti jerawat, bisul, meningitis, osteomielitis, pneumonia, serta mastitis pada manusia dan hewan (Supardi dan Sukanto, 1999). *S. aureus* merupakan salah satu *Staphylococcus* yang mempunyai kemampuan besar untuk menimbulkan penyakit. Manusia merupakan pembawa *S. aureus* dalam hidung sebanyak 40-50%, bakteri ini juga bisa di temukan pada baju, sprei, dan benda-benda lainnya di lingkungan sekitar manusia (Jawetz dkk., 2005).

2.6.2. Bakteri *Salmonella sp.*

Salmonella sp. merupakan bakteri Gram negatif yang berbentuk batang lurus, tidak berspora, dan bergerak dengan flagel peritrik. Bakteri ini berukuran 2-4 μm x 0,5-0,8 μm . *Salmonella sp.* memiliki kemampuan tumbuh cepat dalam media yang sederhana (Jawetz dkk., 2005). *Salmonella sp.* bersifat aerob dan anaerob fakultatif, pertumbuhan optimal *Salmonella sp.* pada suhu 37°C dan pada pH 6-8. Bakteri ini sensitif terhadap suhu tinggi, tidak tahan pada suhu lebih dari 70 °C sehingga bakteri ini akan mati pada proses sterilisasi basah. Bakteri ini juga dapat mati pada suhu pasteurisasi dan sensitif terhadap pH rendah sekitar kurang dari pH 4 (Pertiwi dkk., 2015).

Salmonella sp. tahan hidup dalam air yang dibekukan dalam waktu yang lama, bakteri ini resisten terhadap bahan kimia tertentu (misalnya hijau brilliant, *sodium tetrathionat*, *sodium deoxycholate*) yang menghambat pertumbuhan bakteri enterik lain, tetapi senyawa tersebut berguna untuk ditambahkan pada media isolasi *Salmonella sp.* pada sampel feses.

Salmonella terdiri dari famili *Enterobacteriaceae*. *Salmonella* merupakan bakteri patogenik enterik serta merupakan penyebab utama penyakit bawaan dari makanan (*foodborne disease*). Terdapat lebih dari 2500 serotipe *salmonella* yang dapat menginfeksi manusia. Namun serotipe yang sering menjadi penyebab utama infeksi pada manusia adalah *Salmonella paratyphi A*, *Salmonella paratyphi B*, *Salmonella paratyphi C*, *Salmonella cholerasius*, *Salmonella typhi* (Kuswiyanto, 2017).

Antigen *Salmonella* terdiri dari tiga jenis yakni antigen terluar O, flagella H dan kapsul Vi (virulensi).

- Antigen O = *Ohne Hauch* = antigen somatik. Serupa dengan antigen O pada kuman *Enterobacteriaceae* lainnya. Antigen ini tahan terhadap pemanasan 100 °C, alkohol, dan asam. Antibodi yang dibentuk terutama adalah IgM.

- Antigen H = *Hauch*, terdapat pada flagela dan bersifat termolabil. Antigen H rusak pada pemanasan di atas 60 °C, alkohol, dan asam. Antibodi yang dibentuk bersifat IgG.
- Antigen Vi = Kapsul = Antigen ini merupakan polimer dari polisakarida yang bersifat asam, terdapat pada bagian paling luar badan kuman. Antigen ini dapat rusak dengan pemanasan 60° C selama 1 jam, juga pada penambahan fenol dan asam. Kuman yang mempunyai antigen Vi ternyata lebih virulen, baik terhadap binatang maupun manusia. Antigen Vi juga menentukan kepekaan kuman terhadap bakteriofaga.

Alat pencernaan manusia dan hewan merupakan habitat dari bakteri *Salmonella sp.* Penularannya melalui konsumsi makanan dan minuman yang tercemar. *Salmonella sp.* yang berhasil masuk ke dalam tubuh manusia dan berkembang biak di dalam saluran pencernaan akan mengakibatkan radang usus. Radang usus dapat terjadi disebabkan poliferasi *Salmonella sp.* sehingga menimbulkan diare. *Salmonella sp.* yang telah menginfeksi memiliki kemampuan menghasilkan racun *cytotoxin* dan racun *enterotoxin* (Pertiwi dkk., 2015).

Saat kuman masuk ke saluran pencernaan manusia, sebagian kuman mati oleh asam lambung dan sebagian kuman masuk ke usus halus. Dari usus halus kuman beraksi sehingga bisa masuk ke dalam usus halus. Setelah berhasil melampaui usus halus, kuman masuk ke kelenjar getah bening, ke pembuluh darah, dan ke seluruh tubuh (terutama pada organ hati, empedu, dan lain-lain). Sehingga feses dan urin penderita bisa mengandung kuman *S. typhi*, *S. paratyphi* A, B dan C yang siap menginfeksi manusia lain melalui makanan atau minuman yang tercemari.

Pada penderita yang tergolong *carrier* bakteri *Salmonella* bisa ada terus menerus di feses dan urin sampai bertahun-tahun. Setelah memasuki dinding usus halus, *S. typhi*, *S. paratyphi* A, B dan C mulai melakukan penyerangan melalui system limfa ke limfa yang menyebabkan pembengkakan pada urat dan setelah satu periode perkembangbiakan bakteri tersebut kemudian menyerang aliran darah.

Aliran darah yang membawa bakteri juga akan menyerang liver, kantong empedu, limfa, ginjal, dan sumsum tulang, bakteri ini kemudian berkembangbiak dan menyebabkan infeksi organ-organ ini. Melalui organ-organ yang telah terinfeksi inilah mereka terus menyerang aliran darah yang menyebabkan bakteremia sekunder. Bakteremia sekunder ini bertanggung jawab sebagai penyebab terjadinya demam dan penyakit klinis (Widodo, 2009).

2.7. Disinfektan

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh jasad renik (bakterisid), terutama pada benda mati. Proses disinfektan dapat menghilangkan 60 - 90% jasad renik tergantung dari keefektifan bahan kimia dari disinfektan tersebut. Disinfektan digunakan secara luas untuk sanitasi baik dirumah tangga, laboratorium dan rumah sakit. Bahan disinfektan dapat membunuh bakteri karena disinfektan dapat mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri, sehingga bahan tersebut dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh bakteri. Berdasarkan mekanisme kerjanya, disinfektan yang ideal adalah bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, berspektrum luas, serta aktivasinya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembapan (Shaffer, 2013).

Adapun macam-macam jenis disinfektan sebagai berikut.

a. Grup fenol

Contohnya adalah kreosol, fenol semi sintetis dan lisol. Konsentrasi kreosol sebesar 2% dan lisol sebesar 1%. Keuntungannya adalah aktivitasnya tidak hilang oleh bahan organik, sabun, ataupun air sadah dan meninggalkan efek residu jika mengering. Sedangkan kelemahannya adalah kreosol harus digunakan dalam air lunak.

b. Grup alkohol

Ada 3 jenis alkohol yang digunakan sebagai disinfektan, yaitu metanol (CH_3OH), etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), dan isopropanol ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$). Menurut ketentuan, semakin tinggi berat molekulnya, semakin meningkat pula daya disinfektannya. Oleh karena itu, di antara 3 jenis alkohol tersebut isopropil Alkohol adalah yang paling banyak digunakan. Alkohol banyak dipergunakan dalam praktek adalah larutan alkohol 70–80% dalam air. Konsentrasi di atas 90% atau dibawah 50% biasanya kurang efektif kecuali isopropil alkohol yang masih tetap efektif sampai konsentrasi 99%. Waktu yang diperlukan untuk membunuh sel-sel vegetatif cukup 10 menit, tetapi untuk spora tidak efektif.

c. Aldehid

Contoh bahan aldehid adalah formaldehid (CH_2O). Cara kerja bahan aldehid adalah membunuh sel mikroba dengan mendenaturasikan protein. Larutan formaldehid (CH_2O) 20% dalam 65-70% alkohol merupakan cairan pensteril yang sangat baik apabila alat-alat direndam 18 jam. Akan tetapi karena meninggalkan residu, maka alat-alat tersebut harus dibilas dulu sebelum dipakai.

d. Senyawa Kompleks

Senyawa kompleks berperan sebagai disinfektan belum banyak diketahui. Namun, ada salah satu senyawa turunan organotimah yang dapat berfungsi sebagai disinfektan yaitu senyawa turunan tributiltimah. Senyawa tributiltimah oksida dan tributiltimah benzoat telah digunakan sebagai disinfektan namun penggunaannya dihentikan karena terlalu toksik bagi makhluk hidup non parasit dan dapat mengakibatkan hewan menjadi hermiprodit. Perlu penelitian lebih lanjut tentang turunan senyawa organotimah yang dapat dijadikan bahan disinfektan namun tidak toksik bagi makhluk hidup non parasit (Craig, 2003).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 sampai bulan Mei 2021. Sintesis senyawa uji dan analisis spektrofotometer UV-Vis telah dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer IR dilakukan di Laboratorium Instrumentasi FMIPA Terpadu Universitas Islam Indonesia. Analisis unsur menggunakan *Microelemental Analyzer* dan analisis spektrometer NMR dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia*. Pengujian aktivitas sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas dalam laboratorium, termometer, satu set alat refluks, neraca analitik, oven, desikator, *hot plate stirrer*, jarum ose bulat, mikropipet, *laminar air flow*, inkubator, *Melting Point Apparatus*, Bruker VERTEX 70 FT-IR *Spectrophotometer*, UV Shimadzu UV-245 *Spectrophotometer*, Bruker AV 600 MHz NMR *Spectrophotometer*, dan *Microelemental Analyzer* Fision EA 1108.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa difeniltimah(IV) oksida, asam 4-nitrobenzoat, asam 4-hidroksibenzoat, akuades, metanol *p.a.*, dimetil metana, dimetil sulfoksida, bakteri *Salmonella sp.*, bakteri *S. aureus*, larutan *Mc Farland III*, *nutrient broth*, dan *nutrient agar*.

3.3. Prosedur Penelitian

Adapun tahap-tahap yang telah dilakukan dalam penelitian ini yaitu sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat yaitu senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan senyawa difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat, karakterisasi senyawa hasil sintesis, rekristalisasi senyawa hasil sintesis, .serta uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan. Adapun prosedur yang dilakukan dalam masing-masing tahapan adalah sebagai berikut.

3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat

Metode sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat pada penelitian ini diadaptasi dari Szorcik *et al.*, yang dipublikasikan pada tahun 2002. Adapun prosedur sintesis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat

Sebanyak 1,05485 gram ($3,65 \times 10^{-3}$ mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1,009 gram ($7,312 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam 4-hidroksibenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu di antara 60 °C sampai 65 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering.

Kristal senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrometer NMR, analisis mikroelementer, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

b. Sintesis senyawa difeniltimah (IV) di-4-nitrobenzoat

Sebanyak 0,955 gram ($3,3 \times 10^{-3}$ mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1,1107 gram ($6,61 \times 10^{-3}$ mol) senyawa asam 4-nitrobenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a.* dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60 °C sampai 65 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering.

Kristal difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrometer NMR, analisis mikroelementer, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.2. Rekristalisasi Senyawa Hasil Sintesis dan Pengujian Titik Leleh

Senyawa yang terbentuk dari hasil sintesis selanjutnya dikeringkan dan kemudian dilakukan rekristalisasi untuk mengetahui kemurnian senyawa. Senyawa hasil sintesis ditimbang sebanyak 100 mg, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 10 mL metanol *p.a.* (Fieser, 2011). Senyawa hasil sintesis dan pelarut selanjutnya diaduk hingga larut. Senyawa yang telah larut tersebut selanjutnya didiamkan hingga membentuk kristal (Kamaludin *et al.*, 2013). Kristal yang terbentuk dikeringkan dalam desikator.

Kristal yang telah diperoleh selanjutnya diuji titik lelehnya dengan *Melting Point Apparatus* untuk menentukan titik leleh dan kemurnian senyawa. Kemurnian senyawa ditentukan dengan cara mengamati suhu awal saat pertama kali senyawa tersebut meleleh hingga suhu saat senyawa telah meleleh sempurna. Apabila rentangnya tajam (≤ 5 °C), maka senyawa tersebut telah murni (Kamaludin *et al.*, 2013).

3.3.3. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan

Pengujian senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan dilakukan dengan metode dilusi cair. Metode ini mulai banyak digunakan untuk menguji daya suatu senyawa untuk membunuh bakteri tertentu. Pengerjaan uji disinfektan ini dilakukan dalam kondisi yang aseptis di dalam *Laminar Air Flow* dengan tujuan menghindari kontaminasi dengan masuknya bakteri lain ke dalam tabung lewat udara bebas. Adapun tahapan pengerjaan pengujian senyawa sebagai disinfektan adalah sebagai berikut.

3.3.3.1. Penyiapan Media Uji

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

3.3.3.2. Pembuatan Inokulum

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

1. Tabung reaksi diisi dengan 2 mL NaCl fisiologis 0,9%
2. Biakan *Salmonella sp.* dan *S. aureus* dipindahkan ke dalam larutan NaCl dengan ose, dan setarakan kekeruhannya dengan larutan *Mc Farland III* (10^9 bakteri/mL). Suspensi kuman tersebut kini diperkirakan berisi 10^9 bakteri/mL.
3. Tiga buah tabung reaksi disiapkan masing-masing berisi 4,5 mL NaCl fisiologis 0,9%.
4. Suspensi bakteri (10^9 bakteri/mL) dipipet sebanyak 0,5 mL kemudian dipindahkan ke salah satu tabung reaksi berisi 4,5 mL NaCl. Suspensi kuman kini berkonsentrasi 10^8 bakteri/mL.
5. Pengenceran kedua dilakukan dengan mengambil 0,5 mL dari suspensi bakteri 10^8 dan memindahkannya ke dalam tabung berisi 4,5 NaCl yang kedua. Suspensi kuman kini berkonsentrasi 10^7 bakteri/mL.
6. Pengenceran ketiga dilakukan dengan mengambil 0,5 mL dari suspensi bakteri 10^7 dan memindahkannya ke dalam tabung berisi 4,5 NaCl yang kedua. Suspensi kuman kini berkonsentrasi 10^6 bakteri/mL.
7. Pengenceran terakhir dilakukan dengan memindahkan 0,5 mL dari suspensi bakteri 10^6 ke dalam tabung terakhir NaCl. Suspensi kuman telah setara dengan 10^5 bakteri/mL. Suspensi bakteri dengan konsentrasi inilah yang akan digunakan untuk melakukan uji penelitian ini.

3.3.3.3. Pembuatan Larutan Disinfektan

Larutan disinfektan dari senyawa hasil sintesis dibuat dengan melarutkan senyawa hasil sintesis dengan pelarut yaitu metanol *p.a.* dan DMSO 5% hingga

konsentrasinya 1×10^{-2} M. Selanjutnya, pengenceran larutan disinfektan dilakukan pada tabung steril berukuran 25 x 150 mm. Tahapan pembuatan larutan disinfektan sebagai berikut:

1. Tabung steril sebanyak 3 buah disiapkan dan diisi pelarut dengan volume yang berbeda-beda di dalamnya yaitu 5 mL; 9 mL; dan 9,5 mL secara berurutan.
2. Pengenceran pertama dilakukan dengan memasukkan 5 mL larutan disinfektan ke dalam 5 mL pelarut kemudian dihomogenkan sehingga konsentrasi menjadi 5×10^{-3} M.
3. Pengenceran selanjutnya adalah memasukkan 1 mL larutan disinfektan ke dalam 9 mL pelarut kemudian dihomogenkan sehingga konsentrasi menjadi 1×10^{-3} M.
4. Pengenceran selanjutnya adalah memasukkan 0,5 mL larutan disinfektan ke dalam 9,5 mL pelarut kemudian dihomogenkan sehingga konsentrasi menjadi 5×10^{-4} M.
5. Disinfektan yang akan dipakai selanjutnya adalah disinfektan dengan konsentrasi 5×10^{-3} M, 1×10^{-3} M, dan 5×10^{-4} M masing-masing sebanyak 5 mL.
6. Larutan disinfektan *pine oil*, pelarut dan larutan media juga disiapkan sebanyak 5 mL sebagai kontrol positif dan kontrol negatif.

Setelah media, bakteri uji, dan disinfektan disiapkan, selanjutnya dapat dilakukan inokulasi bakteri uji dalam disinfektan dengan memperhitungkan waktu kontak 5, 10, dan 15 menit secara akurat (Jawetz dkk., 2005).

Tabung berisi *Nutrient Broth* sebanyak 18 tabung dilabeli dengan menandai DES A 5', DES A 10', DES A 15', DES B 5', DES B 10', DES B 15', DES C 5', DES C 10', DES C 15', DES P 5', DES P 10', DES P 15', DES K 5', DES K 10', DES K 15', DES M 5', DES M 10', dan DES M 15' dengan keterangan sebagai berikut:

A: Larutan disinfektan dengan konsentrasi 5×10^{-3} M

B: Larutan disinfektan dengan konsentrasi 1×10^{-3} M

C: Larutan disinfektan dengan konsentrasi 5×10^{-4} M

P: Pelarut (Metanol dan DMSO 5%)

K: Kontrol Positif(Larutan Disinfektan *Pine Oil*)

M: Media *Nutrient Broth*

3.3.3.4. Uji Disinfektan

Bakteri inokulum berkonsentrasi 10^5 kuman/mL dipipet sebanyak 0,5 mL ke dalam larutan disinfektan A, B, dan C serta larutan kontrol P, K, dan M.. Larutan dihomogenkan lalu didiamkan dan ditunggu selama 5 menit, kemudian diambil 1 ose dari campuran tersebut dan dimasukkan ke dalam media dalam tabung reaksi berlabel 5'. Lima menit kemudian, diambil lagi 1 ose dari campuran tersebut dan dimasukkan ke dalam media dalam tabung berlabel 10'. Setelah lima menit kemudian, diambil 1 ose dari campuran tersebut dan dimasukkan ke dalam media dalam tabung berlabel 15'. Prosedur tersebut dilakukan untuk uji disinfektan dengan bakteri *S. aureus* maupun *Salmonella sp.*

Sampel pengujian dilakukan pengamatan visual dengan melihat kekeruhan hasil larutan uji dalam setiap tabung reaksi. Pengamatan cara inokulasi kuman ke dalam disinfektan dilihat dari larutan yang terbentuk adalah sebagai berikut.

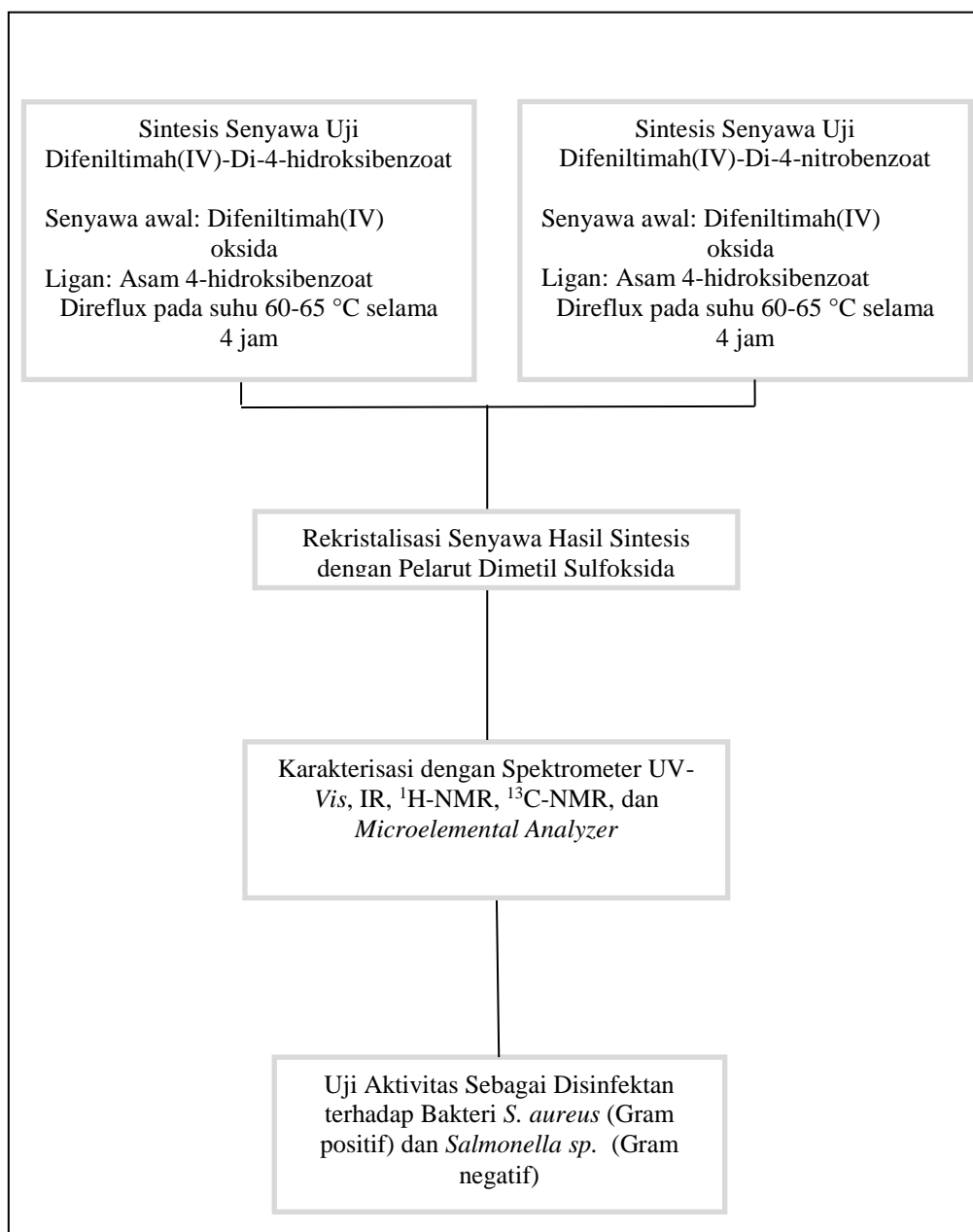
(+) keruh: ada pertumbuhan

(-) jernih: tidak ada pertumbuhan

Hasil pengamatan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan kontrol positif yaitu larutan disinfektan 30% yang mengandung bahan aktif *pine oil* untuk melihat keefektifan senyawa sebagai disinfektan (Jawetz dkk., 2005)

Selain pengamatan secara visual, larutan hasil uji dilakukan pengukuran *Optical Density* dengan mengukur absorbansinya melalui spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 600 nm saat sebelum diinkubasi, kemudian disimpan di dalam inkubator pada suhu 37 °C selama 24-48 jam. Setelah mencapai waktu tersebut, sampel pengujian diukur lagi absorbansinya untuk mengetahui ada tidaknya pertumbuhan bakteri.

Bertambahnya nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup, sedangkan nilai konstan dan berkurangnya nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan tidak adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup (Astutiningsih, 2014). Pengamatan visual juga dilakukan dengan mengamati hasil larutan uji dalam setiap tabung reaksi. Secara keseluruhan, penelitian ini terangkum dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Hal yang dapat disimpulkan dari pembahasan hasil penelitian ini yaitu :

1. Rendemen yang diperoleh dari senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat masing-masing sebesar 85,20 % dan 83,03 %
2. Hasil karakterisasi menggunakan Spektrofotometer IR menunjukkan adanya ikatan Sn-C, Sn-O, Sn-O-C, C=O, O-H, dan N=O menunjukkan bahwa senyawa yang diinginkan telah terbentuk. Hasil karakterisasi menggunakan Spektrofotometer IR senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat masing-masing menunjukkan nilai serapan gugus Sn-O-C pada daerah $1102,87 \text{ cm}^{-1}$ dan $1167,50 \text{ cm}^{-1}$.
3. Hasil karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya pergeseran panjang gelombang dan muncul panjang gelombang baru pada masing-masing senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat yang menunjukkan bahwa ligan asam 4-hidroksibenzoat dan asam 4-nitrobenzoat telah berhasil berikatan. Hasil spektrofotometer UV-Vis senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-

nitrobenzoat masing-masing menunjukkan pergeseran panjang gelombang pada 203 nm, dan $n \rightarrow \pi^*$ pada 254 nm dan 261 nm.

4. Hasil karakterisasi dengan menggunakan spektrometer ^1H dan ^{13}C -NMR menunjukkan senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat telah terbentuk ditandai dengan munculnya sinyal proton ^1H dan sinyal ^{13}C -NMR yang khas pada pergeseran kimia yang sesuai.
5. Senyawa yang memiliki bioaktivitas paling baik sebagai disinfektan adalah senyawa difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat dilihat dari penurunan nilai absorbansi yang lebih besar daripada senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat
6. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat terhadap bakteri *Salmonella sp.* menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik dalam menghambat pertumbuhan bakteri yaitu konsentrasi 5×10^{-3} M.
7. Berdasarkan uji bioaktivitas senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat sebagai disinfektan, waktu kontak 15 menit adalah yang paling baik menghambat pertumbuhan bakteri dilihat dari penurunan absorbansi yang lebih besar daripada waktu kontak 5 dan 10 menit.

B. Saran

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

1. Perlu dilakukan sintesis senyawa organotimah(IV) dengan variasi senyawa awal lainnya seperti trifeniltimah yang dapat mengambat bakteri gram positif maupun gram negatif secara lebih efektif lagi.
2. Melakukan rekristalisasi senyawa hasil sintesis sebelum dengan pelarut yang bervariasi. Rekristalisasi dilakukan sebelum melakukan proses karakterisasi senyawa hasil sintesis.
3. Penyimpanan larutan uji sebaiknya dilakukan di dalam inkubator yang tidak banyak berisi sampel lain sehingga mengurangi terjadinya kontaminasi mikroba lain pada larutan uji saat diinkubasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Affan, A., Foo, S. W., Jusoh, I., and Hanapi, S. 2009. Synthesis, characterization and biological studies of organotin(IV) complexes with hydrazone ligand. *Inorg. Chim. Acta.* **362** (14): 5031-5037
- Ahmed, S., Ali, F., Ahmed, M. H., Bhatti, A., Badshah, M., Mazhar, and Khan, K. M. 2002. Synthesis, spectroscopic characterization, and biological applications of organotin(IV) derivatives of 2-(n-maleoyl)-3-phenylpropanoic acid. *Syn. Reactiv. Inorg. Met.Org. Chem.* **32** (8): 1521-1536.
- Andrews, J. M. 2001. Determination of minimum inhibitory concentration. *J. Antimicrob. Chem.* **48**: 5-16
- Annisa, Hadi, S., Suhartati, T., and Yandri. 2017. Antibacterial activity of diphenyltin(IV) and triphenyltin(IV) 3-chlorobenzoate against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Orient. J. Chem.* **33** (3): 1133-1139.
- Astutiningsih, C., Setyaning, W., dan Hindratna, H. 2014. Uji daya antibakteri dan identifikasi isolat senyawa katekin dari daun teh (*Camellia Sinensis*l. *Var Assamica*). *J. Farm. Sains Kom.* **11** (2): 50-57.
- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, CRC Press. France.
- Bonire, J. J. 1985. Reactions of the pyridine adducts of organotin halides: synthesis and spectral properties of some substituted pyridine adducts of $(\text{CH}_3)_3\text{SnOCOCF}_3$ and $(\text{CH}_3)_2\text{Sn}(\text{OCOCF}_3)_2$. *Polyhedron.* **4** (10): 1707-1710.

- Bonire, J. J., Ayoko, G. A., Olurinola, P. F., Ehinmidu, J. O., Jalil, N. S. N., and Omachi, A. A. 1998. Synthesis and antifungal activity of some organotin(IV) carboxylates. *Met. Based. Drug.* **5** (4): 233-236.
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J., Morse, S., and Meitzner, T. A. 2013. *Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology 26th edition*. McGraw-Hill. New York.
- Chin, A. W. H., Chu, J. T. S., Perera, M. R. A., Hui, K. P. Y., Yen, H. L., and Chan, M. C. W., 2020. Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe* S2666524720300033.
- Caprette, D.R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides Rice University.
- Craig, P. J. 2003. *Organometallic Compounds in The Environment*. John Wiley and Sons. England.
- Costech Analytical Technologies. 2011. *Elemental Combustion System CHNS*. <http://costechanalytical.com>/Diakses 20 September 2020.
- Cotton, F. A. and Wilkinson G. 2007. *Advance Inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York.
- Cotton, F. A., Wilkinson, G., Murillo, C. A., and Bochmann, M. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry, 6th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Dalynn Biologicals. 2014. *Mc farland Standard for In Vitro Use Only*. Canada.
- Davies, A. G. 2004. *Organotin Chemistry*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim.
- Day, R. A. and Underwood, A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Doremalen, V. N., Bushmaker, T., Morris, D. H., Holbrook, M. G., Gamble, A., Williamson, B. N. 2020. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N. Engl. J. Med.* **382**: 1564-1567.

- Evans, C.J. and Karpel, S. 1985. Organotin compounds in modern technology. *J. Organomet. Chem.* **293** (1): 302.
- Frank, S. 2004. *Registration Eligibility Decision for Pine Oil*. United States Environmental Protection Agency. Washington DC.
- Fieser, L. F. 2011. *Experiments in Organic Chemistry*. D. C. Health Company. New York.
- Galvan-Hidalgo, J. M., Chans, G. M., Ramirez-Apan, T., Nieto-Camacho, A., Hernandez-Ortega, S., and Gomez, E. 2017. Tin (IV) schiff-base complex derived from pyridoxal: synthesis, spectroscopic properties and cytotoxicity. *J. App. Organomet. Chem.* **10**(3): 9.
- Gitlitz, M. H., Dirx, R. E., and Russo, D. A. 1992. *Organotin Application*. American Chemical Society. Washington DC.
- Gora, W.B. 2005. *Synthesis and Characterization of Organotin(IV) Complexes with Donor Ligands*. (Tesis). Department of Chemistry, Gomal University Dera Ismail Khan. Pakistan.
- Greenwood, N. N. and Earnshaw, A. 1990. *Chemieder Elemente*. Willey-VCH Verlags gesellschaft mbH. Weinheim.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Hadi, S., Afriyani, H. Anggraini, W. D., Qudus, H. I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and potency study of some dibutyl(IV) dinitrobenzoate compounds as corrosion inhibitor for mild steel HRP in DMSO-HCl solution. *Asian. J. Chem.* **27** (4): 1509-1512
- Hadi, S. dan Afriyani, H. 2017. Studi perbandingan sintesis dan karakterisasi dua senyawa organotin(IV) 3-hidroksibenzoat. *Alkimia.* **1** (1): 26-31.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and *in vitro* anticancer activity of some organotin(IV) benzoate compounds. *Orient. J. Chem.* **26** (3): 775-779.

- Hadi, S., Fenska, M. D., Wijaya, R. A., Noviany, and Suhartati, T. 2020. Antimalarial activity of some organotin(IV) chlorobenzoate compounds against *Plasmodium falciparum*. *Mediterr. J. Chem.* **10** (3): 213-219.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany, Suhartati, T., and Yandri. 2018. Antibacterial activity test of diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate compounds against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian. J. Microbiol. Biotech. Env. Sci.* **20** (1): 113-119.
- Hadi, S., Irawan, B. and Efri. 2008. The antifungal activity test of some organotin(IV) carboxylate s. *J. Appl. Sci. Res.* **4** (11): 1521-1525
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, T., Qudus, H. I., Rilyanti, M., Herasari, D., and Yandri. 2021. Synthesis and comparative study on the antibacterial activity organotin(IV) 3-hydroxybenzoate compounds. *Pure Appl. Chem.* **93** (5): 623-628.
- Hadi, S., Noviany, and Rilyanti, M. 2018. *In vitro* antimalarial activity of some organotin(IV) 2-nitrobenzoate compounds against *Plasmodium falciparum*. *Maced. J. Chem.* **37** (2): 185-191.
- Hadi, S., Rilyanti, M. and Suharso. 2012. *In vitro* activity and comparative studies of some organotin(IV) benzoate compounds. *Indones. J. Chem.* **12** (1): 172-177.
- Handayani, D., Hadi, D. W., Isbaniah, F., Burhan E., dan Agustin, H. 2020. Penyakit virus corona 2019. *J. Resp. Indones.* **4** (2): 119.
- Hans Dieter, J. and Jeschkeit, H. 1994. *Concise Encyclopedia Chemistry*. De Gruyer, New York.
- Hardjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Hasdianah, 2012. *Panduan Laboratorium Mikrobiologi dan Rumah Sakit*. Nuha Medika. Jakarta.

- Hui, D.S., Azhar, E., Madani, T. A., Ntoumi, F., Kock, R., and Dar, O., 2020. The continuing 2019-nCoV epidemic threat of novel coronaviruses to global. *Infect. Dis.* **91**: 264–266.
- Ingham, R. K., Rosenberg, S. D., and Gilman, H. 1960. Organotin compounds. *Chem. Rev.* **60**: 459-459.
- Islam, S. M. D., Bodrud-Doza, M., Khan, R. M., Haque, M. A., and Mamun, M. A., 2020. Exploring COVID-19 stress and its factors in bangladesh: A Perception-Based Study. *Heliyon.* 6:7.
- Itoh, N., Sato, A., Yamazaki, T. Numata, M., and Takatsu, A. 2013. Determination of the carbon, hydrogen, and nitrogen contents of alanine and their uncertainties using certified reference material L-alanine. *Analytical Sci.* **29**: 1209-1212.
- Javed, F., Sirajuddin, M. Ali, S., Khalid, N., Nawaz, M., Ali, M. and M. Rashid. 2016. Organotin (IV) derivatives of o -isobutyl carbonodithioate: synthesis, spectroscopic characterization, X-ray structure, HOMO / LUMO and *in vitro* biological activities. *Polyhedron.* **104**: 80–90.
- Jawetz, E., Melnick, L. J. dan Adelberg, A.E. 2005. Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3. Alih Bahasa : Huriwati Hartanto dkk. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Jones, K and Lappert, M. F. 1966. Organotin(IV) N, N-disubstitued dithiocarbamates. *J. Organomet. Chem.* **10** (2): 257-268.
- Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., Ren. R., Leung, K. S., Lau, E. H., and Wong, J. Y., 2020. Early transmission dynamics in wuhan, china, of novel coronavirus–infected pneumonia. *N. Engl. J. Med.* **11** (2): 168-177.
- Kadu, R., Hetal, R. and Singh, V. K., 2015. Diphenyltin(IV) dithiocarbamate macrocyclic scaffolds as potent apoptosis inducers for human cancer HEP 3B and IMR 32 cells: synthesis, spectral characterization, density functional theory study and *in vitro* cytotoxicity. *J. App. Organomet. Chem.* **1** (9):11.

- Kamaludin, N. F., Awang, N., Baba, I., Hamid, A., and Meng, C. H. 2013. Synthesis, characterization and crystal structure of organotin(IV) *n*-buthyl-*n*-phenyldithiocarbamate compounds and their cytotoxicity in human leukemia cancer cell lines. *Pakist. J. Bio. Sci.* **16** (1): 12-21.
- Kealey, D. and Haines, P.J. 2002. *Analytical Chemistry*. Oxford, UK: BIOS Scientific Publishers Ltd.
- Koh, D., 2020. Occupational risks for COVID-19 infection. *J. Occup. Med.* **70**: 3–5.
- Kuswiyanto, 2017. *Bakteriologi Buku Ajar Analisis Kesehatan*. Jakarta
- Mohan, M., Agarwal, A. and Jha, N. K. 1988. Synthesis, characterization, and antitumor properties of some metal complexes of 2,6-diacetylpyridinebis (N4-azacyclic thiosemicarbazones). *J. Inorg. Biochem.* **34**: 41-54.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin(IV)ⁿ⁺ complexes formed with biologically active ligands: equilibrium and structural studies, and some biological aspects. *Coord. Chem. Rev.* **224**: 111-150.
- Pereyre, M., Quintard, J. P. and Rahm, A. 1987. *Tin in Organic Synthesis*. Butterworths-Heinemann. Britania Raya.
- Pertiwi, D. P., Farhan, A., dan Prasetyaningsih, D. 2015. Identifikasi Bakteri *Salmonella* s. dan *Escherichia coli* pada Bakso yang Dijual di Alun-Alun Kota Jombang. [151310008 DIAJENG PUSPITA PERTIWI ARTIKEL.pdf \(stikesicme-jbg.ac.id\)](#) diakses pada 6 Mei 2021.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Ruan, B., Tian, Y., Zhou, H., Wu, J., Hu, R., Zhu, C., Yang, J. and Zhu, H. 2011. Synthesis, characterization, and in vitro antitumor activity of three organotin(IV) complexes with carbazole ligand. *Inorganica.Chim. Acta.* **365**: 302-308
- Rutala, W. A., and Weber, D. J. 2014. Selection of the ideal disinfectant. *Infect. Cont. and Hospit. Ep.* **35** (7): 855-865.

- Sadiq-ur-Rehman, Shahid, K., Ali, S., Bhatti, M. H. and Parvez, M. 2013. Synthesis spectroscopic characterization and X-ray crystal analysis of organotin (IV) compounds of biological importance. *J. Organomet. Chem.* **690**: 1396–1408.
- Samsuar, Simanjuntak, W., Qudus, H. I., Yandri, Herasari, D. and Hadi, S. 2021. In vitro antimicrobial activity study of some organotin(IV) chlorobenzoate against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *J. Advanc. Pharm. Ed. Res.* 11(2); 17-21
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Shaffer, J.G., 2013, *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. Arbor: University of Michigan, School of Public health, hal. 354, 357.
- Singh, N. K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. In vitro and in vivo antitumor studies of a newthiosemicarbazide derivative and its complexes with 3d-metal ions, *Transit. Metal Chem.* 25: 133-140.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Suhartati, T. 2017. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA. Bandar Lampung.
- Supardi, I., dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi Dalam Pengolahan Dan Keamanan Pangan*. Penerbit Alumni Bandung. Bandung.
- Syauqi, A. 2017. *Mikrobiologi Lingkungan: Peranan Mikroorganisme dalam Kehidupan*. ANDI. Yogyakarta
- Szorcsik, A., Nagy, L., Gadjá-Schranz, K., Pallerito, L., Nagy, E., and Edelmann, E. T. 2002. Structural Studies on organotin(IV) complexes formed with ligands containing {S, N, O} donor atoms. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **252** (3): 523–530.

- Tariq, M., Muhammad, N., Sirajuddin, M., Ali, S., Shah, N. A., Khalid, N., Tahir, M. and Khan, M. R. 2013. Synthesis, spectroscopic characterization, X-ray structures, biological screenings, DNA interaction study *and* catalytic activity of organotin(IV) 3-(4-fluorophenyl)- 2-methylacrylic acid derivatives. *J. Organomet. Chem.* **723**: 79-89.
- Van Der Weij, F.W. 1981. Kinetics and mechanism of urethane formation catalysed by organotin compound. *J. Polym. Sci: Polym. Chem. Ed.* **19**(2): 381-388.
- Volk, W.A and Wheeler, M. F. 1993. Mikrobiologi Dasar. Edisi Kelima. Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Wang, C., Pan, R., Wan, X., Tan, Y., Xu, L., Ho, C. S., and Ho, R. C. 2020. Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 coronavirus disease (COVID-19) epidemic among the general population in china. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health.* **17**:1729
- West, A. M., Teska, P. J., Lineback, C. B., and Oliver, H. F. 2018. Strain, disinfectant, concentration, and contact time quantitatively impact disinfectant efficacy. *J. Antimicrob. Resist. Infect. Cont.* **7**(1): 1-8.
- Wheeler, M.L. 2007. *Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria and Eukaria*. Proceeding of National Academy of Science. U.S.A.
- Wilkinson, G. 1982. *Comprehensive Organometallic Chemistry*. International Tin Research Institute. Pergamon Press.
- Widodo, D. 2009. *Demam Tifoid. Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam, Jilid III, Edisi V*. Perhimpunan Dokter Spesialis Penyakit Dalam. Jakarta
- World Health Organization, 2020. *Clinical Management of Severe Acute Respiratory Infection when Novel Coronavirus (2019-nCoV) Infection is Suspected*. WHO. Geneva.