

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV)  
4-AMINOBENZOAT, TRIFENILTIMAH(IV) 4-NITROBENZOAT DAN  
TRIFENILTIMAH(IV) 4-HIDROKSIBENZOAT SERTA  
UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN**

(Tesis)

Oleh

**AISYAH LARASATY SUSANGKA  
NPM 2027011002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA TRIFENILTIMAH(IV)  
4-AMINO BENZOAT, TRIFENILTIMAH(IV) 4-NITROBENZOAT DAN  
TRIFENILTIMAH(IV) 4-HIDROKSIBENZOAT SERTA  
UJI BIOAKTIVITAS SEBAGAI DISINFEKTAN**

**Oleh**

**AISYAH LARASATY SUSANGKA**

**Tesis**

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

**Pada**

**Program Studi Magister Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat dan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat Serta Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan

By

Aisyah Larasaty Susangka

Turunan organotimah(IV) karboksilat terus menarik minat karena aktivitas biologisnya yang kuat. Pada Penelitian ini senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat disintesis dengan mereaksikan trifeniltimah(IV) hidroksida dengan asam 4-aminobenzoat, 4-nitrobenzoat dan asam 4-hidroksibenzoat sebagai ligan. Senyawa masing-masing diperoleh sebagai padatan kuning dengan rendemen 84,09%, padatan putih dengan rendemen 80,70% dan padatan merah muda dengan rendemen 87,47%. Pada hasil karakterisasi dengan spektrofotometer *UV-Vis* didapatkan transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  dan  $n \rightarrow \pi^*$  berturut-turut yaitu pada  $\lambda_{\text{maks}}$  234.00 nm dan 278.00 nm, 234.00 nm dan 290,00 nm serta 234.00 nm dan 258.00 nm. Hasil karakterisasi spektrofotometri *IR* menunjukkan adanya serapan C=O untuk senyawa tersebut berturut-turut 1602.8, 1602.8 dan 1587.80  $\text{cm}^{-1}$ . Data mikroanalisis menggunakan *microelemental analyzer* menunjukkan bahwa senyawa hasil sintesis telah murni dengan perbedaan hasil mikroanalisis dengan perhitungan secara teori berkisar 1-2%. Analisis spektrometri  $^1\text{H}$  dan  $^{13}\text{C}$  *NMR*, terdapat pergeseran kimia spesifik karbonil untuk senyawa berturut-turut di daerah 163,752, 164,547, 164,078 ppm. Uji bioaktivitas sebagai disinfektan diuji terhadap *Salmonella typhosa* dan *Staphylococcus aureus*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua senyawa aktif sebagai disinfektan dengan minimum konsentrasi penghambatan  $5 \times 10^{-4}$  M. Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat ditemukan paling aktif dibandingkan dengan yang lain yang menunjukkan kemampuan untuk menghambat bakteri dalam waktu 30 menit.

Kata Kunci : antibakteri, disinfektan, *Salmonella typhosa*, *Staphylococcus aureus*, senyawa trifeniltimah(IV)

## ABSTRACT

### Synthesis and Characterization of Triphenyltin(IV) Compounds 4-aminobenzoate, Triphenyltin(IV) 4-nitrobenzoate and Triphenyltin(IV) 4-hydroxybenzoate and Bioactivity Test as Disinfectant

By

Aisyah Larasaty Susangka

The organotin(IV) carboxylate derivatives continue to attract interest due to their strong biological activity. In this study, triphenyltin(IV) 4-aminobenzoate, triphenyltin(IV) 4-nitrobenzoate, and triphenyltin(IV) 4-hydroxybenzoate were synthesized by reacting triphenyltin(IV) hydroxide with 4-aminobenzoic acid, 4-nitrobenzoic and 4-hydroxybenzoic acid as ligand. Each compound was obtained as a yellow solid with a yield of 84.09%, a white solid with a yield of 80.70%, and a pink solid with a yield of 87.47%. In the characterization results with UV-Vis spectrophotometer, the electron transitions  $\pi \rightarrow \pi^*$  and  $n \rightarrow \pi^*$  were obtained, respectively, at  $\lambda_{\text{max}}$  234.00 nm and 278.00 nm, 234.00 nm and 290.00 nm and 234.00 nm and 258.00 nm. The results of IR spectrophotometry characterization showed that there was C=O absorption for these compounds, respectively 1602.8, 1602.8, and 1587.80  $\text{cm}^{-1}$ . Microanalytical data using a microelement analyzer showed that the synthesized compound was pure with differences in the results of microanalysis with theoretical calculations ranging from 1-2%. In a spectrometric analysis of  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR, there was a specific chemical shift of carbonyl for compounds in the 163,752, 164,547, and 164,078 ppm regions, respectively. Bioactivity test as a disinfectant was tested against *Salmonella typhosa* and *Staphylococcus aureus*. The results showed that all compounds were active as disinfectants with a minimum inhibitory concentration of  $5 \times 10^{-4}$  M. Triphenyltin(IV) 4-nitrobenzoate was found to be the most active compared to others which showed the ability to inhibit bacteria within 30 minutes.

Keywords : antibacterial, disinfectant, *Salmonella typhosa*, *Staphylococcus aureus*, triphenyltin(IV) compounds

**Judul Tesis** : **KONSTRUKSI HOMOMORFISMA  
( $R[S]$ ,  $R'[S]$ )-MODUL SEMIGRUP**

**Nama Mahasiswa** : **Tatang Bahtiar**

**Nomor Pokok Mahasiswa** : **2027031004**

**Program Studi** : **Magister Matematika**

**Jurusan** : **Matematika**

**Fakultas** : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Ahmad Faisol, S.Si., M.Sc.**  
NIP 19800206 200312 1 003

**Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc.**  
NIP 19840627 200604 2 001

**2. Ketua Program Studi Magister Matematika**

**Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.**  
NIP 19760411 200012 2 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

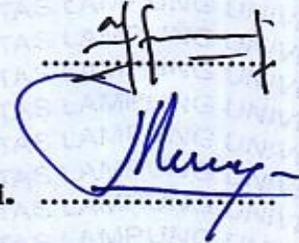
**Ketua : Dr. Ahmad Faisol, S.Si., M.Sc.**



**Sekretaris : Dr. Fitriani, S.Si., M.Sc.**



**Penguji Anggota : 1. Dr. Asmiati, S.Si., M.Si.**



**2. Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.**

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.**

**NIP 19740705 200003 1 001**

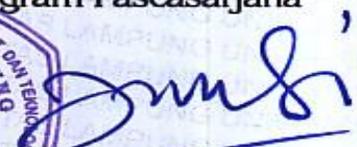


**3. Direktur Program Pascasarjana**



**Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.**

**NIP 19710415 199803 1 005**



**Tanggal Lulus Ujian Tesis : 01 Agustus 2022**

## PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

**Nama** : **Tatang Bahtiar**  
**Nomor Pokok Mahasiswa** : **2027031004**  
**Program Studi** : **Magister Matematika**  
**Jurusan** : **Matematika**

Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul **“KONSTRUKSI HOMOMORFISMA  $(R[S], R'[S])$ -MODUL, SEMIGRUP”** adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa tesis ini merupakan hasil salinan atau telah dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan akademik yang berlaku.

**Bandar Lampung, Agustus 2022**  
**Penulis**



**Tatang Bahtiar**  
**NPM. 2027031004**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di kota Lahat, Sumatera Selatan pada tanggal 23 Juli 1997, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, dari bapak Uus Susangka dan Ibu Sri Adesty.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) PJKA Lahat diselesaikan tahun 2003. Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 12 Lahat pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Lahat pada tahun 2012 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Lahat, Sumatera Selatan pada tahun 2015.

Tahun 2015, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa dari Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya, lalu diselesaikan tahun 2019 dan tahun 2020 penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Pascasarjana Magister Kimia FMIPA di Universitas Lampung.

## **MOTTO**

*“Look at a day when you are supremely satisfied at the end. It’s not a day when you lounge around doing nothing; it’s a day you have had everthing to do and you have done it”*

***(Margaret Thatcher)***

“Awasi pikiran anda, karena itu akan menjadi tindakan. Perhatikan tindakan anda, karena itu akan menjadi kebiasaan. Perhatikan kebiasaan anda karena mereka akan menempa karakter anda. Awasi karakter anda, karena itu akan membuat takdir anda”

***(Margaret Thatcher)***

*“Don’t go where the road will lead. Make your own path and leave a trail”*

***(Ralph Waldo Emerson)***

“Apa yang ditakdirkan untukmu, akan sampai kepadamu meskipun berada di bawah dua gunung. Dan apa yang tidak ditakdirkan untukmu tidak akan sampai kepadamu meskipun itu diantara kedua bibirmu”

***(Imam Al-Ghazali, Ulama Abad ke-11)***

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Atas izin dan keridhoan ALLAH SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya serta rasa syukur yang luar biasa

Ku persembahkan karya sederhana ini sebagai wujud cinta, bakti dan sayang ku kepada:

Ibuku, Ibuku, Ibuku

Ibu Sri Adesty, wanita tersabar sejagat raya.

Ayahku

Ayah uus Susangka, karena engkau aku belajar hidup tanpa penyesalan.

Semua keberuntungan berasal dari doa-doa kalian ayah ibuku.

Terima kasih. Aku Sayang

Adik-adikku Tersayang

Atikah Rahmadini.S dan Adilah Rahmadini.S

Terima kasih atas segala dukungan kalian, semangat dan doa.

Semoga Allah permudah langkah kalian kedepannya

Kepada Keluarga yang telah mendukungku selama ini

Terima kasih, aku bersyukur.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala syukur dan puji hanyalah milik Allah SWT, Tuhan yang menciptakan langit, bumi beserta perhiasannya dan memelihara seluruh alam semesta. Hanya kepada-Nya kita berserah dan memohon pertolongan. Alhamdulillahil'alamin atas segala nikmat iman, islam, kesempatan, serta kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

Tesis dengan judul “Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Trifenilmetana(IV) 4-aminobenzoat, Trifenilmetana(IV) 4-nitrobenzoat dan Trifenilmetana(IV) 4-hidroksibenzoat Serta Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan”. Tesis ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Magister Kimia Universitas Lampung.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung;
3. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung;
4. Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Kimia FMIPA Universitas Lampung;
5. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, M.Sc., Ph.D. sebagai dosen Pembimbing Akademik dan sekaligus Pembimbing utama atas kesediannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;
6. Ibu Prof. Noviany, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku pembimbing kedua atas kesediannya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian tesis ini;

7. Bapak Dr. Agung Abadi Kiswandono, S.Si., M.Sc., Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si. dan Ibu Prof. Dr. Kamisah Delilawati Pandiangan, M.Si., selaku penguji pada ujian tesis . Terima kasih untuk masukan dan saran-sarannya;
8. Bapak, Ibu Dosen Pengajar Jurusan Magister Kimia FMIPA Universitas Lampung, Terima kasih atas ilmu yang bermanfaat;
9. Seluruh Analis dan Staf Jurusan Magister Kimia FMIPA Universitas Lampung;
10. Kedua Orang tuaku yang tercinta, ibuku tercinta Sri Adesty dan ayahku tercinta Uus Susangka yang selalu menjadi rumah, tempat aku mengadu, dikala lelah, sabar dan selalu ada untuk diriku. Terima kasih selalu menjadi pilar dalam kehidupanku;
11. Adik kembarku tersayang Atikah dan Adilah, Seluruh keluarga yang tercinta yang selalu memberi dukungan penuh dan doa yang terbaik;
12. Sahabat terbaikku Endah, Theny, Husnul, Nyimas, Putri, Uci, Tini, Iqbal, Jeri dan Nita yang selalu berbagi keceriaan, kebersamaan, mendukung dan selalu mendoakan yang terbaik;
13. Tante Teume yang selalu saling berbagi keceriaan, mendukung dan selalu mendoakan yang terbaik;
14. Kak Cindy selaku teman satu team yang selalu ada, saling mendukung, menguatkan satu sama lain dan selalu mendoakan yang terbaik. Semoga hasil kerja keras kita membawa kebaikan di masa mendatang, amin;
15. Teman-Teman Pergroup Anorganik Kak Restu, Kak Cindy dan Nadya yang selalu saling mendukung dan mendoakan yang terbaik;
16. Teman-teman Magister Kimia 2020, Terima kasih semuanya yang selalu mendukung dan saling mendoakan dalam setiap kebersamaan;

Bandar Lampung, 03 Agustus 2022

**Aisyah Larasaty Susangka**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	4
1.3. Manfaat .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1. Senyawa Organologam .....	5
2.2. Timah .....	6
2.3. Senyawa Organotimah .....	8
2.4. Turunan Senyawa Organotimah .....	9
2.4.1. Senyawa Organotimah Halida .....	9
2.4.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida .....	10
2.4.3. Senyawa Organotimah Karboksilat .....	11
2.5. Aplikasi Organotimah .....	12
2.6. Analisis Senyawa Organotimah .....	13
2.6.1. Analisis Spektroskopi UV-Vis Senyawa Organotimah .....	13
2.6.2. Analisis dengan Spektrofotometer <i>Infra Red (IR)</i> .....	15
2.6.3. Analisis dengan Spektrofotometer $^1\text{H NMR}$ dan $^{13}\text{C NMR}$ .....	16
2.6.4. Analisis Unsur dengan <i>Microelemental Analyzer</i> .....	17
2.7. Bakteri .....	18
2.8. Klasifikasi Bakteri .....	18
2.9. Bakteri Gram Positif .....	19
2.10. Bakteri Gram Negatif .....	20
2.11. Bakteri <i>S. aureus</i> .....	21
2.12. Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	22
2.13. Disinfektan .....	24
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>27</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	27

3.2. Alat dan Bahan.....	27
3.3. Prosedur Penelitian .....	28
3.3.1. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat.....	28
3.3.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat .....	28
3.3.3. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat.....	29
3.3.4. Peremajaan Bakteri .....	29
3.3.4.1. Pembuatan <i>Media Nutrient Agar</i> .....	29
3.3.4.2. Peremajaan Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	30
3.3.4.3. Peremajaan Bakteri <i>S. aureus</i> .....	30
3.3.5. Pembuatan Inokulum Bakteri .....	30
3.3.5.1. Pembuatan Inokulum Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	30
3.3.5.2. Pembuatan Inokulum Bakteri <i>S. aureus</i> .....	31
3.3.6. Pembuatan Larutan Disinfektan.....	31
3.3.6.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat .....	31
3.3.6.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat .....	31
3.3.6.3. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat.....	32
3.3.7. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri.....	32
3.3.7.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat Terhadap Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	32
3.3.7.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> .....	33
3.3.7.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat Terhadap Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	33
3.3.7.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> .....	34
3.3.7.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	34
3.3.7.6. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> .....	34

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....36**

4.1. Sintesis Senyawa Organotimah(IV).....	36
A. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-Aminobenzoat $[(C_6H_5)_3Sn(p-OCOC_6H_4NH_2)]$ .....	36
B. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-Nitrobenzoat $[(C_6H_5)_3Sn(p-OCOC_6H_4NO_2)]$ .....	37
C. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-Hidroksibenzoat $[(C_6H_5)_3Sn(p-OCOC_6H_4OH)]$ .....	38
4.2. Karakteristik Senyawa Berdasarkan Spektrofotometer <i>UV-Vis</i> .....	39

A. Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat .....	39
B. Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat .....	40
C. Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat.....	41
4.3. Karakteristik Senyawa Berdasarkan Spektrofotometer <i>IR</i> .....	43
A. Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat.....	43
B. Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat .....	45
C. Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat.....	47
4.4. Karakteristik Senyawa Berdasarkan Spektrometer <i>NMR</i> .....	48
4.5. Karakteristik Senyawa Berdasarkan Spektrometer <i>Microelemental Analyzer</i> .....	54
4.6. Uji Bioaktivitas Sebagai Disinfektan .....	55
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>63</b>
A. Kesimpulan.....	63
B. Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>73</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
<b>Tabel 1.</b> Serapan Karakteristik <i>IR</i> Senyawa Organotimah Karboksilat .....	16
<b>Tabel 2.</b> Nilai Kimia Untuk $^1\text{H NMR}$ dan $^{13}\text{C-NMR}$ .....	17
<b>Tabel 3.</b> Perbandingan Data Spektrum <i>UV-Vis</i> Untuk Senyawa Hasil Sintesis Organotimah(IV) .....	42
<b>Tabel 4.</b> Bilangan Gelombang Untuk Gugus Fungsi yang Terdapat Trifeniltimah(IV) hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat .....	44
<b>Tabel 5.</b> Bilangan Gelombang Untuk Gugus Fungsi yang Terdapat Trifeniltimah(IV) hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat .....	46
<b>Tabel 6.</b> Bilangan Gelombang Untuk Gugus Fungsi yang Terdapat Trifeniltimah(IV) hidroksida dan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat .....	48
<b>Tabel 7.</b> Perbandingan Pergeseran Kimia $^1\text{H NMR}$ dan $^{13}\text{C NMR}$ Senyawa Hasil Sintesis Organotimah(IV) .....	54
<b>Tabel 8.</b> Hasil Mikroanalisis Unsur .....	55
<b>Tabel 9.</b> Nilai <i>Optical Density</i> Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. aureus</i> .....	57
<b>Tabel 10.</b> Nilai <i>Optical Density</i> Senyawa Organotimah(IV) Terhadap Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
<b>Gambar 1.</b> Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida.....	11
<b>Gambar 2.</b> Bakteri <i>S. aureus</i> .....	21
<b>Gambar 3.</b> Bakteri <i>S. typhosa</i> .....	23
<b>Gambar 4.</b> Diagram Alir Penelitian.....	35
<b>Gambar 5.</b> Reaksi Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat.....	36
<b>Gambar 6.</b> Reaksi Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat .....	37
<b>Gambar 7.</b> Reaksi Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat .....	38
<b>Gambar 8.</b> Spektrum <i>UV-Vis</i> (a) Trifeniltimah(IV) Hidroksida, (b) Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat .....	39
<b>Gambar 9.</b> Spektrum <i>UV-Vis</i> (a) Trifeniltimah(IV) Hidroksida, (b) Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat.....	40
<b>Gambar 10.</b> Spektrum <i>UV-Vis</i> (a) Trifeniltimah(IV) Hidroksida, (b) Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat .....	42
<b>Gambar 11.</b> Spektrum <i>IR</i> (a) Trifeniltimah(IV) Hidroksida, (b) Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat .....	43
<b>Gambar 12.</b> Spektrum <i>IR</i> (a) Trifeniltimah(IV) Hidroksida, (b) Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat.....	45
<b>Gambar 13.</b> Spektrum <i>IR</i> (a) Trifeniltimah(IV) Hidroksida, (b) Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat .....	47
<b>Gambar 14.</b> Spektrum $^1\text{H NMR}$ (a) dan $^{13}\text{C NMR}$ (b) Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat.....	49
<b>Gambar 15.</b> Spektrum $^1\text{H NMR}$ (a) dan $^{13}\text{C NMR}$ (b) Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat .....	51
<b>Gambar 16.</b> Spektrum $^1\text{H NMR}$ (a) dan $^{13}\text{C NMR}$ (b) Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat.....	52
<b>Gambar 17.</b> Proses Disinfektan pada Bakteri .....	61

**Gambar 18.** Hasil Peremajaan dan  
Pembuatan Inokulum Bakteri *S. aureus* .....83

**Gambar 19.** Hasil Peremajaan dan  
Pembuatan Inokulum Bakteri *S. typhosa*.....83

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan Stoikiometri Reaksi Sintesis.....	74
<b>Lampiran 2.</b> Perhitungan Persentase Berat Senyawa Hasil Sintesis .....	77
<b>Lampiran 3.</b> Perhitungan Presentase Kandungan Unsur Teoritis .....	80
<b>Lampiran 4.</b> Peremajaan dan Pembuatan Inokulum Bakteri.....	83
<b>Lampiran 5.</b> Hasil Uji Bioaktivitas sebagai Disinfektan.....	84

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kesehatan merupakan aspek yang sangat penting untuk kehidupan. Sesuai dengan UU Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan dicantumkan bahwa kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis dengan kondisi yang sejahtera dari raga, jiwa, dan sosial. Tetapi, tingkat kesehatan menghadapi tantangan yang sangat berat dan tidak semua negara di dunia memiliki tingkat kesehatan yang tinggi. Beberapa negara berkembang termasuk Indonesia, masih memiliki tingkat kesehatan yang tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, terutama rendahnya kesadaran untuk menjaga kebersihan baik diri maupun lingkungan. Akibat dari kurangnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan adalah mudahnya terserang berbagai macam infeksi penyakit seperti diare, tipus, demam tifoid, MRSA (*methicillin-resistant Staphylococcus aureus*) infeksi saluran pernafasan dan penyakit infeksi lainnya akibat kontaminasi mikroba (UNICEF, 2012).

Infeksi masih menjadi masalah kesehatan utama yang menyebabkan kematian di Indonesia. Infeksi merupakan masuknya suatu mikroorganisme ke dalam inang yang memasuki jaringan tubuh dan memperbanyak diri. Jika keadaan inang rentan terhadap infeksi dan fungsi biologinya rusak, maka hal ini dapat menimbulkan suatu penyakit (Peggy, 2004).

Bakteri memiliki kemampuan untuk dapat hidup bebas di lingkungan, sehingga sangat mudah untuk berpindah dari tempat yang satu ke tempat yang lain. Perpindahan tersebut dapat menyebabkan bakteri menempel pada benda apa saja

pada tempat-tempat umum, sehingga menyebabkan makhluk hidup lainnya dengan mudah terkontaminasi oleh bakteri tersebut (Amala and Ejikema, 2015). Oleh karena itu, diperlukan suatu zat untuk membunuh mikroba atau bakteri yang menempel di lingkungan atau benda mati tersebut yaitu disinfektan.

Disinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba (bakteri, virus, jamur, dan lain-lain), terutama pada benda mati dan permukaan benda. Disinfektan digunakan secara luas untuk sanitasi baik di tempat-tempat umum, rumah, laboratorium dan rumah sakit. Namun, zat kimia yang digunakan pada disinfektan cenderung berbahaya untuk manusia, hewan, dan tumbuhan sekitar (Koh, 2020).

Hingga saat ini, zat kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengurangi jumlah organisme parasit sudah semakin banyak. Penemuan baru terus muncul di pasaran karena tidak adanya bahan kimia yang ideal atau yang dapat dipergunakan untuk segala macam keperluan, sehingga dibutuhkan bahan kimia yang mampu membunuh mikroorganisme yang ada dalam waktu tersingkat dan tanpa merusak bahan yang terkena disinfektan (Hasdianah, 2012). Senyawa organotin(IV) sangat berpotensi sebagai disinfektan. Hal ini dikarenakan senyawa organotin(IV) tidak hanya memiliki struktur dan sifat kimia yang menarik, tetapi juga memiliki aktivitas biologi yang baik (Kang *et al.*, 2009 and Wu *et al.*, 2009). Dari beberapa penelitian sebelumnya, diketahui senyawa organotin memiliki aktivitas sebagai antibakteri (Nopiyanti dkk., 2016 and Annisa, 2017), senyawa antikanker (Hadi *et al.*, 2012 and Amir *et al.*, 2014), antijamur (Hadi *et al.*, 2008 and Singh *et al.*, 2010), antitumor (Hadi *et al.*, 2012), dan antivirus (Singh *et al.*, 2000).

Senyawa organotin merupakan suatu senyawa yang memiliki sedikitnya satu atom karbon (C) dari gugus organik yang terikat pada logam timah (Sn). Senyawa organotin dapat berbentuk mono, di, tri, dan tetraorganotin bergantung pada gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang terikat pada Sn. Anion yang terikat (X)

seringkali berupa amino, klorida, nitro, hidroksida, suatu karboksilat, atau suatu thiolat. Kereaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) ditentukan oleh jumlah dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Anion yang terikat dalam senyawa organotimah(IV) berperan penting dan dapat meningkatkan kereaktifan dalam berbagai uji biologis (Pellerito and Nagy, 2002).

Di antara berbagai kompleks organotimah yang lain, kompleks organotimah karboksilat mendapat perhatian khusus. Hal ini karena, senyawa ini memiliki aktivitas biologis yang lebih kuat dibandingkan dengan kompleks organotimah lainnya (Cotton and Wilkinson, 1989). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui kompleks di- dan tri-organotimah memiliki aktivitas biologis yang lebih baik dibanding dengan monoorganotimah. Aktivitas dari senyawa organotimah sendiri, dipengaruhi oleh gugus organik yang terikat dengan atom pusat Sn (Affan *et al.*, 2009 dan Ahmed *et al.*, 2002). Beberapa penelitian yang telah dilakukan, senyawa organotimah dengan ligan karboksilat menunjukkan aktivitas biologis yang cukup baik sebagai antibakteri, antivirus dan antijamur (Rehman *et al.*, 2005). Oleh karena itu pada penelitian ini telah dilakukan sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat, yang selanjutnya telah dikarakterisasi dan diuji bioaktivitasnya sebagai disinfektan terhadap bakteri *Salmonella typhosa* dan *Staphylococcus aureus*.

## 1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. mensintesis senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat, dan trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat
2. mendapatkan karakter senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat, dan trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer FT-IR, spektrometer  $^1\text{H NMR}$  dan  $^{13}\text{C NMR}$ , dan *microelement analyzer*.
3. menentukan uji bioaktivitas sebagai disinfektan terhadap bakteri *S. typhosa*. dan *S. aureus*.

## 1.3. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan alternatif disinfektan yang efektif sebagai anti bakteri *S. typhosa* dan bakteri *S. aureus* serta meminimalkan efek samping penggunaan disinfektan seperti toksik maupun iritasi. Senyawa turunan 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 dimana minimal terdapat satu atom karbon dari gugus organik yang berikatan langsung dengan logam. Istilah organologam biasanya didefinisikan agak longgar, dan senyawa yang mengandung ikatan karbon dengan fosfor, arsen, silikon, ataupun boron termasuk dalam kategori ini, tetapi untuk semua senyawa yang mengandung ikatan antara atom logam dalam oksigen, belerang, nitrogen, ataupun dengan satu halogen tidak termasuk sebagai senyawa organologam. Contoh suatu alkoksida seperti  $(C_3H_7O)_4Ti$  tidaklah termasuk senyawa organologam, karena gugus organiknya terikat pada Ti melalui atom oksigen sedangkan senyawa  $(C_6H_5)Ti(OC_3H_7)_3$  adalah senyawa organologam karena terdapat satu ikatan langsung antara karbon dari gugus fenil dengan logam Ti. Bentuk ikatan pada senyawa organologam dapat dikatakan sebagai jembatan antara kimia organik dan anorganik (Cotton and Wilkinson, 1989).

Pada umumnya, senyawa organologam memiliki atom karbon yang lebih bersifat elektronegatif dibandingkan logam yang dimilikinya. Berdasarkan sifat tersebut, senyawa organologam dapat membentuk beberapa jenis ikatan seperti:

a. Senyawa ionik dari logam elektropositif

Senyawa organologam yang relatif sangat elektropositif umumnya bersifat ionik, tidak larut dalam pelarut organik dan sangat reaktif terhadap air dan udara. Senyawa ini dapat terbentuk jika radikal pada logam terikat pada logam dengan keelektropositifan yang sangat tinggi, contohnya pada logam

alkali atau alkali tanah. Salah satu hal yang menentukan kereaktifan dan kestabilan senyawa ionik adalah kestabilan ion karbon yang berikatan. Sebagai contoh misalnya gugus dari senyawa organik dalam garam-garam seperti  $(C_6H_5)_3CNa$  dan  $(C_5H_5)_2Ca$  (Abel *et al.*, 2002).

b. Senyawa organologam dengan ikatan sigma ( $-\sigma$ )

Senyawa organologam memiliki ikatan sigma terbentuk antara gugus organik dan atom logam dengan keelektronegatifan rendah. Senyawa organologam dengan ikatan ini tergolong ikatan kovalen tetapi masih memiliki ikatan ionik. Sifat kimia dari senyawa ini disebabkan oleh beberapa faktor berikut:

1. Kemungkinan penggunaan orbital d yang lebih tinggi, seperti pada  $SiR_4$  yang tidak tampak dalam  $CR_4$ .
2. Kemampuan donor aril atau alkil dengan pasangan elektron bebas.
3. Pengaruh perbedaan keelektronegatifan antara ikatan logam-karbon (M-C) atau karbon-karbon (C-C).

c. Senyawa organologam dengan ikatan nonklasik

Pada senyawa organologam memiliki jenis ikatan logam dengan atom karbon yang tidak dapat dijelaskan dalam bentuk ionik ataupun pasangan elektron. Ikatan ini dapat terjadi pada dua golongan senyawa organologam berikut:

1. Senyawa organologam yang terbentuk diantara logam-logam transisi dengan alkena, alkuna, benzen, dan senyawa organik yang bersifat tak jenuh lainnya.
2. Senyawa organologam yang memiliki gugus-gugus alkil berjembatan (Zhang *et al.*, 2016).

## 2.2. Timah

Timah merupakan salah satu unsur yang berlimpah pada kerak bumi. Pada sistem periodik unsur, timah merupakan unsur dengan lambang Sn dan nomor atom 50 yang berada pada golongan IVA bersama-sama dengan karbon, silikon,

germanium, dan timbal (Bakirdere, 2013). Timah merupakan logam berwarna putih, melebur pada suhu 232 °C, timah larut dalam asam maupun basa, dan senyawa-senyawa oksidanya dengan asam atau basa akan membentuk garam. Timah tidak reaktif terhadap air pada suhu biasa dan tidak reaktif terhadap oksigen bila dilapisi oleh oksida film, tetapi akan mempengaruhi kilauannya (Svehla, 1985).

Sebagai unsur golongan IVA, timah menunjukkan kemiripan sifat secara fisika dengan atom Ge dan Pb diantaranya memiliki keadaan oksidasi +2 dan +4. Pada tingkat oksidasi +4 timah menggunakan seluruh elektron valensinya yaitu  $5s^2 5p^2$  dalam ikatan sedangkan pada tingkat oksidasi +2 timah hanya menggunakan elektron valensi  $5p^2$  saja, sehingga menyebabkan timah pada tingkat oksidasi +4 relatif lebih stabil daripada timah pada tingkat oksidasi +2. Struktur geometri dari  $\text{SnCl}_4$  yang telah dikarakterisasi adalah tetrahedral seperti  $\text{CCl}_4$ . Pada suhu ruang, keduanya merupakan cairan tidak berwarna dengan titik didih masing-masing 114 dan 77 °C (pada tekanan atmosfer), tetapi keduanya menunjukkan sifat yang relatif berbeda diluar keadaan tersebut. Perbedaan tersebut terjadi karena ukuran atom Sn lebih besar dibandingkan atom C dan adanya orbital 5d yang dimiliki oleh Sn. Kedua faktor tersebut menyebabkan timah memiliki kemungkinan untuk dapat berikatan lebih (ekstra koordinasi) dengan ligan-ligannya. Hal ini, timah memiliki bilangan koordinasi lebih dari empat sehingga memiliki fleksibilitas valensi yang lebih besar (Cotton and Wilkinson, 1989).

Timah memiliki tiga bentuk alotrop yaitu timah abu-abu ( $\alpha$ ), timah putih ( $\beta$ ), dan timah rombik ( $\gamma$ ). Pada suhu ruang, timah lebih stabil sebagai logam timah putih ( $\text{Sn-}\beta$ ) dalam bentuk tetragonal, sedangkan pada suhu rendah timah putih ( $\text{Sn-}\beta$ ) berubah menjadi timah abu-abu ( $\text{Sn-}\alpha$ ) yang berupa non logam dan berbentuk intan kubik. Perubahan ini terjadi dengan cepat karena timah membentuk lapisan oksida film dan peristiwa ini dikenal sebagai plak hitam. Timah putih mempunyai densitas yang lebih tinggi daripada timah abu-abu. Selain itu, timah juga memainkan peran penuh dalam peningkatan aktivitas yang tinggi dalam kimia organologam yang mulai dikenal pada tahun 1949 (Davies, 2004).

### 2.3. Senyawa Organotimah

Senyawa organotimah adalah senyawa-senyawa yang mengandung sedikitnya satu ikatan kovalen 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 senyawa organotimah adalah senyawa-senyawa yang mengandung sedikitnya satu ikatan kovalen 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 klorida, fluorida, oksida, hidroksida, suatu karboksilat atau suatu thiolat (Pellerito and Nagy, 2002). Ikatan Sn-X memiliki derajat ion tertentu bergantung pada anion (X) dan alkil (R). Sebagai contoh, titik leleh dari  $(\text{CH}_3)_3\text{SnX}$  bervariasi untuk: fluorida ( $300\text{ }^\circ\text{C}$ ) > klorida ( $37\text{ }^\circ\text{C}$ ) > bromida ( $27\text{ }^\circ\text{C}$ ) > iodida ( $3,4\text{ }^\circ\text{C}$ ) (Tayer, 1988). Pemanfaatan senyawa organotimah diantaranya sebagai penstabil dalam produksi plastik, pestisida dalam pertanian, katalis, pelapis kaca, *stabilizer* polivinilklorida, antikanker dan antitumor (Gielen, 2003), *antifouling agents* pada cat (Blunden and Hill, 1991), antimikroba dan antifungi (Bonire *et al.*, 1998).

Berdasarkan sifat fisika dan kimianya, senyawa organotimah merupakan suatu monomer yang dapat membentuk makromolekul stabil, padat (metiltimah, feniltimah, dan dimetiltimah), serta cairan (butiltimah) yang sangat mudah menguap, mudah menyublim dan tidak berwarna juga bersifat stabil terhadap hidrolisis dan oksidasi. Atom halogen yang terdapat pada senyawa organotimah mudah lepas dan berikatan dengan senyawa yang mengandung atom dari golongan IA atau golongan IIA dalam sistem periodik unsur, atas dasar hal tersebut senyawa-senyawa turunan organotimah dapat disintesis meskipun kekuatan ikatannya beragam (Greenwood and Earshaw, 1990).

Senyawa organotimah memiliki kecenderungan terhidrolisis lebih lemah dibandingkan senyawa Si atau Ge yang terikat dan ikatan Sn-O dapat bereaksi dengan larutan asam. Senyawa organotimah tahan terhadap hidrolisis atau oksidasi pada kondisi normal walaupun dibakar menjadi SnO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O. Kemudahan putusannya ikatan Sn-C oleh halogen atau reagen lainnya bervariasi berdasarkan gugus organiknya dan urutannya meningkat dengan urutan: Bu (paling stabil) <Pr< et< me< vinil <Ph< Bz < alil < CH<sub>2</sub>CN < CH<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>R (paling tidak stabil) (Alama *et al.*, 2009).

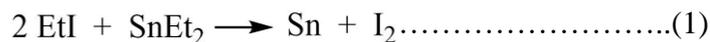
Kereaktifan dari senyawa organotimah(II) tinggi seperti dialkil timah dan diaril timah sederhana mengalami polimerisasi yang cepat. Kondisi ini dapat ditemukan pada senyawa organotimah yang memiliki kestabilan divalen kemungkinan besar pada senyawa organik, bentuk *adduct* dengan basa Lewis atau pasangan menyendiri Sn terkoordinasi. Pada asam Lewis yang sesuai perbedaan bilangan koordinasi dan geometri juga mungkin terjadi pada senyawa organotimah(II) pada penggunaan orbital 5d, yaitu trigonal planar (hibridisasi sp<sup>2</sup>), tetrahedral (sp<sup>3</sup>), trigonal bipiramida (sp<sup>3</sup>d) dan oktahedral (sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup>) (Van der Weij, 1981).

## 2.4. Turunan Senyawa Organotimah

Berikut ini adalah turunan-turunan senyawa organotimah:

### 2.4.1. Senyawa Organotimah Halida

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



Metode lain yang sering digunakan untuk pembuatan organotimah halida adalah reaksi disproportionasi tetraalkiltimah dengan timah(IV) klorida. Caranya adalah dengan mengubah perbandingan material awal, seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi (2) dan (3) :



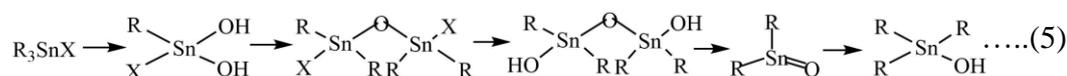
Senyawa organotimah klorida menggunakan kloridanya dari logam halida lain yang sesuai seperti ditunjukkan pada persamaan reaksi (4) :



(X = F, Br atau I; M = K, Na,  $\text{NH}_4^+$ ) (Cotton *et al*, 2007).

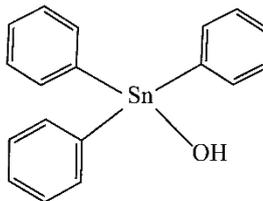
#### 2.4.2. Senyawa Organotimah Hidroksida dan Oksida

Produk kompleks yang diperoleh melalui hidrolisis dari dialkiltimah halida ( $\text{R}_2\text{SnX}_2$ ) atau trialkiltimah halida ( $\text{R}_3\text{SnX}$ ), merupakan *route* utama pada trialkiltimah oksida dan trialkiltimah hidroksida yang sesuai pada reaksi (5) :



(Wilkinson, 1982)

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



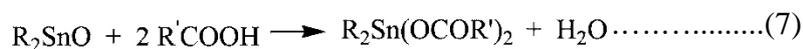
**Gambar 1.** Senyawa Trifeniltimah(IV) Hidroksida.

### 2.4.3. Senyawa Organotimah Karboksilat

Senyawa organotimah karboksilat pada umumnya dapat disintesis melalui dua cara yaitu dari organotimah oksida atau organotimah hidroksidanya dengan asam karboksilat, dan dari organotimah halidanya dengan garam karboksilat. Metode yang biasa digunakan untuk sintesis organotimah karboksilat adalah dengan menggunakan organotimah halida sebagai material awal. Organotimah halida direaksikan dengan garam karboksilat dalam pelarut yang sesuai, biasanya aseton atau karbon tetraklorida, seperti yang ditunjukkan pada reaksi (6) :



Reaksi esterifikasi dari asam karboksilat dengan organotimah oksida atau hidroksida dilakukan melalui dehidrasi azeotropik dari reaktan dalam toluena, seperti ditunjukkan pada reaksi (7) dan (8) :



(Wilkinson, 1982).

Pada penelitian kali ini telah dilakukan sintesis senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat dengan cara yang kedua (Davies, 2004).

Pada penelitian ini, asam 4-aminobenzoat, asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-hidroksibenzoat digunakan sebagai ligan. Asam 4-aminobenzoat merupakan kristal berwarna putih keabuan, memiliki rumus molekul  $C_7H_7NO_2$ , sedikit larut dalam air dan memiliki berat molekul 137,14. Titik lelehnya 187,0-187,50, pKa (derajat disosiasi) = 4,65; 4,80, pH = 3,5 (dalam 0,5% larutan) (Colipa, 2006). Asam 4-nitrobenzoat merupakan turunan asam benzoate yang berupa serbuk yang berwarna putih kekuningan yang memiliki berat molekul sebesar 167,2 g/mol, titik leleh sebesar 237 °C, dapat larut dalam metanol dan dietil eter, sedangkan Asam 4- hidroksibenzoat berupa kristal tak berwarna, memiliki titik leleh 214,5 °C serta cepat larut dalam air panas dan etanol. Pada asam 4-nitrobenzoat dan 4-hidroksibenzoat sering diaplikasikan dalam obat-obatan, dan kosmetik. (Hans-Dieter and Jeschkeit, 1994).

## 2.5. Aplikasi Organotimah

Senyawa organotimah memiliki aplikasi yang luas dalam kehidupan sehari-hari. Aplikasi senyawa organotimah dalam industri antara lain sebagai senyawa stabilizer PVC, pestisida nonsistematik, katalis antioksidan, *antifouling agents* dalam cat, *stabilizer* pada plastik dan karet sintetik, *stabilizer* untuk parfum dan berbagai macam peralatan yang berhubungan dengan medis dan gigi (Pellerito and Nagy, 2002). Senyawa organotimah merupakan katalis yang bersifat homogen yang baik untuk pembuatan polisilikon, poliuretan dan untuk sintesis poliester. Senyawa organotimah ditemukan berikutnya antara lain sebagai *biocide* (senyawa yang mudah terdegradasi), sebagai pestisida yang pertama kali diperkenalkan di Jerman yaitu dari senyawa trifeniltimah asetat pada akhir 1950-an. Kegunaan yang utama dari agrokimia senyawa organotimah karena senyawa ini relatif memiliki fitotoksisitas (daya racun pada tanaman) yang rendah dan terdegradasi dengan cepat sehingga residunya tidak berbahaya terhadap lingkungan (Cotton *et al.*, 2007).

Penggunaan dari senyawa organotimah terus meningkat dengan pesat setiap tahunnya. Senyawa organotimah diketahui memiliki aktivitas biologi yang kuat dan beragam (Rastogi *et al.*, 2011, Hadi dan Afriyani, 2017, Hadi *et al.*, 2019). Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, diketahui senyawa organotimah(IV) memiliki berbagai manfaat diantaranya sebagai antijamur (Hadi *et al.*, 2008), antimikroba (Annissa *et al.*, 2017; Hadi *et al.*, 2018), antitumor (Ruan *et al.*, 2011 and Salam *et al.*, 2016), antivirus (Singh *et al.*, 2000), antikorosi (Hadi *et al.*, 2015; Kurniasih *et al.*, 2015), antimalaria (Hadi *et al.*, 2018; Hadi *et al.*, 2020) serta antioksidan yang merupakan senyawa golongan organotimah(IV) karboksilat (Javed *et al.*, 2016). Keaktifan biologis dari senyawa organotimah(IV) ditentukan oleh jumlah dan sifat dasar dari gugus organik yang terikat pada atom pusat Sn. Anion yang terikat hanya sebagai penentu sekunder keaktifan senyawa organotimah(IV). Senyawa organotimah karboksilat diberikan perhatian khusus dikarenakan senyawa ini memiliki kemampuan biologi yang kuat dibandingkan senyawa organotimah lainnya (Hadi *et al.*, 2012).

## **2.6. Analisis Senyawa Organotimah**

Pada penelitian ini, hasil yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, spektrofotometer Inframerah (*IR*), spektrometer  $^1\text{H}$  NMR dan  $^{13}\text{C}$  NMR dan analisis unsur C dan H menggunakan alat *microelemental analyzer*.

### **2.6.1. Analisis Spektroskopi *UV-Vis* Senyawa Organotimah**

Pada spektroskopi *UV-Vis*, senyawa yang dianalisis akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi sinar *UV* dan sinar tampak oleh senyawa yang dianalisis. Transisi tersebut pada umumnya antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energi dari orbital-orbital. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan

akan memberikan serapan pada 120-200 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$ ). Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa, karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur.

Serapan di atas 200 nm merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan orbital  $\pi$  terutama sistem  $\pi$  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).

Spektrum *UV* maupun tampak terdiri dari pita absorpsi lebar pada daerah panjang gelombang yang lebar. Hal ini disebabkan transisi elektronik yaitu suatu elektron dalam orbital ikatan (*bonding*) dieksitasikan ke orbital *antibonding*. Transisi elektronik dapat terjadi dari tingkat energi keadaan dasar ke tingkat energi yang tereksitasi. Pada senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida terjadi transisi elektron dari  $\pi \rightarrow \pi^*$  pada panjang gelombang 204 nm dan dari  $n \rightarrow n^*$  memiliki panjang gelombang 293 nm. Pergantian ligan dapat diamati dengan adanya pergeseran  $\lambda_{\text{max}}$  untuk transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  ketika ligan hidroksi tergantikan dengan ligan *p*-aminobenzoat, *p*-nitrobenzoat, *p*-hidroksibenzoat akan mengalami pergeseran  $\lambda_{\text{max}}$  lebih panjang (Day dan Underwood, 1998).

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

### 2.6.2. Analisis dengan Spektrofotometer *Infra Red (IR)*

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

Spektrum inframerah suatu senyawa dapat memberikan gambaran gugus fungsi dalam struktur molekul senyawa tersebut. Syarat suatu gugus fungsi dalam suatu senyawa dapat terukur pada spektrum *IR* adalah adanya perbedaan momen dipol pada gugus tersebut. Vibrasi ikatan akan menimbulkan fluktuasi momen dipol yang menghasilkan gelombang listrik. Untuk pengukuran menggunakan *IR* biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400 – 4500  $\text{cm}^{-1}$ . Daerah pada bilangan gelombang ini disebut daerah *IR* sedang, dan merupakan daerah optimum untuk penyerapan sinar *IR* bagi ikatan-ikatan dalam senyawa organik (Harjono, 1992).

Karena setiap tipe ikatan yang berbeda mempunyai sifat frekuensi vibrasi yang berbeda, dan tipe ikatan yang sama dalam dua senyawa berbeda terletak dalam lingkungan yang sedikit berbeda, maka tidak ada dua molekul yang berbeda strukturnya akan mempunyai bentuk spektrum *IR* yang tepat sama (Sastrohamidjojo, 1988). Dengan menggunakan analisis spektroskopi *IR* terhadap senyawa organotimah karboksilat dapat ditunjukkan adanya vibrasi ulur Sn-O pada bilangan gelombang 500 – 400  $\text{cm}^{-1}$  dan Sn-C pada bilangan gelombang 600 – 500  $\text{cm}^{-1}$ . Selain itu adapun beberapa serapan karakteristik *IR* dari organotimah karboksilat dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Serapan karakteristik *IR* senyawa organotin karboksilat

Serapan	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )
Sn–O	800 – 600
Sn–O–C	1290 – 1000
Sn–Bu	800 – 660
CO <sub>2</sub>	1600 – 1400
O–H	3500 – 3100
C=O	1760-1600
-NO <sub>2</sub>	1560-1515; 1385-1345

(Elianasari dan Hadi, 2012; Hadi et al, 2019)

### 2.6.3. Analisis dengan Spektrometer <sup>1</sup>H NMR dan <sup>13</sup>C NMR

Spektroskopi *NMR* (*Nuclear Magnetic Resonance*) memberikan informasi mengenai jumlah, sifat dan lingkungan atom hidrogen maupun karbon dalam suatu molekul. Konsep dasar spektroskopi *NMR* ditimbulkan karena adanya fenomena dari inti atom yang memiliki medan magnet. Jumlah sinyal dalam spektrum *NMR* dapat menerangkan berapa banyak proton-proton yang ekuivalen yang terkandung dalam suatu molekul. Angka-angka yang ditunjukkan pada signal-signal yang terekam pada *NMR* dapat menjadi informasi yang baik untuk mengkarakterisasi senyawa target (Kristianingrum, 2014).

Pada spektrum <sup>1</sup>H *NMR*, akan dapat diduga adanya beberapa jenis lingkungan hidrogen dalam molekul, serta jumlah atom hidrogen yang ada pada atom karbon tetangga. Pada spektrum <sup>13</sup>C *NMR* dapat diketahui keadaan lingkungan atom karbon tetangga, apakah dalam bentuk atom primer, sekunder, tersier, atau kuarterner (Sudjadi, 1985).

Elektron yang bersirkulasi menyebabkan terjadinya medan magnet pada inti atom. Saat medan magnet lokal dalam atom berlawanan dengan medan magnet di luarnya, hal ini dinamakan inti atom tersebut “terperisai”. Inti yang terperisai memiliki kekuatan medan efektif yang lebih rendah dan beresonansi pada frekuensi yang lebih rendah. Hal ini menghasilkan setiap jenis inti dalam molekul akan memiliki frekuensi resonansi yang berbeda. Perbedaan ini dinamakan

geseran kimia. Nilai geseran kimia ini memiliki satuan ppm. Nilai kimia dari beberapa jenis senyawa dengan TMS sebagai titik nol-nya disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai Kimia untuk  $^1\text{H}$  NMR dan  $^{13}\text{C}$  NMR

Jenis Senyawa	$^1\text{H}$	$^{13}\text{C}$
Alkana	0,5-0,3	5-35
Alkana Termonosubstitusi	2 – 5	25 – 65
Alkana Terdisubstitusi	3 – 7	20 – 75
R-CH <sub>2</sub> -NR <sub>2</sub>	2 – 3	42 – 70
R-CH <sub>2</sub> -SR	2 – 3	20 – 40
R-CH <sub>2</sub> -PR <sub>3</sub>	2,2 – 3,2	50 – 75
R-CH <sub>2</sub> -OH	3,5 – 4,5	50 – 75
R-CH <sub>2</sub> -NO <sub>2</sub>	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)

#### 2.6.4. Analisis Unsur dengan *Microelemental Analyzer*

Mikroanalisis adalah penentuan kandungan unsur penyusun suatu senyawa yang dilakukan dengan menggunakan *microelemental analyzer*. Unsur yang umum ditentukan adalah karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sehingga alat yang biasanya digunakan untuk tujuan mikroanalisis ini dikenal sebagai CHNS *microelemental analyzer*.

Prinsip dasar dari analisis mikroelementer yaitu sampel dibakar pada suhu tinggi. Produk yang dihasilkan dari pembakaran tersebut merupakan gas yang telah dimurnikan, kemudian dipisahkan berdasarkan masing-masing komponen dan dianalisis dengan detektor yang sesuai. Pada dasarnya, sampel yang diketahui jenisnya, dapat diperkirakan beratnya dengan menghitung setiap berat unsur yang diperlukan untuk mencapai nilai kalibrasi terendah atau tertinggi. Hasil yang diperoleh dari mikroanalisis ini dibandingkan dengan perhitungan secara teori.

Walaupun seringkali hasil yang diperoleh berbeda, perbedaan biasanya antara 1–2%, namun analisis ini tetap sangat bermanfaat untuk mengetahui kemurnian suatu sampel (*Costecsh Analytical Technologies*, 2011).

## 2.7. Bakteri

Mikroorganisme adalah organisme yang berukuran sangat kecil atau mikroskopis, hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Dunia organisme terdiri dari lima kelompok organisme yaitu bakteri, protozoa, virus, alga, dan jamur mikroskopis (Pelczar dan Chan, 1986). Bakteri merupakan organisme hidup bersel tunggal, memiliki DNA dan RNA, serta tidak memiliki klorofil. Bakteri dapat tumbuh, berkembang biak, dan dapat melakukan metabolisme. Lapisan terluar dari bakteri terdiri dua komponen yakni dinding sel yang kaku dan membran sitoplasma atau membran plasma, di dalamnya terdapat organel seperti ribosom, mesosom, granula, vakuola, dan inti sel. Sel bakteri dapat diliputi oleh lapisan berupa gel yang mudah lepas atau tersusun sebagai suatu simpai. Selain itu beberapa bakteri juga mempunyai struktur tumbuhan lain seperti filamen yang menonjol keluar dari permukaan sel yaitu flagella yang berfungsi sebagai alat penggerak dan fimria sebagai alat untuk melekatkan diri (Gupte, 1990).

## 2.8. Klasifikasi Bakteri

Untuk memahami beberapa kelompok mikroorganisme diperlukan klasifikasi yaitu sebagai berikut :

1. Bakteri berdasarkan hubungannya dengan manusia dikategorikan menjadi 3 golongan diantaranya adalah golongan bakteri *Symbion* yaitu golongan bakteri yang saling menguntungkan terhadap manusia. Golongan bakteri yang tidak membahayakan atau *Komensal*, bakteri ini merupakan flora normal manusia. Golongan bakteri *Oportunis* yaitu bakteri yang membahayakan bagi kehidupan manusia. Tetapi perlu dipahami bahwa pada

keadaan tertentu simbiosis bisa menjadi *oportunis* dan kemudian menjadi patogen.

2. Bakteri berdasarkan bentuknya dibagi menjadi 3 yaitu: Bentuk bulat/*coccus* misalnya *Staphylococcus*, dan *Streptococcus*, bentuk batang/bacil misalnya *E. coli*, *Proteus*, *Pseudomonas*, bentuk lengkung/spiral misalnya *Vibrio sp.*
3. Berdasarkan sifat Gram dibagi menjadi 2 yaitu: Gram positif dan Gram negatif (Ernst and Stendahl, 2006).

## 2.9. 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, ditemukan oleh ilmuwan Denmark bernama Christian Gram dan merupakan prosedur penting dalam klasifikasi bakteri (Jawetz dan Adelberg, 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-cirinya adalah dinding sel yang homogen dengan ketebalan 20-80 nanometer dan tersusun dari senyawa peptidoglikan. Bentuk sel dari bakteri Gram positif ini adalah batang atau berbentuk filamen dan bulat. Sistem reproduksi bakteri gram positif melalui pembelahan secara biner. Alat geraknya berupa flagela nonmotil, jika tidak mempunyai motil maka menggunakan petritrikus. Karakteristik yang membedakan bakteri Gram positif adalah komposisi dinding selnya. Beberapa lapisan peptidoglikan bergabung bersama membentuk struktur tebal dan kaku.

Sebaliknya, bakteri Gram negatif hanya memiliki lapisan tipis peptidoglikan (Wheelis, 2007).

## 2.10. Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif merupakan bakteri yang tidak mampu mempertahankan warna kristal violet pada dinding selnya saat perwarnaan Gram dilakukan, pewarnaan Gram sangat penting untuk mengetahui klasifikasi bakteri dan mengetahui identifikasinya (Radji, 2011).

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

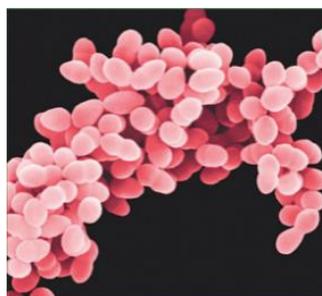
Adapun bakteri yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif dan *S. typhosa* sebagai Gram negatif.

### 2.11. Bakteri *S. aureus*

Bakteri *S. aureus* termasuk dalam familia *Staphylococaceae*, bersifat Gram positif, berbentuk bulat (*coccus*), berdiameter 0,5-1,5 uL, tidak membentuk spora, katalase positif dan sel-selnya tersusun seperti buah anggur atau membentuk pasangan dan secara khas membelah diri pada lebih dari satu bidang sehingga membentuk gerombolan yang tak teratur (supardi,1999). Dinding sel mengandung dua komponen utama yaitu peptidoglikan dan asam teikoat yang berkaitan dengannya. Metabolisme dengan respirasi dan fermentatif. Anaerob fakultatif tumbuh lebih cepat dan lebih banyak dalam keadaan aerobik suhu optimum 35 – 40 °C. Terutama berasosiasi dengan kulit, selaput lendir hewan berdarah panas. Kisaran inangnyanya luas banyak galur merupakan patogen potensial (Pelczar dan chan, 2008). Bakteri *S. aureus* dapat dilihat pada Gambar 2.

Adapun klasifikasi *S. aureus* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bactericeae
Filum	: Firmicules
Kelas	: Bacili
Ordo	: Bacilliales
Famili	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Species	: <i>Staphylococcus aureus</i>



**Gambar 2.** Bakteri *S. aureus* (Cook and Cook, 2005).

*S. aureus* tumbuh pada pembedahan bakteri dalam keadaan aerobik atau mikroaerobik, tumbuh paling cepat pada suhu 37 °C tetapi paling baik membentuk pigmen pada *S. aureus* suhu kamar (20-25 °C). Koloni pada pembedahan padat berbentuk bulat, halus dan berkilau membentuk pigmen. Sifat pertumbuhannya dapat meragikan banyak karbohidrat dengan lambat, menghasilkan asam laktat, tetapi tidak menghasilkan gas, aktivitas proteolitik sangat bervariasi (Jawetz dan Adelberg, 2005). *S. aureus* merupakan salah satu penyebab infeksi serius. Bakteri ini menyebabkan intoksifikasi, infeksi yang mempengaruhi aliran darah, kulit, jaringan lunak dan saluran pernapasan bagian bawah, seperti jerawat, bisul, meningitis, osteomielitis, pneumonia, serta mastitis pada manusia dan hewan (Cook and Cook, 2005). *S. aureus* merupakan salah satu *Staphylococcus* yang mempunyai kemampuan besar untuk menimbulkan penyakit. Manusia merupakan pembawa *S. aureus* dalam hidung sebanyak 40-50%, bakteri ini juga bisa di temukan pada baju, sprei, dan benda-benda lainnya di lingkungan sekitar manusia (Jawetz dan Adelberg, 2005). Penularan bakteri ini dapat terjadi dari manusia ke manusia. Ketika tinggal di benda mati, seperti sarung bantal, handuk dan benda lainnya pada waktu yang cukup lama, oleh karena itu, bakteri ini juga dapat berpindah ke orang yang menyentuh barang tersebut (Cook and Cook, 2005).

### **2.12. Bakteri *S. typhosa***

Bakteri *Salmonella* bersifat motil, Gram negatif, anaerob fakultatif serta berbentuk batang. Sel terluar terdiri atas struktur lipopolisakarida kompleks (LPS) yang terbebas dari lisis sel sampai batas tertentu selama kultur. Bagian lipopolisakarida dapat berfungsi sebagai endotoksin, dan berperan penting dalam menentukan virulensi organisme. Kompleks endotoksin makromolekul ini terdiri dari tiga komponen, mantel O-polisakarida luar, bagian tengah (inti R), dan lapisan dalam lipid A (Jawetz dkk, 2001). Bakteri salmonella berada pada family *Enterobacteriaceae*. Klasifikasi dari *Salmonella sp.* dapat dibagi berdasarkan spesies, subspecies dan serotipe. Genus *Salmonella* terbagi ke dalam 2 spesies yakni : *Salmonella enteric* dan *Salmonella bongori*. Spesies *Salmonella enterica*

dibagi lagi menjadi 6 subspecies yaitu : subspecies *enteric* atau subspecies I; subspecies *salamae* atau subspecies II; *arizonae* atau IIIa; *diarizonae* atau IIIb; *houtenae* atau IV; *indica* atau VI. Bakteri *S. typhosa* sering menyerang manusia dengan demam tifoid yang masih menjadi salah satu pembunuh utama manusia di negara berkembang termasuk Indonesia (Ernst and Standahl, 2006). Bakteri *S. typhosa* dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Bakteri *S. typhosa* (Cook and Cook, 2005)

Bakteri *S. typhosa* menyebabkan infeksi pada manusia yang ditularkan oleh manusia juga. Penularan bakteri *S. typhosa* dapat menular dari kebiasaan melalui kontaminasi makan dan minum yang kurang bersih seperti konsumsi air minum yang kotor, mentah, dan telah terkontaminasi bakteri *S. typhosa* ini, kontak dengan orang yang pernah terinfeksi dan menyentuh permukaan barang atau benda lain yang telah terkontaminasi. Bakteri ini dapat masuk ke mulut dengan cara melalui kontaminasi makanan atau minuman, keasaman lambung juga dapat mempengaruhi bakteri *S. typhosa*, flora normal dalam usus dan ketahanan usus lokal. Bakteri akan masuk ke dalam sistem pencernaan dan masuk ke dalam usus halus, kemudian *S. typhosa* akan ditangkap oleh makrofag di usus halus dan memasuki peredaran aliran darah, menyebabkan bakteremia primer. Selanjutnya bersama aliran darah, *S. typhosa* akan sampai di kandung empedu. Bakteri ini kembali memasuki pencernaan bersama dengan sekresi empedu dan akan menginfeksi *peyer's patches*, yaitu jaringan limfoid yang terdapat di ileum, kemudian kembali memasuki peredaran darah menimbulkan bakteremia sekunder. Gejala klinis dari demam tipoid akan terlihat pada saat bakteremia sekunder (Peggy, 2004).

### 2.13. Disinfektan

Disinfektan merupakan zat kimia yang digunakan untuk membunuh mikroba patogen pada benda-benda, misalnya pada lantai ruangan, meja, kursi, gagang pintu dan sebagainya. Disinfektan termasuk bahan yang digunakan untuk melaksanakan disinfeksi. Seringkali sebagai sinonim digunakan istilah antiseptik, tetapi pengertian disinfeksi dan disinfektan biasanya ditujukan terhadap benda-benda mati, seperti lantai, meja, pakaian dan benda mati lainnya (Irianto, 2007). Tindakan untuk membunuh mikroba dengan disinfektan disebut dengan desinfeksi. Hingga sekarang semakin banyak zat-zat kimia yang dipakai untuk membunuh atau untuk mengurangi jumlah organisme, dan penemuan-penemuan baru terus muncul di pasaran. Oleh karena tidak adanya bahan kimia yang ideal atau yang dapat dipergunakan untuk segala macam keperluan, sehingga dibutuhkannya bahan kimia yang mampu membunuh mikroorganisme yang ada, dalam waktu tersingkat dan tanpa merusak bahan yang terkena disinfektan (Hasdianah, 2012).

Adapun macam-macam jenis disinfektan sebagai berikut :

a. Golongan fenol dan turunannya

Misalnya: *phenol*, *cresol*, *exylresorcinol*, *hexa-chlorophene*. Larutan fenol 2-5 % dipakai sebagai disinfektan pada sputum, urine, feses atau alat-alat terkontaminasi. Virus dan bakteri bentuk spora, lebih tahan lama terhadap fenol dibanding dengan bakteri bentuk vegetatif, daya germisida fenol akan berkurang pada suhu rendah dan bila ada sabun. Orang yang pertama kali menggunakan fenol (*carbolic acid*) sebagai disinfektan adalah Joseph Lister (1827-1912) seorang ahli bedah Inggris. Fenol juga dipakai sebagai disinfektan standard untuk mengukur kekuatan lainnya. Prinsip kerja fenol adalah mendenaturasikan protein.

b. Alkohol

Etil alkohol merupakan disinfektan yang paling sering dipakai untuk disinfeksi kulit, dengan kadar etil alkohol 70%. Daya kerjanya yaitu mengkoagulasikan protein dan menarik air sel. Waktu yang diperlukan untuk membunuh sel – sel vegetatif cukup 10 menit, tetapi untuk spora tidak.

c. Yodium

Yodium merupakan germisid tertua. Yodium kurang baik kelarutannya dalam air dan lebih baik kelarutannya dalam alkohol. Preparatnya disebut yodium preparat berupa betadin yang banyak digunakan untuk membersihkan luka dan tindakan antiseptik pada kulit sebelum pembedahan. *Betadine* terdiri atas preparat yodium dan deterjen. *Betadine* tidak menimbulkan rasa sakit sehingga lebih disukai terutama bagi anak-anak. Yodium merupakan bakterisid yang paling kuat bahkan bersifat sporisida, fungisida, dan virusida. Diduga daya kerjanya yodium berkaitan dengan protein sel.

c. Aldehid

Contoh bahan aldehid adalah formaldehid ( $\text{CH}_2\text{O}$ ). Cara kerja bahan aldehid adalah membunuh sel mikroba dengan mendenaturasikan protein. Larutan formaldehid ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) 20% dalam 65-70% alkohol merupakan cairan pensteril yang sangat baik apabila alat-alat direndam 18 jam. Akan tetapi karena meninggalkan residu, maka alat-alat tersebut harus dibilas dulu sebelum dipakai.

d. Preparat Klor

Preparat klor banyak dipakai untuk disinfeksi air minum, misalnya kaporit. Daya kerjanya berdasarkan proses oksidasi.

e. Senyawa Kompleks

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

Disinfektan merupakan senyawa kimia yang mempunyai sifat bakteriostatik dan bakterisidal yang digunakan untuk mencegah terjadinya infeksi atau pencemaran mikroorganisme seperti bakteri dan virus, juga untuk membunuh atau menurunkan jumlah mikroorganisme (Waluyo, 2004).

Menurut Pelezar dan Chan (1988), Volk dan Wheeler (1984), ada beberapa faktor yang mempengaruhi kerja disinfektan antara lain konsentrasi, jumlah mikroorganisme, suhu, pH, spesies mikroorganisme, dan adanya bahan organik lain. Kriteria suatu disinfektan dikatakan ideal yaitu bekerja dengan cepat untuk menginaktivasi mikroorganisme pada suhu kamar, aktivitas tidak dipengaruhi oleh bahan organik, pH, temperatur dan kelembaban, tidak toksik pada hewan dan manusia, tidak bersifat korosif, tidak berwarna dan meninggalkan noda, tidak berbau/baunya disenangi, bersifat mudah diurai, larutan stabil, mudah digunakan dan ekonomis serta aktivitas berspektrum luas (Murtidjo, 2006)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai Maret 2022. Sintesis senyawa uji dan analisis spektrofotometer *UV-Vis* akan 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 spectrometer dilakukan di *Department of Chemistry, Kasetsart University*, Thailand. Pengujian aktivitas sebagai disinfektan dilakukan di Laboratorium Biokimia, FMIPA, Universitas Lampung.

#### 3.2. Alat dan Bahan

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

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida, asam 4-aminobenzoat, asam 4-nitrobenzoat, asam 4-hidroksibenzoat, akuabides, metanol p.a, bakteri *S .typhosa*, bakteri

*S. aureus*, *Nutrient Broth*, dan *Nutrient Agar*, Disinfektan Wipol (2,5% *pine oil*).

### 3.3. Prosedur Penelitian

#### 3.3.1. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat

Sebanyak 1,10105 gram ( $3 \times 10^{-3}$  mol) senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida direaksikan dengan 0,41141 gram ( $3 \times 10^{-3}$  mol) senyawa asam 4-aminobenzoat dalam 30 mL pelarut metanol dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60-61 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, campuran diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Metode ini diadaptasi dari (Szorcik *et al.*, 2002).

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

#### 3.3.2. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat

Sebanyak 1,10105 gram ( $3 \times 10^{-3}$  mol) senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida direaksikan dengan 0,50136 gram ( $3 \times 10^{-3}$  mol) senyawa asam 4-nitrobenzoat dalam 30 mL pelarut metanol p.a. dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60-61 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, campuran diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Metode ini diadaptasi dari (Szorcik *et al.*, 2002).

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

### 3.3.3. Sintesis Senyawa Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat

Sebanyak 1,10105 gram ( $3 \times 10^{-3}$  mol) senyawa trifeniltimah(IV) hidroksida direaksikan dengan 0,4143 gram ( $3 \times 10^{-3}$  mol) senyawa asam 4-hidroksibenzoat dalam 30 mL pelarut metanol p.a dan direfluks selama 4 jam dengan pemanasan pada suhu 60-61 °C. Setelah reaksi berlangsung sempurna, campuran diuapkan dan dikeringkan di dalam desikator sampai diperoleh kristal kering. Metode ini diadaptasi dari (Szorcik *et al.*, 2002).

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

### 3.3.4. Peremajaan Bakteri

#### 3.3.4.1. Pembuatan Media *Nutrient Agar*

Pembuatan media *Nutrient Agar* disiapkan dengan sebanyak 2,8 g *Nutrient Agar* ditimbang, lalu ditambahkan kedalam air aquades sebanyak 100 mL, lalu dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai bahan larut sempurna. kemudian *Nutrient Agar* dimasukkan kedalam tabung reaksi ukuran 20 x 150 mm, volume masing-masing dibuat 5 mL. Tabung reaksi ditutup menggunakan kapas dan aluminium foil dan disterilkan

menggunakan *autoclave* dengan suhu 121 °C selama 15 menit. Media yang sudah steril kemudian didiamkan dengan keadaan miring dan dibiarkan pada suhu kamar hingga media memadat.

#### **3.3.4.2. Peremajaan Bakteri *S. typhosa***

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan media *Nutrient Agar* yang sudah memadat lalu Bakteri *S. typhosa* ditanam pada *Nutrient Agar* miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *S. typhosa* dan digoreskan pada permukaan media agar miring (*Nutrient Agar*), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24-48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

#### **3.3.4.3. Peremajaan Bakteri *S. aureus***

Peremajaan dilakukan dengan menyiapkan dengan media *Nutrient Agar*. Yang sudah memadat lalu Bakteri *S. aureus* ditanam pada permukaan agar *Nutrient Agar* miring dengan mengambil satu ose biakan murni bakteri *S. aureus* dan digoreskan pada permukaan media agar miring (*Nutrient Agar*), kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24-48 jam dalam inkubator. Peremajaan bakteri ini dilakukan sebanyak tiga kali.

### **3.3.5. Pembuatan Inokulum Bakteri**

#### **3.3.5.1. Pembuatan Inokulum Bakteri *S. typhosa***

Pembuatan Inokulum bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *S. typhosa* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisisi 100 mL media *Nutrient Broth* steril. dan selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *Optical Density* diukur pada panjang

gelombang 600 nm dengan menggunakan instrument Spektrofotometer *UV-Visible*.

### **3.3.5.2. Pembuatan Inokulum Bakteri *S. aureus***

Pembuatan Inokulum bakteri dilakukan dengan mengambil satu ose bakteri *S. aureus* hasil peremajaan, dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer berisisi 100 mL media *Nutrient Broth* steril. dan selanjutnya di *shaker* pada suhu ruang selama 24 jam. Kemudian, *Optical Density* inokulum bakteri ini diukur pada panjang gelombang 600 nm dengan menggunakan instrument Spektrofotometer *UV- Visible* (Warokka dkk. 2016).

### **3.3.6. Pembuatan Larutan Disinfektan**

#### **3.3.6.1. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat**

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat  $1 \times 10^{-2}$  M, dibuat dengan menimbang 0,2430 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol p.a ditambahkan dimetil sulfoksida 5%, hingga 50 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, menggunakan pelarut metanol p.a ditambahkan dimetil sulfoksida 5%, hingga 50 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktifitasnya terhadap bakteri.

#### **3.3.6.2. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat**

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat  $1 \times 10^{-2}$  M, dibuat dengan menimbang 0,2580 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol p.a ditambahkan dimetil sulfoksida 5%, hingga 50 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,

$1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, menggunakan pelarut metanol p.a ditambahkan dimetil sulfoksida 5%, hingga 50 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktifitasnya terhadap bakteri.

### **3.6.3. Pembuatan Larutan Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat**

Larutan stok disinfektan trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat  $1 \times 10^{-2}$  M, dibuat dengan menimbang 0,2435 g padatnya, dan melarutkannya menggunakan pelarut metanol p.a ditambahkan dimetil sulfoksida 5%, hingga 50 mL. Larutan stok ini kemudian diencerkan kembali dengan konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, menggunakan pelarut metanol p.a ditambahkan dimetil sulfoksida 5%, hingga 50 mL. Ketiga larutan disinfektan hasil pengenceran ini, selanjutnya akan diuji bioaktifitasnya terhadap bakteri.

### **3.3.7. Uji Bioaktivitas Disinfektan Terhadap Bakteri**

#### **3.3.7.1. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat Terhadap Bakteri *S. typhosa***

Larutan inokulum bakteri *S. typhosa* yang telah disiapkan sebelumnya dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi yang berbeda dan masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu$ L senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat pada variasi konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, kemudian divortex. Pada waktu kontak 10, 20 dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. kemudian juga dilakukan perlakuan sama dengan larutan metanol p.a ditambahkan dimetil Sulfoksida 5%, dan larutan kontrol positif (Wipol 2,5% *pine oil*) yang masing-masing dimasukkan sebanyak 500  $\mu$ L kedalam tiga tabung larutan inokulum bakteri *S. typhosa* yang telah disiapkan kemudian divortex . Pada waktu kontak 10,

20, dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. Campuran dengan waktu kontak 10, 20, dan 30 menit ini kemudian diambil sebanyak 100  $\mu\text{L}$ , dan dimasukkan masing-masing ke dalam tiga buah cawan petri berisi media *Nutrient Agar* steril. Selanjutnya, dinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam dalam inkubator. Seluruh pekerjaan ini dilakukan secara aseptik dan diamati pertumbuhan bakterinya.

#### **3.3.7.2. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus***

Larutan inokulum bakteri *S. aureus* yang telah disiapkan sebelumnya dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi yang berbeda dan masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  senyawa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat pada variasi konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, kemudian divortex. Pada waktu kontak 10, 20 dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. kemudian juga dilakukan perlakuan sama dengan prosedur metode 3.3.7.1. sebelumnya.

#### **3.3.7.3. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *S. typhosa***

Larutan inokulum bakteri *S. typhosa* yang telah disiapkan sebelumnya dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi yang berbeda dan masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  senyawa trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat pada variasi konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, kemudian divortex. Pada waktu kontak 10, 20 dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. kemudian juga dilakukan perlakuan sama dengan prosedur metode 3.3.7.1. sebelumnya.

#### **3.3.7.4. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus***

Larutan inokulum bakteri *S. aureus* yang telah disiapkan sebelumnya dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi yang berbeda dan masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  senyawa trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat pada variasi konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, kemudian divortex. Pada waktu kontak 10, 20 dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. kemudian juga dilakukan perlakuan sama dengan prosedur metode 3.3.7.1. sebelumnya.

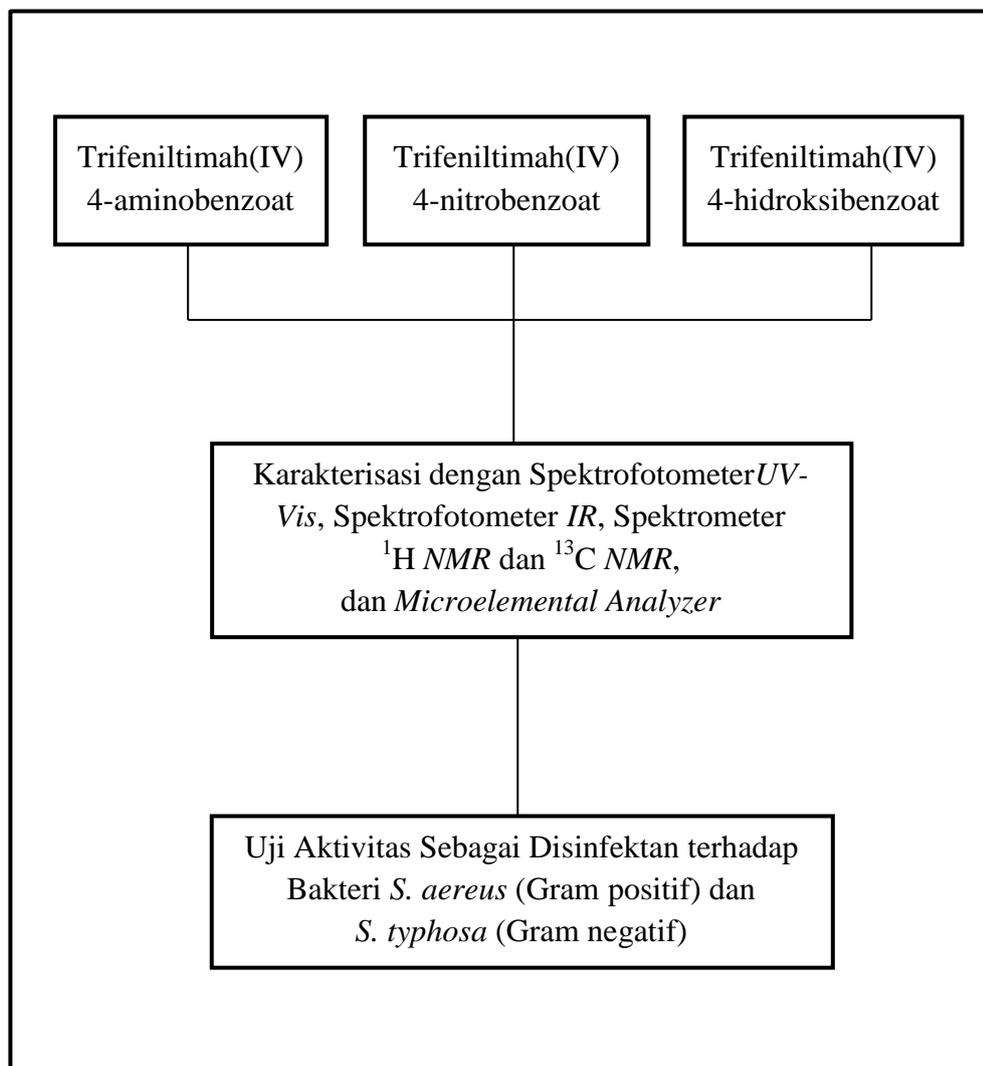
#### **3.3.7.5. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat Terhadap Bakteri *S. typhosa*.**

Larutan inokulum bakteri *S. typhosa* yang telah disiapkan sebelumnya dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi yang berbeda dan masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  senyawa trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat pada variasi konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, kemudian divortex. Pada waktu kontak 10, 20 dan 30 menit, *Optical Density* campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. kemudian juga dilakukan perlakuan sama dengan prosedur metode 3.3.7.1. sebelumnya.

#### **3.3.7.6. Uji Bioaktivitas Disinfektan Trifeniltimah(IV) 4- hidroksibenzoat Terhadap Bakteri *S. aureus***

Larutan inokulum bakteri *S. aureus* yang telah disiapkan sebelumnya dimasukkan sebanyak 5 mL ke dalam tiga buah tabung reaksi yang berbeda dan masing-masing tabung ditambahkan 500  $\mu\text{L}$  senyawa trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat pada variasi konsentrasi  $5 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ , dan  $5 \times 10^{-4}$  M, kemudian divortex. Pada waktu kontak 10, 20 dan 30 menit, *Optical Density*

campuran ini diukur pada panjang gelombang 600 nm, menggunakan instrumen Spektrofotometer *UV-Visible*. kemudian juga dilakukan perlakuan sama dengan prosedur metode 3.3.7.1. sebelumnya.



**Gambar 4.** Diagram Alir Penelitian.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Senyawa turunan organotimah(IV) berupa trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat, trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat dan trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat dengan padatan berwarna kuning, putih dan merah muda telah berhasil disintesis dengan rendemen masing-masing sebesar 84,09, 80,70 dan 87,47%.
2. Pengukuran menggunakan spektrofotometer *UV-Vis*, ketiga senyawa memberikan informasi keberhasilan sintesis melalui pergeseran panjang gelombang yang memberikan dua puncak tipe transisi elektron  $\pi \rightarrow \pi^*$  dan  $n \rightarrow \pi^*$  berturut-turut muncul dalam wilayah 234 nm dan 278 nm (trifeniltimah(IV) 4-aminobenzoat); 234 nm dan 290 nm (trifeniltimah(IV) 4-nitrobenzoat); 234 nm dan 258 nm (trifeniltimah(IV) 4-hidroksibenzoat).
3. Pengukuran menggunakan spektrofotometer *IR*, ketiga senyawa memberikan informasi keberhasilan sintesis melalui puncak serapan karakteristik gugus C=O berasal dari ligan asam 4-aminobenzoat, asam 4-nitrobenzoat dan asam 4-hidroksibenzoat masing-masing dalam wilayah 1602.8; 1602.8 dan 1587.8  $\text{cm}^{-1}$ .
4. Pengukuran menggunakan  $^1\text{H}$  dan  $^{13}\text{C}$  *NMR* spektrofotometer ketiga senyawa hasil sintesis menunjukkan adanya puncak geseran proton dan karbon yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan didukung dengan pergeseran karbon karbonil masing-masing dalam wilayah 163,752, 164,547 dan 164,078 ppm.
5. Hasil uji bioaktivitas sebagai disinfektan, nilai KHM (Konsentrasi Hambat Minimal) yang didapatkan dari ketiga senyawa uji terhadap bakteri

*S. aureus* dan *S. typhosa*, yaitu  $5 \times 10^{-4}$  M. Waktu kontak yang paling efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri uji adalah 30 menit.

## B. **Saran**

Pada penelitian selanjutnya disarankan melakukan sintesis senyawa organotin(IV) dengan perbandingan ligan yang lain dan melakukan uji aktivitas lebih lanjut menggunakan jenis bakteri Gram positif dan Gram negatif lainnya agar informasi mengenai aktivitas senyawa hasil penelitian ini lebih maksimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abel, E.W., Wilkinson, G., and Stone, F.G.A. 2002. *Comprehensive Organometallic Chemistry II*. Pergamon Press. International Tin Research Institute. Publication UK.
- 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. *Inorganic Chimica Acta*. 362 (7) : 5031-5037.
- Ahmed, M.H., Bhatti, A., Badshah, M., and Khan, K.M. 2002. Synthesis, Spectroscopic Characterization, and Biological Applications of Organotin(IV) Derivatives of 2-(N-maleoyl)-3- Phenylpropanoic Acid. *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*. 32 (8): 1521-1536.
- Alama, A., Tasso, B., Novelli, F., and Sparatore, F. 2009. Organometallic Compounds in Oncology: Implications of Novel Organotins as Antitumor Agents. *Drug. Discov. Today*. 14: 500–508.
- Amala, S. and Ejikema, I. 2015. Bacteria Associated with the Mobile Phones of Medical Personel. *American Journal Biomedical Sciences*. 7: 26-32.
- Amir, M.K., Khan, S., Rehman, Z.U., Shah, A., and Butler, I.S. 2014. Anticancer Activity of Organotin(IV) Carboxylates. *Inorganic Chimica Acta*. 32 (1): 1-12.
- Annissa., Hadi, S., Suhartati, T., and Yandri. 2017. Antibacterial Activity of Diphenyltin(IV) and Triphenyltin(IV) 3-Chlorobenzoate Againsts *Pseudomonas aeruginosa* and *Bacillus subtilis*. *Oriental Journal of Chemistry*. 33 (3): 1133-1139.
- Bakirdere, S. 2013. *Speciation Studies in Soil, Sediment, and Environmental Samples*. Taylor and Francis Group, LLC. France.

- Blunden, S.J. and Hill, R. 1990. Bis(tributyltin) Oxide as a Wood Preservative: Its Conversion to Tributyltin Carboxylates in *Pinus sylvestris*. *Applied Organometallic Chemistry* . 4: 63-68.
- 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. *Metal Based Drugs*. 5 (4): 233-236.
- Caprette, D. R., 2007. *Using a Counting Chamber. Lab Guides*. Rice University.
- Colipa. 2006. *Scientific Committee Consumer Products Opinion on 4-Aminobenzoic acid (PABA)*. European Commission. Eropa
- Costech Analytical Technologies. 2011. *Elemental Combustion System CHNS*. <http://costechanalytical.com/>Diakses 20 September 2020.
- Cook, L.F and Cook, K.F. 2005. *Deadly Diseases and Epidemics Staphylococcus Aureus Infections*. Chelsea House Publishers. England
- Cotton, F.A. and Wilkinson G. 1989. *Advance Inorganic chemistry : A Comprehensive Text*. Interscience Publications. New York.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., Murillo, C.A., and Bochmann, M. 2007. *Advanced Inorganic Chemistry, 6th Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Craig, P.J. 2003. *Organometallic Compounds in The Environment*. Johns Wiley and Sons. England.
- Davies, A.G. 2004. *Organotin Chemistry*. VCH Weinheim. Germany.
- Day, R.A. dan Underwood, A.L. 1998. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.
- Elianasari dan Hadi, S. 2012. Aktivitas in Vitro dan Studi Perbandingan Beberapa Senyawa Organotin(IV) 4-Hidroksibenzoat terhadap Sel Kanker Leukemia, L-1210. *Journal Sains MIPA*. 18 (1): 23-28.

- Ernst, J.D. and Stendahl, O., 2006. *Phagocytosis of Bacteria and Bacterial Pathogenicity*. Cambridge University Press. New York.
- Fardiaz, S., Betty, S., dan Jenie, L. 1981. *Strategi Riset Bidang Mikrobiologi Untuk Meningkatkan Keamanan Pangan Di Indonesia*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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. *Journal Inorganic Biochemistry*. 9: 139-145.
- Greenwood, N.N. and A, Earnshaw, A. 1990. *Chemistry of Elements, 2nd Edition*. Pergamon Press. Tokyo.
- Gupte, S. 1990. *Mikrobiologi Dasar*. Diterjemahkan oleh Julius E.S. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Hadi, A.G., Jawad, K., Ahmed, D.S., and Yousif, E. 2019. Synthesis and Biological Activities of Organotin(IV) Carboxylates : A Review. *Systematic Reviews in Pharmacy*. 10 (1): 26–31.
- Hadi, S. and Rilyanti, M. 2010. Synthesis and In Vitro Anticancer Activity of some Organotin(IV) Benzoate Compounds. *Oriental Journal Chemistry*. 26 (3): 775- 779.
- Hadi, S., Rilyanti, M., and Suharso. 2012. In Vitro Activity and Comparative Studies of Some Organotin(IV) benzoat Compounds. *Indonesian Journal Chemistry*. 12 (1): 172-177.
- Hadi, S., Afriyani, H., Anggraini, W.D., Qudus, H.I., and Suhartati, T. 2015. Synthesis and Potency Study of Some Dibutyl(IV) Dinitrobenzoat Compounds as Corrosion Inhibitor for Mild Steel HRP in DMSO-HCl Solution. *Asian Journal Chemistry*. 27 (4): 1509-1512.
- Hadi, S., dan Afriyani, H. 2017. Studi Perbandingan Sintesis dan Karakterisasi Dua Senyawa Organotin(IV) 3-Hidroksibenzoat. *Alkimia*. 1 (1): 26-31.

- Hadi, S. 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 Journal Microbiology Biotechnology Environment Scientist*. 20 (1): 113-119.
- Hadi, S., Noviany, and Rilyanti, M. 2018. In Vitro Antimalarial Activity of some Organotin(IV) 2-nitrobenzoate Compounds Against *Plasmodium falciparum*. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 37 (2): 185-191.
- Hadi, S., Fenska, M.D., Wijaya, R.A., Noviany, and Suhartati, T. 2020. Antimalarial Activity of Some Organotin(IV) Chlorobenzoate Compounds Against *Plasmodium falciparum*. *Mediterranean Journal of Chemistry*. 10 (3): 213-219.
- Hadi, S., Suhartati, T., Noviany., Kamisah, D.P., Yandri., Wasinton, S., and Junaidi. 2022. Disinfecting Activity of Some Diphenyltin(IV) Benzoate Derivative Compounds. *Pure Application Chemistry*. 10 (4): 8-9.
- Hans-Dieter, J. and Jeschkeit, H. 1994. *Concise Encyclopedia Chemistry*. De Gruyer, New York
- Harjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Liberty. Yogyakarta.
- Hasdianah. 2012. *Mikrobiologi, untuk Mahasiswa Kebidanan, Keperawatan, dan Kesehatan Masyarakat*. Nuha Medika. Yogyakarta.
- Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi Menguk Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. CV Yrama Widya. Bandung.
- Ibrahim, M. 2007. *Mikrobiologi Menguk Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. CV. Yrama Widya. Bandung.
- Javed, F., Sirajuddin, M., Ali, S., Khalid, N., Nawaz, 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. 2001. *Mikrobiologi Kedokteran. Diterjemahkan oleh Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. Salemba Medika. Jakarta.*
- Jawetz, E. dan Adelberg, A.E. 2005. *Mikrobiologi Kedokteran Edisi Ke-3.* Alih Bahasa : Huriwati Hartanto dkk. Penerbit Buku Kedokteran ECG. Jakarta.
- Kang, W., Wu, X., and Huang, J. 2009. Synthesis, Crystal Structure and Biological Activities of Four Novel Tetranuclear Di-Organotin(IV) Carboxylates. *Journal Organometal Chemistry.* 694: 2402-2408.
- Koh, D., 2020. Occupational risks for COVID-19 infection. *Journal Occupational Medicine.* 70: 3–5.
- Kristianingrum, S. 2014. *Spektroskopi Resonansi Magnetik Inti (NMR).* Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Kurniasih, H., Afriyani, H., Hadi, S., Qudus, H.I., Nurissalam, M., and Iswantoro, B. 2015. The Synthesis, Characterization and Comparative Anticorrosion Study of Some Organotin(IV) 4-Chlorobenzoate. *Oriental Journal Chemistry.* 31: 2377-2383.
- Lin, W., Guan, X., Cao, J., Niu, B., and Chen, Q. 2016. Bactericidal mechanism of glutaraldehydedidecyldimethylammonium bromide as a disinfectant against *Escherichia coli*. *Journal of Applied Microbiology.* 10: 676-685
- Murtidjo, B.A. 2006. *Pengendalian Hama dan Penyakit Ayam.* Kanisius. Yogyakarta.
- Nopiyanti, H.T., Agustriana, F., Isnaini dan Melki. 2016. Skrining *Nypa fruticans* sebagai Antibakteri *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Maspari Journal.* 8 (2):83-90.
- Notoatmodjo, S. 2002. *Metodologi Penelitian Kesehatan.* Jakarta: Rineka Cipta.
- Peggy, T. 2004. *Bacteria and Viruses.* The Lucent Library of Sciences. London

- Pelczar, M.J. dan Chan, E.C.S. 1986. *Dasar-dasar mikrobiologi 2*. Diterjemahkan oleh Hadioetomo RS, Imas T, Tjitrosomo SS, Angka SL. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pelczar. M.J., dan Chan, E.C.S. 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Terjemahan Oleh Hadioetomo, Ratna Sari dkk. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pellerito, L. and Nagy, L. 2002. Organotin(IV) $n^+$  Complexes Formed with Biologically Active Ligands: Equilibrium and Structural Studies, and Some Biological Aspects. *Coordination Chemistry Reviews*. 224: 111 – 150.
- Radji, M. 2011. *Mikrobiologi. Buku Kedokteran*. EGC. Jakarta.
- Rastogi, R.B., Singh, M.M., Singh, K., and Yadav, M. 2011. Organotin Dithiobiurets as Corrosion Inhibitors for Mild Steel-Dimethyl Sulfoxide Containing HCl. *Afr. Journal Pure. Application. Chemistry*. 5 (2): 19-33.
- Rehman, S.U., Zahid, H., Chohan., Farzana, G., and Claudiu T.S. 2005. In-vitro Antibacterial, Antifungal and Cytotoxic Activities of Some Coumarins and Their Metal Complexes. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 20 (4): 333-340.
- Ruan, B., Tian, Y., Zhou, H., Wu, J., Hu, R., Zhu, C., Yang, J., and Zhu, H. 2011. Synthesis, Characterization, and In Vitro Antitumor Activity Of Three Organotin(IV) Complexes With Carbazole Ligand. *Inorganic Chimica Acta*. 365: 302-308.
- Salam, M.A., Hussein, M.A., Ramli, I., and Islam, S. 2016. Synthesis , structural characterization , and evaluation of biological activity of organotin(IV) complexes with 2-hidroxy-5-methoxybenzaldehyde-N(4)-methylthiosemicarbazone. *Journal organometal chemistry*. 813: 71-77.
- Sastrohamidjojo, H. 1988. *Spektroskopi Inframerah*. Liberty. Yogyakarta.
- Settle, F.A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.

- Singh, N.K., Srivastava, A., Sodhi, A., and Ranjan, P. 2000. In Vitro and In Vivo Antitumor Studies Of a New Thiosemicarbazide Derivative and Its Complexes with 3d-metal Ions. *Transition Metal Chemistry*. 25: 133-140.
- Singh, R., Chaudary, P., and Khausik, N.K. 2010. A Review: Organotin Compounds in Corrosion Inhibition. *Reviews Inorganic Chemistry Application Chemistry*. 5 (2): 19-33.
- Subowo, 1995. *Biologi sel*. Angkasa. Bandung.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Supardi, dan Sukamto. 1999. *Mikrobiologi Dalam Pengolahan Dan Keamanan Pangan*. Penerbit Alumni Bandung. Bandung.
- Svehla, G. 1985. *Vogel: Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Diterjemahkan oleh Setiono dan A.H. Pudjaatmaka. PT Kalman Media Pustaka. Jakarta.
- Szorcsik, A., Nagy, L., Pellerito, L., Yamaguchi, T., and Yoshida, K. 2002. Preparation and Structural Studies of Organotin(IV) Complexes Formed with Organic Carboxylic Acids. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 256 (1): 3-10.
- Tayer, J. 1988. *Organometallic Chemistry and Overview*. VCH Publisher Inc. United State.
- UNICEF. 2012. *Ringkasan Kajian Kesehatan Ibu dan Anak*. UNICEF Indonesia. Jakarta.
- Van Der Weij, F.W. 1981. Kinetics and Mechanism of Urethane Formation Catalysed by Organotin Compound. *Journal of Polymer Science : Polymer Chemistry Edition*. 19 (2): 381-388.
- Volk, W.A. and Wheeler, M.E. 1984. *Basic Microbiology. 5th edition*. Harper and Row Publishers, Inc. United State.

- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum Edisi Pertama*. UMM Press. Malang.
- Warokka, K.E., Wuisan, J., dan Juliarti. 2016. Uji Konsentrasi hambat minimum (KHM) ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* Steenis) sebagai antibakteri terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. *Jurnal e-GiGi (eG)*. 4 (2): 155-159.
- Wheelis, M.L. 2007. *Towards a Natural System of Organisms: Proposal for the Domains Archaea, Bacteria, and Eukarya*. *Proceeding of the National Academy of Sciences. USA*. 87: 4576-4579.
- Wilkinson, G. 1982. *Compreherensive Organometallic Chemistry*. International Tin Research Institute, Pergamon Press.
- 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. *Journal Organometal Chemistry*. 694: 2981-2986.
- Zhang, X., Dai, H., Yan, H., Zou, W., and Cremer, D. 2016. B-H  $\pi$  Interaction: A New Type of Nonclassical Hydrogen Bonding. *Journal of The American Chemical Society*. 136: 4334-4337.