

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
TRIFENILTIMAH(IV) 3-HIDROKSIBENZOAT DAN SENYAWA
TRIFENILTIMAH(IV) 3-NITROBENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Skripsi)

Oleh

NIA MARDANTI



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV) 3-HIDROKSIBENZOAT DAN SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV) 3-NITROBENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN

Oleh

Nia Mardanti

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa organotimah(IV) berupa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat yang selanjutnya dilakukan uji efektivitas senyawa tersebut sebagai disinfektan. Penelitian ini dilakukan dengan cara merefluks senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dengan ligan asam 3-hidroksibenzoat dan ligan asam 3-nitrobenzoat pada suhu 60°C selama 4 jam. Senyawa hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer IR, UV-Vis, ¹H dan ¹³C-NMR serta *microelemental analyzer*. Produk hasil sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat masing-masing berupa serbuk berwarna pink dan putih dengan nilai persen rendemen berturut-turut sebesar 95,6 % dan 90,9 %. Uji bioaktivitas sebagai disinfektan dilakukan dengan metode dilusi cair terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.* Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan diperoleh senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat bersifat aktif sebagai disinfektan pada konsentrasi 5x10⁻⁴ M. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa yang disintesis bersifat aktif sebagai disinfektan karena nilai penurunan absorbansi yang lebih besar dari kontrol yaitu larutan wipol.

Kata kunci: disinfektan, trifeniltimah(IV) hidroksida, trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat, trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat, *S.aureus* dan *Salmonella sp.*

ABSTRACT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND BIOACTIVITY TEST OF TRIPHENYLTIN(IV) 3-HYDROXYBENZOATE AND TRIPHENYLTIN(IV) 3-NITROBENZOATES COMPOUNDS AS DISINFECTANTS

By

Nia Mardanti

In this study, the synthesis of organotin(IV) compounds in the form of triphenyltin(IV) 3-hydroxybenzoate and triphenyltin(IV) 3-nitrobenzoate was carried out which was then tested for the effectiveness of these compounds as disinfectants. This research was conducted by refluxing triphenyltin(IV) hydroxide with 3-hydroxybenzoic acid ligand and 3-nitrobenzoic acid ligand at 60°C for 4 hours. The synthesized compounds were characterized using IR spectrophotometer, UV-Vis, ^1H and ^{13}C -NMR as well as a *microelemental analyzer*. The products from the synthesis of triphenyltin(IV) 3-hydroxybenzoate and triphenyltin(IV) 3-nitrobenzoate were pink and white powders, respectively, with the percentage yield values of 95.6% and 90.9%, respectively. Bioactivity test as a disinfectant was carried out by liquid dilution method against *S. aureus* and *Salmonella sp.* The results of the bioactivity test as a disinfectant showed that triphenyltin(IV) 3-hydroxybenzoate and triphenyltin(IV) 3-nitrobenzoate were active as disinfectants at a concentration of 5×10^{-4} M. This result indicates that the synthesized compound is active as a disinfectant because the absorbance reduction value is greater than the control used wipol solution.

Keywords: disinfectant, triphenyltin(IV) hydroxide, triphenyltin(IV) 3-hydroxybenzoate, triphenyltin(IV) 3-nitrobenzoate, *S. aureus* and *Salmonella sp.*

**SINTESIS, KARAKTERISASI DAN UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
TRIFENILTIMAH(IV) 3-HIDROKSIBENZOAT DAN SENYAWA
TRIFENILTIMAH(IV) 3-NITROBENZOAT SEBAGAI DISINFEKTAN**

Oleh

NIA MARDANTI

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
2022**

Judul Skripsi

: **SINTESIS, KARAKTERISASI DAN
UJI BIOAKTIVITAS SENYAWA
TRIFENILTIMAH(IV)
3-HIDROKSIBENZOAT DAN SENYAWA
TRIFENILTIMAH(IV) 3-NITROBENZOAT
SEBAGAI DISINFECTAN**

Nama Mahasiswa

: **Nia Mardanti**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1817011092

Jurusan

: Kimia

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

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

Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 19731119 199802 2 001

2. Ketua Jurusan Kimia

Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP 19740611 200003 1 002

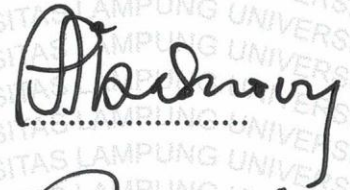
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



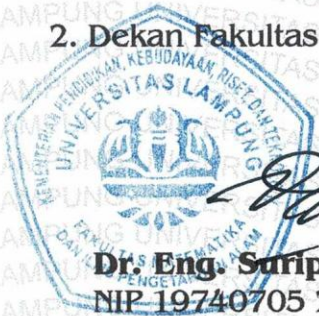
Sekretaris : Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D.



Penguji : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Satripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.
NIP. 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 04 Agustus 2022

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Nia Mardanti
Nomor Pokok Mahasiswa : 1817011092
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul “Sintesis, Karakterisasi dan Uji Bioaktivitas Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat Sebagai Disinfektan” adalah benar karya sendiri dan saya 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, 10 Agustus 2022
Menyatakan



Nia Mardanti
1817011092

RIWAYAT HIDUP

Nia Mardanti lahir di Sidorejo pada 4 Maret 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Marbani dan Ibu Jumiati. Penulis memiliki satu adik laki-laki bernama Nikles Ramadansyah.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Kemuning tahun 2013. Penulis melanjutkan Pendidikan tingkat menengah di SMPN 1 Pulaupanggung dan menyelesaikannya pada tahun 2015, kemudian pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 Talangpadang dan menyelesaikannya pada tahun 2018. Penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti Karya Wisata Ilmiah yang diadakan oleh BEM FMIPA Unila pada tahun 2018. Penulis pernah menjadi asisten matakuliah praktikum kimia dasar tahun 2022. Penulis memulai aktivitas organisasi sebagai Kader Muda HIMAKI Unila, Garuda BEM FMIPA Unila, dan Amar Rohis FMIPA Unila tahun 2018. Penulis juga pernah menjabat sebagai anggota Biro Usaha Mandiri HIMAKI FMIPA Unila tahun 2019 dan menjadi anggota Riset dan Penalaran di UKM Penelitian Unila tahun 2019. Pada tahun 2021 penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Kebumen, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus. Penulis pernah mendapatkan pendanaan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) tingkat universitas pada tahun 2021. Penulis juga mengikuti program kampus merdeka berupa Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) dengan *course* Teknologi Pengelolaan Kopi di Universitas Malikussaleh pada tahun 2021.

MOTTO

*Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu
(Q.S. Ibrahim : 7)*

*Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan
(Q.S. Al Insyirah : 5)*

*Nyatakan perasaan, hentikan penyesalan, maafkan kesalahan, tertawakan kenangan, kejar impian. Hidup terlalu singkat untuk dipakai meratap
(Fiersa Besari)*

*Learn from yesterday, live for today, hope for tomorrow
(Albert Einstein)*

*Pilih dan pilhalah temanmu sebaik mungkin, agar kamu mendapatkan teman terbaik
(Nia Mardanti)*

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa mencurahkan Nikmat, Rahman, Rahim, hidayah, inayah, serta ketetapan iman dan islam-Nya dalam menjalankan kehidupan ini.

Shalawat beriring salam selalu tercurahkan kepada sang uswatun hasanah, khotamun nabiyyin, Nabi agung Muhammad SAW.

Dengan penuh rasa syukur dan bangga kupersembahkan goresan tinta dalam sebuah karya kecilku sebagai rasa bukti, sayang, dan cintaku kepada:

Orangtuaku tercinta

Pak, Mak terimakasih atas segala doa, kasih sayang, perhatian, dan semangat yang tulus dan tidak pernah putus dalam mengiringi setiap langkahku sehingga hari-hari terasa begitu indah dan ceria.

Rasa hormat dan bakti saya kepada
Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc. Ph.D.

Bapak ibu Dosen Jurusan Kimia
Atas segala dedikasi, ilmu, dan moral yang telah diberikan kepada penulis
sealama menempuh Pendidikan di kampus.

Sahabat-sahabat terbaik yang selalu mengingatkanku dalam kebaikan dan taat, selalu memberikan keceriaan, hadir dikala suka duka, menuntut ilmu bersama, menitih hari guna mencapai ridho Allah SWT.

Serta
Almamaterku tercinta

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rohman, rohim, hidayah dan karunia-Nya yang tidak pernah terputus dan selalu sebagai sumber kekuatan bagi penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Sintesis, Karakterisasi dan Uji Bioaktivitas Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat Sebagai Disinfektan”** sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dengan segala do'a dan kerendahan hati, penulis mengucapkan *jazakumullah khoyron katsir wa jazakumullah ahsanal jaza'* kepada:

1. Kedua orangtuaku, Bapak Marbani dan Ibu Jumiati yang selalu menjadi kekuatan untuk terus berjuang meraih ridho Allah SWT, sukses didunia dan akhirat, selalu memberikan motivasi untuk terus berjuang dan selalu bangkit dari keterpurukan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pak, mak terimakasih atas segala cinta, kasih sayang dan segala pengorbanan yang telah engkau berikan untukku, segala upaya pun tak dapat dan tidak akan cukup untuk membalas jasa-jasamu. Semoga Allah SWT hadiahkan *Jannah*-Nya untukmu, *Aamiin yaa Robbal'alamin*.
2. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi. S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing I yang telah memberikan segala ilmu, motivasi, arahan, serta bimbingan terbaiknya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi dengan waktu yang tepat. Semoga Allah SWT catat sebagai amal *jariyah* dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan bapak.
3. Ibu Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing II atas waktu dan ilmu yang telah didedikasikan dengan penuh kelembutan, kesabaran, dan

keikhlasan selama memberikan bimbingan penelitian. Sehingga penulis dapat menjalankan tanggung jawab terhadap diri sendiri dan orangtua. Semoga Allah SWT catat sebagai amal *jariyah* dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan ibu.

4. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku pembahas dalam penelitian atas segala ilmu, masukan dan nasihat yang telah didedikasikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga Allah SWT catat sebagai amal *jariyah* dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan bapak.
5. Bapak Prof. Suharso, Ph.D selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan masukan, saran dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT catat sebagai amal *jariyah* dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan bapak.
6. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila.
7. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Unila.
8. Bapak Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila atas segala ilmu, nasihat, arahan, motivasi, dan waktu yang telah diberikan selama penulis menempuh perkuliahan. Semoga Allah SWT catat sebagai amal *jariyah* dan melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya dalam kehidupan bapak ibu.
9. Bapak Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan FMIPA Unila.
10. Mba Liza Apriliyana selaku laboran Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik atas arahan dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik. Semoga Allah SWT melimpahkan rohman dan rohim-Nya serta Allah SWT permudah dalam segala urusan.
11. Adikku tersayang Nikles Ramadansyah yang selalu memberikan candaan, kebahagiaan dan rasa emosi yang tak berarti. Tidak lupa juga kepada mbahku tercinta Alm. Mbah Muk Saunah yang semasa hidupnya selalu sabar membimbing dan merawat penulis sejak kecil dan selalu memberikan motivasi yang selalu diingat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

12. Sahabat-sahabat terbaikku “AICHAKADOTH”: Hayunna, Hamida Turrohma, Salsa Fatimahtuzzahra, Amalliatul Karomah dan *my sister* Fitry Rahmawaty yang selalu memberikan semangat, canda tawa, motivasi, emosi, *tebengan* dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sangat baik dan penuh semangat. Semoga Allah SWT senantiasa mempermudah setiap langkah dalam hidup kalian dan persahabatan kita bisa terjaga sampai jadi *mbah-mbah* serta dapat dipertemukan di *Jannah-Nya* oleh Allah SWT. *Aamiin yaa Robbal'alamin*.
13. Sutopo Hadi's *Research* : Gustin Lestiani, Mey Dhea Tami Putri, Natasha Azaria, percayalah hasil tidak akan pernah mengkhianati proses dan setelah datangnya hujan pasti akan muncul pelangi yang indah. Terimakasih telah berjuang bersama, saling menguatkan serta saling membantu satu sama lain hingga bisa sampai pada titik ini. Semoga kita dapat dipertemukan kembali dititik terbaik dalam hidup kita. *Mba* Cindy Monna C.L.A, *mba* Aisyah Larasaty, *mba* Dini Aulia, *mba* Retta, *mba* Anggit dan kak Ahmad Alfarizi terimakasih telah memberikan arahan dan nasihat selama penelitian.
14. *Bestie* “Mn pai” Jilda Sofiana D, Wulandari, Mega Muryani, Rizkanalia Pumitta, Khoiriyah Dea Setiyana, dan Khairunnisa yang selalu memberikan keceriaan di kosan wisma A3 Agsi dengan segala *jokes* dan dunia makan-makan. Semoga senantiasa diberkahi oleh Allah SWT dan diberi kelancaran disetiap langkah kalian.
15. Sahabat “*Comingsoon S.Si*” Ika Wahyu Lestari dan Intan Fajarrini yang selalu memberikan semangat dan candaan yang tidak berarti kepada penulis.
16. Keluarga besar kimia Angkatan 2018 dan kelas B “Bersantuy” yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, semoga kalian selalu dalam lindungan Allah SWT dan selalu diberikan kelancaran.
17. Teman sepejuangan sedari Sekolah Menengah Atas (SMA): Dwi Nur Laila dan Selvy Hidayanti yang selalu memberikan suasana baru saat berkumpul dengan penuh keceriaan dan selalu memberikan motivasi kepada penulis, semoga kalian selalu dalam lindungan Allah SWT.
18. Pak Rudi, bu Endang, *mba* Yuni, *mas* Nomo, segala pihak Jurusan Kimia, Dekanat FMIPA Unila dan seluruh pihak yang senantiasa membantu dalam

kelancaran sistem akademik, penelitian, penyusunan skripsi, dan selama penulis menjalani perkuliahan di Jurusan Kimia FMIPA Unila.

19. Adik-adik kimia 2019: Alfonsa Maurena W, Munifah, Cantona Sasmitha, Sabrina Ocha F, semangat selalu dan semoga selalu diberi kemudahan oleh Allah SWT disegala urusannya.

Terima kasih atas segala bantuan dan dukungan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga segala sesuatu yang diberikan terhitung sebagai amal *jariyah* oleh Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi semoga dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya rekan-rakan mahasiswa. *Aamiin*.

Bandar Lampung, 10 Agustus 2022
Penulis,

Nia Mardanti

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	5
1.3. Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Senyawa Organologam.....	6
2.2. Timah.....	8
2.3. Senyawa Organotimah.....	9
2.3.1. Senyawa Organotimah Halida	10
2.3.2. Senyawa Organotimah Karboksilat	11
2.3.3. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida	12
2.4. Aplikasi Organotimah	15
2.5. Analisis Senyawa Organotimah	16
2.5.1. Analisis Senyawa Organotimah dengan Spektroskopi <i>Infra Red</i> (IR)	17
2.5.2. Analisis Senyawa Organotimah dengan Spektroskopi <i>UV-Vis</i>	19
2.5.3. Analisis dengan Spektrofotometer NMR (<i>Nuclear Magnetic Resonance</i>).....	21
2.5.4. Analisis Unsur dengan <i>Microelemental Analyzer</i>	22
2.6. Bakteri	23
2.6.1. Bakteri <i>S. aureus</i>	26
2.6.2. Bakteri <i>Salmonella sp.</i>	29
2.7. Disinfektan	32
III. METODE PENELITIAN	35
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.2. Alat dan Bahan	35
3.3. Prosedur Penelitian.....	36
3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat	36
3.3.2. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan	37
3.3.2.1. Penyiapan Media Uji	38
3.3.2.2. Peremajaan Bakteri	38
3.3.2.3. Pembuatan Larutan Bakteri	39

3.3.2.4. Pembuatan Larutan Disinfektan.....	39
3.3.2.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat	44
4.1.1. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat	44
4.1.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat	46
4.2. Karakterisasi Senyawa Hasil Sintesis.....	48
4.2.1. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer IR	48
4.2.2. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	53
4.2.3. Karakterisasi Menggunakan Spektroskopi NMR	58
4.2.4. Analisis Unsur Menggunakan <i>Microelemental Analyzer</i>	64
4.3. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis Sebagai Disinfektan	65
V. SIMPULAN DAN SARAN	76
5.1. Simpulan.....	76
5.2. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Serapan karakteristik IR untuk asam-asam karboksilat	18
2. Serapan IR gugus fungsi pada organotimah karboksilat	19
3. Nilai geseran kimia untuk $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$	22
4. Bilangan gelombang untuk gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dan trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat ...	51
5. Bilangan gelombang gugus-gugus yang terdapat pada senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat.....	53
6. Perbandingan pergeseran λ_{maks} senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dengan trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat.	56
7. Perbandingan pergeseran λ_{maks} senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida dengan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat.....	58
8. Pergeseran kimia $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat	61
9. Pergeseran kimia $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat.....	63
10. Hasil mikroanalisis unsur	64
11. Hasil uji senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>S. aureus</i>	72
12. Hasil uji senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i>	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Asam benzoat	11
2. Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida.....	13
3. Asam 3-hidroksibenzoat.....	14
4. Asam 3-nitrobenzoat	14
5. Reaksi sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat.....	14
6. Reaksi sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat	15
7. Diagram alir penelitian.....	43
8. Padatan senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat.....	45
9. Reaksi sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat.....	45
10. Padatan senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat	47
11. Reaksi sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat	47
12. Spektum IR senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida	49
13. Spektum IR senyawa (a). trifeniltimah(IV) hidroksida (b). trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat.....	50
14. Spektum IR senyawa (a). trifeniltimah(IV) hidroksida (b). trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat	52
15. Spektrum UV senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida	54
16. Perbandingan spektrum UV (a). senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida (b). Senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat.	55
17. Perbandingan spektrum UV (a). senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida (b). Senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat.....	57
18. Spektrum (a). $^1\text{H-NMR}$ dan (b). $^{13}\text{C-NMR}$ senyawa trifeniltimah(IV) 3- hidroksibenzoat.....	59
19. Penomoran struktur senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat.....	61

20. Spektrum (a). ^1H -NMR dan (b). ^{13}C -NMR senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat..... 62
21. Penomoran struktur senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat 64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Rendemen Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat ...	88
2. Perhitungan Rendemen Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat.....	89
3. Perhitungan Presentase Kandungan Unsur Teoritis	91
4. Pembuatan dan Pengenceran Larutan Disinfektan	93
5. Hasil Uji Senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>S. aureus</i>	95
6. Hasil Uji Senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat terhadap bakteri <i>Salmonella sp.</i>	96

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infeksi merupakan masalah bagi kesehatan baik di negara berkembang ataupun negara maju. Di Indonesia, infeksi menjadi salah satu penyebab utama kematian ibu dan bayi baru lahir serta menyebabkan perpanjangan masa rawat inap bagi penderita (Depkes RI, 2011). Infeksi disebabkan oleh mikroorganisme patogen, seperti virus, bakteri, jamur, atau parasit. Tempat yang penuh resiko akan sumber infeksi dengan jumlah mikroorganisme yang tinggi adalah rumah sakit (Caroline dkk., 2016). Beberapa mikroorganisme yang berpotensi menjadi patogen yang menginfeksi pasien diantaranya *S. aureus*, *Bacillus anthracis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, dan *Serratia marcescens* (Saleh dkk., 2015). Salah satu infeksi yang sampai saat ini masih menjadi permasalahan di dunia yaitu infeksi nosokomial. *Healthcare Associated Infections* (HAIs) yang dikenal dengan sebutan infeksi nosokomial yaitu infeksi yang didapat di rumah sakit > 48 jam sesudah masuk rumah sakit, dan saat masuk rumah sakit tidak dalam masa inkubasi suatu penyakit infeksi (Depkes RI, 2011). Kasus infeksi nosokomial di Indonesia sendiri berada pada angka 15,74%, angka ini cukup tinggi dimana melampaui kasus pada negara maju dengan hanya 4,8-15,5% kejadian (Sapardi dkk., 2018).

Bakteri *S. aureus* merupakan bakteri penyebab infeksi terbesar didunia (Afifurrahman dkk., 2014) yaitu sebanyak 5,7% sampai 19,1% (WHO, 2010). Infeksi oleh *S. aureus* ditandai dengan kerusakan jaringan yang disertai abses bernanah. Bakteri *S. aureus* bersifat patogen dan mudah menular karena bakteri

ini menyebar di udara sehingga dapat mengkontaminasi lingkungan serta penyebab utama penyakit infeksi nosokomial, sindroma syok dan keracunan makanan. Infeksi dapat diperoleh secara endogen yang berasal dari flora normal pasien itu sendiri maupun secara eksogen apabila bakteri ini diperoleh dari orang lain atau benda-benda di lingkungannya seperti alat-alat medis, ataupun alat dan lingkungan rumah sakit (Sleigh *and* Morag, 1994).

Bakteri *S. aureus* menjadi masalah infeksi nosokomial serius di rumah sakit dan tempat perawatan kesehatan lainnya (Khan *et al.*, 2018). Menurut Darmadi (2008) lingkungan pada rumah sakit yang tidak bersih dapat menyebabkan infeksi nosokomial, karena mikroorganisme penyebab infeksi nosokomial dapat tumbuh dan berkembang pada lingkungan rumah sakit yang tidak bersih. Oleh karena itu perlu diterapkannya suatu *universal precaution* (tindakan pengendalian infeksi sederhana) seperti pembuangan sampah dengan benar serta peningkatan dalam hal kesterilan alat dan lingkungan rumah sakit (Heriyati dkk., 2020). Peningkatan kesterilan dapat dilakukan dengan menggunakan suatu bahan antiseptik seperti halnya disinfektan.

Disinfektan adalah senyawa kimia yang mempunyai sifat bakteristatik dan bakterisidal yang digunakan untuk mencegah terjadinya infeksi atau pencemaran mikroorganisme seperti bakteri dan virus, juga untuk membunuh atau menurunkan jumlah mikroorganisme (Waluyo, 2005). Disinfektan biasanya mengandung glutaraldehid dan formaldehid (Larasati dkk., 2020). Penggunaan disinfektan bekerja dengan kuat dengan membentuk suatu radikal bebas yang dapat bereaksi dengan gugus tiol dalam protein, lipid, dan asam nukleat. Mekanisme reaksi tersebut akan mampu mencegah berfungsinya protein dan asam nukleat pada mikroorganisme dan menghambat proses replikasinya sehingga mikroorganisme dapat mati (Pottage *et al.*, 2010).

Proses disinfeksi dapat menghilangkan 60%-90% jasad renik terutama pada benda mati. Disinfektan digunakan secara luas untuk sanitasi baik di rumah tangga, laboratorium dan rumah sakit (Shaffer, 2013). Oleh karena itu, proses disinfeksi

sangat penting dilakukan secara rutin untuk mencegah penularan bakteri maupun virus yang berada di lingkungan sekitar. Namun, zat kimia yang digunakan pada disinfektan cenderung berbahaya untuk manusia, hewan, dan tumbuhan sekitar (Koh, 2020).

Penggunaan cairan disinfektan saat ini menjadi sebuah kontroversi dimana penggunaan zat-zat kimia seperti klorin hanya dianjurkan dan dapat berfungsi efektif untuk virus yang menempel pada benda mati, sebaliknya zat tersebut akan berbahaya jika digunakan untuk tubuh manusia (Riani, 2020). Dampak bila tidak digunakannya disinfektan sesuai dengan peruntukannya yang paling umum adalah dapat menimbulkan iritasi (Lachapelle, 2014). Iritasi yang dapat muncul adalah iritasi kulit, jalur pernapasan, mata, dan dapat menimbulkan keracunan (Larasati dkk., 2020). Selain itu kandungan benzalkonium klorida yang umumnya terdapat dalam disinfektan dapat memberi dampak iritasi non-lokal, gatal-gatal, dan rasa terbakar jika terkena kulit dengan lama waktu tertentu. Hal tersebut menjadi pemicu perlunya dilakukan pencarian zat lain yang dapat digunakan sebagai disinfektan namun juga aman bagi penggunaannya. Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan senyawa-senyawa anorganik, salah satu senyawa anorganik yang diketahui memiliki aktivitas biologis adalah organotimah (Cotton *and* Wilkinson, 2007).

Senyawa organotimah diketahui memiliki bioaktivitas yang cukup tinggi, diantaranya yaitu sebagai antivirus (Singh *et al.*, 2000), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011), antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antikanker (Hadi *and* Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012), antihipertensi (Sadiq-Ur-Rehman *et al.*, 2013), biosidal (Tariq *et al.*, 2013), antiinflamasi (Kadu *et al.*, 2015), sitotoksik dan antimikroba (Galvan-Hildago *et al.*, 2017), antimikroba (Bonire, 1985; Annisa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018), dan antimalaria (Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2020). Senyawa organotimah juga tidak berbahaya bagi tubuh selama masih dalam dosis yang sesuai (Javed *et al.*, 2016). Bioaktivitas antibakteri sebagian besar gugus fenil pada organotimah memiliki zona hambat yang relatif tinggi dibandingkan dengan metil namun lebih rendah daripada gugus butil. Akan tetapi, gugus butil

cenderung lebih toksik daripada gugus fenil (Affan *et al.*, 2009; Ahmed *et al.*, 2002).

Salah satu senyawa organotimah(IV) yang telah mendapat banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir adalah organotimah(IV) karboksilat, karena aktivitas biologisnya yang cukup tinggi di antara organotimah dengan ligan lainnya (Cotton *and* Wilkinson, 2007). Kehadiran gugus penarik elektron yang terikat pada atom timah menyebabkan berkurangnya kerapatan elektron dalam senyawa. Kerapatan elektron yang berkurang menyebabkan kereaktifan senyawa terhadap gugus-gugus tertentu. Oleh karena itu, variasi substituen alkil atau aril dalam senyawa organotimah(IV) menunjukkan efek pada aktivitas biologisnya (Pellerito *and* Nagy, 2002). Diketahui senyawa turunan organotimah(IV) berupa trifeniltimah(IV) 3- nitrobenzoat menunjukkan aktivitas yang paling baik sebagai antibakteri dan antimalaria terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* (Hadi *et al.*, 2019). Begitu juga senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat menunjukkan aktivitas yang paling baik sebagai antibakteri dibandingkan dengan difeniltimah(IV) dan dibutiltimah(IV) (Hadi *et al.*, 2021).

Berdasarkan penelitian sebelumnya diketahui senyawa turunan organotimah(IV) karboksilat yang menunjukkan bioaktivitas yang baik dan bersifat aktif sebagai disinfektan terhadap bakteri *S.aureus* dan *Salmonella sp.* yaitu senyawa difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat (Aulia, 2021), senyawa difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat (Putri, 2021), senyawa difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat (Sartika, 2021), serta senyawa difeniltimah(IV) di-3-aminobenzoat dan difeniltimah(IV) di-3-nitrobenzoat (Alfarizi, 2021). Oleh karena itu, pada penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat berupa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat serta karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrometer NMR dan *microelemental analyzer* dan kemudian dilakukan uji bioaktivitasnya sebagai disinfektan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menyintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat.
2. Mengkarakterisasi hasil sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat dengan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer IR, spektrometer NMR dan *Microelemental Analyzer*.
3. Menguji aktivitas senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat sebagai disinfektan terhadap bakteri Gram positif (*S. aureus*) dan bakteri Gram negatif (*Salmonella sp.*).

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menambah informasi mengenai bioaktivitas senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat sebagai disinfektan.
2. Senyawa organotimah(IV) karboksilat yang memiliki aktivitas biologis yang efektif dapat digunakan sebagai disinfektan yang berguna dalam bidang kesehatan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Senyawa Organologam

Senyawa organologam merupakan senyawa yang setidaknya terdapat satu atom karbon dari gugus organik yang berikatan langsung dengan logam. Sebagai contoh suatu alkoksida seperti $(C_3H_7O)_4Ti$ bukan termasuk senyawa organologam, karena gugus organiknya terikat pada Ti melalui atom oksigen. Sedangkan senyawa $(C_6H_5)Ti(OC_3H_7)_3$ merupakan suatu senyawa organologam karena terdapat satu ikatan langsung antara karbon C dari gugus fenil dengan logam Ti. Dari bentuk ikatan pada senyawa organologam, senyawa tersebut dapat dikatakan sebagai jembatan antara kimia organik dan anorganik (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Organologam pada umumnya memiliki sifat yakni adanya atom karbon yang bersifat lebih elektronegatif dari kebanyakan logam yang dimilikinya. Beberapa kecenderungan jenis-jenis ikatan yang terbentuk dari senyawa organologam yaitu sebagai berikut:

1. Senyawaan ionik dari logam elektropositif

Pada umumnya senyawaan organologam dari logam yang relatif sangat elektropositif bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik, dan sangat reaktif terhadap udara dan air. Senyawa tersebut akan dapat terbentuk jika radikal pada logam terikat pada logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, seperti logam pada alkali atau alkali tanah. Kereaktifan dan kestabilan senyawaan ionik ditentukan dari satu bagian yakni ditentukan oleh kestabilan

ion karbon. Delokalisasi elektron yang memperkuat kestabilan dari garam logam ion-ion karbon agar lebih stabil walaupun masih relatif reaktif.

Contohnya gugus dari senyawa organik dalam garam-garam seperti $(C_5H_5)_2Ca^{2+}$.

2. Senyawaan yang terikat non-klasik

Banyak senyawaan organologam terdapat jenis ikatan logam pada karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk pasangan elektron/kovalen atau ionik. Contohnya, dari golongan alkali yang terdiri dari Li, Be, dan Al yang memiliki gugus alkil berjembatan. Dalam hal ini, atom ada yang memiliki sifat kekurangan elektron contohnya pada atom boron pada $B(CH_3)_3$. Pada atom B termasuk golongan IIIA, yang memiliki 3 elektron valensi, sehingga cukup sulit untuk membentuk oktet pada konfigurasinya dalam senyawaan. Pada atom B ada kecenderungan untuk memanfaatkan orbital-orbital kosong yakni dengan menggabungkannya pada gugus suatu senyawa yang memiliki kelebihan pasangan elektron yang menyendiri senyawa ini dibagi menjadi dua golongan

- a. Senyawa organologam yang terdapat gugus-gugus alkil berjembatan.
- b. Senyawa organologam yang terbentuk diantara logam-logam transisi dengan alkuna, alkena, benzen, dan senyawa organik yang bersifat tak jenuh lainnya (Cotton dan Wilkinson, 1989).

3. Senyawaan yang memiliki ikatan $-\sigma$ (sigma)

Senyawaan dari organo dimana sisa organiknya yang terikat pada suatu atom logam dengan suatu ikatan dapat digolongkan sebagai ikatan kovalen (masih terdapat karakter-karakter ionik dari senyawaan ini) yang dibentuk oleh kebanyakan logam dengan keelektronegatifan yang relatif lebih kecil dari golongan pertama diatas, yang dengan hubungan beberapa faktor berikut ini:

- a. Pengaruh dari perbedaan keelektronegatifan dari ikatan logam-karbon (M- C) atau ikatan karbon-karbon (C-C).

- b. Keasaman dari asam lewis sehubungan dengan kulit valensi yang tidak penuh contohnya pada BR_2 atau koordinasi yang tidak jenuh seperti ZnR_2 .
- c. Kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi, contohnya pada SiR_4 yang tidak tampak dalam CR_4 .
- d. Kemampuan donor dari aril atau alkil dengan pasangan elektron menyendiri.

2.2. Timah

Timah atau *stannum* (Sn) merupakan suatu unsur yang memiliki nomor atom 50 dan berwarna putih keperakan yang sulit untuk dioksidasi oleh udara pada suhu ruang. Timah dalam tabel periodik termasuk golongan IVA dan berada pada periode 5 bersama-sama dengan karbon, silikon, germanium, dan timbal. Timah memiliki berat molekul 118,71 sma, dengan titik didih sebesar 2270°C . Timah bersifat lebih elektronegatif jika dibandingkan dengan timbal, tetapi memiliki sifat lebih elektropositif dibandingkan karbon, silikon, dan germanium (Dainith, 1990). Timah merupakan logam putih dan titik lebur dari timah 232°C . Timah dapat larut dalam asam dan basa, senyawa-senyawa oksidanya dengan asam atau basa akan membentuk garam. Timah tidak reaktif terhadap oksigen bila dilapisi oksida film dan tidak terhadap air pada suhu biasa, akan tetapi mempengaruhi kilau pada permukaannya (Svehla, 1985).

Timah dalam bentuk senyawanya memiliki tingkat oksidasi +2 dan +4, tingkat oksidasi +4 lebih stabil dari pada +2. Pada tingkat oksidasi +2, timah hanya menggunakan elektron valensi $5p^2$ saja. Sedangkan pada tingkat oksidasi +4, timah menggunakan seluruh elektron valensinya, yaitu $5s^2 5p^2$ dalam ikatan. Sehingga timah dengan tingkat oksidasi +4 lebih stabil dari pada tingkat oksidasi +2. Tetapi perbedaan energi antara kedua tingkat ini rendah (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Timah memiliki tiga bentuk alotrop, yaitu timah abu-abu (α), timah putih (β), dan timah rombik (γ). Timah atau *Stannum* (Sn) pada suhu ruang lebih stabil sebagai logam timah putih (-Sn) dalam bentuk tetragonal. Sedangkan pada suhu rendah, timah putih berubah menjadi timah abu-abu (-Sn) berbentuk intan kubik berupa nonlogam. Perubahan ini terjadi dengan cepat karena timah membentuk oksida film. Peristiwa ini dikenal sebagai plak timah atau timah *plague*. Timah putih mempunyai densitas yang lebih tinggi daripada timah abu-abu (Petrucci, 1999).

2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah adalah senyawa-senyawa yang mengandung sedikitnya satu ikatan kovalen karbon-timah (C-Sn). Sebagian besar senyawa organotimah dapat dianggap sebagai turunan dari $R_n\text{Sn(IV)}X_{4-n}$ ($n = 1-4$) dan diklasifikasikan sebagai mono-, di-, tri- dan tetra- organotimah (IV), tergantung pada jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat. Anion yang terikat (X) biasanya adalah oksida, klorida, fluorida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu tiolat (Pellerito *and* Nagy, 2002).

Senyawa tetraalkil dan tetraaliltimah(IV) sederhana yang merupakan turunan $R_n\text{Sn(IV)}X_{4-n}$ yaitu X merupakan gugus elektronegatif (halida, karboksilat, dan lain-lain) maka sifat asam lewis dan basa lewis meningkat membentuk kompleks dengan bilangan koordinasi yang lebih tinggi. Senyawa $R_3\text{SnX}$ umumnya membentuk kompleks koordinasi lima, yaitu $R_2\text{SnXL}$ dengan bentuk trigonal bipiramidal. Sedangkan senyawa $R_2\text{SnX}_2$ dan $R\text{SnX}_3$ umumnya membentuk kompleks koordinasi enam yaitu $R_2\text{SnX}_2\text{L}_2$ dan $R\text{SnX}_3\text{L}_2$ dengan bentuk oktahedral (Davies, 2004).

Ikatan Sn-X umumnya memiliki derajat ion tertentu bergantung pada anion (X) dan alkil (R). Sebagai contoh, titik leleh dari $(\text{CH}_3)_3\text{SnX}$ bervariasi untuk: fluorida (300°C) > klorida (37°C) > bromida (27°C) > iodida ($3,4^\circ\text{C}$) (Tayer, 1988).

Pemanfaatan senyawa organotimah diantaranya sebagai penstabil dalam produksi plastik, pestisida dalam pertanian, katalis, pelapis kaca, *stabilizer* polivinilklorida, antikanker dan antitumor (Gielen *et al.*, 2003), *antifouling agents* pada cat (Blunden *and* Hill, 1990), antimikroba dan antifungi (Bonire *et al.*, 1998).

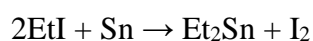
Kemudahan putusnya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lain bervariasi berdasarkan gugus organiknya. Berikut urutan peningkatan kemudahan putusnya ikatan Sn-C sesuai dengan urutan, yaitu:

butil < propil < etil < metil < vinil < benzil < alil < CH₂CN < CH₃COOR (paling tidak stabil). Diketahui empat tipe penstabil timah berdasarkan gugus alkilnya yaitu oktil, butil, fenil, dan metil. Senyawa oktiltimah memiliki kandungan timah paling sedikit dan paling kurang efisien (Van Der Weij, 1981).

Menurut Wilkinson pada tahun 1982, terdapat tiga turunan senyawa organotimah yaitu sebagai berikut:

2.3.1. Senyawa Organotimah Halida

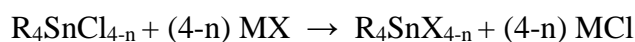
Senyawa organotimah halida merupakan suatu senyawa yang memiliki rumus umum R_nSnX_{4-n} (n = 1-3; X = Cl, Br, I) dengan bentuk padatan berupa padatan kristalin dan sangat reaktif. Senyawa organotimah halida dapat disintesis secara langsung melalui logam timah, Sn(II) atau Sn(IV) dengan alkil halida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



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



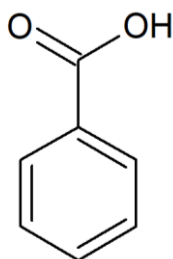
Senyawa organotin klorida juga digunakan sebagai kloridanya sebagai *starting material* (bahan dasar) dengan memakai logam halida lain yang sesuai seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi berikut:



Dimana (X = F, Br atau I; M = K, Na, NH₄⁺) (Wilkinson, 1982).

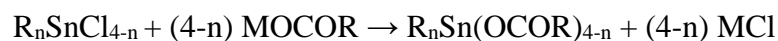
2.3.2. Senyawa Organotin Karboksilat

Senyawa organotin karboksilat R_nSn(O₂CR')_{4-n}, pada umumnya dapat disintesis melalui tiga cara yaitu dari organotin halidanya dengan garam karboksilat, dari organotin oksida atau organotin hidroksida dengan asam karboksilat dan dari pemutusan ikatan Sn-C dengan asam atau merkuri(I) atau merkuri(II) atau timbal(IV) karboksilat. Asam karboksilat yang sering digunakan adalah asam benzoat. Struktur asam benzoat dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut:

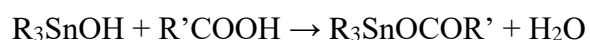
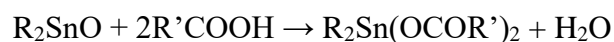


Gambar 1. Asam benzoat

Metode yang biasa digunakan untuk sintesis organotin karboksilat adalah dengan menggunakan organotin halida sebagai material awal. Organotin halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida. Reaksinya adalah sebagai berikut:

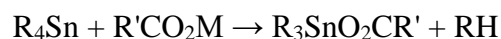
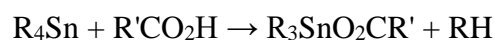


Reaksi esterifikasi dari asam karboksilat dengan organotin oksida atau hidroksida dilakukan melalui dehidrasi azeotropik dari reaktan dalam toluen, seperti ditunjukkan pada reaksi berikut:



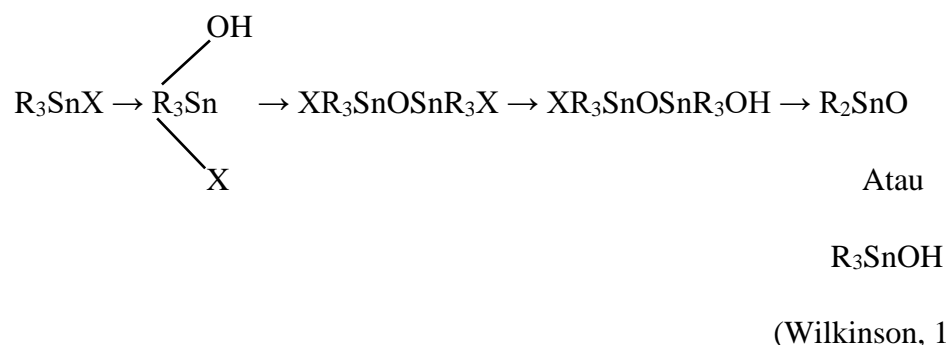
(Wilkinson, 1982).

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

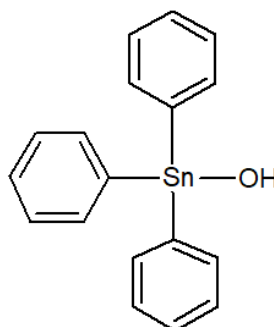


2.3.3. Senyawa Organotin Hidroksida dan Oksida

Produk kompleks yang diperoleh melalui hidrolisis dari trialkiltin halida dan senyawa yang berikatan R_3SnX , merupakan rute utama pada trialkiltin oksida dan trialkiltin hidroksida. Prinsip tahapan intermediet ditunjukkan pada reaksi di bawah ini:



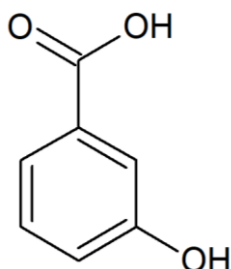
Senyawa organotin oksida dan hidroksida yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida. Senyawa tersebut berperan sebagai material awal yang direaksikan dengan asam karboksilat untuk menghasilkan senyawa trifeniltimah(IV) benzoat. Struktur dari senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida yaitu sebagai berikut:



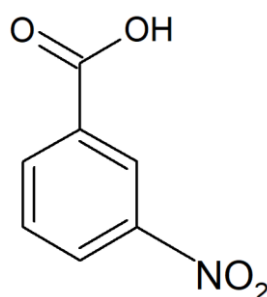
Gambar 2. Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida

Asam 3-hidroksibenzoat dan asam 3-nitrobenzoat merupakan turunan asam benzoat. Asam 3-hidroksibenzoat merupakan senyawa dengan rumus molekul $\text{C}_6\text{H}_4\text{OHCOOH}$ yang berbentuk padatan kristal berwarna putih, dengan titik leleh 203°C dan berat molekul 138 g/mol. Bentuk *meta* dan *para* hidroksi benzoat dapat membentuk ikatan hidrogen intermolekul sehingga dapat memperbesar kelarutan dalam air dibanding dalam bentuk *orto*. Perubahan sifat fisika kimia tersebut berpengaruh terhadap aktivitas analgesik dan antibakteri turunan hidroksi benzoat. Asam 3-nitrobenzoat merupakan suatu senyawa aromatik dengan rumus molekul

$C_6H_4(NO_2)CO_2H$ dan berbentuk padatan putih. Asam 3-nitrobenzoat memiliki berat molekul sebesar 167,12 g/mol dengan titik leleh sebesar 139-141°C dan umumnya larut dalam metanol. Asam 3-hidroksibenzoat dan asam 3-nitrobenzoat ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

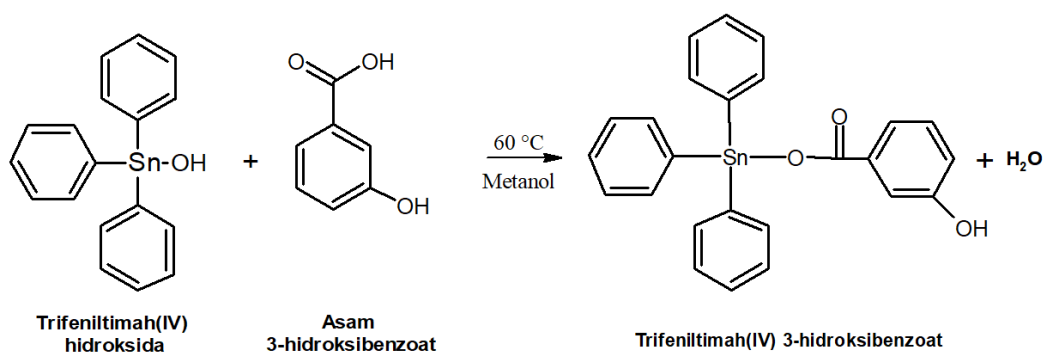


Gambar 3. Asam 3-hidroksibenzoat

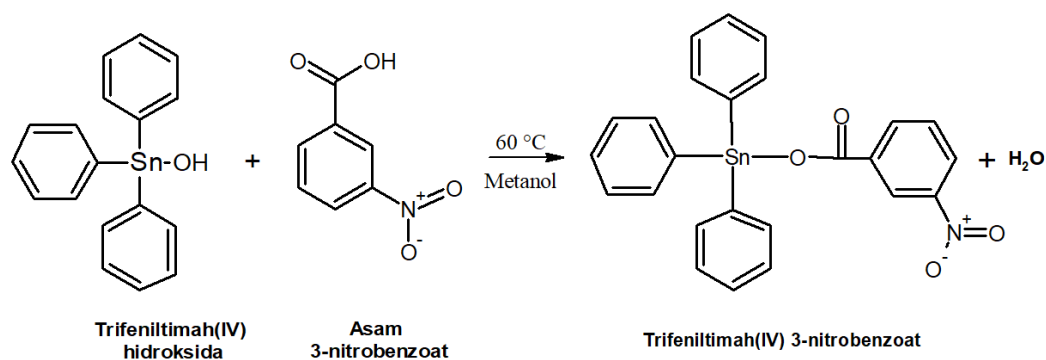


Gambar 4. Asam 3-nitrobenzoat

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan senyawa senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat. Reaksi yang dapat berlangsung yaitu sebagai berikut:



Gambar 5. Reaksi sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat



Gambar 6. Reaksi sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat

2.4. Aplikasi Organotimah

Senyawa organotimah memiliki aplikasi yang sangat luas dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi senyawa organotimah dalam bidang industri antara lain yaitu sebagai senyawa *stabilizer* polivinil klorida, pestisida non-sistematik, 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 (Pellerito and Nagy, 2002).

Senyawa organotimah merupakan katalis yang bersifat homogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan dan untuk sintesis poliester. Mono dan di-organotimah digunakan secara luas sebagai *stabilizer* polivinil klorida untuk mengurangi degradasi polimer polivinil klorida. Empat tipe utama penstabil timah berdasarkan gugus alkilnya yaitu oktil, butil, fenil, dan metil. Oktiltimah diketahui memiliki kandungan timah paling sedikit dan tidak efisien. Ligan-ligan utama yang digunakan untuk membedakan berbagai penstabil timah yaitu asam tioglikolat, ester dan asam karboksilat. Senyawa organotimah yang paling umum digunakan sebagai katalis dalam sintesis kimia yaitu katalis mono dan di-organotimah. (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Senyawa organotimah(IV) telah diketahui memiliki aktivitas biologi yang kuat. Aktivitas biologi ini ditentukan oleh jumlah dan gugus organik yang terikat pada pusat atom Sn. Senyawa organotimah karboksilat diberikan perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologi yang kuat dibandingkan senyawa organotimah lainnya (Mahmood *et al.*, 2003; Pellerito *and* Nagy, 2002).

Kegunaan senyawa organotimah berikutnya antara lain sebagai *biocide*, sebagai pestisida yang pertama kali diperkenalkan di Jerman yaitu dari senyawa trifeniltimah asetat pada akhir 1950-an. Kegunaan yang utama dari agrokimia senyawa organotimah karena senyawa ini relatif memiliki fitotoksisitas (daya racun pada tanaman) yang rendah dan terdegradasi dengan cepat sehingga residunya tidak berbahaya terhadap lingkungan (Cotton dan Wilkinson, 1989).

Senyawa organotimah memiliki rentang aplikasi yang luas dan merupakan salah satu bahan kimia organologam yang paling banyak digunakan. Senyawa organotimah(IV) menunjukkan aktivitas biologis yang signifikan (Kang *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2009; Alama *et al.*, 2009; Affan *et al.*, 2009). Senyawa-senyawa tersebut telah diketahui sebagai antibakterial (Maiti *et al.*, 1988; Gleeson *et al.*, 2008), antijamur (Hadi *et al.*, 2008; Manav *et al.*, 2000; Singh *and* Kaushik, 2008), antitumor (Mohan *et al.*, 1988; Ruan *et al.*, 2011; Hadi *et al.*, 2012; Hadi *and* Rilyanti, 2010), dan antiviral (Singh *et al.*, 2000).

2.5. Analisis Senyawa Organotimah

Pada penelitian ini, untuk membuktikan senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat yang disintesis telah terbentuk dengan baik, maka perlu dilakukan suatu identifikasi. Senyawa organotimah karboksilat dapat diidentifikasi dengan menggunakan spektrofotometer Inframerah (IR), spektrofotometer *UV-Vis*, (Pellerito *and* Nagy,

2002), spektrometer ^{13}C -NMR dan ^1H -NMR serta analisis unsur C, H, N, dan S dengan menggunakan alat *microelemental analyzer*.

2.5.1. Analisis Senyawa Organotimah dengan Spektroskopi *Infra Red* (IR)

Spektrofotometer *Infra Red* (IR) merupakan salah satu alat yang dapat memberikan informasi mengenai adanya suatu gugus fungsi dalam suatu senyawa. Pada spektroskopi IR, radiasi infra merah dengan rentangan panjang gelombang dan intensitas tertentu dilewatkan terhadap sampel. Molekul-molekul senyawa pada sampel akan menyerap seluruh atau sebagian radiasi itu. Penyerapan ini berhubungan dengan adanya sejumlah vibrasi yang terkuantisasi dari atom-atom yang berikatan secara kovalen pada molekul-molekul itu (Day dan Underwood, 1998).

Pengukuran menggunakan IR biasanya dilakukan pada daerah dengan panjang gelombang $400\text{-}4500\text{ cm}^{-1}$ yang disebut dengan daerah sedang (*group frequency region*) dimana daerah tersebut merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar IR bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik dan biasanya berhubungan dengan energi untuk vibrasi uluran diatomik. Perbedaan momen dipol pada gugus fungsi menyebabkan suatu senyawa dapat terukur pada spektra IR. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik. Suatu ikatan dalam molekul dapat mengalami berbagai jenis getaran, oleh sebab itu suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu panjang gelombang (Sastrohamidjojo, 1992).

Spektra IR memberikan absorpsi yang bersifat aditif atau bisa juga sebaliknya. Sifat aditif disebabkan karena *overtone* dari vibrasi-vibrasinya. Penurunan absorpsi disebabkan karena kesimetrian molekul, sensitifitas alat, dan aturan seleksi. Aturan seleksi yang mempengaruhi intensitas serapan IR ialah perubahan momen dipol selama vibrasi yang dapat menyebabkan molekul menyerap radiasi

IR. Dengan demikian, jenis ikatan yang berlainan (C-H, C-C, atau O-H) menyerap radiasi IR pada panjang gelombang yang berlainan (Sudjadi, 1985).

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

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

Serapan inframerah gugus fungsional senyawa organik ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Serapan Karakteristik IR untuk Asam-asam Karboksilat

Tipe Getaran	Posisi Serapan	
	Bilangan Gelombang cm^{-1}	Panjang Gelombang nm
Uluran O-H	2860 - 3300	3,0 – 3,5
Uluran C=O	1700 – 1725	5,8 – 5,88
Uluran C-O	1210 – 1330	7,5 – 8,26
Tekukan O-H	1300 – 1440	6,94 – 7,71
Tekukan O-H dimer	~925	~10,8

(Fessenden *and* Fessenden, 1982).

Dalam sintesis senyawa organotimah(IV), reaksi dapat dilihat pada perubahan spektrum IR dari senyawa awal, ligan, dan senyawa akhir. Daerah yang menjadi fokus perhatian dalam spektrum adalah munculnya puncak karbonil pada spektrum dari senyawa akhir yang menunjukkan telah terjadinya reaksi dari senyawa awal dengan ligan asam karboksilat. Beberapa serapan IR untuk gugus fungsi pada senyawa organotimah karboksilat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Serapan IR Gugus Fungsi pada Organotimah Karboksilat

Vibrasi Ikatan	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
Sn-O ulur	800 – 600
Sn-O-C ulur	1250 – 1000
CO ₂ simetri ulur	1500 – 1400
O-H ulur	3500 – 3100
C=O ulur	1760 – 1600
-NO ₂ ulur	1560 – 1515; 1385 – 1345

(Bonire *et al.*, 1998).

2.5.2. Analisis Senyawa Organotimah dengan Spektroskopi UV-Vis

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 terjadi antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital antiikatan.

Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-200 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$). 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. Di atas 200 nm merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan orbital π terutama sistem π terkonjugasi mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan. Kegunaan spektrofotometer *UV-Vis* ini terletak pada kemampuannya mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik di dalam suatu molekul. Spektrofotometer ini dapat secara umum membedakan diena terkonjugasi dari diena tak terkonjugasi, diena terkonjugasi dari triena dan sebagainya. Letak

serapan dapat dipengaruhi oleh substituen dan terutama yang berhubungan dengan substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1985).

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

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

Identifikasi kualitatif senyawaan organik dalam daerah ini jauh lebih terbatas daripada dalam daerah inframerah, dikarenakan pita serapan pada daerah *UV-Vis* terlalu lebar dan kurang terperinci. Tetapi gugus-gugus fungsional tertentu seperti karbonil, nitro, dan sistem tergabung menunjukkan puncak karakteristik dan dapat diperoleh informasi yang berguna mengenai ada tidaknya gugus tersebut dalam suatu molekul (Day dan Underwood, 1998).

2.5.3. Analisis dengan Spektrofotometer NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*)

Spektrofotometri NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) merupakan salah satu cara analisis yang berhubungan dengan sifat magnet dari inti atom dalam suatu molekul. Spektrofotometer NMR mempelajari tentang molekul senyawa organik maupun anorganik yang dianalisis secara spektrofotometri resonansi magnet inti sehingga didapatkan gambaran perbedaan sifat magnet dari berbagai inti yang ada dan untuk menduga letak inti yang terdapat dalam suatu molekul. Spektrometri NMR yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu spektrometri ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR. Dari spektrum ^1H -NMR, akan dapat diduga adanya beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul, serta jumlah atom hidrogen yang ada pada atom karbon tetangga. Adapun pada spektrum ^{13}C -NMR dapat diketahui keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, ataupun kuarterner (Sudjadi, 1985).

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

Pergeseran kimia dapat dianggap sebagai ciri bagian tertentu struktur. Misalnya, pergeseran kimia proton dalam gugus metil sekitar 1 ppm ataupun struktur bagian lainnya. Pada intensitas sinyal terintegrasi sebanding dengan jumlah inti yang relevan dengan sinyalnya. Hal ini akan sangat membantu dalam penentuan

struktur, bahkan bila $^1\text{H-NMR}$, pergeseran kimia adalah satu-satunya informasi yang dihasilkan oleh spektroskopi NMR, nilai informasi dalam penentuan struktural senyawa organik sangat besar maknanya. Selain itu, spektroskopi NMR dapat memberikan informasi tambahan yakni informasi yang terkait dengan kopling *spin-spin* (Takeuchi, 2006).

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

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

(Settle, 1997).

2.5.4. Analisis Unsur dengan *Microelemental Analyzer*

Mikroanalisis merupakan salah satu cara yang digunakan untuk menentukan kandungan unsur penyusun suatu senyawa yang dilakukan dengan menggunakan *microelemental analyzer*. Umumnya unsur yang ditentukan yaitu karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Alat yang biasanya digunakan untuk

tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai CHNS *microelemental analyzer*. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini kemudian dibandingkan dengan perhitungan secara teori. Walaupun hasil yang diperoleh sering berbeda, perbedaan biasanya antara 1-2%, namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian suatu sampel (Costech Analytical Technologies, 2011).

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

2.6. Bakteri

Mikroorganisme merupakan suatu organisme yang memiliki ukuran sangat kecil atau mikroskopis dan hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Organisme terdiri dari lima kelompok yaitu bakteri, protozoa, virus, alga, dan jamur mikroskopis (Pelczar dan Chan, 1986).

Bakteri merupakan organisme hidup bersel tunggal, memiliki DNA dan RNA dan tidak memiliki klorofil. Sebagian besar bakteri memiliki ukuran yang sangat kecil misalnya kokus bergaris tengah sehingga tidak dapat dilihat oleh mata. Bakteri dapat melakukan metabolisme, tumbuh dan juga berkembang biak. Lapisan terluar bakteri terdiri dari dua komponen yakni dinding sel yang kaku dan membran sitoplasma atau membran plasma. Di dalamnya terdapat sitoplasma seperti ribosom, mesosom, granula, vakuola, dan inti sel.

Sel bakteri umumnya diliputi oleh lapisan berupa gel yang mudah lepas atau tersusun sebagai suatu simpai. Selain itu beberapa bakteri juga mempunyai struktur tumbuhan lain seperti filamen yang menonjol keluar dari permukaan sel yaitu *flagella* dan *fimbria*. Dimana *flagella* berfungsi sebagai alat penggerak dan *fimbria* berfungsi sebagai alat untuk melekatkan diri (Gupte, 1990).

Umumnya, masing-masing bakteri memiliki fungsi dan peranan tertentu. Bakteri tanah berperan dalam siklus zat yang bersifat khas misalnya siklus nitrogen, fosfor, dan lainnya yang memiliki manfaat yang tinggi pada rantai makanan makhluk hidup. Bakteri secara umum melakukan fungsi sebagai dekomposer yakni penguraian zat hara dalam tanah. Bakteri berinteraksi dengan lingkungan fisik dan kimia untuk menghasilkan metabolit yang khas. Fungsi lainnya yaitu sebagai penghasil enzim dalam berbagai proses yang berguna bagi kehidupan (Syauqi, 2017).

Namun, selain bakteri yang memiliki banyak manfaat, ada sebagian bakteri yang dapat menyebabkan kerugian dan bersifat patogen sehingga dapat menyebabkan berbagai penyakit. Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang terdapat di air misalnya. Contoh lainnya yakni *E. coli* dalam usus halus dapat menyebabkan penyakit *gastroenteritis* atau penyakit diare akut. Bakteri *S. aureus* yang tahan terhadap klorinasi, dapat menyebabkan infeksi pada mata, telinga, dan kulit. Bakteri-bakteri lain yang menyebabkan penyakit diantaranya *Salmonella sp*, *Bacillus cereus*, dan *Clostridium difficile* (Syauqi, 2017).

Bakteri dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok sebagai berikut:

1. Bakteri berdasarkan bentuknya dibagi menjadi 3 yaitu: Bentuk bulat/*coccus* misalnya *Staphylococcus* dan *Streptococcus*, bentuk batang/*basil* misalnya *E. coli*, *Proteus*, *Pseudomonas*, serta bentuk lengkung/*spiral* misalnya *Vibrio sp*.
2. Bakteri berdasarkan hubungannya dengan manusia dikategorikan menjadi 3 golongan: Golongan bakteri Simbion yaitu golongan bakteri yang saling menguntungkan terhadap manusia, contohnya kuman yang terdapat dalam

saluran pencernaan khususnya usus besar. Golongan bakteri yang tidak membahayakan atau komensal, bakteri ini merupakan flora normal manusia. Golongan bakteri oportunistis yaitu bakteri yang membahayakan bagi kehidupan manusia. Tetapi perlu dipahami bahwa pada keadaan tertentu simbiosis bisa menjadi oportunistis dan kemudian menjadi patogen.

3. Berdasarkan sifat Gram dibagi menjadi 2 yaitu: Gram positif dan Gram negatif (Notoatmodjo, 2002).

a. Bakteri Gram Negatif

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

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

b. Bakteri Gram Positif

Bakteri Gram positif adalah bakteri yang mempertahankan zat warna kristal *violet* sewaktu proses pewarnaan Gram sehingga akan berwarna ungu di bawah mikroskop. Perbedaan Gram positif dan Gram negatif didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel yang berbeda dan dapat dinyatakan oleh prosedur pewarnaan Gram (Jawetz dkk., 2005). Bakteri ini memiliki dinding sel yang dapat menyerap zat warna *violet* serta mempunyai sebuah lapisan peptidoglikan tebal. Adapun contohnya adalah *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Arachnia*, *Bifidobacterium*, *Staphylococcus*, *Propionibacterium* dan *Eubacterium*.

Ciri-ciri bakteri Gram positif yaitu adanya dinding sel yang homogen dengan ketebalan 20-80 nm dan tersusun dari senyawa peptidoglikan. Bakteri Gram positif memiliki bentuk sel berupa batang atau berbentuk filamen dan bulat. Sistem reproduksi dari bakteri Gram positif yaitu melalui pembelahan secara biner, dengan alat gerak berupa *flagella* non-motil, jika tidak mempunyai motil maka menggunakan petritrikus. Karakteristik yang membedakan bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif yaitu komposisi dinding selnya. Pada bakteri Gram positif, beberapa lapisan peptidoglikan bergabung bersama membentuk struktur tebal dan kaku. Sebaliknya, bakteri Gram negatif hanya memiliki lapisan tipis peptidoglikan (Wheelis, 2007).

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

2.6.1. Bakteri *S. aureus*

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif berbentuk bulat, umumnya tumbuh berpasangan dan berkelompok seperti anggur, tidak menghasilkan spora dan tidak motil (Habib dkk., 2015). Bakteri *S. aureus* memiliki diameter 0,5-1,5 μ L dan biasanya tersusun dalam rangkaian tidak beraturan atau membentuk

pasangan atau dalam jumlah 4 sel. Bakteri ini tumbuh dengan cepat pada beberapa tipe media dan dengan aktif melakukan metabolisme, fermentasi karbohidrat dan menghasilkan bermacam-macam pigmen dari warna putih hingga kuning gelap. *S. aureus* mengandung polisakarida dan protein yang berfungsi sebagai antigen yang merupakan substansi penting didalam struktur dinding sel, tidak membentuk spora dan tidak membentuk flage (Jawetz dkk., 2005).

Staphylococcus berasal dari kata *Staphyle* yang berarti kelompok buah anggur dan *coccus* yang berarti benih bulat. *Aureus* berasal dari kata *aurum* yang artinya emas. Adapun klasifikasi taksonomi bakteri *S. aureus* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Monera
Divisio	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Familia	: Staphylococcaceae
Genus	: Staphylococcus
Spesies	: <i>S. aureus</i>

(Cappucino dan Natalie, 2007).

S. aureus tumbuh dengan baik pada berbagai media bakteriologi dibawah suasana aerobik ataupun mikro-aerobik. Bakteri ini tumbuh dalam kaldu nutrisi pada temperatur 37°C namun pembentukan pigmen yang terbaik pada temperatur kamar (20-35°C). Batas-batas suhu pertumbuhan *S. aureus* adalah 15°C dan 40°C, sedangkan suhu pertumbuhan optimum adalah 35°C. Koloni pada media yang padat akan berbentuk bulat, halus, menonjol, dan berkilau- kilau, membentuk berbagai pigmen berwarna kuning keemasan. Bakteri *S. aureus* bersifat anaerob fakultatif dan dapat tumbuh dalam udara yang hanya mengandung hidrogen dan pH optimum untuk pertumbuhannya yaitu 7,4.

Staphylococcus tahan pada kondisi kering, temperatur 50°C selama 30 menit, dan natrium klorida 9% dan dihambat oleh heksaklorofenol 3% (Jawetz dkk., 2005).

S. aureus merupakan bakteri patogenik dan bersifat invasif menghasilkan koagulase dan cenderung untuk menghasilkan pigmen kuning dan menjadi hemolitik. Gambaran infeksi lokal *S. aureus* adalah suatu infeksi folikel rambut, atau suatu abses biasanya suatu infeksi peradangan yang hebat, terlokalisir, sakit, yang mengalami penanahan sentral, luka mengalami nekrosis, kemudian disekitar pembuluh getah bening terjadi koagulasi fibrin, sehingga pada proses nekrosis dibatasi oleh dinding (Paju dkk., 2013) dan dapat sembuh dengan cepat bila nanah dikeluarkan. Beberapa diantaranya tergolong sebagai flora normal pada kulit dan selaput mukosa manusia, menyebabkan penanahan, abses, berbagai infeksi piogen dan bahkan septikemia yang fatal. *S. aureus* adalah patogen agresif yang bertanggung jawab terhadap beragam penyakit dari infeksi kulit ringan hingga kondisi yang mengancam jiwa seperti bakteremia, radang paru-paru, dan endokarditis (Plata dkk., 2009).

S. aureus ditemukan pada pakaian, seprei, dan lingkungan manusia. Salah satu penyakit yang disebabkan oleh bakteri *S. aureus* adalah keracunan makanan, selain itu juga banyak menimbulkan infeksi (Jawetz dkk., 2013). Munculnya resistensi *multidrug* pada *S. aureus* adalah masalah kesehatan masyarakat yang sangat besar dan ada kebutuhan mendesak akan target terapeutik tambahan dan alternatif untuk infeksi yang disebabkan oleh bakteri ini. Bakteri *S. aureus* tahan terhadap pengeringan dan dapat mentoleransi garam dengan konsentrasi tinggi (NaCl 10%) bila ditanam pada media buatan. Pada manusia bakteri ini merupakan flora normal, namun tetap menjadi patogen yang potensial (Madigan dkk., 2012).

2.6.2. Bakteri *Salmonella sp.*

Salmonella adalah bakteri Gram negatif dan terdiri dari famili *Enterobacteriaceae* yang merupakan bakteri penyebab *salmonellosis*. *Salmonella* merupakan bakteri patogenik enterik dan penyebab utama penyakit bawaan dari makanan (*foodborne disease*). Antigen *Salmonella* terdiri dari tiga yakni antigen terluar O, *flagella* H dan kapsul Vi (virulensi). Terdapat lebih dari 2500 serotipe *Salmonella* yang dapat menginfeksi manusia. Namun serotipe yang sering menjadi penyebab utama infeksi pada manusia adalah *S. paratyphi A*, *S. paratyphi B*, *S. paratyphi C*, *S. choleraesuis*, *S. typhi* (Kuswiyanto, 2017). Bakteri ini hidup pada saluran pencernaan manusia dan dapat menyebar melalui makanan, terutama daging, telur dan susu (Tri dan Maria, 2009).

Salmonella merupakan bakteri batang Gram negatif yang pertumbuhannya anaerob fakultatif. Berukuran 1-3,5 μm x 0,5-0,8 μm , besar koloni rata-rata 2-4 mm. *Salmonella* mempunyai *flagella* peritrika yang dapat memberikan sifat motil pada *Salmonella* tersebut. *Flagella* mengandung protein yang disebut *flagellin* yang memberi sinyal bahaya kepada sistem kekebalan tubuh. *Salmonella* adalah organisme yang mudah tumbuh pada medium sederhana, namun hampir tidak pernah memfermentasikan laktosa dan sukrosa (Kuswiyanto, 2017). *Salmonella sp.* bersifat aerob dan anaerob fakultatif, pertumbuhan optimal *Salmonella sp.* pada suhu 37°C dan pada pH 6-8. Bakteri ini sensitif terhadap suhu tinggi, tidak tahan pada suhu lebih dari 70°C sehingga bakteri ini akan mati pada proses sterilisasi basah. Bakteri ini juga dapat mati pada suhu pasteurisasi dan sensitif terhadap pH rendah sekitar kurang dari pH 4 (Pertiwi dkk., 2015).

Taksonomi *Salmonella sp* yaitu sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Divisi	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma proteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae

Genus : Salmonella
 Spesies : *S. typhi*, *S. paratyphi A*, *S. paratyphi B*, *S. choleraesuis*, *S. enteritidis*.

(Kuswiyanto, 2017).

Spesies *Salmonella* dapat dibagi menjadi dua yaitu spesies *typhoidal* dan *non typhoidal*. Kelompok *typhoidal* dapat menyebabkan demam tifoid dan untuk spesies *non typhoidal* dapat menyebabkan diare atau disebut enterokolitis. Spesies *typhoidal* adalah bakteri *S. typhi* dan *S. paratyphi* dan bakteri *S. enteritidis* (Kuswiyanto, 2017).

Demam tifoid ini disebabkan oleh infeksi bakteri *S. typhi* yang merupakan bakteri Gram negatif, motil dan tidak menghasilkan spora. Bakteri ini dapat hidup pada suhu tubuh manusia maupun suhu yang sedikit lebih rendah, serta mati pada suhu 70°C ataupun oleh antiseptik. *S. typhi* mempunyai 3 macam antigen yaitu (Kuswiyanto, 2017)

- Antigen Vi = Kapsul = Merupakan polimer dari polisakarida yang bersifat asam, terdapat pada bagian paling luar badan kuman. Antigen ini dapat rusak dengan pemanasan 60°C selama 1 jam, juga pada penambahan fenol dan asam. Kuman yang mempunyai antigen Vi ternyata lebih virulen, baik terhadap binatang maupun manusia. Antigen Vi juga menentukan kepekaan kuman terhadap bakteriofaga.
- Antigen O = *Ohne Hauch* = antigen somatik. Serupa dengan antigen O pada kuman *Enterobacteriaceae* lainnya. Antigen ini tahan terhadap pemanasan 100°C, alkohol, dan asam. Antibodi yang dibentuk terutama adalah IgM.
- Antigen H = *Hauch*, terdapat pada *flagella* dan bersifat termolabil. Antigen H rusak pada pemanasan di atas 60°C, alkohol, dan asam. Antibodi yang dibentuk bersifat IgG.

Organisme ini bisa kehilangan antigen H dan menjadi tidak motil. Hilangnya antigen O dapat menimbulkan perubahan bentuk koloni yang halus menjadi kasar.

Antigen Vi juga dapat hilang sebagian atau seluruhnya. Antigen ini dapat diperoleh atau hilang pada proses transduksi (Brooks dkk., 2013).

S. typhi, *S. paratyphi A*, dan *S. paratyphi B* infeksi bagi manusia. Transmisi dari bakteri ini biasanya melalui *fecal oral* dan dapat ditularkan kepada manusia ketika manusia mengonsumsi makanan yang tercemar oleh bakteri tersebut. Selain dari makanan juga bisa melalui hewan seperti kotoran reptil, ayam dan bebek yang mengkontaminasi makanan maupun air, lalu makanan dan air tersebut dikonsumsi oleh manusia. *Salmonellosis* ditandai dengan gejala demam yang timbul secara akut, nyeri abdominal, diare, mual dan terkadang muntah (Yuswananda, 2015).

Saat manusia memakan makanan yang sudah tercemar kuman, kemudian kuman masuk ke saluran pencernaan manusia, sebagian kuman mati oleh pH asam lambung dan sebagian kuman masuk ke usus halus. Selanjutnya kuman beraksi dan akan mengalami metabolisme lebih lanjut sehingga bisa masuk ke dalam usus halus melalui dinding usus halus. Setelah berhasil melampaui usus halus, kuman masuk ke kelenjar getah bening, ke pembuluh darah, dan ke seluruh tubuh (terutama pada organ hati, empedu, dan lain-lain). Sehingga feses dan urin penderita bisa mengandung kuman *S. typhi*, *S. paratyphi A*, *B* dan *C* yang siap menginfeksi manusia lain melalui makanan atau minuman yang tercemari. Pada penderita yang tergolong *carrier* bakteri *Salmonella* bisa ada terus menerus di feses dan urin sampai bertahun-tahun.

Setelah memasuki dinding usus halus, *S. typhi*, *S. paratyphi A*, *B* dan *C* mulai melakukan penyerangan melalui sistem limfa ke limfa yang menyebabkan pembengkakan pada urat dan setelah satu periode perkembangbiakan bakteri tersebut kemudian menyerang aliran darah. Aliran darah yang membawa bakteri juga akan menyerang liver, kantong empedu, limfa, ginjal, dan sumsum tulang, bakteri ini kemudian berkembang biak dan menyebabkan infeksi organ-organ ini. Melalui organ-organ yang telah terinfeksi inilah mereka terus menyerang aliran darah yang menyebabkan bakteremia sekunder. Bakteremia sekunder ini

bertanggung jawab sebagai penyebab terjadinya demam dan penyakit klinis (Widodo, 2009).

2.7. Disinfektan

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh jasad renik (bakterisid), terutama pada benda mati. Disinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Disinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikro-organisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri dan protozoa parasit (Bitton, 1994). Bakteri pembentuk spora umumnya lebih resisten terhadap disinfektan dibandingkan bakteri vegetatif. Terdapat juga variasi dari bakteri vegetatif yang resisten terhadap disinfektan dan juga diantara strain yang termasuk dalam spesies yang sama. Sebagai contoh *Legionella pneumophila* lebih tahan terhadap klorin dibandingkan *E. coli*. Secara umum resistensi terhadap disinfeksi berurutan sebagai berikut: bakteri vegetatif < virus enterik < bakteri pembentuk spora (*spore-forming bacteria*) < kista protozoa.

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

Adapun macam-macam jenis disinfektan sebagai berikut.

a. Grup alkohol

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

b. Grup fenol

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

c. Aldehid

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

d. Senyawa Kompleks

Peran senyawa kompleks sebagai disinfektan belum banyak diketahui. Namun, ada salah satu senyawa turunan organotimah yang dapat berfungsi sebagai disinfektan yaitu senyawa turunan tributiltimah. Senyawa tributiltimah oksida dan tributiltimah benzoat telah digunakan sebagai disinfektan namun

penggunaannya dihentikan karena terlalu toksik bagi makhluk hidup non parasit dan dapat mengakibatkan hewan menjadi hermafrodit. Perlu penelitian lebih lanjut tentang turunan senyawa organotimah yang dapat dijadikan bahan disinfektan namun tidak toksik bagi makhluk hidup non parasit (Craig, 2003).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai bulan Mei 2022. Sintesis senyawa uji dan analisis spektrofotometer *UV-Vis* dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik-Fisik, FMIPA, Universitas Lampung. Analisis senyawa menggunakan spektrofotometer IR dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Universitas Lampung. Analisis unsur menggunakan *microelemental analyzer* dan analisis spektrometer NMR dilakukan di *School of Chemical Science and Food Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia*. Pengujian aktivitas sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat-alat gelas dalam laboratorium, thermometer, satu set alat refluks, neraca analitik, oven, desikator, *hot plate stirrer*, spatula, aluminium foil, botol vial, jarum ose bulat, mikropipet, *Laminar Air Flow*, inkubator, Bruker VERTEX 70 FT-IR *Spectrophotometer*, UV Shimadzu UV-245 *Spectrophotometer*, Bruker AV 600 MHz NMR *Spectrophotometer*, dan *Microelemental Analyzer* Fision EA 1108.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida, asam 3-nitrobenzoat, asam 3-hidroksibenzoat, akuades, metanol *p.a.*, dimetil sulfoksida, bakteri *Salmonella sp.*, bakteri *S. aureus*, *nutrient broth* dan *nutrient agar*.

3.3. Prosedur Penelitian

Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sintesis senyawa organotimah(IV) karboksilat berupa senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat, karakterisasi senyawa hasil sintesis, rekristalisasi senyawa hasil sintesis dan uji bioaktivitas senyawa hasil sintesis sebagai disinfektan. Adapun prosedur yang dilakukan dalam masing-masing tahapan yaitu sebagai berikut:

3.3.1. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Organotimah(IV) Karboksilat

Prosedur untuk sintesis senyawa $R_2Sn(OOCR)_2$ ataupun $R_3Sn(OOCR)$ dengan R alkil maupun fenil dilakukan berdasarkan prosedur yang telah dilakukan sebelumnya (Hadi *et al.*, 2009; Hadi and Rilyanti, 2010; Hadi *et al.*, 2012) yang merupakan adaptasi dari Szorcsik *et al.* (2002). Adapun prosedur sintesisnya yaitu sebagai berikut:

a. Sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat

Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida $[(C_6H_5)_3SnOH]$ sebanyak 1,5070 g ($4,1 \times 10^{-3}$ mol) direaksikan dengan asam 3-hidroksibenzoat $[(C_6H_4(COOH)OH)]$ sebanyak 0,5672 g ($4,1 \times 10^{-3}$ mol) dengan perbandingan mol 1:1 dalam pelarut metanol *p.a.* 30 mL dan direfluks dalam waktu 4 jam dengan pemanasan suhu di antara 60-62°C. Setelah reaksi sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan

dikeringkan dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Kristal kering dengan rendemen tertinggi tersebut siap untuk dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR (Sudjadi, 1985), spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer NMR dan analisis kandungan unsur C dan H dengan alat analisis mikroelementer serta dilakukan uji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

b. Sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat

Senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida [(C₆H₅)₃SnOH] sebanyak 1,4222 g ($3,9 \times 10^{-3}$ mol) direaksikan dengan asam 3-nitrobenzoat [(C₆H₄(COOH)NO₂] sebanyak 0,6475 g ($3,9 \times 10^{-3}$ mol) dengan perbandingan mol 1:1 dalam pelarut metanol *p.a.* 30 mL dan direfluks dalam waktu 4 jam dengan pemanasan suhu di antara 60-62°C. Setelah reaksi sempurna, metanol *p.a.* diuapkan dan dikeringkan dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Kristal kering dengan rendemen tertinggi tersebut siap untuk dikarakterisasi dengan spektrofotometer IR (Sudjadi, 1985), spektrofotometer *UV-Vis*, spektrometer NMR dan analisis kandungan unsur C dan H dengan alat analisis mikroelementer serta dilakukan uji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *Salmonella sp.* sebagai bakteri Gram negatif.

3.3.2. Pengujian Senyawa Hasil Sintesis sebagai Disinfektan

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

3.3.2.1. Penyiapan Media Uji

Penyiapan media uji dilakukan dengan pembuatan media kaldu nutrisi (*Nutrient Broth*). *Nutrient Broth* dimasukkan dalam 12 tabung reaksi ukuran 20x150 mm, volume masing-masing dibuat 5 mL. Komposisi perliter terdiri dari pepton 10 g, ekstrak daging 5 g, dan NaCl 5 g.

3.3.2.2. Peremajaan Bakteri

3.3.2.2.1. Peremajaan Bakteri *Salmonella sp.*

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan media kaldu nutrisi (*Nutrient Agar*). *Nutrient Agar* dimasukkan dalam tabung reaksi ukuran 20x15 mm, volume masing-masing dibuat 5 mL, lalu didiamkan dengan keadaan miring selama tiga hari. Bakteri *Salmonella sp.* ditanam pada *Nutrient Agar* miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *Salmonella sp.*, dan digoreskan pada media agar miring steril (*Nutrient Agar*). Kemudian, media yang sudah ditanam bakteri ini, diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.2.2.2. Peremajaan Bakteri *S. aureus*

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan media kaldu nutrisi (*Nutrient Agar*). *Nutrient Agar* dimasukkan dalam tabung reaksi ukuran 20x15 mm, volume masing-masing dibuat 5 mL, lalu didiamkan dengan keadaan miring selama tiga hari. Bakteri *S. aureus* ditanam pada *Nutrient Agar* miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *S. aureus*, dan digoreskan pada media agar miring steril (*Nutrient Agar*). Kemudian, media yang sudah ditanam bakteri ini diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

3.3.2.3. Pembuatan Larutan Bakteri

3.3.2.3.1. Pembuatan Larutan Bakteri *Salmonella sp.*

Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *Salmonella sp.* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 300 mL media *Nutrient Broth* steril. Media berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *Optical Density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.2.3.2. Pembuatan Larutan Bakteri *S. aureus*

Pembuatan larutan bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *S. aureus* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisi 300 mL media *Nutrient Broth* steril. Media berisi bakteri ini selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *Optical Density* larutan bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.2.4. Pembuatan Larutan Disinfektan

3.3.2.4.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0487 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol *p.a.* + DMSO 5% hingga 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.2.4.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat 1×10^{-2} M, dibuat dengan menimbang 0,0516 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol + DMSO 5%, hingga 10 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, menggunakan pelarut metanol *p.a.* + DMSO 5% hingga 5 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya diuji bioaktivitasnya terhadap bakteri.

3.3.2.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri

3.3.2.5.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL larutan bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.2.5.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL larutan bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang

gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.2.5.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL larutan bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.2.5.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus*

Larutan disinfektan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat 5×10^{-3} , 1×10^{-3} , dan 5×10^{-4} M, dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL larutan bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik.

3.3.2.6. Uji Bioaktivitas Pelarut, Kontrol Positif dan Kontrol Negatif Terhadap Bakteri

3.3.2.6.1. Uji Bioaktivitas Pelarut Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan metanol *p.a.* + DMSO 5% dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya ditambahkan 5 mL inokulum bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.2.6.2. Uji Bioaktivitas Pelarut Terhadap Bakteri *S. aureus*.

Larutan metanol *p.a.* + DMSO 5% dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL inokulum bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.2.6.3. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Larutan wipol dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL inokulum bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.2.6.4. Uji Bioaktivitas Kontrol Positif Terhadap Bakteri *S. aureus*.

Larutan wipol dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL inokulum bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

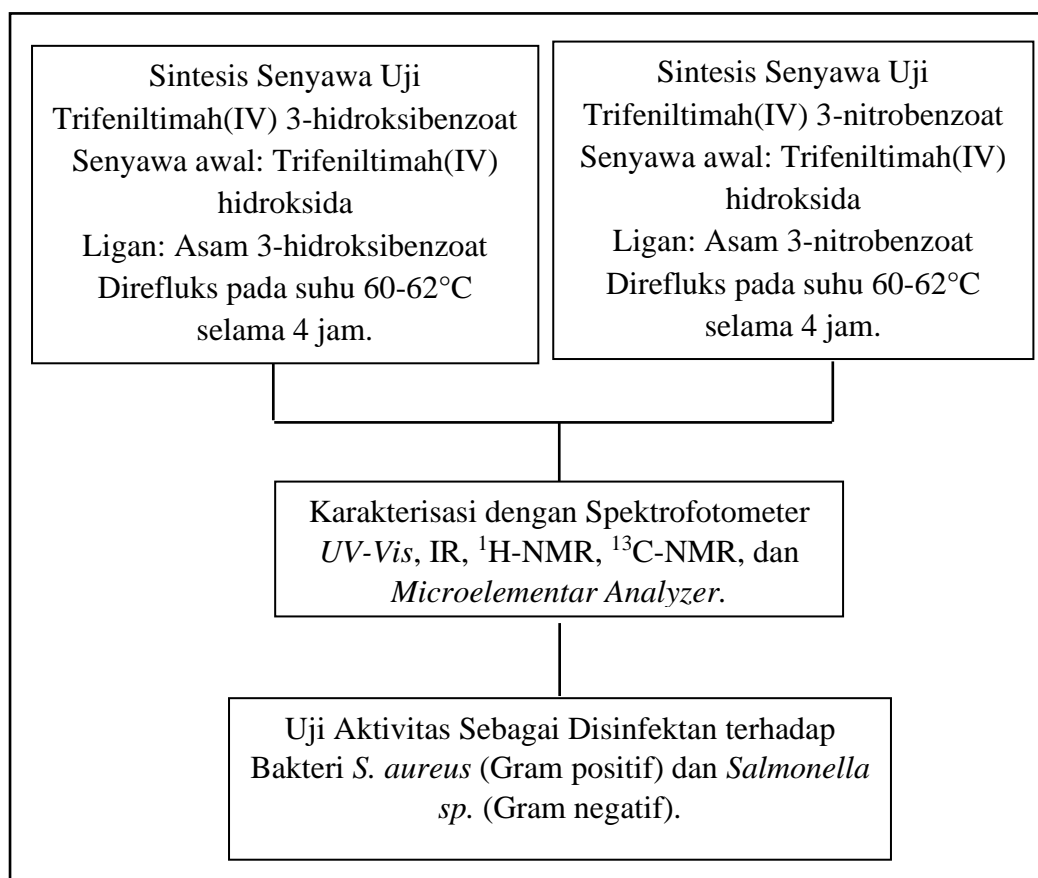
3.3.2.6.5. Uji Bioaktivitas Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *Salmonella sp.*

Nutrient Broth dimasukkan sebanyak 500 μ L ke dalam tiga buah tabung reaksi berbeda. Masing-masing tabung ditambahkan 5 mL inokulum bakteri *Salmonella sp.* Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

3.3.2.6.6. Uji Bioaktivitas Kontrol Negatif Terhadap Bakteri *S. aureus*.

Nutrient Broth dimasukkan sebanyak 500 μL ke dalam tabung reaksi, selanjutnya ditambahkan 5 mL inokulum bakteri *S. aureus*. Pada waktu kontak 10, 20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen spektrofotometer *UV-Vis*.

Bertambahnya nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup, sedangkan nilai konstan dan berkurangnya nilai absorbansi setelah inkubasi menunjukkan tidak adanya pertumbuhan sel bakteri yang hidup (Astutiningsih dkk., 2014). Pengamatan visual juga dilakukan dengan mengamati hasil larutan uji dalam setiap tabung reaksi. Secara keseluruhan, penelitian ini terangkum dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Hal yang dapat disimpulkan dari pembahasan hasil penelitian ini yaitu :

1. Rendemen yang diperoleh senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat masing-masing sebesar 95,6% dan 90,9%.
2. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer IR menunjukkan adanya ikatan Sn-C, Sn-O, Sn-O-C, C=O, O-H, dan N=O menunjukkan bahwa senyawa yang diinginkan telah terbentuk. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer IR senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat masing-masing menunjukkan nilai serapan gugus Sn-O-C pada daerah $1230,0\text{ cm}^{-1}$ dan $1155,5\text{ cm}^{-1}$.
3. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan adanya pergeseran panjang gelombang baru pada masing-masing senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat yang menunjukkan bahwa ligan asam 3-hidroksibenzoat dan asam 3-nitrobenzoat telah berhasil berikatan. Hasil spektrofotometer UV-Vis senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat masing-masing menunjukkan pergeseran panjang gelombang π ke π^* pada 242 nm dan 243 nm dan n ke π^* pada 275 nm dan 274 nm.
4. Hasil karakterisasi dengan menggunakan spektrometer $^1\text{H-NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ menunjukkan senyawa trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat telah terbentuk ditandai dengan munculnya sinyal proton $^1\text{H-NMR}$ dan sinyal $^{13}\text{C-NMR}$ yang khas pada pergeseran kimia yang sesuai.

5. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan senyawa tifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat dan trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat terhadap bakteri *S. aureus* dan *Salmonella sp.* menunjukkan bahwa konsentrasi terbaik dalam menghambat pertumbuhan bakteri yaitu pada konsentrasi 5×10^{-4} M.

5.2. Saran

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

1. Perlu dilakukan sintesis senyawa organotimah(IV) dengan variasi senyawa awal lainnya seperti difeniltimah atau dibutiltimah dengan berbagai ligan yang dapat menghambat bakteri Gram positif maupun Gram negatif secara lebih efektif lagi.
2. Penyimpanan larutan uji sebaiknya dilakukan di dalam inkubator yang tidak banyak berisi sampel lain sehingga mengurangi terjadinya kontaminasi mikroba lain pada larutan uji saat diinkubasi

DAFTAR PUSTAKA

- Affan, M. A., Foo, S. W., Jusoh, I., Hanapi, S., and Tiekink, E. R. T. 2009. Synthesis, characterization and biological studies of organotin(IV) complexes with hydrazone ligand. *Inorg. Chim. Acta.* **362**: 5031-5037.
- Afifurrahman, A., Samadin, K., dan Aziz, S. 2014. Pola Kepekaan Bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap Antibiotik *Vancomycin* di RSUP Dr. Mohammad Hoesin Palembang. *Maj. Ked. Sriwijaya.* **46** (4): 266–270.
- Ahmed, S., Ali, F., Ahmed, M. H., Bhatti, A., Badshah, M., Mazhar, and Khan, K. M. 2002. Synthesis, spectroscopic characterization, and biological applications of organotin(IV) derivatives of 2-(n-maleoyl)-3-phenylpropanoic acid. *Syn. Reactiv. Inorg. Met. Org. Chem.* **32** (8): 1521-1536.
- Alama, A., Tasso, B., Novelli, F., and Sparatore, F. 2009. Organometallic compounds in oncology: implications of novel organotin(IV) as antitumor agents. *Drug Discov. Today.* **14**: 500-508.
- Alfarizi, A. 2021. Sintesis, Karakterisasi dan Uji Bioaktivitas Senyawa Difeniltin(IV) di-3-aminobenzoat dan Difeniltin(IV) di-3-nitrobenzoat sebagai Disinfektan. *Skripsi.* Universitas Lampung. Bandar Lampung. 1-111.
- Andrews, J. M. 2001. Determination of minimum inhibitory concentration. *J. Antimicrob. Chem.* **48**: 5-16.
- Annisa, Hadi, S., Suhartati, T., and Yandri. 2017. Antibacterial activity of diphenyltin(IV) and triphenyltin(IV) 3-chlorobenzoate against *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Orient. J. Chem.* **33** (3): 1133-1139.
- Astutiningsih, C., Setyaning, W., dan Hindratna, H. 2014. Uji daya antibakteri dan identifikasi isolat senyawa katekin dari daun teh (*Camellia Sinensis* L. *Var Assamica*). *J. Farm. Sains Kom.* **11** (2): 50-57.

- Aulia, D. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) di-4-nitrobenzoat serta Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 1-109.
- Bitton, G. 1994. *Wastewater Microbiology*. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Blunden, S. J. and Hill, R. 1990. Bis(tributyltin) oxide as a wood preservative: Its conversion to tributyltin carboxylates in *Pinus sylvestris*. *Appl. Organomet. Chem.* **4**: 63-68.
- Bonire, J. J. 1985. Reactions of the pyridine adducts of organotin halides: synthesis and spectral properties of some substituted pyridine adducts of $(\text{CH}_3)_3\text{SnOCOCF}_3$ and $(\text{CH}_3)_2\text{Sn}(\text{OCOCF}_3)_2$. *Polyhedron.* **4** (10): 1707-1710.
- Bonire, J. J., Ayoko, G. A., Olurinola, P. F., Ehinmidu, J. O., Jalil, N. S. N., and Omachi, A. A. 1998. Synthesis and antifungal activity of some organotin(IV)carboxylates. *Met. Based Drugs.* **5** (4): 233-236.
- Brooks, G. F., Carroll, K. C., Butel, J., Morse, S., and Meitzner, T. A. 2013. *Jawetz, Melnick, and Adelberg's Medical Microbiology 26th edition*. Mc Graw-Hill. New York.
- Cappucino, J., dan Natalie S. 2007. *Microbiology: a Laboratory Manual*. Pearson Education. San Fransisco.
- Caprette, D. R. 2007. *Using a Counting Chamber*. Lab Guides Rice University. Texas.
- Caroline, T., Waworuntu, O., dan Buntuan V. 2016. Potensi penyebaran infeksi nosokomial di Ruang Instalasi IGD Khusus Tuberkulosis (IRINA C5)BLU RSUP. Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. *J. E-Biomed.* **4** (1): 1-8.
- Costech Analytical Technologies. 2011. Elemental Combustion System CHNS. <http://costechanalytical.com/>. Diakses pada tanggal 28 Maret 2015 pukul 19.00 WIB.
- Cotton, F. A., dan Wilkinson, G. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. UI Press. Jakarta.

- Cotton, F. A., and Wilkinson, G. 2007. *Advance Inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York.
- Craig, P. J. 2003. *Organometallic Compounds in The Environment*. Johns Wiley and Sons. England.
- Dainith, J. 1990. *Kamus Lengkap Kimia (Oxford)*. Erlangga. Jakarta.
- Darmadi. 2008. *Infeksi Nosokomial Problematika dan Pengendaliannya*. Salemba Medika. Jakarta.
- Davies, A. G. 2004. *Organotin Chemistry*. WILEY-VCH Weinheim. Germany.
- Day, R. A., dan Underwood, A. L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A. H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2011. Program Pencegahan Dan Pengendalian Infeksi Nosokomial Merupakan Unsur *Patient Safety*. www.depkes.go.id. Diakses pada tanggal 21 Desember 2020 pukul 20.00 WIB.
- Fessenden, R. J., dan Fessenden, J. S. 1982. *Kimia Organik Dasar Jilid-1*. Terjemahan oleh A. H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Frank, S. 2004. *Registration Eligibility Decision for Pine Oil*. United States Enviromental Protection Agency. Washington DC.
- Galvan-Hidalgo, J. M., Chans, G. M., Ramirez-Apan, T., Nieto-Camacho, A., Hernandez-Ortega, S., and Gomez, E. 2017. Tin (IV) schiff-base complex derived from pyridoxal: synthesis, spectroscopic properties and cytotoxicity. *J. App. Organomet. Chem.* **10** (3): 9.
- Gielen, M., Biesemans, M., Vos, D., and Willem, R. 2003. Synthesis, characterization and *in vitro* antitumor activity of di- and triorganotin of polyoxa- and biologically relevant carboxylic acids. *J. Inorg. Biochem.* **79**: 139-145.
- Gleeson, B., Claffey, J., Ertler, D., Hogan, M., and Muller-Bunz, H., Paradisi, F., Wallis, D., Tacke, M. 2008. Novel organotin antibacterial and anticancer drug. *Polyhedron.* **27**: 3619-3624.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Binarupa Aksara. Jakarta.

- Habib, F., Rin R., Durani N., Bhutto A. L., Buriro R. S., Tunio A., Aijaz N., Lakho S. A., Bugti A. G., Shoaib M. 2015. Morphological and cultural characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from different animal species. *J. Appl. Env. Bio. Sci.* **5** (2): 2090-4274.
- Hadi, S., Andani, B., Ambarwati, Y., Noviany. 2019. Uji Antibakteri dan Antimalaria Senyawa Difeniltimah(IV) dan Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat. *Pros. SN-SMIAP.* **5**: 113-120.
- Hadi, S., Fenska, M. D., Wijaya, R. A., Noviany., and Suhartati, T. 2020. Antimalarial activity of some organotin(IV) chlorobenzoate compounds against *Plasmodium falciparum* Mediter. *J. Chem.* **10** (3): 213-219.
- Hadi, S., Hermawati, E., Noviany., Suhartati, T., and Yandri. 2018. Antibacterial activity test of diphenyltin(IV) dibenzoate and triphenyltin(IV) benzoate compounds against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian. J. Microbiol. Biotech. Env. Sci.* **20** (1): 113-119.
- Hadi, S., Irawan, B., and Efri. 2008. The antifungal activity test of some organotin(IV) carboxylates. *J. Appl. Sci. Res.* **4** (11): 1521-1525.
- 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. *Pure Appl. Chem.* **93** (5): 623-628.
- Hadi, S., Noviany, and Rilyanti, M. 2018. *In vitro* antimalarial activity of some organotin(IV) 2-nitrobenzoate compounds against *Plasmodium falciparum*. *Maced. J. Chem. Chem. Eng.* **37** (2): 185-191.
- Hadi, S., and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and *In vitro* anticancer activity of some organotin(IV) benzoate compounds. *Ori. J. Chem.* **26** (3): 775-779.
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. *In vitro* activity and comparative studies of some organotin(IV) benzoate derivatives against leukemic cancer cell, L-1210. *Indo. J. Chem.* **12** (2): 172-177.
- Hadi, S., Suhartati, T., Noviany, N., Pandiangan, K. D., Yandri, Y., Simanjuntak, W., and Junaidi. 2022. Disinfecting activity of some diphenyltin(IV) benzoate derivate compound. *Pure Appl. Chem.* 1-9.

- Heriyati, Astuti, A., Hatisah. 2020. Hubungan Pengetahuan dengan Pencegahan dan Pengendalian infeksi nosokomial Di Rumah Sakit. *J. Pendidik. Kes.* **9** (1): 87-92.
- Javed, F., Sirajuddin, M., Ali, S., Khalid, N., Nawaz, M., Ali, M., and Rashid, M. 2016. Organotin (IV) derivatives of o-isobutyl carbonodithioate: synthesis, spectroscopic characterization, X-ray structure, HOMO / LUMO and *in vitro* biological activities. *Polyhedron.* **104**: 80-90.
- Jawetz, E., Melnick, L. J., dan Adelberg, A. E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-23*. Alih Bahasa : Huriwati Hartanto dkk. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Jawetz, E., Melnick, L. J., and Adelberg. 2013. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi 25*. Salemba Medika. Jakarta.
- Kadu, R., Hetal, R., and Singh, V. K. 2015. Diphenyltin(IV) dithiocarbamate macrocyclic scaffolds as potent apoptosis inducers for human cancer HEP 3B and IMR 32 cells: synthesis, spectral characterization, density functional theory study and *in vitro* cytotoxicity. *J. Appl. Organomet. Chem.* **1** (9): 11.
- Kang, W., Wu, X., and Huang, J. 2009. Synthesis, crystal structure and biological activities of four novel tetranuclear di-organotin(IV) carboxylates. *J. Organo. Chem.* **694**: 2402-2408.
- Kealey, D., and Haines, P. J. 2002. *Analytical Chemistry*. Oxford BIOS Scientific Publishers Ltd. UK.
- Khan, A., Wilson, B., and Gould, I. M. 2018. Current and future treatment options for community-associated MRSA infection. *Expert Opin. Pharmacother.* **19** (5): 457-470.
- Koh, D. 2020. Occupational risks for COVID-19 infection. *J. Occup. Med.* **70**: 3-5.
- Kuswiyanto. 2017. *Bakteriologi Buku Ajar Analisis Kesehatan*. EGC. Jakarta.
- Lachapelle, J. M. 2014. A comparison of the irritant and allergenic properties of antiseptics. *Eur. J. Dermatol.* **24** (1): 3-9.

- Larasati, A. L., Gozali, D., and Haribowo, C. 2020. Penggunaan Desinfektan dan Antiseptik Pada Pencegahan Penularan Covid-19 di Masyarakat. *Maj. Farmasetika*. **5** (3): 137-145.
- Madigan, M.T., Martinko J. M., Stahl D. A., Clark D. P. 2012. *Brock Biology of Microorganisms Edisi 13*. Benjamin Cummings. San Fransisco.
- Maiti, A., Guha, A.K., and Ghosh, S. 1988. Ligational behavior of two biologically actives N-S donors toward oxovanadium(IV) ion and potentiation of their antibacterial activities by chelation. *J. Inorg. Biochem.* **33**: 57-65.
- Mahmood, S., Ali, S., Bhatti, M. H., Mazhar, M., and Iqbal, R. 2003. Synthesis, characterization, and biological applications of organotin(IV) derivatives of 2-(2-Fluoro-4-biphenyl) propanoic acid. *Turk. J. Chem.* **27**: 657-666.
- Manav, N., Ghandhi, N., and Kaushik, N.K. 2000. Some tribenzyl tin(IV) complexes with thiohydrazides and thiodiamines. Synthesis, characterization and thermal studies. *J. Therm. Anal. Calorim.* **61**: 127-134.
- Mohan, M., Agarwal, A., and Jha, N. K. 1988. Synthesis, characterization, and antitumor properties of some metal complexes of 2,6-diacetylpyridine bis(N4- azacyclic thiosemicarbazones). *J. Inorg. Biochem.* **34**: 41-54.
- Notoatmodjo, S. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Paju, N., Yamlean P. V., Kojong N. 2013. Uji efektivitas salep ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* (Ten Steenis) pada kelinci yang terinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus*. *J. Ilm. Farm.* **2** (1): 2302-2493.
- Pelczar M. J. and Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-dasar mikrobiologi 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin (IV)ⁿ⁺ complexes formed with biologically active ligands: equilibrium and structural studies and some biological aspect. *Coor. Chem. Rev.* **224**: 111-50.
- Pertiwi, D. P., Farhan, A., dan Prasetyaningsih, D. 2015. Identifikasi Bakteri *Salmonella sp.* dan *Escherichia coli* pada Bakso yang Dijual di Alun-Alun Kota Jombang. *stikesicme-jbg.ac.id*. Diakses pada tanggal 6 Mei 2021 pukul 17.00 WIB.

- Petrucci, R. H. 1999. *Kimia Dasar, Prinsip dan Terapan Modern*. Erlangga. Jakarta.
- Plata K., Rosato A. E., and Węgrzyn G. 2009. *Staphylococcus aureus* as an infectious agent : overview of biochemistry and molecular genetics of its pathogenicity. *Acta Biochim. Pol.* **56** (4): 597-612.
- Pottage, T., Richardson, C., Parks, S., Walker, J. T., and Bennett, A. M. 2010. Evaluation of hydrogen peroxide gaseous disinfection systems to decontaminate viruses. *J. Hosp. Infect.* **74** (1): 55-61.
- Putri, A. A. 2021. Sintesis, Karakterisasi dan Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan Senyawa Difeniltimah(IV) di-4-aminobenzoat dan Difeniltimah(IV) di-4-klorobenzoat. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 1-111.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi*. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Riani, C. 2020. Bilik Desinfektan Tak Efektif Cegah Covid-19. *Kompas*. <https://koran.tempo.co/read/ilmu-dan-teknologi/451414/bilik-disinfektan-tak-efektif-cegah-covid-19?>. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2021 pukul 18.40 WIB.
- Ruan, B., Tian, Y., Zhou, H., Wu, J., Hu, R., Zhu, C., Yang, J., Zhu, H. 2011. Synthesis, characterization and *in vitro* antitumor activity of three organotin(IV) complexes with carbazole ligand. *Inorg. Chim. Acta.* **365**: 302-308.
- Sadiq-ur-Rehman, Shahid, K., Ali, S., Bhatti, M. H., and Parvez, M. 2013. Synthesis spectroscopic characterization and X-ray crystal analysis of organotin (IV) compounds of biological importance. *J. Organomet. Chem.* **690**: 1396-1408.
- Saleh, M., Rares F. E. S., Soeliongan S. 2015. Pola Bakteri Aerob Infeksi Nosokomial Pada Ruang *Neonatal Intensive Care Unit* (NICU) BLU RSUP Prof. DR. Dr. R. D. Kandou Manado. *J. e-Biomed.* **3** (1): 1-7.
- Sapardi, V. S., Machmud, R., dan Gusty, R. P. 2018. Analisis pelaksanaan manajemen pencegahan dan pengendalian healthcare associated infections di rsi ibnusina. *J. Endurance.* **3** (2): 358-366.

- Sartika, O. M. D. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Difeniltimah(IV) di-3-hidroksibenzoat dan Difeniltimah(IV) di-3-klorobenzoat serta Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 1-103.
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Settle, F. A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Shaffer, J. G. 2013. *The Role of Laboratory in Infection Control in the Hospital*. School of Public Health. University of Michigan Arbor.
- Singh, N. K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. *In vitro* and *in vivo* antitumour studies of a new thiosemicarbazide derivative and its complexes with 3d-metal ions. *Transit. Metal. Chem.* **25**: 133-140.
- Singh, R., and Kaushik, N. K. 2008. Spectral and thermal studies with anti-fungal aspects of some organotin(IV) complexes with nitrogen and sulphur donor ligands derived from 2-phenylethylamine. *Spec. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectr.* **71**: 669-675.
- Sleigh, D., and Morag, T. 1994. *Medical Bacteriology Fourth Edition*. Churchill Livingstone. New York.
- Sudjadi, M. S. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Svehla, G. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro*. PT Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Syauqi, A. 2017. *Mikrobiologi Lingkungan: Peranan Mikroorganisme dalam Kehidupan*. ANDI. Yogyakarta.
- Szorcsik, 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. *Pengantar Kimia*. Iwanami Shoten. Tokyo.

- Tariq, M., Muhammad, N., Sirajuddin, M., Ali, S., Shah, N. A., Khalid, N., Tahir, M. and Khan, M. R. 2013. Synthesis, spectroscopic characterization, X-ray structures, biological screenings, DNA interaction study and catalytic activity of organotin(IV) 3-(4-flourophenyl)- 2-methylacrylic acid derivatives. *J. Organomet. Chem.* **723**: 79-89.
- Tayer, J. 1988. *Organometallic Chemistry and Overview*. VCH Publisher Inc. United State.
- Tri, Y. B., dan Maria, J. X. B. 2009. Deteksi Cemaran *Salmonella Sp.* Pada Daging Ayam Yang Dijual Di Pasar Tradisional Di Wilayah Kota Yogyakarta. *Pros. Semin. Nas. Penel. Pendidik. Pen. MIPA*. Yogyakarta.
- Van Der Weij, F. W. 1981. Kinetics and mechanism of urethane formation catalysed by organotin compound. *J. Polym. Sci: Polym. Chem. Edu.* **19** (2): 381-388.
- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum Edisi Pertama*. UMM Press. Malang.
- Wheelis, M. L. 2007. Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains *Archaea*, *Bacteria*, and *Eukarya*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*.
- Widodo, D. 2009. *Demam Tifoid. Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam, Jilid III, Edisi V*. Perhimpunan Dokter Spesialis Penyakit Dalam. Jakarta.
- Wijaya, R. A. 2019. Sintesis, Karakterisasi dan Uji Pendahuluan Aktivitas Anti Malaria Senyawa Trifeniltimah(IV) 3-nitrobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 3-hidroksibenzoat Terhadap Parasit *Plasmodium falciparum* Secara *In Vitro*. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 1-103.
- Wilkinson, G. 1982. *Compreherensive Organometallic Chemistry*. International Tin Research Institute Pergamon Press. Oxford.
- WHO. 2010. Using WHO Hand Hygiene Improvement Tools to Support the Implementation of National/Sub-National Hand Hygiene Campaigns. www.who.int/gpsc/national_campaigns/PS_hand_hygiene_tools_2010_6_en.pdf. Diakses Pada Tanggal 09 Agustus 2021 Pukul 20.20 WIB.
- Wu, X., Kang, W., Zhu, D., Zhu, C., and Liu, S. 2009. Synthesis, crystal structure and biological activities of two novel organotin(IV) complexes constructed from 12-(methylbenzoyl)-9,10-dihydro-9,10-ethanoanthracene-II-carboxylic acid. *J. Organo. Chem.* **694**: 2981-2986.

Yuswananda, N. P. 2015. Identifikasi Bakteri *Salmonella sp.* pada Makanan Jajanan di Masjid Fathullah Ciputat Tahun 2015. *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta. 1-64.