

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-
3-HIDROKSIBENZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-3-
KLOBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

OLIVIA MARGARETTA DAMAI SARTIKA



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

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-3-HIDROKSIBENZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-3-KLOROBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

OLIVIA MARGARETTA DAMAI S.

Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di 3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di (3-klorobenzoat) telah berhasil dilakukan dengan mereaksikan senyawa awal yakni difeniltimah(IV) oksida dengan ligan asam 3-hidroksibenzoat dan asam 3-klorobenzoat melalui proses refluks selama 4 jam pada suhu 60-65 °C, menghasilkan senyawa putih-merah muda dan putih dengan rendemen 88.375% dan 82.155%. Kedua senyawa dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-VIS, spektrometer ¹H-NMR, spektrometer ¹³C-NMR dan *micro elemental analyzer* dan memberikan hasil yang sesuai dengan teori. Senyawa yang telah dihasilkan diuji kemampuannya sebagai senyawa bahan disinfektan dengan menggunakan metode dilusi cair, terhadap bakteri *S. aureus* sebagai bakteri gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri gram negatif. Hasil dari uji disinfektan menunjukkan bahwa kedua senyawa memiliki aktivitas sebagai bahan disinfektan, ditandai dengan adanya penurunan nilai *Optical Density* yang diukur pada panjang gelombang 600 nm. Hasil pengukuran *Optical Density* menunjukkan bahwa kedua senyawa lebih efektif dalam membunuh bakteri *S. aureus* dibandingkan bakteri *Salmonella sp.* dan memiliki kemampuan terbaik pada waktu kontak 15 menit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kedua senyawa memiliki aktivitas yang baik untuk menjadi senyawa bahan pembentuk disinfektan.

Kata Kunci : Difeniltimah(IV) di 3-hidroksibenzoat, Difeniltimah(IV) di 3-klorobenzoat, disinfektan, *S. aureus*, *Salmonella sp.*

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF DIPHENYLTIN(IV) DI-3-HYDROXYBENZOATE AND DIPHENYLTIN(IV) DI-3-CHLOROBENZOATE AND BIOACTIVITY TEST AS DISINFECTANT

By

OLIVIA MARGARETTA DAMAI S.

Diphenyltin(IV) di-3-hydroxybenzoate and diphenyltin(IV) di-3-chlorobenzoate has been successfully synthesized by reacting diphenyltin(IV) oxide as the starter compound with 3-hydroxybenzoate acid and 3-chlorobenzoate acid using reflux method for 4 hours in 60-65 °C, produced white-pink coloured and white-coloured powder with a consecutive yield percent value of 88.375% and 82.155%. Compound from the reaction were characterized using spectrophotometer IR, spectrophotometer UV-Vis, spectrometer ¹H-NMR, spectrometer ¹³C-NMR and micro elemental analyzer and the results are suitable according to the theory. Yields from the reaction are being tested as a compound for disinfectant using the liquid dilution method, for *S. aureus* as the Gram-positive bacteria and *Salmonella sp.* as the Gram-negative bacteria. Result from the disinfectant test shows that both of the compound had activity as a disinfectant material, showed from the decrease of the value from the *Optical Density* that has been measured at the wavelength of 600 nm. Result from *Optical Density* shows that both of the compound are more effective on killing *S. aureus* then *Salmonella sp.* and have the best activity after 15 minutes contacting with the bacterias. This research showed that both of the compound have good activity to be disinfectant materials.

Keyword : Diphenyltin(IV) di-3-hydroxybenzoate, diphenyltin(IV) di-3-chlorobenzoate, disinfectant, *S. aureus*, *Salmonella sp.*

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIFENILTIMAH(IV) DI-
3-HIDROKSIBENZOAT DAN DIFENILTIMAH(IV) DI-3-
KLOBENZOAT SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFEKTAN**

Oleh

OLIVIA MARGARETTA DAMAI SARTIKA

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-3-
HIDROKSIBENZOAT DAN
DIFENILTIMAH(IV) DI-3-KLOROBENZOAT
SERTA UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI
DISINFECTAN**

Nama Mahasiswa : *Olivia Margaretta Damai Sartika*

No. Pokok Mahasiswa : 1717011087

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Prof. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D.
NIP. 197104151995121001

Dr. Dian Herasari, S.Si., M.Si.
NIP. 197108062000032001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

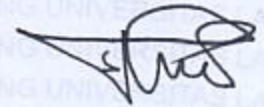
Mulyono, Ph.D.
NIP. 197406112000031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

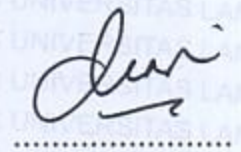
Ketua

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



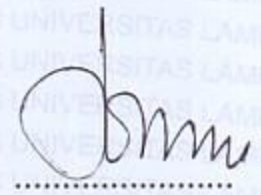
Sekretaris

: Dr. Dian Herasari, S.Si., M.Si.



Penguji

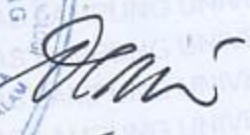
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 4 Agustus 2021

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Olivia Margaretta Damai Sartika
Nomor Pokok Mahasiswa : 1717011087
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan Difenitimah(IV) di-3-klorobenzoat serta Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan" adalah benar karya saya sendiri dan saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Bandar Lampung, 18 Agustus 2021
Menyatakan



Olivia Margaretta Damai Sartika
1717011087

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Olivia Margaretta Damai Sartika, dilahirkan di Kota Bekasi pada tanggal 16 Maret 1999, sebagai anak pertama dari lima bersaudara/ Penulis lahir dari pasangan suami istri yaitu Jonny Girsang dan Elyta Napitupulu. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak kanak (TK) di TK Santa Lusia Bekasi, Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Santa Lusia Bekasi, Sekolah Menengah Pertama di SMP Santa Lusia Bekasi, Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 3 Bekasi.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN) pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti berbagai organisasi seperti Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) sebagai Anggota Biro Penerbitan pada tahun 2018-2019 dan 2019-2020, Anggota Sie Doa dan Pemerhati Persekutuan Oikumene MIPA pada tahun 2018-2019 dan 2019-2020, serta menjadi Anggota Tim Pendamping Pelayanan Mahasiswa pada tahun 2020-2021.

Sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu di dunia kerja, penulis telah menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat”. Kemudian sebagai bentuk aplikasi bidang ilmu kepada masyarakat, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Merbau, Kecamatan Kelumbayan Barat, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

MOTTO

"He has made everything beautiful in its time. He has also set eternity in the human heart; yet no one can fathom what God has done from beginning to end."
(Ecclesiastes 3:11)

**Many are the plans in a human mind,
but it is the purpose of the Lord that will prevail.
(Proverbs 19:21)**

**Cast all your anxiety on him, because he cares about you.
(1 Peter 5:7)**

**"It's okay to fall down, to get hurt. All you have to do is to get back up and
keep running."
(Kim Namjoon- BTS)**

**"Even if winter comes again,
Even if I'm blocked off, I will still walk"
(We Are Bulletproof: Pt. 2 -Eternal - BTS)**

**"It is our choices that show what we truly are,
far more than our abilities."
-Albus Dumbledore, Harry Potter and the Chamber of Secret-**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus yang selalu memberikan berkat kesehatan fisik, jiwa dan juga nikmat berupa kesempatan untuk bisa menempuh pendidikan di tingkat Universitas

Dengan penuh syukur, kupersembahkan hasil jerih payahku berupa karya tulis kepada :

Keluargaku tercinta..

Baik papa dan mama yang selalu memberikan dukungan berupa doa, semangat dan materi untukku sehingga ku bisa menyelesaikan tugas akhir dengan baik serta adik-adikku yang selalu memberikan dukungan berupa canda dan tawa serta doa yang tak terputus untuk ku

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

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

Sahabat-sahabat terbaik yang selalu hadir dan menemani penulis dalam suka maupun duka, serta tidak pernah berhenti mengingatkan penulis untuk bertahan dalam kebaikan.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul ” **Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) Di-3-Hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) Di-3-Klorobenzoat Serta Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan**” sebagai salah satu media penambah ilmu dan wawasan mengenai senyawa organotimah bagi penulis maupun pembaca.

Penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis dengan hormat dan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D., sebagai pembimbing skripsi, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungan, motivasi, bimbingan dan saran selama proses penyusunan skripsi dilakukan dan penulisan laporan ini. Semoga selalu diberi kesehatan dan ilmu yang diberikan dapat memberi manfaat bagi penulis.
2. Ibu Dr. Dian Herasari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang sudah banyak membantu penulis, senantiasa memotivasi dan memberikan pengarahan dalam proses penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S. selaku dosen penguji yang telah memberikan motivasi, saran, serta masukan yang membangun guna penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Mulyono Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung

5. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung atas segala ilmu dan wawasan yang telah diberikan selama perkuliahan. Semoga selalu diberi kesehatan dan kebaikan dalam hidup serta ilmu yang diberikan dapat memberi manfaat bagi penulis
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
7. Kedua orangtua penulis, Bapak Jonny Girsang dan Ibu Elyta Napitupulu selaku orang tua penulis yang sangat penulis cintai yang telah memberikan dukungan berupa doa dan semangat yang tidak pernah ada habisnya. Semoga papa dan mama selalu diberi berkat kesehatan dari Tuhan Yesus dan diberi umur yang panjang.
8. Adik-adik penulis, Magdalena Sarah Novita Girsang, Irene Marsella Trinita, Cicilia Rumata Girsang dan Hesikios Bogdan Tuah Girsang, yang selalu memberi dukungan dan doa serta memberi canda dan tawa bagi penulis. Semoga kalian selalu diberi kesehatan dan dilancarkan pendidikannya.
9. Anggit Anindya Putri, Dini Aulia dan Ahmad Alfarizi sebagai rekan dalam menyelesaikan penelitian untuk segala bantuan, dukungan dan kerjasamanya, kakak-kakak Kimia 2016 yakni Ulfia Fauzia Nur, Fathia Rizqa Fadhila dan Cindy Wulandari dan kakak-kakak S2 yakni Cindy M.C.L.A. dan Aisyah Larasaty S. yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan dan motivasi dalam penyusunan Skripsi ini
10. Sahabat-sahabat penulis, “Keluarga Jan Ethes Sanjarut”, Aiga Sheira Rait, Apri Dearn Sinaga, Grace Sondang Pretti, Nikita Damayanti dan Novalisa Putri atas segala dukungan dan bantuannya. Semoga kalian selalu diberi berkat kesehatan dari Tuhan dan kita semua dapat dilancarkan langkahnya dalam kehidupan.
11. Sahabat-sahabat penulis “TMC” yakni Devina Yurinha Br. Karo, Esra Renata Sitorus, Ernesta Dinda, Agustina Hanny dan Naomi Saragih Sitio yang selalu menemani penulis sejak SMP hingga saat ini. Semoga persahabatan kita tidak lekang oleh waktu dan kita bisa dilancarkan dalam kehidupan.

12. Sahabat-sahabat penulis, yakni Lindsay Irene dan Tsabita Nuraida Eka Putri yang selalu menemani penulis baik dalam masa-masa senang maupun sedih dan membantu penyusunan skripsi penulis. Semoga selalu diberikan kesehatan dan kelancaran dalam menjalani kehidupan.
13. Sahabat-sahabat “2025 Wanita Karir” Evelyn, Nabilla, Naya dan Sarah yang selalu memberi dukungan doa dan canda serta menjadi partner berdiskusi yang baik bagi penulis. Semoga cita-cita kita menjadi wanita karir dapat segera terwujud.
14. Sahabat-sahabat di kelas C yakni Aiga, Amel, Grace, Nikita, Nelda, Iffah, Innamaa, Putri dan Indah yang selalu menjadi teman bertukar pikiran dan berdiskusi selama berkuliah dan juga mendukung penulis dalam penelitian maupun penyusunan Skripsi.
15. Sahabat-sahabat “Keluarga *Alysha Home 2*”, Ridha, Stefani, Kiki, dan Restu yang selalu menemani penulis dalam suka dan duka serta memberi dukungan bagi penulis untuk menyelesaikan perkuliahan.
16. Fitri Kala, Rointan Gresia dan Imawati selaku sahabat penulis yang memberi kisah dalam kehidupan penulis. Semoga selalu diberikan kesehatan serta kelancaran dalam menjalani perkuliahan.
17. Kelompok Kecil “Teman Sejiwa” yang terdiri dari Kak Lenny, Kak Rere, Ester, Grace, Nikita dan Novalisa dan Kelompok Kecil 2019 yang terdiri dari Dita, Flau dan Yesica yang selalu mendukung penulis dalam iman dan percaya kepada Tuhan Yesus.
18. Teman-teman “Yuk Menuju Lebih Baik” dan “Kimia 2017” yang menemani penulis sejak menjadi mahasiswa baru hingga mampu menyelesaikan perkuliahan. Semoga kita semua dapat selalu dilancarkan dalam kehidupan dan kiranya pertemanan kita tidak terputus oleh jarak dan waktu..
19. POM MIPA yang menjadi sarana penulis untuk bertumbuh dalam iman.
20. Sahabat-sahabat penulis dalam grup BTS dan ENHYPEN yang selalu memberikan dukungan berupa semangat dan motivasi dalam menyelesaikan Skripsi penulis. Semoga selalu diberikan kesehatan dan kelancaran dalam menjalani kehidupan.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga laporan ini dapat memberikan informasi, wawasan dan ilmu yang bermanfaat serta semoga Tuhan Yang Maha Kuasa selalu memberi kita berkat kesehatan dan kebaikan-kebaikan dalam hidup.

Bandar Lampung, 18 Agustus 2021
Menyatakan

Olivia Margareta Damai Sartika
1717011087

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL iii

DAFTAR GAMBAR..... iv

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Manfaat Penelitian	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam	5
2.2. Timah	7
2.3. Organotimah	8
2.3.1. Senyawa Organotimah Halida.....	9
2.3.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida	10
2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat.....	10
2.4. Sintesis Senyawa Organotimah.....	10
2.5. Asam 3-hidroksibenzoat dan Asam-3-klorobenzoat.....	12
2.6. Analisis Senyawa Organotimah	13
2.6.1. Analisis Spektrofotometer IR	13
2.6.2. Analisis Spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	15
2.6.3. Analisis Spektrometer NMR (<i>Nuclear Magnetic Resonance</i>)	17
2.6.4. Analisis <i>Micro Elemental Analyzer</i>	18
2.7. Aplikasi Senyawa Organotimah.....	19
2.8. Bakteri.....	20
2.8.1. Bakteri Gram Positif.....	20
2.8.2. Bakteri Gram Negatif	21
2.9. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	23
2.10. Bakteri <i>S. aureus</i>	24

2.11. Disinfektan	26
2.12. Larutan Mc Farland.....	31

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	32
3.2. Alat dan Bahan.....	32
3.3. Prosedur Penelitian	33
3.3.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat	33
3.3.2. Sintesis Senyawa Difeniltimah (IV) di-3-klorobenzoat	33
3.3.3. Pengujian Senyawa sebagai Disinfektan.....	34

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sintesis	38
4.1.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat	38
4.1.2. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-3-klorobenzoat	39
4.2. Karakterisasi	41
4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR	41
4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	46
4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ 50	
4.2.4. Karakterisasi Menggunakan <i>Micro Elemental Analyzer</i>	55
4.3. Uji Disinfektan.....	56
4.3.1 Uji Disinfektan dengan Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat.....	58
4.3.2. Uji Disinfektan dengan Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat.....	60

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	63
B, Saran.....	64

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan Inframerah Gugus Fungsional Senyawa Organik (Fessenden dan Fessenden, 2003).....	15
2. Nilai Geseran Kimia untuk ^1H dan ^{13}C -NMR (Settle,1997)	18
3. Data Larutan Mc Farland (DALLYN Biological, 2014).	31
4. Puncak Serapan IR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat.....	44
5. Puncak Serapan IR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat.....	46
6. Perbandingan Pergeseran λ_{maks} Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat	48
7. Perbandingan Spektrum Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida dan Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat.....	50
8. Data Mikroanalisis Unsur C dan H Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat	55
9. Hasil Pengamatan <i>Optical Density</i> pada Uji Disinfektan terhadap Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reaksi Sintesis Senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat	11
2. Reaksi Sintesis Senyawa difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat	12
3. (a) Ligan asam-3-hidroksibenzoat dan (b) Ligan asam-3-klorobenzoat	13
4. Skema Transisi Elektronik dari Tingkat Energi Rendah ke Tingkat Energi yang Lebih Tinggi (Fessenden dan Fessenden, 2003)	16
5. Struktur Bakteri Gram Positif	21
6. Struktur Bakteri Gram Negatif.....	22
7. Diagram Alir Penelitian	37
8. Senyawa Difeniltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat.....	38
9. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat	39
10. Senyawa Difeniltimah(IV) Di-3-klorobenzoat	40
11. Reaksi Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) Di-3-klorobenzoat	40
12. Spektrum IR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida	42
13. Spektrum IR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida (a) dan Difeniltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat (b)	43
14. Spektrum IR Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida (a) dan Difeniltimah(IV) Di-3-klorobenzoat (b)	45
15. Spektrum UV-Vis Senyawa Difeniltimah(IV) Oksida	46
16. Perbandingan Spektrum UV-Vis Senyawa (a) Difeniltimah(IV) Oksida dan (b) Difeniltimah(IV) Di-3-hidroksibenzoat	47
17. Perbandingan Spektrum UV-Vis Senyawa (a) Difeniltimah(IV) Oksida dan (b) Difeniltimah(IV) Di-3-klorobenzoat	49
18. Spektrum ¹³ C-NMR Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat.....	51
19. Spektrum ¹ H-NMR Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat.....	52
20. Struktur Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat.....	53
21. Spektrum ¹³ C-NMR Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat	53

22. Spektrum $^1\text{H-NMR}$ Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat	54
23. Struktur Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat	55

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit infeksi merupakan salah satu masalah dalam bidang kesehatan yang dari waktu ke waktu terus berkembang (Jawetz *et al.*, 2005). Penyakit infeksi adalah penyakit yang disebabkan oleh masuk dan berkembang biaknya mikroorganisme di dalam tubuh yang mengakibatkan terjadinya kerusakan organ, salah satunya adalah bakteri. Mikroorganisme penyebab penyakit infeksi disebut juga patogen (Brooks *et al.*, 2013). Perkembangan penyakit ini tergolong cepat dan pesat. Secara umum, penyakit infeksi melibatkan tiga faktor interaksi, yakni faktor penyebab penyakit, faktor manusia dan faktor lingkungan.

Data *World Health Organization* (2018) menunjukkan bahwa lebih dari 70% kematian, khususnya pada balita, disebabkan oleh penyakit-penyakit infeksi. WHO melaporkan bahwa lebih dari 50% kasus penyakit infeksi berada di Asia Tenggara. UNICEF (2018) juga melaporkan bahwa penyakit infeksi merupakan salah satu penyebab kematian utama di dunia.

Beberapa contoh penyakit yang diakibatkan oleh bakteri patogen adalah penyakit kulit yang disebabkan bakteri *Staphylococcus aureus*. Penyakit ini sangat mudah terjadi terlebih saat kondisi hangat yang lembab atau saat kulit terbuka akibat penyakit ekstrim, seperti luka pembedahan atau akibat alat intravena (Gillespie dan Bamford, 2008). Selain itu, terdapat juga penyakit akibat kontaminasi makanan yang disebabkan oleh adanya bakteri *Salmonella sp.* yang menginfeksi tubuh manusia (Widoyono, 2011).

Secara umum penyakit infeksi dapat disembuhkan dengan mengonsumsi antibiotik. Lebih dari separuh pasien di rumah sakit menerima antibiotik sebagai pengobatan (Utami, 2012). Penggunaan antibiotik dapat dikatakan tepat bila efek terapi pada pasien mencapai maksimal, sementara efek toksik yang berhubungan dengan obat menjadi minimum dan perkembangan antibiotik resisten seminimal mungkin (WHO, 2008). Jika antibiotik tidak digunakan dengan rasional, maka akan mengakibatkan terjadinya resistensi. Resistensi bakteri pada manusia dapat disebabkan oleh penggunaan antibiotik yang sering, berlebihan, dan digunakan dalam jangka waktu yang lama. Hal ini mengakibatkan pengobatan menjadi tidak efektif dan adanya peningkatan biaya kesehatan (Afifurrahman dkk., 2014).

Untuk mengatasi penggunaan antibiotik berlebihan, maka faktor lingkungan perlu diperhatikan sebagai upaya penurunan angka pasien infeksi. Hal ini dapat dilakukan dengan menciptakan lingkungan hidup yang bersih dan sehat. Maka, perlu dilakukan proses desinfeksi secara rutin untuk membantu menghilangkan bakteri patogen dari luar tubuh manusia dengan menggunakan disinfektan (Irianto, 2007).

Disinfektan merupakan zat kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba patogen pada benda-benda, misalnya pada lantai ruangan, meja operasi, dan sebagainya (Wastiti dkk., 2017). Saat ini sudah diproduksi banyak disinfektan dalam kehidupan sehari-hari. Namun, senyawa kimia yang umum digunakan sebagai bahan disinfektan dinilai masih cukup berbahaya dan memiliki bau yang cukup menyengat. Senyawa yang diketahui memiliki sifat-sifat tersebut serta fungsi biologis untuk menjadi bahan yang mampu membunuh bakteri patogen adalah senyawaan dari organologam, yang merupakan salah satu penemuan yang banyak digunakan untuk kebutuhan kesehatan dan pengobatan serta dikenal memiliki aktivitas biologis yang besar (Samsuar *et al*, 2021).

Senyawa organologam merupakan senyawa dimana minimal terdapat satu atom karbon dari gugus organik yang berikatan langsung dengan logam. Dalam penelitian ini, digunakan logam timah penggunaan senyawa organotimah oleh

karena berlimpahnya kandungan timah di Indonesia (Singh *et al.*, 2000). Indonesia menempati urutan keempat setelah Cina, Bolivia, dan Peru sebagai negara yang memiliki cadangan timah dunia dan menduduki peringkat kedua terbesar setelah Cina sebagai penghasil timah (Jamaan dan Nurtia, 2014).

Selain karena banyaknya timah yang dimiliki oleh Indonesia, senyawa organotimah merupakan senyawa organologam yang sudah terkenal dengan fungsi biologisnya yang cukup beragam, khususnya senyawa kompleks organotimah karboksilat. Senyawa kompleks organotimah karboksilat diketahui memiliki aktivitas biologis yang lebih kuat dibandingkan dengan kompleks lainnya. Hal ini disebabkan oleh karena adanya perbedaan ligan dan posisi ligan pada senyawa organotimah yang menyebabkan perbedaan aktivitas biologisnya (Nur *et al.*, 2017). Beberapa penelitian sudah dilakukan dengan menggunakan senyawa organotimah karboksilat sebagai bahan dasar, di antaranya adalah sebagai antimikroba (Bacchi *et al.*, 2005), antibakteri (Hadi *et al.*, 2021), anti korosi (Kurniasih *et al.*, 2015), antifungi (Hadi, 2009), antikanker (Hadi dan Rilyanti, 2012), antimalarial (Hadi *et al.*, 2018), dan antioksidan (Ahmad *et al.*, 2020)

Berdasarkan keterangan di atas, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis senyawa turunan organotimah(IV) benzoat seperti senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat melalui senyawa prekursor difeniltimah(IV) oksida dengan variasi ligan asam 3-klorobenzoat dan asam-3-hidroksibenzoat, yang akan diuji kemampuannya untuk menjadi disinfektan. Uji dilakukan terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.* untuk diamati kemampuannya untuk membunuh kedua bakteri tersebut.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat.
2. Mengkarakterisasi senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrometer ^1H NMR, spektrometer ^{13}C NMR dan *micro elemental analyzer*
3. Menguji aktivitas sebagai bahan pembuat disinfektan dari senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat.

1.3. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang organologam serta untuk mengetahui senyawa organologam yang berpotensi sebagai bahan pembuatan disinfektan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang memiliki minimal satu karbon dari gugus organik yang membentuk ikatan langsung dengan logam. Istilah organologam biasanya didefinisikan agak longgar, dan senyawa yang mengandung ikatan karbon dengan fosfor, arsen, silikon, ataupun boron termasuk dalam kategori ini. Tetapi untuk senyawa yang mengandung ikatan antara atom logam dengan oksigen, belerang, nitrogen, ataupun dengan suatu halogen tidak termasuk sebagai senyawa organologam. Sebagai contoh suatu alkoksida seperti $(C_3H_7O_4)Ti$ tidaklah termasuk senyawa organologam, karena gugus organiknya terikat pada Ti melalui atom oksigen. Sedangkan senyawa $(C_6H_5)Ti(OC_3H_7)_3$ adalah senyawa organologam karena terdapat satu ikatan langsung antara karbon C dari gugus fenil dengan logam Ti. Dari bentuk ikatan pada senyawa organologam, senyawa ini dapat dikatakan sebagai jembatan antara kimia organik dan anorganik (Cotton dan Wilkinson, 2007)

Senyawa organologam umumnya memiliki sifat dimana atom karbon cenderung lebih elektronegatif dibandingkan kebanyakan logamnya. Terdapat beberapa kecenderungan jenis-jenis ikatan yang terbentuk pada senyawaan organologam:

a. Senyawa ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam yang berasal dari logam elektropositif umumnya bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik, dan sangat reaktif terhadap udara dan air. Senyawa ini terbentuk bila suatu radikal pada

logam terikat pada logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, misalnya logam alkali atau alkali tanah. Kestabilan dan kereaktifan senyawaan ionik ditentukan dalam satu bagian oleh kestabilan ion karbon. Garam logam ion-ion karbon yang kestabilannya diperkuat oleh delokalisasi elektron lebih stabil walaupun masih relatif reaktif. Adapun contoh gugus organik dalam garam-garaman tersebut seperti $(C_6H_5)_3C^-Na^+$ dan $(C_5H_5)_2Ca^{2+}$.

a. Senyawa yang memiliki ikatan $-\sigma$ (sigma)

Senyawa organologam yang sisa organiknya terikat pada suatu atom logam dengan suatu ikatan yang digolongkan sebagai ikatan kovalen (walaupun masih ada karakter-karakter ionik dari senyawaan ini) yang dibentuk oleh kebanyakan logam dengan keelektropositifan yang relatif lebih rendah dari golongan pertama di atas, dan sehubungan dengan beberapa faktor berikut:

1. Kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi, seperti pada SiR_4 yang tidak tampak dalam CR_4 .
2. Kemampuan donor alkil atau aril dengan pasangan elektron menyendiri.
3. Keasaman Lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak penuh seperti ada BR_2 atau koordinasi tak jenuh seperti ZnR_2 .
4. Pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam-karbon (M-C) atau karbon-karbon (C-C).

b. Senyawa yang terikat secara non klasik

Dalam banyak senyawaan organologam terdapat suatu jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk ionik atau pasangan elektron atau kovalensi. Misalnya, salah satu kelas alkil terdiri dari Li, Be, dan Al yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan. Dalam hal ini, terdapat atom yang memiliki sifat kekurangan elektron seperti atom boron pada $B(CH_3)_3$. Atom B termasuk atom golongan IIIA, dimana memiliki 3 elektron valensi, sehingga cukup sulit untuk membentuk konfigurasi oktet

dalam senyawannya. Ada kecenderungan untuk memanfaatkan orbital-orbital kosong pada atom B dengan menggabungkan pada gugus suatu senyawa yang memiliki kelebihan pasangan elektron menyendiri.

Senyawa ini terbagi menjadi dua golongan:

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

(Zhang *et al.*, 2016)

2.2. Timah

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

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

Secara fisika, logam timah memiliki kemiripan sifat fisika dengan atom Ge dan Pb, diantaranya memiliki keadaan oksidasi +2 dan +4. Akan tetapi pada senyawa

timah tingkat oksidasi +4 cenderung lebih stabil daripada +2. hal ini dikarenakan pada tingkat oksidasi +4 timah menggunakan seluruh elektron valensinya yaitu $5s^2 5p^2$ dalam ikatan sedangkan pada tingkat oksidasi +2 timah hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ saja. Sebagai anggota dari golongan IVA, struktur geometri dari SnCl_4 telah dikarakterisasi yaitu tetrahedral seperti CCl_4 . Pada suhu ruang, keduanya merupakan cairan tidak berwarna dengan titik didih masing-masing 114 dan 77 (pada tekanan atmosfer). Namun di luar keadaan tersebut, keduanya menunjukkan sifat yang relatif berbeda. Perbedaan ini dapat dijelaskan karena ukuran atom Sn lebih besar dibandingkan atom C dan adanya orbital 5d yang dimiliki oleh Sn. (Cotton dan Wilkinson, 2007).

Berdasarkan pada kedua faktor di atas, logam timah berkemungkinan untuk lebih berikatan koordinasi dengan ligannya. Dalam hal ini, timah memiliki fleksibilitas valensi yang lebih besar, yaitu memiliki bilangan koordinasi lebih dari empat (Cotton dan Wilkinson, 2007). Selain itu, timah memiliki tiga bentuk alotrop yaitu timah abu-abu (α), timah putih (β), dan timah rombik (γ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih ($\text{Sn-}\beta$) dalam bentuk tetragonal, sedangkan pada suhu rendah timah putih ($\text{Sn-}\beta$) berubah menjadi timah abu-abu ($\text{Sn-}\alpha$) yang berupa non logam dan berbentuk intan kubik. Perubahan ini terjadi dengan cepat karena timah membentuk lapisan oksida film dimana peristiwa ini dikenal sebagai plak hitam atau timah *plague* (Davies, 2004).

2.3. Organotimah

Senyawa organotimah merupakan senyawa yang memiliki ikatan C-Sn. Sebagian besar senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $\text{R}_n\text{Sn(IV)X}_{4-n}$ ($n=1,2,3$. dan 4) dan diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri-, dan tetra-organotimah(IV), hal ini tergantung pada banyaknya jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Anion yang terikat (X) biasanya adalah klorida, florida, oksida, hidroksida serta suatu karboksilat atau suatu thiolat (Pellerito and Nagy, 2002). Senyawa organotimah dikenal sejak tahun 1850 dimana aplikasi

komersialnya dimanfaatkan sebagai PVC penyetabil yang sudah dikenalkan sejak tahun 1940. Gugus organik yang paling umum berikatan dengan timah adalah metil, butil, oktil, fenil, dan sikloheksil (Davies, 2004). Faktor yang mempengaruhi kemudahan putusnya ikatan antara Sn-C oleh suatu halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan meningkat dengan urutan sebagai berikut:

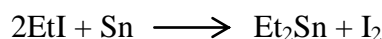
Butil (Paling Stabil) < Propil < Etil < Metil < Fenil < Benzil < Alil < CH₂CN <
CH₂COOR (Paling Tidak Stabil)

(Alama *et al.*, 2009).

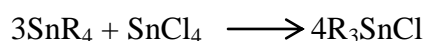
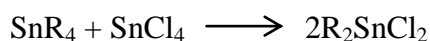
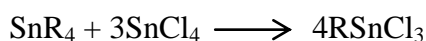
Beberapa jenis senyawa organotimah berdasarkan substituen (X) yang terikat pada atom timah (Sn) antara lain:

2.3.1. Senyawa Organotimah Halida

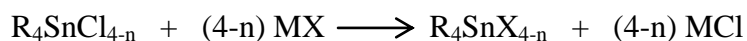
Senyawa organotimah halida dengan rumus umum R_nSnX_{4-n} (n = 1-3; X = Cl, Br, I) dan umumnya merupakan padatan kristalin serta sangat reaktif. Senyawa organotimah halida dapat disintesis secara langsung melalui logam timah, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida yang reaktif. Metode ini secara luas digunakan untuk pembuatan dialkiltimah dihalida. Sintesis secara langsung ini ditinjau ulang oleh Murphy dan Poller melalui persamaan reaksi:



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



Senyawa organotimah klorida digunakan sebagai kloridanya dengan memakai logam halida lain yang sesuai seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:



(X = F, Br atau I; M = K, Na, NH₄) (Cotton dan Wilkinson, 1989).

2.3.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida

Produk kompleks yang didapat melalui hidrolisis dari senyawa trialkiltimah halida dan senyawa yang berikatan R₃SnX merupakan rute utama pada trialkiltimah oksida dan trialkiltimah hidroksida. Pada reaksi berikut ini menunjukkan prinsip tahapan intermediet

2.3.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

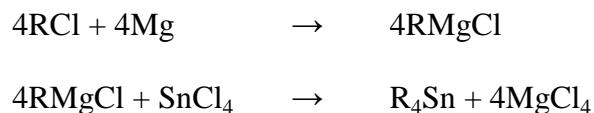
Senyawa organotimah karboksilat secara umum dapat disintesis melalui melalui dua cara yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksidanya dengan asam karboksilat dan dari organotimah halidanya dengan asam karboksilat. Metode yang biasa digunakan untuk sintesis organotimah karboksilat yakni dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal. Organotimah halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida. Reaksi esterifikasi dari asam karboksilat dengan organotimah oksida atau hidroksida dilakukan melalui dehidrasi azeotropik dari reaktan dalam toluene (Abel *et al.*, 2002)

2.4. Sintesis Senyawa Organotimah

Senyawa seperti SnCl₄ dan triorganotimah halida umumnya digunakan sebagai material awal untuk sintesis berbagai senyawaan organotimah. Beberapa metode yang umum digunakan diantaranya:

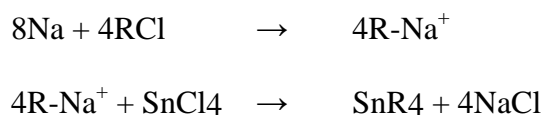
1. Metode Grignard

Metode ini memerlukan kondisi reaksi yang *inert*, jauh dari nyala api secara langsung dan bersifat *in situ*. Adapun reaksi yang terjadi dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut:



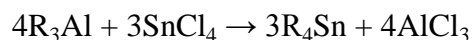
2. Metode Wurtz

Persamaan reaksinya dituliskan sebagai berikut:



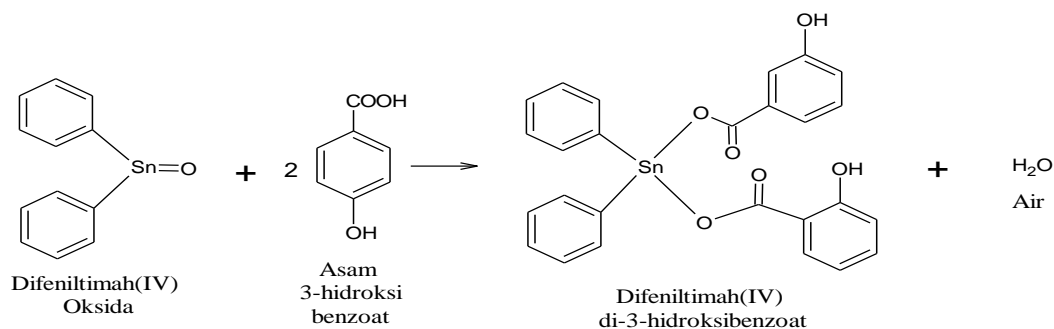
3. Metode Alkil Aluminium

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

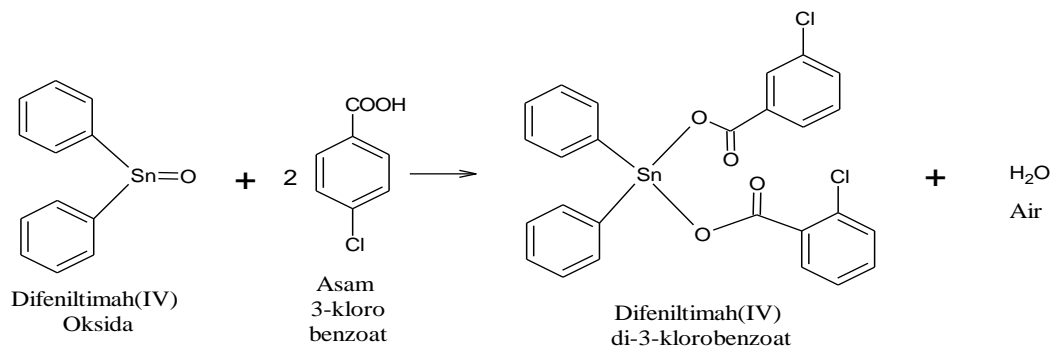


(Cotton dan Wilkinson, 2007)

Sintesis senyawa difeniltimah(IV)-di-(3-hidroksibenzoat) dan difeniltimah(IV)-di-(3-klorobenzoat) dengan reaksi yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Reaksi Sintesis Senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat

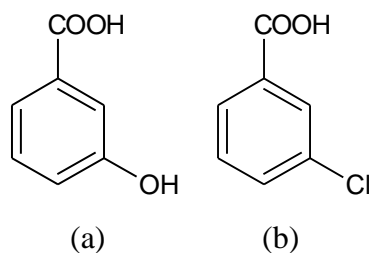


Gambar 2. Reaksi Sintesis Senyawa difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat

2.5. Asam 3-hidroksibenzoat dan Asam-3-klorobenzoat

Salah satu contoh ligan yang dapat digunakan untuk menghasilkan kompleks organotimah(IV) adalah asam 3-klorobenzoat. Asam 3-hidroksibenzoat juga dapat dimanfaatkan sebagai ligan untuk membentuk senyawa kompleks organotimah(IV). Asam 3-hidroksibenzoat merupakan salah satu dari isomer hidroksibenzoat. Asam yang dikenal dengan sebutan meta-hidroksibenzoat ($C_6H_4OHCOOH$) ini memiliki bentuk berupa kristal putih, berat molekul sebesar 138 g/mol serta titik leleh sebesar 203 °C. Dalam bentuk meta, 3-hidroksibenzoat dapat membentuk ikatan hidrogen intermolekular yang menyebabkan tingginya kelarutan di dalam air.

Selain asam-3-klorobenzoat, asam-3-klorobenzoat merupakan salah satu dari 3 isomer yang dimiliki asam klorobenzoat. Asam yang dikenal dengan sebutan meta-chlorobenzoate ($C_7H_4ClO_2^-$) ini memiliki berat molekul sebesar 155.56 g/mol, pKa sebesar 3.8 dan titik lebur sebesar 153-157 °C. Asam ini memiliki bentuk berupa padatan, sedikit larut di air tapi larut baik dalam pelarut organik seperti aseton, alkohol panas, kloroform dan eter. Struktur kedua ligan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) Ligan asam-3-hidroksibenzoat dan (b) Ligan asam-3-klorobenzoat

2.6. Analisis Senyawa Organotimah

Senyawa hasil yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrofotometer ^1H NMR dan ^{13}C NMR, serta diuji kadar C,H dan N menggunakan *microelemental analyzer*.

2.6.1. Analisis Spektrofotometer IR

Spektrofometri ini berdasarkan kepada penyerapan panjang gelombang inframerah. Cahaya inframerah, terbagi menjadi inframerah dekat, pertengahan dan jauh. Inframerah dekat terjadi pada bilangan gelombang antara 14.300 hingga 4.000 cm^{-1} dengan fenomena yang terjadi adalah absorpsi *overtone* C-H. Inframerah pertengahan terjadi pada bilangan gelombang antara 4.000 hingga 650 cm^{-1} dengan fenomena yang terjadi adalah vibrasi dan rotasi. Sedangkan inframerah jauh terjadi pada bilangan gelombang 650 hingga 200 cm^{-1} dengan fenomenanya yaitu penyerapan oleh ligan atau spesi lainnya yang berenergi rendah. Dengan menggunakan analisis spektroskopi IR terhadap senyawa organotimah karboksilat, dapat ditunjukkan adanya vibrasi ulur Sn-O pada bilangan gelombang 500 – 400 cm^{-1} dan Sn-C pada bilangan gelombang 600 – 500 cm^{-1} . Hasil analisa biasanya berupa sinyal kromatogram hubungan intensitas IR terhadap panjang

gelombang. Untuk identifikasi, sinyal sampel akan dibandingkan dengan sinyal standar.

Pada spektrofotometer *Infra Red* (IR) meskipun bisa digunakan untuk analisa kuantitatif, namun biasanya lebih kepada analisa kualitatif. Umumnya spektro IR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu senyawa, terutama senyawa organik. Setiap serapan pada panjang gelombang menggambarkan adanya suatu gugus fungsi spesifik. Syarat suatu gugus fungsi dalam suatu senyawa dapat terukur pada spektra IR adalah adanya perbedaan momen dipol pada gugus tersebut. Untuk pengukuran menggunakan IR biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} (Ratih, 2013).

Spektrofotometer IR bekerja dengan mengenai sampel dengan radiasi inframerah, yang kemudian akan diserap oleh sampel. Penyerapan ini berhubungan dengan adanya sejumlah vibrasi yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul itu. Penyerapan ini juga berhubungan dengan adanya perubahan momen dari ikatan kovalen pada saat terjadinya vibrasi. Apabila radiasi itu diserap sebagian atau seluruhnya, radiasi itu akan diteruskan. Detektor akan menangkap radiasi yang diteruskan itu dan mengukur intensitasnya (Harjono, 2008).

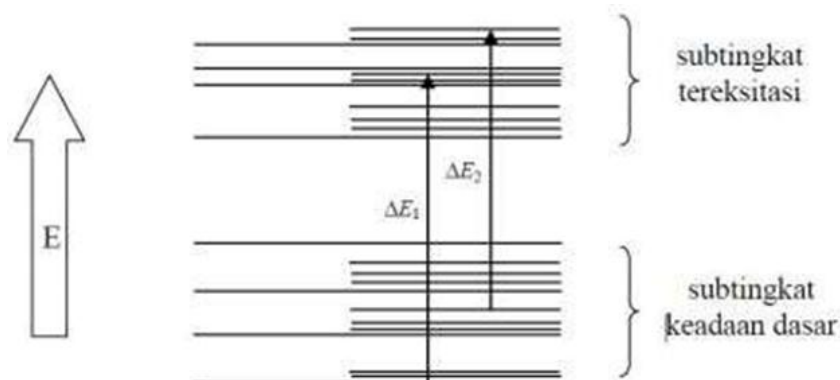
Dalam sintesis suatu senyawa organotin(IV) reaksi dapat dilihat dari perubahan spektrum IR dari senyawa awal, ligan, dan senyawa akhir. Daerah yang menjadi fokus perhatian dalam spektrumnya yaitu munculnya puncak karbonil dari senyawa akhir yang menunjukkan telah terjadinya reaksi dari senyawa awal dengan ligan asam karboksilat. Berikut ini merupakan tabel serapan gugus fungsional senyawa organik yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Serapan Inframerah Gugus Fungsional Senyawa Organik (Fessenden dan Fessenden, 2003).

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

2.6.2. Analisis Spektrofotometer *UV-Vis*

Spektrofotometer *UV-Vis* merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis suatu senyawa didasarkan pada transisi elektronik yang dialami senyawa tersebut sebagai akibat penyerapan radiasi sinar *ultraviolet* (200-380 nm) dan *visible* (380-780 nm). Transisi elektronik dapat terjadi dari tingkat energi keadaan dasar ke tingkat energi yang tereksitasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 (Fessenden dan Fessenden, 2003)



Gambar 4. Skema Transisi Elektronik dari Tingkat Energi Rendah ke Tingkat Energi yang Lebih Tinggi (Fessenden dan Fessenden, 2003)

Transisi ini pada umumnya terjadi antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital antiikatan. Umumnya, perbedaan energi dari berbagai transisi elektronik tersebut hanya sedikit, maka panjang gelombang absorpsinya juga berbeda sedikit sehingga spektrum yang tampak berupa pita lebar.

Pada spektroskopi *UV-Vis*, senyawa yang dianalisis akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi sinar *UV* dan sinar tampak oleh senyawa yang dianalisis. Transisi tersebut pada umumnya antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$). Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Identifikasi kualitatif senyawa organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, dikarenakan pita serapan pada daerah *UV-Vis* subtingkat-subtingkat terlalu lebar dan kurang terperinci. Tetapi gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung menunjukkan puncak karakteristik dan

dapat diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus tersebut dalam suatu molekul. Selain itu, analisis spektrofotometer *UV-Vis* juga dapat mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik yang terdapat di dalam suatu molekul (Day dan Underwood, 2002).

2.6.3. Analisis Spektrometer NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*)

Spektrometri *NMR* (*Nuclear Magnetic Resonance*) merupakan salah satu cara analisis yang berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom. Alat ini mempelajari tentang molekul senyawa organik maupun anorganik yang dianalisis secara spektrofotometri resonansi magnetik inti sehingga diperoleh gambaran perbedaan sifat magnet dari berbagai inti yang ada dan untuk menduga letak inti yang terdapat dalam suatu molekul (Sudjaji, 2007).

Pada umumnya, karakterisasi yang sering digunakan dalam spektrofotometri *NMR* adalah *NMR* jenis ^1H *NMR* dan ^{13}C *NMR*. Karakterisasi menggunakan ^1H *NMR* dan ^{13}C *NMR* telah menjadi alat yang paling efektif untuk menentukan struktur semua jenis senyawa. Pergeseran kimia dapat dianggap sebagai ciri bagian tertentu dari suatu struktur. Misalnya, pergeseran kimia proton dalam gugus metil sekitar 1 ppm apapun struktur bagian lainnya. Intensitas sinyal terintegrasi sebanding dengan jumlah inti yang relevan dengan sinyalnya. Hal ini akan sangat membantu dalam penentuan struktur, bahkan bila ^1H *NMR*, pergeseran kimia adalah satu-satunya informasi yang dihasilkan untuk penentuan struktur oleh spektroskopi *NMR*. Nilai yang dihasilkan sangat besar manfaatnya dalam penentuan struktur senyawa organik. Selain itu, spektroskopi *NMR* dapat memberikan informasi tambahan yakni informasi yang berkaitan dengan kopling spin-spin (Takeuchi, 2006). Berikut ini adalah beberapa nilai geseran kimia dari beberapa jenis senyawa dengan TMS sebagai titik nol yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Geseran Kimia untuk ^1H dan ^{13}C -NMR (Settle,1997)

No.	Jenis Senyawa	^1H	^{13}C
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
11.	Aromatik	6-9	110-145
12.	Benzilik	2.2-2.8	18-30
13.	Asam	10-13	160-180
14.	Ester	-	160-175
15.	Hidroksil	4-6	-

2.6.4. Analisis *Micro Elemental Analyzer*

Analisis *Micro Elemental Analyzer* biasa digunakan untuk menentukan kandungan unsur penyusun dalam suatu senyawa. Unsur yang umum ditentukan seperti karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S) sehingga alat yang biasanya digunakan untuk tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai CHNS *Micro Elemental Analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Walaupun seringkali hasil yang diperoleh berbeda, perbedaan biasanya antara 1–2%, namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian suatu sampel (Costech Analytical Technologies, 2011).

Prinsip dasar dari *Micro Elemental Analyzer* yaitu sampel dibakar pada suhu tinggi. Kemudian produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang telah dimurnikan kemudian dipisahkan

berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, sampel yang diketahui jenisnya dapat diperkirakan beratnya dengan menghitung setiap berat unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi sehingga kemurnian suatu sampel dapat ditentukan (Caprette, 2007).

2.7. Aplikasi Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah memiliki aplikasi yang bervariasi dalam kehidupan. Aplikasi senyawa organotimah dalam industri antara lain sebagai senyawa penyetabil polivinil klorida, pestisida non sistemik, katalis antioksidan, antifouling agents dalam cat, stabilizer pada plastik dan karet sintetik, stabilizer untuk parfum dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi. Untuk penggunaan tersebut, kurang lebih 25.000 ton timah dipergunakan per tahun. Senyawa organotimah juga dapat dimanfaatkan untuk sintesis kimia, umumnya sebagai katalis mono- dan diorganotimah. Senyawa organotimah merupakan katalis homogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan, dan sintesis senyawa poliester (Pellerito dan Nagy, 2002).

Dalam beberapa penelitian, diketahui beberapa manfaat lain senyawa organotimah(IV) karboksilat diantaranya sebagai antijamur (Hadi, 2009. Hadi, 2006), antitumor (Hadi *et al.*, 2012; Hadi dan Rilyanti, 2010), *antiviral* (Carragher dan Roner, 2014), antibakteri (Annissa *et al.*, 2017) dan anti korosi (Kurniasih *et al.*, 2015). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa senyawa organotimah juga memiliki aktivitas biologi sebagai insektisida terhadap nyamuk *Anopheles* penyebab penyakit malaria (Hansch dan Verma, 2009), agen antimalaria (Pellei *et al.*, 2006; Hadi *et al.*, 2008; Awang *et al.*, 2014) dan antioksidan (Ahmad *et al.*, 2020).

2.8. Bakteri

Bakteri berasal dari bahasa Latin (*bacterium*; jamak: *bacteria*) yang merupakan kelompok organisme yang tidak memiliki membran inti sel. Organisme ini termasuk ke dalam domain prokariota dan berukuran sangat kecil (mikroskopik) dengan ukuran sel 0.5-1.0 μm kali 2.0-5.0 μm . Hal ini menyebabkan organisme ini sangat sulit untuk dideteksi, terutama sebelum ditemukannya mikroskop. Dinding sel bakteri sangat tipis dan elastis serta terbentuk dari peptidoglikan yang merupakan polimer unik yang hanya dimiliki oleh golongan bakteri. Fungsinya dinding sel antara lain untuk memberi bentuk sel, member perlindungan dari lingkungan luar dan mengatur pertukaran zat-zat dari dan ke dalam sel (Maryati dkk., 2007).

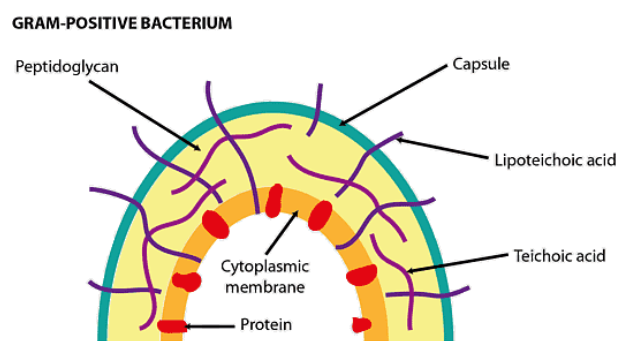
Bakteri umumnya melakukan reproduksi atau berkembang biak secara aseksual (vegetatif = tak kawin) dengan membelah diri. Pembelahan sel pada bakteri adalah pembelahan biner yaitu setiap sel membelah menjadi dua. Selama proses pembelahan, material genetik juga menduplikasi diri dan membelah menjadi dua, dan mendistribusikan dirinya sendiri pada dua sel baru. Bakteri membelah diri dalam waktu yang sangat singkat. Pada kondisi yang menguntungkan berduplikasi setiap 20 menit (Radji, 2011).

Bakteri adalah organisme yang paling banyak jumlahnya dan tersebar luas dibandingkan makhluk hidup lainnya. Bakteri memiliki ratusan ribu spesies yang hidup di gurun pasir, salju atau es, hingga lautan (Maryati dkk., 2007). Untuk membedakan bakteri-bakteri yang ada, digunakan teknik pewarnaan Gram. Teknik ini dapat menunjukkan perbedaan yang mendasar dalam organisasi struktur dinding sel bakteri. Hasil dari teknik ini berupa bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif.

2.8.1. Bakteri Gram Positif

Golongan ini memiliki peptidoglikan setebal 20-80 nm dengan komposisi terbesar *teichoic*, *asam teichuroni*, dan berbagai macam polisakarida. Asam teichoat berfungsi sebagai antigen permukaan pada

Gram positif. Letaknya berada antara lapisan membran sitoplasma dan lapisan peptidoglikan. Selain itu, golongan ini memiliki 40 lembar peptidoglikan pada dinding selnya, yang merupakan 50% dari seluruh komponen penyusun dinding sel. Polisakarida dan asam amino pada lembar peptidoglikan bersifat sangat polar, sehingga pada bakteri Gram positif yang memiliki dinding sel yang sangat tebal, dapat bertahan dari aktivitas cairan empedu di dalam usus. Sebaliknya, lembar peptidoglikan rentan terhadap lisozim sehingga dapat dirusak oleh senyawa bakterisidal (Hanif, 2009). Adapun struktur bakteri Gram positif ditunjukkan oleh Gambar 5.



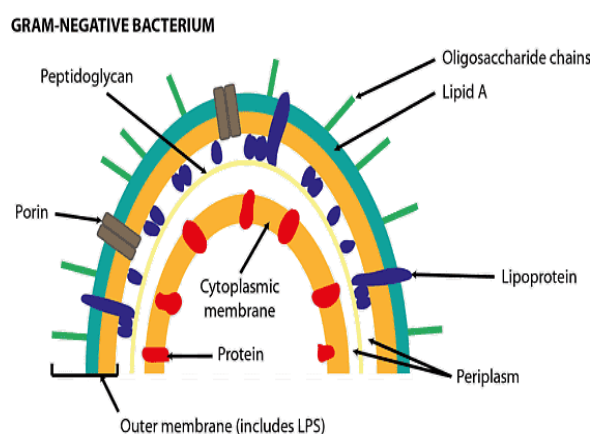
Gambar 5. Struktur Bakteri Gram Positif

2.8.2. Bakteri Gram Negatif

Golongan ini hanya memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis (5-10 nm) dengan komposisi utama: lipoprotein, membran luar dan lipopolisakarida. Membran luar pada Gram negatif juga memiliki sifat hidrofilik, namun komponen lipid pada dinding selnya justru memberikan sifat hidrofobik. Selain itu, terdapat saluran spesial terbuat dari protein yang disebut *Porins* yang berfungsi sebagai tempat masuknya komponen hidrofilik seperti gula dan asam amino yang penting untuk kebutuhan nutrisi bakteri. Lipoprotein mengandung 57 asam amino yang merupakan ulangan sekuen 15 asam amino yang saling bertaut dengan ikatan peptida dengan residu asam diaminopimelic dari sisi tetrapeptida rantai peptidoglikan (Carr, 2016).

Komponen lipidnya terdiri dari *diglyceride thioether* yang terikat pada sistein terminal. Lipoprotein berfungsi sebagai penstabil membran luar dan tempat perlekatan pada lapisan peptidoglikan. Membran luarnya merupakan struktur *bilayer*; komposisi lembar dalamnya mirip dengan membran sitoplasma, hanya saja fosfolipid pada lapisan luarnya diganti dengan molekul lipopolisakarida (LPS). Selain itu, terdapat ruang antara membran dalam dengan membran luarnya yang disebut ruang periplasma, terdiri dari lapisan murein dan larutan protein mirip gel (protein pengikat substrat tertentu), enzim hidrolitik, dan enzim detoksifikasi (Brooks *et al.*, 2013).

LPS dari dinding sel Gram negatif terdiri dari lipid kompleks yang disebut lipid A, dimana melekat polisakarida yang terangkai dengan pusat dan ujung dari unit pengulangan, inti polisakarida, dan antigen O. LPS terikat pada membran luar dengan ikatan hidrofobik. LPS disintesis pada membran sitoplasma dan dibawa ke posisi akhir di sebelah luar. Lipopolisakarida berfungsi sebagai antigen (antigen O pada rantai karbohidratnya) dan toxin (endotoxin yang berasal dari komponen lipid A) (Maryati dkk., 2007). Adapun struktur bakteri Gram negatif ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Bakteri Gram Negatif

2.9. Bakteri *Salmonella sp.*

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

Bakteri *Salmonella sp.* memiliki ukuran 1-3.5µm x 0.5-0.8. berbentuk batang, tidak berspora dan sebagian besar isolat bersifat motil dengan flagel peritriks (*peritrichous flagella*). *Salmonella sp* mudah tumbuh pada medium sederhana, tetapi hampir tidak pernah memfermentasi laktosa atau sukrosa. Bakteri ini membentuk asam dan terkadang membentuk gas dari glukosa dan manosa. Bakteri ini membentuk asam dan terkadang membentuk gas dari glukosa dan manosa. *Salmonella sp.* umumnya menghasilkan H₂S. Organisme ini dapat bertahan pada air yang beku dalam waktu yang lama. Bakteri ini resisten terhadap bahan kimia tertentu yang menghambat pertumbuhan bakteri enterik lain (Jawetz dkk., 2013).

Bakteri *Salmonella sp.* dapat bergerak, tumbuh pada suasana aerob dan anerob fakultatif, memberikan hasil positif pada reaksi fermentasi manitol dan sorbitol dan memberikan hasil negatif pada reaksi indol, fenilalanin deaminase, urease, voges proskauer, dan reaksi fermentasi sukrosa dan laktosa. Bakteri *Salmonella sp* tumbuh pada suhu 15-41 °C (suhu optimum 37.5 °C dengan pH 6-8).

Perkembangan bakteri *Salmonella sp.* terbilang sangat cepat, setiap selnya mampu membelah diri setiap 20 menit sekali pada suhu hangat. Satu sel bakteri bisa berkembang menjadi 90.000 hanya dalam waktu 6 jam. (Brooks dkk., 2010).

Bakteri *Salmonella sp.* memiliki tiga struktur antigen, yaitu antigen O (somatik), H (flagel) dan Vi (kapsul). Antigen O merupakan antigen somatik yang tahan terhadap pemanasan dengan suhu 100 °C, alkohol dan asam. Antigen H

merupakan antigen flagel yang rusak dengan suhu di atas 60 °C, alkohol dan asam. Antigen Vi merupakan polimer dari polisakarida yang bersifat asam dan terdapat pada bagian luar bakteri. Antigen Vi dapat rusak pada pemanasan 60 °C selama 1 jam pada penambahan fenol dan asam (Mahon, 2015).

Bakteri *Salmonella* termasuk bakteri mesofilik yaitu bakteri yang dapat hidup pada temperatur antara 30°C sampai 37°C. Sebagian besar bakteri yang bersifat mesofilik, temperatur optimumnya adalah 30°C. Oleh karena itu bakteri tersebut dapat hidup bebas dan bersembiose dengan hewan yang berdarah panas. Pada umumnya hewan dan manusia merupakan makhluk berdarah panas, sehingga faktor tercemar oleh bakteri *Salmonella* dari makanan dan minuman yang terkontaminasi akan sangat berpengaruh terhadap hospesnya. Pada ikan yang telah mati temperatur sangat berpengaruh, oleh karena itu untuk menghambat bakteri laut yang patogen harus dilakukan pencegahan dengan penurunan temperatur. pada temperatur 0°C sampai 1°C, laju pertumbuhan bakterial yang dapat menyebabkan pembusukan dapat dihindari, karena proses kegiatan kimiawi dan ensimatik pada ikan dapat dihambat (Ilyas, 1983).

2.10. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri fakultatif anaerob. Bakteri tumbuh pada suhu optimum 37 °C tetapi mampu membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar (20-25 °C). Koloni pada perbenihan berwarna abu-abu sampai kuning keemasan berbentuk bundar, halus, menonjol dan berkilau. Lebih dari 90% isolat klinik menghasilkan bakteri *S. aureus* yang mempunyai kapsul polisakarida atau selaput tipis yang berperan dalam bakteri (Jawetz *et al.*, 2005). Pada lempeng agar, koloninya berbentuk bulat dengan diameter 1-2 mm, cembung, buram mengkilat dan konsistensinya lunak. Pada lempeng agar dan darah umumnya koloni lebih kasar. Bakteri ini termasuk dalam bakteri Gram positif, dengan terdapatnya jaringan makromolekul pada dinding sel bakteri yang juga disebut

dengan peptidoglikan. *S. aureus* memiliki klasifikasi sebagai berikut (Syahrurachman dan Chatim, 2010):

Kingdom	: <i>Bacteria</i>
Filum	: <i>Firmicute</i>
Kelas	: <i>Bacill</i>
Ordo	: <i>Bacillale</i>
Famili	: <i>Micrococcaceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i>

Bakteri *S. aureus* tidak membentuk spora sehingga pertumbuhan oleh *S. aureus* di dalam makanan dapat segera dihambat dengan perlakuan panas. Bakteri *S. aureus* sering mengontaminasi makanan dan menjadi salah satu penyebab utama keracunan makanan. Bakteri *S. aureus* dapat mengontaminasi makanan selama persiapan dan pengolahan. Bakteri ini sendiri ditemukan di dalam saluran pernapasan, permukaan kulit, tenggorokan, saluran pencernaan manusia serta rambut hewan berdarah panas termasuk manusia (Radji, 2011).

Bakteri *S. aureus* adalah salah satu bakteri patogen pada manusia. Bakteri *S. aureus* menyebabkan penyakit seperti keracunan makanan yang berat atau infeksi kulit yang kecil, sampai infeksi yang tidak bisa disembuhkan (Radji, 2011). Bakteri *S. aureus* dapat menimbulkan penyakit melalui pembentukan berbagai zat ekstraseluler. Zat yang berperan sebagai faktor penyakit dapat berupa protein, termasuk enzim atau protein (Jawetz *et al.*, 2005). Infeksi oleh *S. aureus* ditandai dengan kerusakan jaringan yang disertai abses.

Beberapa penyakit infeksi yang disebabkan oleh *S. aureus* adalah bisul, jerawat, impetigo, dan infeksi luka. Infeksi yang lebih berat diantaranya pneumonia, mastitis, plebitis, meningitis, infeksi saluran kemih, osteomielitis, dan endocarditis. *S. aureus* juga merupakan penyebab utama infeksi nosokomial, keracunan makanan, dan sindroma syok toksik (Kusuma, 2009). Jumlah toksin

yang dapat menyebabkan keracunan adalah 1,0 µg makanan. Gejala keracunan ditandai oleh rasa mual, muntah-muntah, dan diare yang hebat tanpa disertai demam. *S. aureus* dapat menyebabkan penyakit melalui kemampuannya menyebar luas dalam jaringan dan melalui pembentukan berbagai zat ekstraseluler.

Zat yang berperan sebagai faktor penyakit berupa toksin leukosidin, dan enterotoksin. Leukosidin adalah toksin yang dapat mematikan sel darah putih pada beberapa hewan. Toksin ini perannya dalam patogenesis pada manusia tidak jelas, karena *Staphylococcus* patogen tidak dapat mematikan sel-sel darah putih manusia dan dapat difagositosis. Enterotoksin adalah enzim yang tahan panas dan tahan terhadap suasana basa di dalam usus. Enzim ini merupakan penyebab utama dalam keracunan makanan, terutama pada makanan yang mengandung karbohidrat dan protein (Jawetz *et al.*, 2005).

2.11. Disinfektan

Desinfeksi adalah tindakan membunuh organisme patogen (bentuk vegetatif, tidak spora bakteri) dengan cara fisik atau kimia, yang dilakukan terhadap organisme patogen yang berada pada benda mati. Hal ini berbeda dengan antiseptik yang merupakan tindakan mencegah pertumbuhan atau aktivitas mikroorganisme baik dengan menghambat atau membunuh, yang dilakukan terhadap organisme patogen yang berada pada makhluk hidup. Jadi terdapat perbedaan disini, bila bertujuan melakukan tindakan membunuh terhadap organisme patogen pada makhluk hidup, maka digunakan antiseptik, sedangkan untuk desinfeksi terhadap mikroorganisme pada benda mati digunakan disinfektan (Irianto, 2007).

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh jasad renik (bakterisid), terutama pada benda mati. Proses desinfeksi dapat menghilangkan 60% - 90% jasad renik. Disinfektan digunakan secara luas untuk sanitasi baik di rumah tangga, laboratorium dan rumah sakit. Bahan disinfektan diartikan sebagai bahan yang mengganggu pertumbuhan dan metabolisme bakteri, sehingga bahan

tersebut dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan membunuh bakteri (Shaffer 2013).

Syarat-syarat yang harus dimiliki disinfektan ideal adalah sebagai berikut:

1. Toksisitas yang tinggi terhadap mikroba. Kemampuan untuk membunuh mikroba adalah syarat utama disinfektan dan diharapkan mempunyai spectrum yang seluas-luasnya walaupun dalam konsentrasi (kadar) kecil.
2. Stabilitasnya tinggi.
3. Tidak bersifat toksik terhadap manusia dan binatang.
4. Homogen
5. Tidak mudah membentuk ikatan zat kimia dengan zat organik lainnya, kecuali dengan zat organik yang ada didalam sel mikroba, sebab bila mudah berikatan dengan senyawa organik lainnya, maka konsentrasinya yang akan sampai ke mikroba akan berkurang.
6. Bersifat toksik terhadap mikroba pada suhu kamar atau suhu badan (sesuai dengan penggunaannya).
7. Tidak bersifat korosif dan tidak memberi warna. Tidak menjadikan logam menjadi berkarat atau rusak, tidak merusak kain dan tidak mewarnai kain sehingga tampaknya buruk.
8. Tidak berbau yang mengganggu, kalau bisa berbau wangi.
9. Daya tembusnya tinggi. Diharapkan mempunyai daya tembus yang besar sehingga dapat mematikan mikroba yang terdapat dilapisan yang lebih dalam.
10. Mudah dibuat

Berdasarkan mekanisme kerjanya, disinfektan yang ideal adalah bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, berspektrum luas, aktivasinya tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur, dan kelembaban (Larson, 2013). Banyak bahan kimia yang berfungsi sebagai disinfektan, tetapi umumnya dikelompokkan kedalam golongan aldehid atau golongan pereduksi, yaitu gugus kimia yang mengandung gugus $-COH$; golongan alkohol yang mengandung gugus $-OH$; golongan halogen atau senyawa

terhalogenasi, yaitu senyawa kimia golongan halogen atau yang mengandung gugus -X.

1. Fenol

Zat ini bekerja dengan cara meningkatkan permeabilitas membran sitoplasma sehingga menyebabkan kebocoran progresif komponen intraseluler. Permeabilitas proton menyebabkan hilangnya rangkaian fosforilasi oksidatif, koagulasi sitoplasma hingga akhirnya terjadi lisis sel. Derivat fenol berasal dari grup fungsional (alkil, fenil, benzil, halogen) yang menggantikan satu atom halogen pada cincin aromatik. Dua derivat fenol biasanya ditemukan sebagai kesatuan pada disinfektan yang ditemukan di rumah sakit, yaitu berupa *ortho-phenylphenol* dan *ortho-benzyl-para-chlorophenol*. Penambahan halogen seperti klorin akan meningkatkan kualitas fenol. Contoh zat yang mengandung fenol adalah fenol (karbol), kresol, trikresol, dan heksaklorofen. Fenol biasanya diformulasikan dalam bentuk solusi untuk meningkatkan daya penetrasinya dan pada konsentrasi 5% bahan ini bersifat bakterisida, tuberkulosida, fungisida, dan virusida terhadap virus beramplop. Fenol tidak efektif terhadap virus tidak beramplop dan spora (Aidilfiet, 2010). Fenol dan kresol berbau khas dan bersifat korosif terhadap jaringan. Walaupun demikian, fenol tahan terhadap pemanasan dan pengeringan sehingga tidak terpengaruh oleh bahan-bahan organik, namun kurang efektif terhadap spora. Senyawa golongan ini biasanya digunakan untuk desinfeksi di bak mandi, permukaan lantai, serta dinding dan peralatan yang terbuat dari kayu (Darmadi, 2008).

2. Alkohol

Merupakan zat yang paling efektif untuk desinfeksi dan sterilisasi. Bahan ini bekerja dengan cara mendenaturasi protein melalui hidrasi, dan melarutkan lemak sehingga membran sel rusak dan akhirnya enzim-enzim mikroorganisme akan diinaktivasi. Rusaknya membran sel ini menyebabkan terbuangnya komponen intraseluler dan menghambat

sintesis DNA, RNA, protein, dan peptidoglikan. Jenis yang biasa digunakan adalah metanol (CH_3OH), etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), dan isopropanol ($(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$). Berat molekul isopropil alkohol paling tinggi sehingga daya bakterisida yang paling efektif dan paling sering digunakan, dalam solusi 70-80% air. Konsentrasi yang terlalu tinggi atau rendah menyebabkan daya bakterisidnya berkurang, yaitu diatas 90% atau dibawah 50% kecuali isopropil alkohol yang masih tetap efektif meskipun konsentrasinya mencapai 99%. Dalam waktu 10 menit sudah dapat membunuh sel vegetatif. Hanya dengan apusan cepat sudah dapat mengurangi populasi, namun untuk sterilisasi perlu dilakukan perendaman terhadap alat-alat medis. Alkohol tidak bersifat korosif terhadap logam, namun dapat merusak karet atau plastik. Bahan ini banyak digunakan untuk desinfeksi peralatan seperti termometer, ambu bag, probe USG (Aidilfiet, 2010).

3. Aldehid

Agan pengikat yang beinteraksi dengan amina tidak berproton di dinding luar sel yang menyebabkan kegagalan fungsi dinding sel. Keadaan ini menyebabkan terjadinya ikatan silang antara tiol, sulfidril dan asam amino sehingga sintesis protein, DNA, dan RNA menjadi terhambat (Hendro, 2007).

Contoh zat yang digunakan adalah formaldehid dan glutaraldehid. Formaldehid dikenal dengan nama dagang formalin, konsentrasi efektif untuk membunuh mikroba adalah 8% sedangkan pada konsentrasi yang tinggi bersifat karsinogenik. Formaldehid bersifat bakterisida, tuberkulosida, fungisida, virusida, dan sporosida. Glutaraldehid merupakan hasil saturasi dari dialdehid yang merupakan disinfektan tingkat tinggi. Glutaraldehid biasanya digunakan untuk peralatan medis.

Formaldehid dan glutaraldehid memiliki daya bunuh luas terhadap berbagai macam mikroba patogen, namun dapat terinaktivasi bila ada

materi organik. Bahan ini tidak korosif terhadap benda metal. Efek sampingnya dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, dan pernapasan (Darmadi, 2008).

4. Zat penghasil halogen

Merupakan zat pengoksidasi aktif tingkat tinggi yang merusak aktivitas protein seluler, mengganggu proses fosforilasi oksidatif dan aktivitas membran. Iodin bereaksi dengan kelompok sistein dan metionil thiol, nukleotida, dan asam lemak yang menyebabkan kematian sel (Darmadi, 2008).

Contoh zat ini adalah klorin, iodin dan derivatnya. Bahan ini memiliki spektrum yang luas dengan toksisitas yang rendah, biayanya murah dan mudah digunakan. Klorin bebas memiliki bau yang tajam dan warna khas berupa hijau. Sodium hipoklorit merupakan contoh kandungan klorin yang sering digunakan. Pada konsentrasi yang rendah sudah aktif membunuh bakteri vegetatif jamur, dan sebagian besar virus. Solusi hipoklorit bersifat relatif tidak membahayakan jaringan sehingga sering digunakan untuk desinfeksi dan menghilangkan bau. Kebanyakan digunakan di rumah sakit untuk mendesinfeksi permukaan, ruangan, dan peralatan bedah. Derivat organiknya dapat dipakai untuk desinfeksi air. Penggunaan klorin dengan konsentrasi melebihi 0.5% dan pemaparan lebih dari 20 menit bersifat korosif (Aidilfiet, 2010).

Iodin efektif dalam membunuh bakteri, jamur, dan virus. Biasanya diformulasikan dalam bentuk sabun dan relatif aman. Namun pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan iritasi kulit dan merusak metal. Bahan iodin ini akan dinativasi apabila berinteraksi dengan kandungan QAS (*Quaternary Ammonium Compounds*) dan debris (Glenda, 2008)

Menurut Hasdianah (2012), senyawa-senyawa di atas belum optimal untuk menjadi senyawa dasar disinfektan. Berdasarkan pertimbangan tersebut,

maka akan dilakukan penelitian dengan menggunakan senyawa organologam sebagai bahan utama dalam pembuatan disinfektan.

2.12. Larutan Mc Farland

Larutan McFarland dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi dari bakteri dalam suspensi secara visual. Komposisi dari larutan ini adalah 1% BaCl₂ dan H₂SO₄ sebesar 1%. Menentukan konsentrasi dengan standar kekeruhan Mc Farland dimaksudkan untuk menggantikan perhitungan bakteri secara satu per satu serta untuk memperkirakan kepadatan sel yang akan digunakan pada prosedur pengujian. Ketika larutan McFarland dihomogenkan, kekeruhan larutan secara visual dapat dibandingkan dengan larutan bakteri yang sudah dibuat dan konsentrasi larutan bakteri yang dibuat dapat ditentukan dengan data di Tabel 3 (DALLYN Biological, 2014).

Tabel 3. Data Larutan Mc Farland (DALLYN Biological, 2014).

McFarland Standard	1% BaCl ₂ (mL)	1% H ₂ SO ₄ (mL)	Konsentrasi Bakteri / mL
0.5	0.05	9.95	1.5 x 10 ⁸
1.0	0.10	9.90	3.0 x 10 ⁸
2.0	0.20	9.80	6.0 x 10 ⁸
3.0	0.3	9.7	9.0 x 10 ⁸
4.0	0.4	9.6	1.2 x 10 ⁹
5.0	0.5	9.5	1.5 x 10 ⁹
6.0	0.6	9.4	1.8 x 10 ⁹
7.0	0.7	9.3	2.1 x 10 ⁹
8.0	0.8	9.2	2.4 x 10 ⁹
9.0	0.9	9.1	2.7 x 10 ⁹
10.0	1.0	9.0	3.0 x 10 ⁹

Metode ini tidak membutuhkan waktu inkubasi yang cukup lama untuk memperoleh jumlah kepadatan bakteri yang diinginkan. Secara visual, larutan Mc Farland ketika dikocok akan sebanding dengan suspensi bakteri pada konsentrasi yang diketahui (DALYNN Biological, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2020 sampai Mei 2021 di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan Spektrofotometer IR dilakukan di Laboratorium Instrumentasi FMIPA Terpadu Universitas Islam Indonesia. Analisis spektrofotometer *UV-Vis* di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis unsur menggunakan *microelemental analyzer* dan analisis spektrometer ^1H NMR dan ^{13}C NMR dilakukan di Department of Chemistry, Kasetsart University. Pengujian aktivitas sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas dalam laboratorium, termometer, satu set alat refluks, neraca analitik, oven, desikator, *hot plate stirrer*, jarum ose, mikropipet, *laminar air flow*, incubator. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer ^1H NMR dan ^{13}C NMR dan *microelemental analyzer*.

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa difeniltimah(IV) oksida, asam 3-klorobenzoat, asam 3-hidroksibenzoat, akuabides, akuades, metanol *p.a*, bakteri *Salmonella sp.*, *S. aureus*, *nutrient broth*, dan *nutrient agar*. Bakteri yang digunakan berasal dari Balai Veteriner Lampung.

3.3. Prosedur Penelitian

Sintesis senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat yang digunakan dalam penelitian ini, didasarkan pada prosedur yang telah dilakukan sebelumnya (Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012) yang merupakan hasil adopsi dari prosedur yang dilakukan oleh Szorcik *et al.* (2002).

3.3.1. Sintesis Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat

Sebanyak 0.9895 g (3.424×10^{-3} mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1.0054 g (7.339×10^{-3} mol) senyawa asam 3-hidroksibenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a*. dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60-65 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a*. diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Senyawa yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer ^1H NMR dan ^{13}C NMR, *micro elemental analyzer*, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif

3.3.2. Sintesis Senyawa Difeniltimah (IV) di-3-klorobenzoat

Sebanyak 0.9895 g (3.424×10^{-3} mol) senyawa difeniltimah(IV) oksida direaksikan dengan 1.0718 g (6.849×10^{-3} mol) senyawa asam 3-hidroksibenzoat dalam 30 mL pelarut metanol *p.a*. dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60-65 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, metanol *p.a*. diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Senyawa

yang diperoleh dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR, spektrofotometer UV-Vis, spektrometer ^1H NMR, spektrometer ^{13}C NMR, *micro elemental analyzer*, dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.3 Pengujian Senyawa sebagai Disinfektan

a. 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/L. Media ini digunakan sebagai media untuk uji disinfektan.

Dilakukan juga pembuatan media agar dengan cara melarutkan *Nutrient Agar* sebanyak 2.8 g ke dalam aquades sebanyak 100 mL. Lalu, dimasukkan ke dalam tabung untuk digunakan sebagai media untuk inkubasi bakteri. Media ini digunakan sebagai media peremajaan bakteri yang akan diuji.

b. Pembuatan Inokulum

Bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus* yang berasal dari Balai Veteriner Lampung masing-masing 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. Disiapkan tabung reaksi berisi 2 mL NaCl fisiologis 0.9%
2. Biakan bakteri *Salmonella sp.* dan *S. aureus* dipindahkan ke dalam larutan NaCl dengan ose. Kemudian, disetarakan kekeruhannya yang sudah dibuat dengan larutan *Mc Farland III* (10^9 kuman/mL). Suspensi bakteri tersebut kini diperkirakan berisi 10^9 kuman/mL.
3. Disiapkan 4 buah tabung reaksi masing-masing berisi 4.5 mL NaCl fisiologis 0.9%.

4. Dipipet 0.5 mL dari suspensi sebelumnya (10^9 kuman/mL), kemudian dipindahkan ke salah satu tabung reaksi berisi 4.5 mL NaCl. Suspensi kini berkonsentrasi 10^8 kuman/mL.
5. 0.5 mL larutan suspensi bakteri 10^8 dipindahkan ke dalam tabung berisi 4.5 NaCl yang kedua untuk dilakukan pengenceran kedua. Suspensi kini berkonsentrasi 10^7 kuman/mL.
6. 0.5 mL larutan suspensi bakteri 10^7 dipindahkan ke tabung NaCl terakhir. Suspensi telah setara dengan 10^6 kuman/mL.
7. 0.5 mL larutan suspensi bakteri 10^6 dipindahkan ke tabung NaCl terakhir. Suspensi telah setara dengan 10^5 kuman/mL. Suspensi bakteri dengan konsentrasi inilah yang akan digunakan untuk melakukan uji penelitian ini.

c. Pembuatan Larutan Disinfektan dan Uji Aktivitasnya

Larutan disinfektan yang akan diuji aktivitasnya adalah larutan dari senyawa organologam hasil sintesis pada tahapan sebelumnya. Senyawa organologam tersebut adalah senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat. Pada tahap ini, akan dilakukan pembuatan larutan stok disinfektan dengan konsentrasi 5×10^{-3} M, 1×10^{-4} dan 5×10^{-4} . Adapun tahapan pembuatan larutan adalah sebagai berikut:

1. Senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat hasil sintesis masing-masing sebanyak 0.2735 gram dan 0.2920 gram ke dalam 50 mL pelarut.
2. Disiapkan 3 buah tabung steril berisi pelarut dengan volume yang berbeda-beda di dalamnya yaitu 2.5; 4.5; dan 4.75 mL, secara berurutan.
3. Dipipet larutan disinfektan konsentrasi 1×10^{-2} M sebanyak 2.5 mL ke dalam 2.5 mL pelarut sehingga konsentrasi menjadi 5×10^{-3} .
4. Kemudian, dipipet larutan disinfektan dengan konsentrasi 1×10^{-2} M sebanyak 0.5 mL ke dalam tabung berisi 4.5 mL pelarut. Konsentrasi disinfektan pada tabung ini adalah 1×10^{-3} .

5. Selanjutnya, dipipet kembali larutan disinfektan konsentrasi 1×10^{-2} sebanyak 0.25 mL ke dalam 4.75 mL pelarut sehingga konsentrasi kini 5×10^{-4} .
6. Disinfektan yang akan dipakai selanjutnya adalah yang konsentrasinya 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} dengan volume masing-masing tabung adalah 5 mL.

Setelah media, bakteri uji dan disinfektan disiapkan, dilakukan uji disinfektan terhadap bakteri uji, yakni *Salmonella sp.* dan *S. aureus*. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Disiapkan larutan disinfektan dari larutan stok
2. Ditandai 12 tabung berisi *Nutrient Broth* dengan 5×10^{-3} 5', 5×10^{-3} 10', 5×10^{-3} 15', 1×10^{-3} 5', 1×10^{-3} 10', 1×10^{-3} 15', 5×10^{-4} 5', 5×10^{-4} 10', 5×10^{-4} 15'.
3. Dipipet inokulum dengan konsentrasi 10^5 sebanyak 0.5 mL ke dalam larutan disinfektan 5×10^{-3} M, 1×10^{-3} M dan 5×10^{-4} M.
4. Setelah lima menit, diambil masing-masing 1 ose dari campuran tersebut dan dipindahkan ke tabung dengan label 5×10^{-3} M 5', 1×10^{-3} M 5' dan 5×10^{-4} M 5'
5. Lima menit kemudian, diambil kembali masing-masing 1 ose dari 5×10^{-3} M 10', 1×10^{-3} M 10' dan 5×10^{-4} M 10'
6. Lima menit kemudian, diambil kembali masing-masing 1 ose dari campuran awal dan dipindahkan ke tabung dengan label 5×10^{-3} M 15', 1×10^{-3} M 15' dan 5×10^{-4} M 15'

Tahap-tahap tersebut dilakukan terhadap dua larutan disinfektan dengan senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat dan diuji kemampuannya terhadap 2 bakteri, yakni *Salmonella sp.* dan *S. aureus*.

Setelah dilakukan tahapan di atas, larutan diuji menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 600 nm. Kemudian, tabung-tabung reaksi uji kemudian didiamkan di dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24-48 jam.

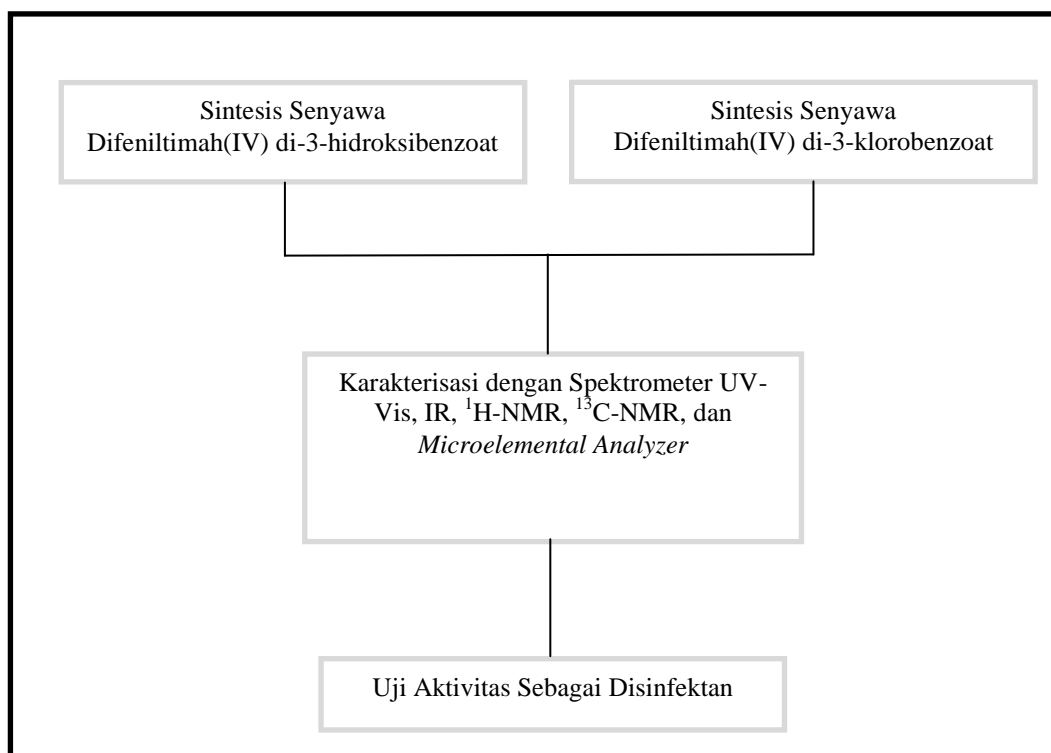
Kemudian, diamati ada tidaknya pertumbuhan bakteri pada setiap tabung.

Pengamatan cara inokulasi bakteri ke dalam disinfektan:

- (+) keruh : ada pertumbuhan
- (-) jernih : tidak ada pertumbuhan

Hasil uji yang sudah dilakukan dibandingkan dengan menggunakan 2 kontrol negatif dan positif. Kontrol negatif berupa bakteri uji (*S. aureus* dan *Salmonella sp.*) yang diletakkan di dalam tabung berisi media *Nutrient Broth*. Sedangkan kontrol positif berupa bakteri yang diletakkan di dalam larutan disinfektan yang sudah berada dipasaran. Setelah diinkubasi selama 24-48 jam, dilakukan uji kembali dengan Spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 600 nm. Metode ini diadaptasi dari Jawetz (2005) dan Lawrence (1980).

Secara keseluruhan, penelitian ini terangkum dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan dalam Gambar 7



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data-data dari penelitian yang sudah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rendemen senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat masing-masing sebesar 88.375% dan 82.155%.
2. Hasil karakterisasi senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat menggunakan spektrofotometer IR menunjukkan adanya serapan Sn-O-C masing-masing pada 1223.64 cm^{-1} dan 1155.64 cm^{-1} yang menandakan bahwa atom pusat Sn telah berikatan sempurna dengan ligan asam 3-hidroksibenzoat dan ligan asam 3-klorobenzoat melalui gugus O.
3. Hasil karakterisasi senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya transisi elektronik $\pi-\pi^*$ pada λ_{maks} masing-masing dari 203 menjadi 206 nm dan 204 nm yang berasal dari ikatan konjugasi gugus fenil serta transisi $n-\pi^*$ pada λ_{maks} 294 nm dan 279 nm yang berasal dari elektron yang tidak berpasangan pada atom O yang terdapat pada ligan asam 3-hidroksibenzoat maupun asam 3-klorobenzoat.
4. Hasil karakterisasi senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat menggunakan spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ serta *micro elemental analyzer* menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis sudah berhasil disintesis.

5. Hasil uji disinfektan senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat menunjukkan bahwa kedua senyawa lebih mampu membunuh bakteri *S.aureus* dengan kondisi konsentrasi sebesar 5×10^{-3} M dan waktu kontak sebesar 15 menit.

B, Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, diperoleh beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, yakni:

1. Melakukan tahapan rekristalisasi serta penentuan titik leleh untuk mengetahui kemurnian senyawa.
2. Menguji senyawa organotimah lain untuk mengetahui kemampuannya sebagai senyawa untuk disinfektan.
3. Mencari variasi mikroorganisme lain untuk diuji dengan senyawa bahan disinfektan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, E.W., Wilkinson, G., and F. G. A. Stone. 2002. *Comprehensive Organometallic Chemistry II. International Tin Research Institute*. Publication No. 618. Pergamon Press.
- Afifurrahman, Samadin, A. K., dan Aziz, S. 2014. *Pola Kepekaan Bakteri Staphylococcus Aureus terhadap Antibiotik Vancomycin di RSUP Dr. Mohammad Hoesin Palembang*. *Majalah Kedokteran Sriwijaya*, 46(4), 266–270.
- Ahmad, I., Zia-ur-Rehman, A., Waseem, M., Tariq, C., MacBeth, J., Bacsa, Tabassum, S. 2020. *Organotin(IV) Derivatives of Amide-Based Carboxylates: Synthesis, Spectroscopic Characterization, Single Crystal Studies and Antimicrobial, Antioxidant, Cytotoxic, Anti-Leishmanial, Hemolytic, Noncancerous, Anticancer Activities*. *Inorg. Chim. Acta*. 505: 1-11
- Aidilfiet, C. S. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Binarupa Aksara. Tangerang:
- Alama, A., Tasso, B., Novelli, F. and Sparatore, F. 2009. *Organometallic Compounds in Oncology: Implications of Novel Organotin(IV) Derivatives as Antitumor Agents Drug Discovery Today*, 14(9–10), 500–508.
- Annissa, Suhartati, T. Yandri A.S., Hadi, S. 2017. *Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chlorobenzoate Against Pseudomonas Aeruginosa and Bacillus Subtilis*. *Orient. J. Chem.* 33(3), 1133–1139.
- Awang, N., Hafizah, J., Shafariatul, A. I. dan Nurul, F.K. 2014. *Evaluation of the Ex vivo Antimalarial Activity of Organotin (IV) Ethylphenyldithiocarbamate on Erythrocytes Infected With Plasmodium berghei*. *Pak. J. Biol. Sci.* 7(6), 836–842.
- Bacchi, A., Carcelli, M., Pelagatti, P., Pelizzi, G., Rodriguez-Arguelles, M. C., Rogolino, D., and Zani, F. 2005. *Antimicrobial And Mutagenic Properties of Organotin(IV) Complexes with Isatin and N-Alkylisatin Bisthiocarbonohydrazones*. *J. Inorg. Biochem.* 99(2), 397–408.

- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, LLC. France:
- Brooks, G.F., Karen, C.C., Janet, S.B., Stephen, A.M., dan. Timothy, A.M. 2010. *Mikrobiologi Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Brooks, G.F., Carroll K.C. dan Butel J.S. 2013. *Mikrobiologi Kedokteran*. Buku Kedokteran EGC: Jakarta
- Caprette, D. R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides Rice University. Texas:
- Carr, F.J. 2016. *Microbiology: A Fundamental Introduction. Journal of Microbiology & Experimentation*. MedCrave Groups LLC. Louisville.
- Carraher, C. E., dan Roner, M. R. 2014. Organotin Polymers as Anticancer and Antiviral Agents. *J. Organomet. Chem.* 751: 67–82.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., and Eaton, A.D. 1998. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 20th Ed.* APHA. Washington DC.
- Costech Analytical Technologies. 2011. *Elemental Combustion System CHNS*. <http://costechanalytical.com/>. Diakses pada 20 September 2020.
- Cotton, F. dan Wilkinson, G. 2007. *Kimia Anorganik Dasar*. UI Press. Jakarta:
- DALYNN Biological. 2014. *McFarland Standard*. DALYNN Biological. Kanada.
- Darmadi. 2008. *Infeksi Nosokomial: Problematika dan Pengendaliannya*. Salemba Medika. Jakarta:
- Davies, A. G. 2004. *Organotin Chemistry*. VCH Weinheim. Germany:
- Day, R. A. dan Underwood, A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta:
- Elianasari dan Hadi, S. 2012. Aktivitas *In Vitro* dan Studi Perbandingan Beberapa Senyawa Organotin(IV) 4-Hidroksibenzoat terhadap Sel Kanker Leukemia, L-1210. *J. Sains MIPA*. 18(1):23-28.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1986. *Kimia Organik Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S. 2003. *Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga Jilid 1*. Erlangga. Jakarta:
- Gillespie, S. dan Bamford, K. 2008. *Mikrobiologi Medis dan Infeksi*. Erlangga. Jakarta.

- Glenda, D. 2008. *Desinfection: The Center for Food Security and Public Health*.
www.cfsph.iastate.edu. Diakses pada 20 September 2020.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Binarupa Aksara. Jakarta
- Hadi, S., Irawan, B., dan Efri. 2008. The Antifungal Activity Test Of Some Organotin(IV) Carboxylates. *J. Appl. Sci. Res.* 4 (11): 1521-1525.
- Hadi, S. 2006. Synthesis , Characterization and The Antifungal Activity Test of Diphenyltin-(IV)-Disalicylate and Diphtalate. *J. Mod. Appl. Sci.* 12: 130–136.
- Hadi, S. 2009. Comparative Study on the Antifungal Activity of Some Di- and Tributyltin (IV) Carboxylate Compounds. *J. Mod. Appl. Sci.* 3(1), 12–17.
- Hadi, S., Noviany, N. dan Rilyanti, M. 2018. In Vitro Antimalarial Activity of Some Organotin(IV)2-Nitrobenzoate Compounds Against Plasmodium falciparum. *Maced. J. Chem. Chem. En.* 37(2), 185–191.
- Hadi, S. dan Rilyanti, M. 2010. Synthesis and In Vitro Anticancer Activity of Some Organotin(IV) Benzoate Compounds. *Orient. J. Chem.* 26(3), 775–779.
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. In Vitro Activity and Comparative Studies of Some Organotin(IV) Benzoat Compounds. *Indonesian J. Chem.* 12 (1): 172-177.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany, N., Suhartati, T., Yandri, A.S. 2018. Antibacterial Activity Test of Diphenyltin(IV) Dibenzoate and Triphenyltin(IV) Benzoate Compounds Against Bacillus Subtilis and Pseudomonas Aeruginosa. *Asian. J. Microbiol. Biotechnol. Environ. Sci.* 20(1), 113–119.
- Hadi, S., Lestari, S., Suhartati, T., Qudus, H.I., Rilyanti, M., Herasari, D., and Yandri, Y. 2021. Synthesis and Comparative Study on The Antibacterial Activity Organotin(IV) 3-Hydroxybenzoate Compounds. *J. Pure Appl. Chem.* 93:623-628.
- Hanif, M. S. 2009. *Pola Resistensi Bakteri dari Kultur Darah Terhadap Golongan Penisilin di Laboratorium Mikrobiologi Klinik Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia (LMK-FKUI) Tahun 2001-2006* 2: 4–30.
- Hansch, C. dan Verma, R. P. 2009. Larvicidal Activities of Some Organotin Compounds on Mosquito Larvae: A QSAR Study. *Eur. J. Med. Chem.* 44(1), 260–273.
- Harjono, S. 2008. *Kimia Dasar*. UGM Press. Yogyakarta:

- Hasdianah. 2012. *Mikrobiologi untuk Masyarakat Kebidanan-Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat*. Nuha Medika. Yogyakarta
- Hendro, W. 2007. *Peran Mikrobiologi Klinik pada Penanganan Penyakit Infeksi*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ibrahim A.S.S and Dewany, A. 2007. Isolation and Identification of New Cellulases Producing Thermophilic Bacteria from an Egyptian Hot Spring and Some Properties of the Crude Enzyme. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 1(4): 473-478.
- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Menguk Dunia Mikroorganisme*. CV. Yrama Widya. Bandung.
- Ilyas, S. 1983. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan Jilid I. Teknik Pendinginan Ikan*. Paripurna. Jakarta.
- Jamaan, A. dan Nurtia, N. E. 2014. *Pengaruh Pasar Timah Indonesia (Inatin) Terhadap Posisi Tawar Timah Indonesia*. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik Universitas Riau*, 1(2): 1-15
- Jawetz, E., Melnick, L.J., dan Adelberg, E.A. 1996. *Mikrobiologi Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, J.L., Adelberg, E. A. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran (XXII)*. Salemba Medika. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, J.L., Adelberg, E.A. 2013. *Mikrobiologi Kedokteran (XXV)*. Salemba Medika. Jakarta.
- Jorgensen, J.H., Jawetz, E., Melnick and Adelberg's. 2010. *Medical Microbiology 25th edition Chapter 15*. McGraw Hill Companies. New York.
- Karsinah, H., Lucky, M. dan Suharto, M. H. M. 1994. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Bina Aksara. Jakarta.
- Kurniasih, H., Nurissalam, M., Iswanto, B., Afriyani, H., Qudus, H. I dan Hadi, S. 2015. The Synthesis, Characterization and Comparative Anticorrosion Study of Some Organotin(IV) 4-Chlorobenzoates. *Orient. J. Chem.* 31(4), 2377–2383.
- Kusuma, F. 2009. *Staphylococcus aureus*. Universitas Padjajaran. Jatinangor.
- Larson, E. 2013. Monitoring Hand Hygiene. *Am. J. Infect. Control.* 41(2): 43-45.
- Lawrence, G. 1980. *Health Education: A Diagnosis Approach* Mayfield Publishing. Co. The John Hopkins University.

- Lestari, D. 2014. *Pengaruh Desinfektan Terhadap Kualitas Air Minum yang Bersumber Dari Sungai Kahayan Di Desa Mintin Kabupaten Pulang Pisau*. (Skripsi). IAIN Palangka Raya. Palangkaraya.
- Lubi, P.A.H. 2015. *Identifikasi Bakteri Escherichia coli serta Salmonella sp. yang Diisolasi dari Soto Ayam* (Skripsi). Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Mahon, C.R., Lehman, D.C., Manuseelis, G. 2015. *Textbox of Diagnostic Microbiology Fifth Edition*. W.B. Saunders Company. USA.
- Maryati, R. Fauzia, S., Rahayu, T. 2007. *Uji Aktivitas Minyak Atsiri Daun Kemangi (Ocimum basilicum L.) terhadap Staphylococcus aureus dan Escherichia coli*. *Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi*, 8(1), 30–38.
- Nur, D., Zamhari, A., Yong, A., Kian, S. 2017. In-Vitro Screening of Antioxidant , Antibacterial and Antifungal Properties of Herbs For Aquaculture. *Int. j. fish*. 5(4), 259–264.
- Nychas, G.J.E. dan Tassou, C.C. *Traditional Preservatives-oil and Spices: Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic Press. London.
- Pellei, M., Lobbia, G.G., Mancini, M., Spagna, R., dan Santini, C. 2006. *Synthesis and Characterization of New Organotin(IV) Complexes with Polyfunctional Ligands*. *J. Organomet. Chem*. 691(8), 1615–1621.
- Pellerito, L. dan Nagy, L. 2002. *Organotin(IV)ⁿ⁺ Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Structural Studies, And Some Biological Aspects*. *Coordination Chemistry Reviews*, 224(1–2), 111–150.
- Pratiwi, S.T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Erlangga. Jakarta.
- Radji, M. 2011. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Ratih, U. 2013. *Pengendalian*. Chemical Analyst. Jakarta:
- Ryan, K.J. and Ray, C.G. 2014. *Sherris Medical Microbiology 6th edition*. McGraw-Hill.p. New York.
- Samsuar S, Simanjuntak W, Qudus H I, Yandri Y, Herasari D, Hadi S. In Vitro Antimicrobial Activity Study of Some Organotin(IV) Chlorobenzoates against Staphylococcus aureus and Escherichia coli . *J. Adv Pharm Educ Res*. 2021;11(2):17-22.
- Settle, F. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall Inc. New Jersey.

- Shaffer, J. G. 1965. *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. University of Michigan, School of Public Health. Michigan.
- Singh, N. K., Srivastava, A., Sodhi, A dan Ranjan, P. 2000. *In Vitro and In Vivo Antitumour Studies of a New Thiosemicarbazide Derivative and Its Complexes With 3d-Metal Ions*. *Transition Metal Chemistry*, 25(2), 133–140.
- Sirajuddin, M., Ali, S., Haider, A., Shah, A.N., Shah, A. dan Khan, M.R. 2012. *Synthesis, Characterization, Biological Screenings and Interaction with Calf Thymus DNA as Well as Electrochemical Studies of Adducts Formed by Azomethine [2-((3,5 Dimethylphenylimino)Methyl)Phenol] and Organotin(IV) Chlorides*. *Polyhedron*, 40(1), 19–31.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Sudjaji. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta:
- Syahrurachman, A. dan Chatim, A.S.A. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*. Binarupa Aksara. Jakarta:
- Szorcisk, A., Nagy, L., Gadja-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.
- Takeuchi, Y. 2006. *Buku Teks Pengantar Kimia*. Bogor: Iwanami Publishing Company.
- Utami, P. 2012. *Antibiotik Alami untuk Mengatasi Aneka Penyakit*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- UNICEF. 2018. *The Challenge*. <https://www.unicef.org/indonesia/health>. Diakses pada 6 November 2020.
- Wastiti, T., Muryani, S., dan Werdiningsih, I. 2017. Pemanfaatan Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum L.*) sebagai Desinfektan untuk Menurunkan Angka Kuman Dinding di Ruang Laboratorium. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(4), 171-185
- Widoyono. 2011. *Penyakit Tropis: Epidemiologi, Penularan, Pencegahan dan Pemberantasannya*. Jakarta: Erlangga.
- World Health Organization. 2008. *The International Pharmacopoeia*. World Health Organization. Geneva.
- World Health Organization. 2018. *The Global Burden of Diseases*: World Health Organization. Geneva.

Zhang, X., Dai, H., Yan, H., Zou, W. dan Cremer, D. 2016. *B-H π Interaction: A New Type of Nonclassical Hydrogen Bonding*. *J. Am. Chem. Soc.* 138(13), 4334–4337.