

**SINTESIS, KARAKTERISASI SENYAWA KOMPLEKS BIS(*N,N'*-  
DIETILTIOUREA)BIS(TIOSIANAT)TEMBAGA(II) DAN UJI AKTIVITAS  
ANTIBAKTERI TERHADAP *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
AVIVANI EKA SUBEKTI  
NIM. 18630077**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**SINTESIS, KARAKTERISASI SENYAWA KOMPLEKS BIS(N,N'-  
DIETILTIOUREA)BIS(TIOSIANAT)TEMBAGA(II) DAN UJI  
AKTIVITAS ANTIBAKTERI TERHADAP *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
AVIVANI EKA SUBEKTI  
NIM. 18630077**

**Diajukan kepada :  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2023**

**SINTESIS, KARAKTERISASI SENYAWA KOMPLEKS BIS(N,N'-  
DIETILTIOUREA)BIS(TIOSIANAT)TEMBAGA(II) DAN UJI  
AKTIVITAS ANTIBAKTERI TERHADAP *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

**Oleh:  
AVIVANI EKA SUBEKTI  
NIM. 18630077**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 14 Desember 2023**

**Pembimbing I**



**Dr. Anik Ma'unatin, S.T, M.P  
NIP. 19760105 20180201 2 248**

**Pembimbing II**



**Ahmad Hanapi, M.Sc  
NIDT. 19851225 20160501 1 069**

**Pembimbing III**



**Husni Wahyu Wijaya, Ph.D  
NIDN. 0001108403**

**Mengetahui,  
Ketua Program Studi**



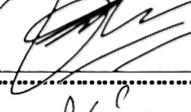
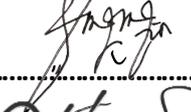
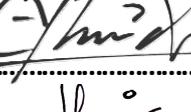
**Rachmawati Wahingsih, M.Si  
NIP. 19810821 200801 2 010**

**SINTESIS, KARAKTERISASI SENYAWA KOMPLEKS BIS(N,N'-DIETILTIOUREA)BIS(TIOSIANAT)TEMBAGA(II) DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI TERHADAP *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

Oleh:  
**AVIVANI EKA SUBEKTI**  
NIM. 18630077

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 27 Desember 2023

<b>Ketua Penguji</b>	<b>: A. Ghanaim Fasya, M.Si</b> NIP. 19820616 200604 1 002	 (.....)
<b>Anggota Penguji I</b>	<b>: Vina Nurul Istighfarini, M.Si</b> LB. 63025	 (.....)
<b>Anggota Penguji II</b>	<b>: Dr. Anik Ma'unatin, S.T, M.P</b> NIP. 19760105 20180201 2 248	 (.....)
<b>Anggota Penguji III</b>	<b>: Ahmad Hanapi, M.Sc</b> NIDT. 19851225 20160501 1 069	 (.....)
<b>Anggota Penguji IV</b>	<b>: Husni Wahyu Wijaya, Ph.D</b> NIDN. 0001108403	 (.....)

Mengetahui,

Ketua Program Studi

  
**Rachmawati Ningsih, M.Si**  
NIP. 19810811 200801 2 010

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Nama : Avivani Eka Subekti  
Nim : 18630077  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Sintesis, Karakterisasi Senyawa Kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi perbuatan tersebut.

Malang, 27 Desember 2023  
Yang membuat pernyataan,



Avivani Eka Subekti  
Nim. 18630077

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Puji Syukur kepada Allah SWT, beserta Nabi Muhammad SAW. Dengan segala ketulusan dan kerendahan hati. Skripsi ini sebagai persembahan, bukti dan kasih kepada:

Terkhusus kepada Almh. Mamaku Tutik Afridah dan Alm. Kakekku M. Toha tercinta yang telah mendidik, serta memperjuangkan pendidikanku hingga sarjana. Nenekku Indah Hartatik, Adikku M. Romy beserta Paman – Pamanku yang selalu memberikan saran terbaik, menemani dan mendengarkan keluh kesahku. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan kasih sayang di dunia maupun di akherat.

Terkhusus Ibu Dr. Anik Maunatin, S.T, M.P dan Bapak Husni Wahyu Wijaya, Ph.D yang telah sabar dalam membimbing penyusunan naskah skripsi beserta seluruh Dosen Kimia yang telah memberikan ilmu semasa kuliah. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan kasih sayang di dunia maupun di akherat.

Terkhusus M. Reza Afiyanto dan teman-temanku beserta semua pihak yang telah memberikan masukan dan setia selama penyusunan naskah skripsi. Semoga Allah SWT selalu memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menggapai masa depan yang diinginkan.

## **MOTTO**

**“Setiap kali kau berpikir bahwa hidup tidak adil dengan semua hal buruk yang terjadi dalam hidup, cobalah untuk membaca kisah hidup orang lain dan menemukan yang jauh lebih buruk. Maka itu akan membuatmu merasa lebih baik dan bisa terus menjalani hidup”**

## KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis menyampaikan segala puji syukur atas rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan dengan baik serangkaian proses tugas akhir (skripsi) berjudul **“Sintesis, Karakterisasi Senyawa Kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus*”**. Shalawat dan salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membimbing kita menuju jalan yang lurus dan diridhoi Allah SWT.

Laporan hasil penelitian ini disusun sebagai tahapan untuk mencapai gelar Strata 1 serta sebagai pengaplikasian ilmu yang telah didapat. Seiring dengan terselesainya skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H.M. Zainuddin, MA. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Ibu Dr. Anik Ma'unatin, S.T., M.P dan Bapak Husni Wahyu Wijaya, Ph.D selaku dosen pembimbing penulis yang telah bersabar dalam mengarahkan, memberikan saran serta kritik kepada penulis.
5. Bapak Ahmad Hanapi, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan arahan dan pengetahuan tambahan

6. Seluruh Dosen Program Studi Kimia yang telah memberikan ilmu serta pengalaman yang bermanfaat bagi penulis.

Penulis menyadari adanya keterbatasan didalam penyusunan skripsi ini, karena keterbatasan ilmu yang dikuasai penulis. Oleh karena itu, penulis membutuhkan saran dan kritik dalam perbaikan selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat sehingga dapat dijadikan salah satu referensi dalam penelitian selanjutnya.

Malang, 20 Desember 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
ABSTRACT .....	xvii
مُسْتَخْلَصُ الْبَحْثِ.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Ligan $N,N'$ -Dietiltiourea .....	7
2.2 Ion Tembaga(II).....	8
2.3 Ligan Tiosianat.....	10
2.4 Kompleks- <i>detu</i> .....	11
2.5 Metode Reaksi Langsung.....	13
2.6 Karakterisasi Bis( $N,N'$ -Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II).....	14
2.6.1. Karakterisasi Menggunakan FT-IR.....	14
2.6.2. Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX.....	15
2.7 Potensi Kompleks- <i>detu</i> Sebagai Antibakteri.....	16
2.8 Mekanisme Kerja Kompleks- <i>detu</i> Sebagai Antibakteri.....	17

2.9 Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	22
2.10 Sintesis Senyawa Kompleks- <i>Detu</i> Menurut Perspektif Islam .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.2 Alat dan Bahan .....	27
3.2.1 Alat .....	27
3.2.2 Bahan .....	27
3.3 Rancangan Penelitian .....	28
3.4 Tahapan Penelitian .....	28
3.5 Cara Kerja .....	29
3.5.1 Sintesis Bis( <i>N,N'</i> -Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) .....	29
3.5.2 Uji Titik Leleh Menggunakan <i>Melting Point Apparatus</i> (MPA) ...	30
3.5.3 Uji Daya Hantar Listrik Menggunakan Konduktometer .....	30
3.5.4 Karakterisasi Bis( <i>N,N'</i> -Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)..	30
3.5.5 Uji Antibakteri Bis( <i>N,N'</i> -Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)	31
3.5.6 Analisis Data .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Sintesis Bis( <i>N,N'</i> -Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) .....	34
4.2 Uji Titik Leleh Menggunakan <i>Melting Point Apparatus</i> (MPA) .....	37
4.3 Uji Daya Hantar Listrik Menggunakan Konduktometer.....	38
4.4 Karakterisasi Bis( <i>N,N'</i> -Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II).....	39
4.4.1 Karakterisasi Menggunakan FT-IR.....	39
4.4.2 Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX.....	41
4.5 Uji Antibakteri Bis( <i>N,N'</i> -Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II).....	46
4.5.1 Pembuatan Media <i>Nutrient Agar</i> (NA) dan <i>Nutrient Broth</i> (NB)..	46
4.5.2 Regenerasi Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	47
4.5.4 Pembuatan Inokulum Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	47
4.5.5 Uji Aktivitas Antibakteri Menggunakan Metode Difusi Agar .....	48
4.6 Tinjauan Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam .....	52
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran.....	55

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Struktur <i>N,N</i> -Dietiltiourea ( <i>detu</i> ) .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Konfigurasi $\text{Cu}^{2+}$ dalam keadaan dasar ( <i>ground state</i> ) .....	9
<b>Gambar 2.3</b> Struktur kompleks (a) $[\text{CuCl}_2(\text{diptu})_2]$ (b) $[\text{CuCl}_2(\text{detu})_2]$ .....	9
<b>Gambar 2.4</b> Struktur kompleks (a) $[\text{Zn}(\text{SCN})_2(\text{nia})_2]$ (b) $[\text{Hg}(\text{phen})_2(\text{SCN})_2]$ .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Struktur senyawa kompleks (a) $[\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_2(\text{SCN})_2]$ (b) $[\text{Co}(\text{SCN})_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_2]$ .....	13
<b>Gambar 2.6</b> Spektrum FT-IR senyawa kompleks .....	14
<b>Gambar 2.7</b> Morfologi struktur permukaan kristal senyawa kompleks .....	16
<b>Gambar 2.8</b> Ilustrasi interaksi dinding sel gram-positif terhadap senyawa kompleks .....	19
<b>Gambar 2.9</b> Pengamatan zona hambat bakteri .....	22
<b>Gambar 2.10</b> Bakteri <i>S. aureus</i> .....	23
<b>Gambar 2.11</b> Pola pertumbuhan bakteri <i>S. mutans</i> , <i>S. aureus</i> dan <i>B. Subtilis</i> pada media <i>Nutrient Broth</i> , inkubasi $37^\circ\text{C}$ selama 24 jam .....	23
<b>Gambar 2.12</b> Struktur dinding sel bakteri gram positif .....	24
<b>Gambar 4.1</b> Dugaan mekanisme pembentukan sintesis $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ .....	37
<b>Gambar 4.2</b> Spektra FT-IR $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ dan reaktan .....	41
<b>Gambar 4.3</b> Hasil analisis SEM kompleks $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ .....	43
<b>Gambar 4.4</b> Hasil SC-XRD dari kompleks $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ .....	44
<b>Gambar 4.5</b> Struktur senyawa kompleks $[\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_2(\text{SCN})_2]$ (a) Tetrahedral terdistorsi (b) Segiempat planar .....	46
<b>Gambar 4.6</b> Hasil regenerasi <i>Staphylococcus aureus</i> .....	47
<b>Gambar 4.7</b> Inokulum bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	48
<b>Gambar 4.8</b> Aktivitas antibakteri $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data bilangan gelombang spektrum FT-IR senyawa kompleks.....	15
Tabel 2.2 Komposisi unsur penyusun senyawa kompleks .....	16
Tabel 2.3 Kekuatan daya hambat zona bakteri.....	22
Tabel 4.1 Hasil uji titik leleh $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ dan reaktan penyusun .....	38
Tabel 4.2 Hasil pengukuran daya hantar listrik $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ dan reaktan penyusun dalam pelarut metanol .....	39
Tabel 4. 3 Interpretasi spektra FT-IR $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ dan reaktan.....	41
Tabel 4.4 Komposisi unsur senyawa kompleks secara eksperimental dan teoritis	44
Tabel 4.5 Aktivitas antibakteri kompleks $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian .....	67
Lampiran 2. Diagram Alir .....	68
Lampiran 3. Perhitungan.....	74
Lampiran 4. Dokumentasi.....	79

## ABSTRAK

Subekti, A.E. 2023. **Sintesis, Karakterisasi Senyawa Kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus*. SKRIPSI. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr. Anik Ma'unatin, S.T, M.P. Pembimbing II: Ahmad Hanapi, M.Sc. Pembimbing III: Husni Wahyu Wijaya, Ph.D**

---

**Kata kunci:** Tembaga(II), *N,N'*-Dietiltiourea, Tiosianat, *detu*, Antibakteri

Senyawa kompleks terbentuk oleh ion logam sebagai atom pusat dan satu atau lebih ligan sebagai pendonor elektron. Senyawa kompleks menghambat pertumbuhan sel bakteri melalui pengikatan pasangan elektron bebas terhadap sumber makanan bakteri. Reaksi antara tembaga(II) klorida, ligan *detu* dan kalium tiosianat pada perbandingan mol 1:2:4 menghasilkan senyawa kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) atau rumus molekul  $[\text{Cu}(\textit{detu})_2(\text{SCN})_2]$ . Senyawa kompleks  $[\text{Cu}(\textit{detu})_2(\text{SCN})_2]$  diuji secara fisik berupa warna, titik leleh dan daya hantar listrik (DHL). Selain itu, dilakukan juga karakterisasi dengan FT-IR, SEM-EDX serta uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi agar terhadap bakteri patogen *Staphylococcus aureus*.

Hasil penelitian sintesis ini menghasilkan kristal berwarna oranye kemerahan dan terdekomposisi pada suhu 180-182°C. Analisis menggunakan SEM-EDX menunjukkan morfologi kristal berbentuk balok dengan prediksi rumus empiris  $\text{CuC}_{12}\text{H}_{24}\text{N}_6\text{S}_2$ . Hasil uji DHL yang diperoleh sebesar 24,8  $\mu\text{S}$ . Analisis gugus fungsi dengan FT-IR menunjukkan bahwa ligan *detu* dan tiosianat berkoordinasi dengan ion tembaga(II) melalui atom donor S. Kemungkinan struktur yang dimiliki senyawa kompleks ialah monomer geometri tetrahedral terdistorsi dan segiempat planar. Hasil pengujian aktivitas antibakteri memperlihatkan bahwa pada konsentrasi 5 mg/mL menghasilkan zona hambat tertinggi sebesar 19 mm terhadap *Staphylococcus aureus*.

## ABSTRACT

Subekti, A.E. 2023. **Synthesis, Characterization of The Complex Compound Bis(*N,N'*-Diethylthiourea)Bis(Thiocyanate)Copper(II) and Antibacterial Activity Test Against *Staphylococcus aureus*. THESIS.** Chemistry Study Program, Faculty of Science and Technology, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Dr. Anik Ma'unatin, S.T., M.P. Supervisor II: Ahmad Hanapi, M.Sc. Supervisor III: Husni Wahyu Wijaya, Ph.D

---

**Keywords:** Copper(II), *N,N'*-Diethylthiourea, Thiocyanate, *detu*, Antibacterial

Complex compounds are formed due to the presence of metal ions as central atoms with one or more ligands that act as electron donors. Complex compounds can inhibit bacterial cell growth through the binding of free electron pairs to bacterial food sources. The reaction between copper (II) chloride, *detu* ligand and potassium thiocyanate at a mole ratio of 1:2:4 produces a complex compound Bis(*N,N'*-Diethylthiourea)Bis(Thiocyanate)Copper (II) or the molecular formula  $[\text{Cu}(\textit{detu})_2(\text{SCN})_2]$ . The complex compound  $[\text{Cu}(\textit{detu})_2(\text{SCN})_2]$  was tested physically in the form of color, melting point and electrical conductivity (DHL). In addition, characterization with FT-IR, SEM-EDX and antibacterial activity test using agar diffusion method against pathogenic bacteria *Staphylococcus aureus* were also conducted.

The results of this synthesis produced reddish-orange crystals and decomposed at 180-182°C. Analysis using SEM-EDX showed a block-shaped crystal morphology with the predicted empirical formula  $\text{CuC}_{12}\text{H}_{24}\text{N}_6\text{S}_2$ . DHL test results obtained amounted to 24.8  $\mu\text{S}$ . FT-IR analysis showed that *detu* and thiocyanate ligands coordinate with copper(II) ions through donor atom S. The possible structures of the complex compound are distorted tetrahedral geometry monomer and square planar. The results of antibacterial activity testing showed that the concentration of 5 mg/mL produced the highest inhibition zone of 19 mm against *Staphylococcus aureus*.

## مستخلص البحث

سوبكتي، ع.ا. ٢٠٢٣. صناعي وخاصة المركبات المعقدة بيس (ن،ن-ديتيلتوربا) وبيس (تيوسيانات) النحاس (II) مع تجربة النشاط المضاد للبكتيريا ضد المكورات العنقودية الذهبية. البحث العلمي. قسم الكيمياء. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف I: الدكتورة عنيق معونة، الماجستير. المشرف II: أحمد حنفي، الماجستير. المشرف III: الدكتور حسني وحي ويجايا.

الكلمة الرئيسية: النحاس (II)، ن،ن-ديتيلتوربا، تيوسيانات، ديتو، المضاد للبكتيريا

تتكون المركبات المعقدة من أيون المعدن كدراً وليجان واحد أو أكثر كمانحين للإلكترونات. تثبت المركبات المعقدة نمو الخلايا البكتيرية من خلال ربط أزواج الإلكترونات الحرة مع مصدر طعام البكتيريا. تفاعل كلوريد النحاس (II)، وليجان ديتو، وتيوسيانات البوتاسيوم في نسبة مولية 1:2:4 يؤدي إلى تكوين مركب معقد يسمى (ن،ن-ديتيلتوربا) وبيس (تيوسيانات) النحاس (II)، أو الصيغة الجزيئية  $[Cu(detu)_2(SCN)_2]$ . تم اختبار المركب المعقد  $[Cu(detu)_2(SCN)_2]$  من الناحية الفيزيائية، بما في ذلك اللون ونقطة الانصهار والتوصيل الكهربائي (DHL). يخصص النتائج الصناعي باستخدام FT-IR و SEM-EDX واختبار نشاط مضاد البكتيريا باستخدام طريقة الانتشار على وسط الجيل لمكافحة البكتيريا العنقودية الذهبية. أظهرت نتائج بحث هذه التوليفة أنها تنتج بلورات بلون برتقالي قرمزي وتتحلل عند درجة حرارة ١٨٠-١٨٢ درجة مئوية. تحليل باستخدام SEM-EDX أظهر أن المورفولوجيا البلورية لهذا المركب تأخذ شكل قضبي مع توقع صيغة تجريبية تكون  $CuC_{12}H_{24}N_6S_2$ . اختبار الكهربية الموصلية المتناقصة (DHL) أسفر عن قيمة تبلغ  $24.8 \mu S$ . تحليل الأشعة تحت الحمراء FT-IR يشير إلى أن ليغان ديتو وتيوسيانات يتنسقان مع أيون النحاس (II) عبر ذرة المانحة S. احتمالية هيكل هذا المركب الكيميائي هي أن يكون مونومر ذو هندسة تتسع فيها الرباعي المائل ومستوي مربع. أظهرت نتائج اختبار فعالية مضادات البكتيريا أنه عند تركيز 5 ملغ/مل، ينتج هذا المركب الكيميائي أعلى منطقة تثبيط بقطر ١٩ ملم ضد العنقودية الذهبية العنقودية الذهبية.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ligan *N,N'*-Dietiltiourea (*detu*) merupakan ligan ambidentat dari salah satu turunan ligan tiourea (*tu*) (Wahyuni dkk., 2022). Ligan *detu* membentuk senyawa koordinasi dengan ion logam yang memiliki atom donor S dan N seperti tembaga(II). Ion tembaga (Cu) dengan bilangan oksidasi +2 memiliki sifat stabil dan paling banyak digunakan (Lee, 1994). Interaksi antara ligan *detu* dan ion tembaga(II) melibatkan reaksi asam basa Lewis, dimana ion logam tembaga(II) mengikat ligan *detu* melalui atom belerang (Fariati dkk., 2020). Senyawa tiourea (*tu*) dan turunannya telah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pemisahan ion logam (M.J. Moloto dkk., 2003) , antivirus (Ozturk dkk., 2019), antijamur (Malik dkk., 2013) dan antibakteri (Altaf dkk., 2011).

Sintesis senyawa kompleks logam dengan ligan *detu* dilakukan dengan metode reaksi langsung. Metode reaksi langsung contohnya adalah metode *stirrer* dengan pelarut etanol (Malik dkk., 2013) dan metode *stirrer* dengan pelarut akuades (Fariati dkk., 2020). Struktur senyawa kompleks umumnya terbentuk karena adanya ion logam sebagai atom pusat dengan satu atau lebih ligan yang berperan sebagai pendonor elektron bebas (Cotton, 1989). Ligan *detu* dan tiosianat merupakan jenis ligan yang memiliki potensial atom donor berupa atom belerang dan nitrogen yang membentuk senyawa kompleks melalui ikatan koordinasi (Amuzie & Fagbohun, 2015). Senyawa kompleks dari ion logam dengan campuran ligan *detu* dan tiosianat telah disintesis oleh Jochim dkk., (2020) yaitu  $[\text{Co}(\text{SCN})_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_2]$

menghasilkan bentuk geometri tetrahedral terdistorsi, penelitian lain dilaporkan oleh Elizabeth dkk., (2018) pada sintesis kompleks  $[(\text{SCN})_2\text{Cd}(\mu\text{-SC}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)_2\text{Cd}(\text{SCN})_2]$  menghasilkan geometri tetrahedral terdistorsi.

Senyawa kompleks ion logam dengan ligan *detu* memiliki potensi biologis sebagai antikanker, antibiotik, antibakteri, antivirus, antiparasit, pengobatan *rheumatoid arthritis* dan radioterapi (Ajibade dkk., 2013). Senyawa kompleks mampu menghambat pertumbuhan sel bakteri melalui pengikatan pasangan elektron bebas terhadap sumber makanan bakteri sehingga nutrisi yang masuk ke dalam sel bakteri akan terhambat. Menurut Udhayakumari dkk., (2015) dan Zhang dkk., (2015) melaporkan kompleks tiourea dengan ion logam berperan sebagai antibakteri melalui ikatan C=S dan ion logam sehingga mengakibatkan pelepasan ion logam oleh oksidanya yang membawa muatan positif (kation). Salah satu ion logam yang memiliki efek antibakteri yang tinggi dalam pengontrolan pertumbuhan bakteri ialah tembaga (Cu) (Grass dkk., 2011). Pada atom tembaga yang berkoordinasi dengan tiga atom sulfur ligan *detu* akan menghasilkan situs pengikatan logam di Cu-metalotionein sehingga terjadi reduksi ion logam menjadi atom logam oleh gugus tiol pada enzim dan protein yang bersifat nukleofilik (Khawar dkk., 2015; Chen dkk., 2014; Kaim & Schwederski, 1994; Stillman, MJ. dkk., 1992). Proses selanjutnya, ikatan NH pada ligan tiourea membentuk ikatan hidrogen untuk mengikat dinding sel bakteri sehingga mengakibatkan dinding sel melemah dan mengarah pada kematian sel bakteri (Gale & Gunnlaugsson, 2010; Bregović dkk., 2015). Penambahan ligan tiosianat pada sintesis kompleks-*detu* meningkatkan aktivitas antibakteri karena ikatan C=N yang diperoleh dari elektron bebas atom nitrogen dapat membentuk ikatan hidrogen dengan pusat

aktif sel sehingga mengganggu proses normal sel (Zamrotin, 2022).

Pemanfaatan kompleks logam sebagai senyawa antibakteri hingga saat ini masih terbatas. Pengujian aktivitas antibakteri dari senyawa kompleks bertujuan untuk menanggulangi sekaligus menghambat pertumbuhan bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus*. Selain itu, infeksi yang disebabkan bakteri patogen sering dikaitkan dengan aktivitas manusia atau ulah manusia yang terkadang lalai dan abai terhadap kebersihan dan kesehatan. Maka dari itu, Allah SWT memberikan suatu penyakit sebagai salah satu ujian untuk mengingatkan manusia dari bentuk sikap dzalim terhadap diri sendiri. Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat Ar-Rum ayat 41 sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمَلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”

Menurut Shihab (2003), dalam buku tafsir Al-Misbah menjelaskan bahwa ayat ini mengisyaratkan tidak ada kerusakan atau ketidakseimbangan pada ciptaan Allah SWT. Namun, keserakahan manusia justru mengakibatkan kerusakan di bumi sehingga menciptakan kesengsaraan kepada manusia itu sendiri, seperti munculnya berbagai penyakit. Hal tersebut mendorong penelitian lebih lanjut sebagai upaya pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam menghasilkan senyawa kimia baru yang bermanfaat bagi kesehatan.

Bakteri flora normal dalam tubuh manusia umumnya bersifat tidak patogen, namun pada kondisi tertentu dapat menjadi patogen oportunistik yang mampu mengancam kesehatan manusia. Salah satu bakteri patogen yang sering menginfeksi tubuh manusia adalah *Staphylococcus aureus*. Infeksi yang disebabkan bakteri *S. aureus* menimbulkan penyakit endokarditis infeksi, sindrom toksik, sindrom kulit melepuh yang mengancam jiwa (Lowy, 1998). Penelitian terkait kompleks tiourea dan ion logam Cu(II) sebagai antibakteri pernah dilakukan oleh Ajibade dkk., (2013) menggunakan senyawa  $[\text{CuCl}_2(\text{detu})_2]$  dengan konsentrasi 10 mg/mL terhadap *S. aureus* sebesar 1,25 mm. Ajibade & Zulu (2011) melaporkan aktivitas antibakteri senyawa  $[\text{CuCl}_2(\text{diptu})_2]$  dengan konsentrasi 10 mg/mL terhadap *S. aureus* sebesar 5,0 mm. Penambahan ligan lain memberikan kestabilan kimia pada suatu senyawa sehingga meningkatkan potensi aktivitas antibakteri yang ditandai dengan nilai zona hambat yang dihasilkan.

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan diatas, maka menarik untuk mengkaji pengaplikasian aktivitas antibakteri dari senyawa kompleks terhadap bakteri patogen. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) dengan metode reaksi langsung. Hasil sintesis senyawa kompleks yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra-Red* (FT-IR) dan *Scanning Electron Microscope & Energy Despersive X-ray* (SEM-EDX). Kemudian, dilakukan pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi agar terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan variasi konsentrasi 0,3125; 0,625; 1,25; 2,5 dan 5 mg/mL dan setiap perlakuan dilakukan pengulangan tiga kali.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil karakterisasi dari senyawa kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)?
2. Bagaimana aktivitas antibakteri dari senyawa kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)?

## 1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui hasil karakterisasi dari senyawa kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)
2. Untuk mengetahui aktivitas antibakteri dari senyawa kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)tembaga(II)

## 1.4 Batasan Masalah

1. Sintesis senyawa kompleks menggunakan garam logam  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dengan campuran ligan *N,N'*-Dietiltiourea (*detu*) dan kalium tiosianat.
2. Karakterisasi produk sintesis meliputi FT-IR dan SEM-EDX.
3. Bakteri patogen untuk uji aktivitas antibakteri yaitu *Staphylococcus aureus*
4. Metode yang digunakan untuk uji aktivitas antibakteri adalah metode difusi agar.
5. Pada uji aktivitas antibakteri menggunakan variasi konsentrasi produk sintesis yaitu 0,3125; 0,625; 1,25; 2,5 dan 5 mg/mL.

### 1.5 Manfaat Penelitian

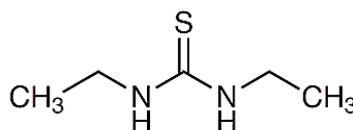
Penelitian ini bermanfaat memberikan informasi mengenai sintesis dan karakterisasi kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) beserta aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen *Staphylococcus aureus*.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Ligan *N,N'*-Dietiltiourea

Ligan *N,N'*-Dietiltiourea ( $C_5H_{12}N_2S$ ) berbentuk padatan putih dengan massa molekul relatif 132,23 gram/mol, titik leleh sebesar  $78^\circ C$  dan mudah larut dalam air, etanol, dietil eter serta karbon tetraklorida (Lide & Milne, 1996). Ligan *N,N'*- dietiltiourea adalah salah satu turunan ligan tiourea dengan sruktur ambidentat yang memiliki potensial atom donor berupa nitrogen dan belerang (Fariati dkk., 2020). Ligan ambidentat merupakan ligan yang dapat mengikat atom pusat melalui satu atau lebih jenis atom tanpa terjadi pembentukan cincin kelat (Norbury, 1968). Senyawa kompleks-*detu* terbentuk karena interaksi asam Lewis dan basa Lewis. Menurut teori Hard and Soft Acids and Bases (HSAB) (Pearson, 1963), ligan *detu* serta atom donor S berperan sebagai basa lunak untuk membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan atom pusat yang tergolong asam lunak seperti tembaga(II). Hal tersebut didukung dengan rendahnya nilai keelektronegatifan atom donor S (2,86) daripada atom donor N (3,04) sehingga kemampuan atom donor S lebih baik dalam mendonorkan pasangan elektron bebas (PEB) terhadap atom pusat. Struktur *N,N'*-Dietiltiourea (*detu*) ditampilkan pada Gambar 2.1



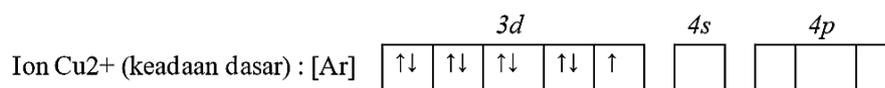
**Gambar 2.1** Struktur *N,N'*-Dietiltiourea (*detu*) (Wahyuni dkk., 2022)

Senyawa *detu* memiliki kemampuan untuk memvariasikan substituen pada nitrogen, dan dapat membentuk koordinasi dengan pusat logam baik dalam keadaan netral atau sebagai bentuk monoanion atau dianion sesuai dengan jumlah muatan dan atom yang terhubung pada atom pusat (Penland dkk., 1957). Gugus fungsi pada *detu* terdiri dari gugus C=S dan N-H (Shahzad dkk., 2021). Kedua gugus fungsi tersebut digunakan dalam sensor ion logam (kation) sehingga menghasilkan senyawa kompleks dengan pengaplikasian yang beragam (Udhayakumari dkk., 2015; Zhang dkk., 2015). Aktivitas biologis yang dihasilkan kompleks *detu* dengan ion logamnya yaitu antibakteri, antijamur, *anti-thyroid* dan mengatur pertumbuhan tanaman (Yuan dkk., 2001).

## 2.2 Ion Tembaga(II)

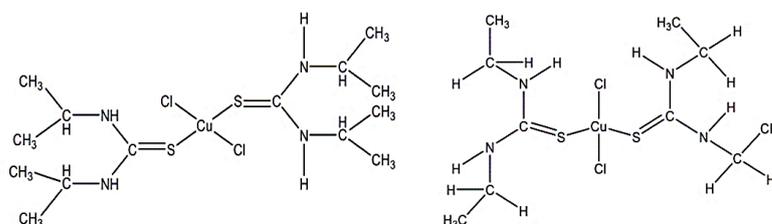
Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam transisi golongan IB dengan nomor atom 29. Bilangan oksidasi pada tembaga terdiri dari +1 dan +2, namun tembaga (Cu) dengan bilangan oksidasi +2 memiliki sifat stabil dan paling banyak digunakan karena reaksi Cu(I) dalam air mengalami disproporsionasi sehingga membentuk senyawa yang tidak larut (Lee, 1994). Sifat-sifat fisika pada tembaga terdiri dari massa atom 63,546, titik leleh 1083°C, titik didih 2310°C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion Cu<sup>2+</sup> 0,96 Å (Kundari, 2008). Ion Cu(II) memiliki konfigurasi elektron berupa [Ar] 3d<sup>10</sup> 4s<sup>1</sup>, sedangkan konfigurasi elektron pada ion Cu(II) berupa [Ar] 3d<sup>9</sup> 4s<sup>0</sup> dimana konfigurasi 3d<sup>9</sup> terdapat 1 elektron yang tidak berpasangan dan cenderung mengalami distorsi. Menurut Suwanto (2006) menjelaskan bahwa senyawa kompleks yang terbentuk dari logam tembaga memiliki warna yang khas dan bersifat paramagnetik. Senyawa kompleks yang

terbentuk melalui ikatan logam Cu(II) dengan ligan disebabkan adanya pasangan elektron bebas pada ligan lalu menempati orbital-orbital kosong milik atom pusat yang telah mengalami hibridisasi (Effendy, 2013). Adapun konfigurasi elektron  $\text{Cu}^{2+}$  dalam keadaan dasar dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2** Konfigurasi  $\text{Cu}^{2+}$  dalam keadaan dasar (*ground state*) (Effendy, 2013)

Jenis ligan yang dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam Cu(II) adalah ligan yang memiliki atom donor elektron seperti N, O dan S sehingga berbagai struktur memungkinkan untuk diperoleh (Cotton, 1989). Atom pusat tembaga(II) dan ligan *detu* memiliki kecenderungan membentuk senyawa kompleks dengan atom donor S, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Ajibade & Zulu (2011) pada senyawa kompleks yaitu  $[\text{CuCl}_2(\text{diptu})_2]$  dengan geometri tetrahedral terdistorsi. Selain itu, Ajibade dkk., (2013) juga telah mensintesis  $[\text{CuCl}_2(\text{detu})_2]$  dimana kompleks tersebut menghasilkan geometri berbentuk tetrahedral terdistorsi. Struktur kedua senyawa kompleks tersebut diberikan pada Gambar 2.3a dan 2.3b.

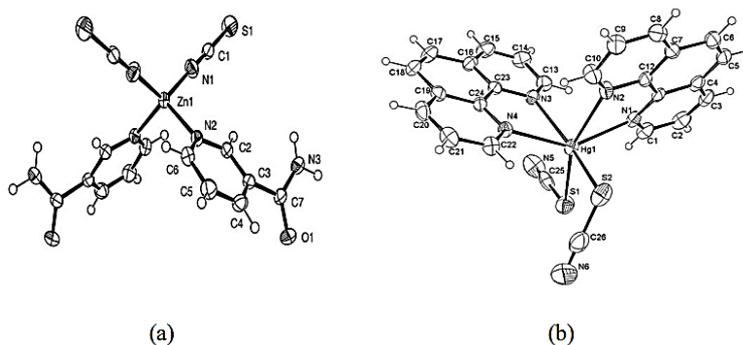


**Gambar 2.3** Struktur kompleks (a)  $[\text{CuCl}_2(\text{diptu})_2]$  (Ajibade & Zulu, 2011) (b)  $[\text{CuCl}_2(\text{detu})_2]$  (Ajibade dkk., 2013)

### 2.3 Ligan Tiosianat

Ligan tiosianat (SCN) adalah ligan ambidentat yang dapat membentuk struktur molekul yang berbeda menggunakan dua metode ikatan yaitu metode terminal dan metode jembatan. Pada umumnya tiosianat ditemukan dalam bentuk garamnya, salah satunya seperti kalium tiosianat. Kalium tiosianat (KSCN) memiliki bentuk seperti bubuk kristal putih yang tidak berbau, mudah larut dalam air, alkohol dan aseton, titik leleh sebesar 173°C dengan densitas sebesar 1,89 gr/cm<sup>3</sup> (Handy, 2017; Union dkk., 1997; Wöhlert dkk., 2013). Ligan tiosianat membentuk senyawa kompleks dengan logam karena kemampuan ion tiosianat sebagai anion pengembang menghasilkan senyawa kompleks ionik melalui atom donor S pada asam lunak dan atom donor N pada asam keras dan perbatasan (Handy, 2017).

Kecenderungan ion tiosianat mendonorkan PEB dengan atom N terhadap asam keras dan perbatasan dilaporkan oleh Daković dkk., (2008) pada senyawa kompleks  $[Zn(SCN)_2(nia)_2]$  dimana Zn(II) sebagai atom pusat berikatan dengan dua PEB atom donor N dari ligan isotiosianat dan dua PEB atom donor N dari ligan nikotinamida (*nia*) sehingga senyawa kompleks terbentuk. Struktur senyawa  $[Zn(SCN)_2(nia)_2]$  diberikan pada Gambar 2.4a. Sedangkan, kecenderungan ion Tiosianat membentuk senyawa kompleks dengan PEB atom donor S pada asam lunak ditemukan pada senyawa kompleks  $[Hg(phen)_2(SCN)_2]$  (Mahmoudi dkk., 2008) dimana atom pusat Hg(II) berikatan dengan dua PEB atom donor S dari ligan tiosianat dan dua PEB atom donor N dari ligan 1,10-fenantrolina (*phen*). Struktur senyawa  $[Hg(phen)_2(SCN)_2]$  diberikan pada Gambar 2.4b.



**Gambar 2.4** Struktur kompleks (a)  $[\text{Zn}(\text{SCN})_2(\text{nia})_2]$  (Ajibade dkk., 2013)  
 (b)  $[\text{Hg}(\text{phen})_2(\text{SCN})_2]$  (Mahmoudi dkk., 2008)

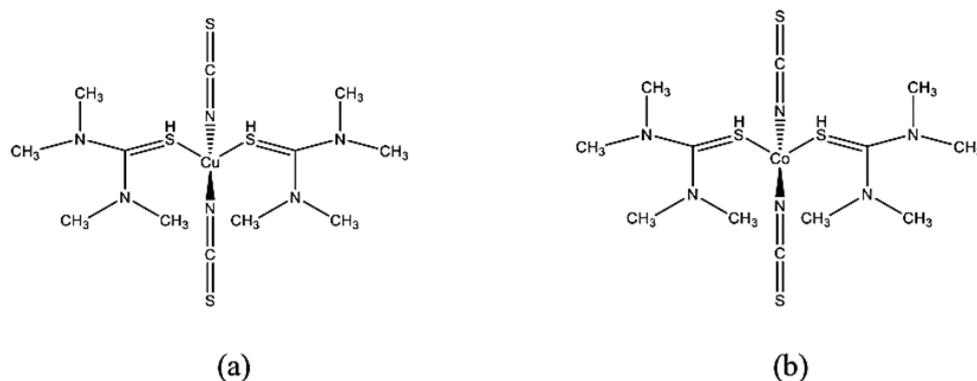
## 2.4 Kompleks-*detu*

Senyawa kompleks merupakan senyawa yang terbentuk oleh ion logam sebagai atom pusat dengan satu atau lebih ligan yang berperan sebagai pendonor elektron bebas (Cotton, 1989). Ikatan yang menghubungkan ligan dengan atom pusat pada senyawa kompleks disebut sebagai ikatan kovalen koordinasi. Ikatan koordinasi terjadi karena adanya donor pasang elektron dari logam menuju kedalam orbital kosong ion pusat. Ligan adalah molekul netral atau ion dan atom pusatnya adalah kation logam (Eka Sulistya dkk., 2016). Senyawa kompleks-*detu* terbentuk karena interaksi asam Lewis dan basa Lewis. Berdasarkan teori Hard and Soft Acids and Bases (HSAB) (Pearson, 1963) menjelaskan tembaga(II) merupakan asam lunak (elektrofilik lunak) yang mudah bereaksi dengan basa lunak (nukleofilik lunak). Sedangkan, ion tiosianat serta ligan *detu* dengan atom donor S merupakan basa lunak sehingga keduanya dapat membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan tembaga(II) dalam senyawa kompleks.

Logam berat yang digunakan dalam membentuk senyawa koordinasi menghasilkan agen kimiawi untuk menghambat pertumbuhan mikroba. Menurut Nolte (1982) menjelaskan beberapa logam berat yang umumnya membentuk

senyawa kompleks adalah perak (Ag), merkuri (Hg), tembaga (Cu) dan seng (Zn). Lin dkk., (2003) melaporkan penggunaan logam merkuri dan timbal sebagai antibakteri bersifat toksik terhadap manusia baik dalam konsentrasi kecil maupun lebih. Sedangkan, logam perak sebagai antibakteri memiliki kelemahan berupa senyawanya yang bersifat tidak stabil. Kemudian ion Cu memiliki potensi sebagai antijamur dengan aktivitas tinggi, stabilitas kimia yang baik, dan harga yang relatif murah (Li dkk., 2002)

Senyawa kompleks digunakan sebagai obat-obatan, zat warna, katalis (Bharathi dkk., 2020), antikanker (Faghieh dkk., 2017), antikorosi (Wei dkk., 2020), antijamur dan antibakteri (Sahal dkk., 2015). Akan tetapi, senyawa kompleks sebagai antibakteri (obat oral) dengan kandungan logam berat seperti tembaga (Cu) memiliki ambang batas konsumsi. Menurut Poedjiadi (1994) melaporkan orang dewasa membutuhkan kadar tembaga kurang lebih 2 mg per hari, sedangkan bayi dan anak-anak memerlukan 0,005 hingga 0,1 mg per hari. Ambang batas tembaga (Cu) yang ditetapkan oleh *World Health Organization* (WHO) sebesar 800 hingga 1200 ppb. Apabila tingkat konsumsi melebihi ambang batas maka berakibat pada lesi membran sel ataupun hemolisis dan nekrosis sel hati (Darmono, 1995; Sunardi, 2006). Adapun prediksi senyawa kompleks yang dibentuk menggunakan perbandingan atom Cu:S sebesar 1:4 yaitu senyawa kompleks monomer  $[\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)\text{S}_2(\text{SCN})_2]$  dengan geometri tetrahedral terdistorsi di sekitar atom pusat tembaga(II) (Gambar 2.5a). Senyawa kompleks tersebut memiliki kemiripan struktur dengan  $[\text{Co}(\text{SCN})_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_2]$  (Jochim dkk., 2020) (Gambar 2.5b)



**Gambar 2.5** Struktur senyawa kompleks

(a)  $[\text{Cu}(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_2(\text{SCN})_2]$

(b)  $[\text{Co}(\text{SCN})_2(\text{C}_5\text{H}_{12}\text{N}_2\text{S})_2]$  (Jochim dkk., 2020)

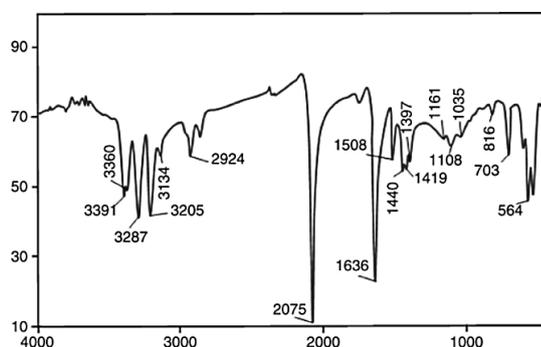
## 2.5 Metode Reaksi Langsung

Sintesis anorganik dengan metode reaksi langsung umumnya digunakan untuk mempermudah proses distribusi partikel zat terlarut ke dalam pelarut berjalan cepat sehingga menghasilkan larutan yang homogen dan terjadinya reaksi kimia. Keuntungan menggunakan metode reaksi langsung yaitu meningkatkan produk sintesis dengan meminimalisir energi dan waktu yang dibutuhkan. Metode reaksi langsung sebelumnya telah dilaporkan dalam penelitian kompleks ion logam dengan ligan *tiourea* seperti pada sintesis kompleks  $[\text{Cd}(\text{metu})_2(\text{SCN})_2]$  dan  $[\text{Cd}(\text{metu})_2(\text{CN})_2]$  yang dilakukan oleh Ahmad dkk., (2017) menghasilkan rendemen sebesar 50%, sedangkan sintesis kompleks  $[\text{Ni}(\text{metu})_2(\text{SCN})_n]$  yang disintesis oleh Asif dkk., (2019) menghasilkan rendemen sebesar 70%.

## 2.6 Karakterisasi Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)

### 2.6.1. Karakterisasi Menggunakan FT-IR

FT-IR atau *Fourier Transform Infra-Red* merupakan instrumen yang dapat digunakan untuk mengenali gugus fungsi suatu senyawa. Spektrofotometer FT-IR memiliki prinsip kerja yang didasarkan pada interaksi gelombang elektromagnetik, berupa absorbansi sinar inframerah yang dipancarkan terhadap suatu materi sehingga mengakibatkan terjadinya penyerapan energi (Sankari dkk., 2010). Muthu dkk., (2015) telah melakukan karakterisasi pada kompleks tiourea dengan ion Co(II) dan tiosianat menggunakan FT-IR. Pada Gambar 2.6 terdapat spektrum FT-IR yang menunjukkan gugus fungsi dalam senyawa kompleks. Interpretasi spektrum FT-IR diberikan pada Tabel 2.2.



**Gambar 2.6** Spektrum FT-IR senyawa kompleks (Muthu dkk., 2015)

Berdasarkan Gambar 2.6 terdapat pita serapan (N-H), (C-N), (C=N) dan (C=S) pada bilangan gelombang  $3287\text{ cm}^{-1}$ ,  $1108\text{ cm}^{-1}$  dan  $703\text{ cm}^{-1}$ . Bilangan gelombang senyawa kompleks hasil sintesis mirip dengan ligan *tiourea* (Ramajothi dkk., 2004) sehingga terjadi koordinasi antara ligan detu dengan atom pusat. Sedangkan, pita serapan (C=N) dan (C-S) diperoleh pada bilangan gelombang  $2075\text{ cm}^{-1}$  dan  $816\text{ cm}^{-1}$ . Nilai bilangan gelombang tersebut

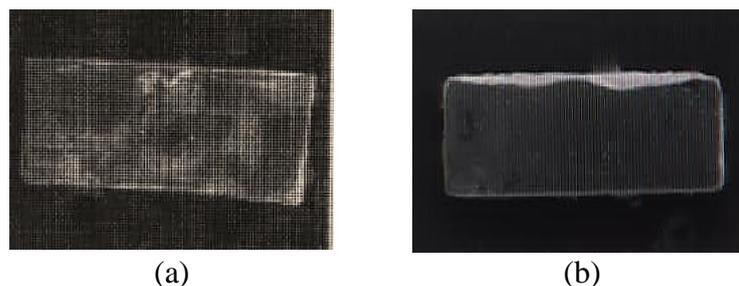
menyerupai nilai bilangan gelombang senyawa kompleks  $[\text{Fe}(tu)_2(\text{SCN})]$  dan  $[\text{Ni}(tu)_2(\text{SCN})]$  (Valle G. dkk., 1980) sehingga terindikasi bahwa ion tiosianat berkoordinasi sebagai ligan dalam senyawa kompleks hasil sintesis.

**Tabel 2.1** Data bilangan gelombang spektrum FT-IR senyawa kompleks

Gugus Fungsional	Bilangan Gelombang ( $\text{Cm}^{-1}$ )			
	Tiourea	$\text{Fe}(tu)_2(\text{SCN})$	$\text{Ni}(tu)_2(\text{SCN})$	Senyawa Kompleks
	(Ramajothi dkk., 2004)	(Valle G. dkk., 1980)	(Valle G. dkk., 1980)	Muthu dkk., 2015
vN-H	3280; 3167	-	-	3287; 3201
vC-N	1089	-	-	1108
vC=S	740	-	-	703
vC=N	-	2080	2100	2075
vC-S	-	820	812	816

### 2.6.2. Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX

Karakterisasi kompleks  $[\text{Cu}(detu)_2(\text{SCN})_2]$  menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope & Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) bertujuan untuk mengetahui gambaran permukaan atau fitur material dengan resolusi sangat tinggi hingga diperoleh tampilan permukaan sampel yang diinginkan lalu dikomputasikan melalui software dalam menganalisa komponen material penyusun baik dari kuantitatif maupun kualitatifnya (Nasution, 2021). Penelitian terdahulu yang mensintesis kompleks-*detu* telah dilaporkan Elizabeth dkk., (2018) pada senyawa kompleks  $[\text{SCN})_2\text{Cd}(\mu\text{-SC}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)_2\text{Cd}(\text{SCN})_2$ , sedangkan kompleks  $[\text{Zn}(detu)_2(\text{SCN})_2]$  oleh Lismawati dkk., (2018) yang keduanya masing – masing memiliki morfologi permukaan berbentuk balok (Gambar 2.7 dan Tabel 2.2)



**Gambar 2.7** Morfologi struktur permukaan kristal senyawa kompleks  
 (a)  $[\text{SCN}]_2\text{Cd}(\mu\text{-SC}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)_2\text{Cd}(\text{SCN})_2$  (Elizabeth dkk., (2018)  
 (b)  $[\text{Zn}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  (Lismawati dkk., 2018)

**Tabel 2.2** Komposisi unsur penyusun senyawa kompleks

	$[\text{SCN}]_2\text{Cd}(\mu\text{-SC}_5\text{H}_{12}\text{N}_2)_2\text{Cd}(\text{SCN})_2$ (Elizabeth dkk., (2018)			$[\text{Zn}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$ (Lismawati dkk., 2018)		
	Cd	S	N	Zn	S	N
% Massa	43,33	36,98	19,89	7,26	16,43	22,21
% Atom	12,98	39	48,02	1,66	7,63	23,62

## 2.7 Potensi Kompleks-*detu* Sebagai Antibakteri

Kompleks tiourea dengan ion logam berperan sebagai antibakteri melalui ikatan C=S dan ion logam sehingga mengakibatkan pelepasan ion logam oleh oksidanya yang membawa muatan positif (kation) (Udhayakumari dkk., 2015). Salah satu ion logam yang memiliki efek antibakteri yang tinggi dalam pengontrolan pertumbuhan bakteri ialah tembaga (Cu) (Grass dkk., 2021). Pada atom tembaga yang berkoordinasi dengan tiga atom sulfur ligan *detu* akan menghasilkan situs pengikatan logam di Cu-metalotionein sehingga terjadi reduksi ion logam menjadi atom logam oleh gugus tiol pada enzim dan protein yang bersifat nukleofilik (Khawar dkk., 2015; Chen dkk., 2014; Kaim & Schwederski, 1994; Stillman, MJ. dkk., 1992). Proses selanjutnya, ikatan NH pada ligan tiourea membentuk ikatan hidrogen untuk mengikat dinding sel bakteri

sehingga mengakibatkan dinding sel melemah dan mengarah pada kematian sel bakteri (Gale & Gunnlaugsson, 2010; Bregović dkk., 2015). Penambahan ligan Tiosianat pada sintesis kompleks-*detu* meningkatkan aktivitas antibakteri karena ikatan C=N yang diperoleh dari elektron bebas atom nitrogen dapat membentuk ikatan hidrogen dengan pusat aktif sel sehingga mengganggu proses normal sel (Zamrotin, 2022).

Potensi antibakteri dari senyawa kompleks ditunjukkan oleh penelitian Ajibade dkk., (2013) dalam menguji hasil sintesis dari senyawa  $[\text{CuCl}_2(\text{detu})_2]$  dan  $[\text{CuAc}_2(\text{detu})_2]$  sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* sebesar 1,25 mm dan sebesar 2,5 mm. Ajibade & Zulu (2011) melaporkan hasil zona hambat senyawa kompleks tiourea  $[\text{CuCl}_2(\text{diptu})_2]$  terhadap *S. aureus* sebesar 5,0 mm. Berdasarkan penelitian tersebut penambahan ligan lain memberikan kestabilan kimia pada suatu senyawa sehingga meningkatkan potensi aktivitas antibakteri yang ditandai dengan nilai zona hambat yang dihasilkan.

## **2.8 Mekanisme Kerja Kompleks-*detu* Sebagai Antibakteri**

Material anorganik mayoritas dikembangkan sebagai antibakteri dalam mematikan atau menghambat pertumbuhan suatu mikroorganisme. Menurut Pelczar & Chan (2006) menjelaskan antibakteri bakteriostatik berkerja dengan menghambat bakteri yang tumbuh, sedangkan antibakteri bakterisidal bekerja secara langsung dengan mematikan bakteri. Namun, pada konsentrasi yang tinggi bakteriostatik juga dapat berperan menjadi bakterisidal. Komponen-komponen yang memengaruhi aktivitas antimikroba adalah pH lingkungan, ukuran inokulum

yang tidak sesuai dan waktu pengeraman aktivitas metabolik mikroorganisme (Jawetz dkk., 2005).

Material anorganik memiliki keunggulan sebagai antibakteri yaitu stabilitas kimia dan ketahanan termal yang lebih baik, penggunaan yang aman serta lama waktu aksi antibakteri (Yamamoto, 2001). Menurut Li dkk., (2002) menjelaskan bahwa senyawa antibakteri akan membentuk sebuah komposit dengan ion-ion logam dan dilapiskan pada molekul pengembannya. Penggunaan logam berat seperti tembaga(II) dalam konsentrasi kecil menunjukkan adanya aktivitas antibakteri. Hal ini disebabkan adanya efek oligodinamik dengan mengkoagulasi protein lalu bereaksi dengan gugus SH sebagai enzim dan menginaktivasinya (Nolte, 1982). Adapun mekanisme kerja senyawa antibakteri menurut Pelczar & Chan (2006) antara lain mengganggu metabolisme sel bakteri, penghambatan terhadap sintesis dinding sel bakteri, perusakan membran sel, penghambatan terhadap membran sel bakteri, interkalasi dalam Asam Deoksiribonukleat (ADN) dan penghambatan sintesis protein.

#### 1. Penghambatan terhadap sintesis dinding sel bakteri

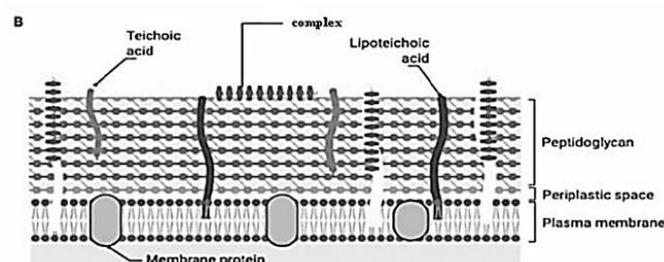
Struktur dinding sel bakteri tersusun atas peptidoglikan dengan beberapa komponen yang lain. Sel bakteri yang aktif secara konstan akan melakukan sintesis peptidoglikan yang baru dan menempatkannya pada pelindung sel (Jawetz dkk., 2005). Dinding sel bakteri dapat mengalami kerusakan yang disebabkan pembentukan yang terhambat atau pengubahannya setelah pembentukan selesai (Pelczar & Chan, 2006). Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Bandelin & Tuschhoff (1952) menunjukkan turunan ligan tiourea seperti isotiourea merupakan germisida pada bakteri Gram-positif dan Gram-negatif karena muatan positif dan

negatifnya yang lebih tinggi pada dinding sel. Germisida merupakan senyawa antiseptik dan desinfektan yang berperan dalam menghancurkan mikroorganisme seperti virus, jamur, bakteri dan lainnya (Mohapatra, 2017).

Senyawa kompleks mampu menghambat bakteri patogen dikarenakan adanya pelepasan ion logam oleh oksidanya yang membawa muatan positif sehingga terbentuk interaksi elektrostatis selama proses reaksi. Kemudian, proses dilanjutkan dengan reduksi ion logam menjadi atom logam oleh gugus tiol pada enzim dan protein, selanjutnya proses metabolisme dinonaktifkan sehingga akan menyebabkan melemahnya dinding sel yang terbentuk dan mengarah pada kematian sel bakteri (Smetana dkk., 2008; Jawetz dkk., 2005)

## 2. Penghambatan terhadap membran sel bakteri

Membran sel dalam bakteri merupakan lapisan penghalang selektif terhadap zat terlarut maupun menahan zat yang tidak larut. Membran sel bekerja secara aktif dengan mengangkut beberapa zat sehingga meningkatkan konsentrasi dalam sel lalu mengubah karakteristik zat-zat tersebut menjadi menghambat bahkan mematikan sel (Ghanem dkk., 2012). Antibakteri berperan membentuk ikatan dengan membran fosfolipid sehingga mengakibatkan terjadinya lisis (pemecahan) protein dan basa nitrogen. Hal tersebut berdampak pada pecahnya struktur bakteri kemudian mengarah pada kematian sel bakteri (Jawetz dkk., 2005)



**Gambar 2.8** Ilustrasi interaksi dinding sel gram-positif terhadap senyawa kompleks (modifikasi Abdalla, dkk., 2021)

### 3. Interkalasi dalam asam deoksiribo nukleat (ADN)

Asam nukleat merupakan komponen yang dibutuhkan untuk perkembangbiakan sel. Sintesis ADN yang terhambat dapat disebabkan adanya ikatan dari antibakteri dengan asam nukleat secara kuat. Kemudian, kation aktif seperti turunan trifenilmetan dan turunan akridin membentuk ikatan hidrogen lalu diperoleh kompleks dengan gugus bermuatan negatif dari konstituen sel. Hal tersebut mengakibatkan proses biologi yang penting bagi kehidupan bakteri terhambat dan menyebabkan kematian bakteri (Stevens, 2011).

### 4. Penghambatan terhadap sintesis protein

Efek antibakteri telah banyak ditunjukkan oleh beberapa penelitian, salah satunya yaitu mampu mengganggu integritas membran serta melakukan denaturasi pada kandungan protein. Hal ini mengakibatkan kehidupan sel terganggu karena kondisi molekul-molekul yang semestinya terpelihara secara alamiah menjadi terganti sehingga tidak bisa diperbaiki kembali. Selain itu, suhu tinggi atau konsentrasi beberapa zat bisa mengakibatkan koagulasi kerusakan yang menyeluruh pada komponen seluler yang penting (Jawetz dkk., 2005)

### 5. Mengganggu metabolisme sel bakteri

Dalam kelangsungan hidupnya, bakteri membutuhkan nutrisi asam folat yang diperoleh dari sintesis amino para benzoat (PABA) (Ganiswara, 2012). Antibakteri berperan sebagai antimetabolit dimana antibakteri bekerja untuk menghalangi sulfonamida. Sulfonamida dapat mengganggu pertumbuhan dari sel melalui sintesis asam folat oleh bakteri. Secara strukturnya, sulfanamida memiliki kemiripan struktur dengan asam folat, asam amino para benzoat (PABA) dan bekerja secara kompetitif untuk enzim-enzim yang menyatukan PABA. Kadar ion-

ion logam yang tinggi dalam sel menyebabkan gangguan fungsi enzim-enzim sehingga mengakibatkan kematian sel bakteri (Somani, dkk., 2011).

Pengukuran aktivitas antimikrobia dilakukan secara *in vitro* agar kemampuan suatu zat antimikrobia dapat ditentukan (Jawetz, 2005). Salah satu metode yang umum digunakan dalam menguji aktivitas antibakteri ialah metode difusi. Penggunaan metode difusi dapat dilakukan dengan tiga acara yaitu metode silinder, metode lubang/sumuran maupun metode cakram kertas (Agustini dan Kusmayati., 2007). Hasil yang diperoleh dari metode difusi ini adalah mengetahui sifat suatu bakteri seperti ketahanannya, intermediet serta ketahanannya terhadap antimikroba (Salsabila, 2020).

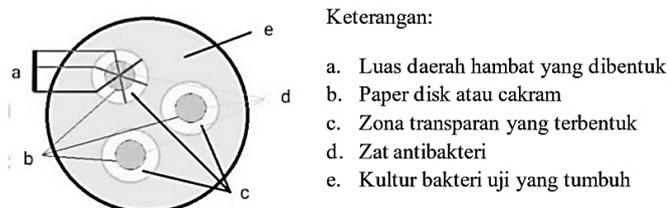
Metode difusi cakram yaitu merendam atau meletakkan cakram kertas (paper disk) sebagai tempat menampung zat antibakteri kemudian ditempelkan pada media agar yang telah dihomogenkan atau diinokulasikan dengan bakteri. Selanjutnya, media agar diinkubasi menggunakan waktu dan suhu tertentu dengan menyesuaikan kondisi optimum bakteri uji (Maulid, 2016). Hasil yang diperoleh dari metode ini adalah zona bening yang terbentuk disekitar cakram (Permatasari, 2020). Adanya zona bening tersebut mengindikasikan bahwa tidak terdapat bakteri uji didaerah tersebut sehingga pengukuran daya antibakteri dapat ditentukan melalui diameter zona hambat yang diperoleh (Hikmah, 2018).

Prinsip dari metode difusi cakram ini ialah pengukuran senyawa antibakteri berdasarkan ukuran diameter zona hambat yang diperoleh akibat zat antibakteri berdifusi kedalam media agar yang mengandung bakteri uji (Putri, 2018). Menurut Afni dkk., (2015) menjelaskan bahwa kekuatan daya hambat zat

antibakteri dapat ditinjau melalui diameter zona hambat sebagaimana yang ditunjukkan tabel berikut:

**Tabel 2.3** Kekuatan daya hambat zona bakteri

Diameter Zona Hambat	Kategori Penghambatan
>20 mm	Sangat kuat
11-20 mm	Kuat
5-10 mm	Sedang
5 mm atau kurang	lemah

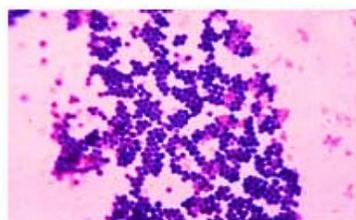


**Gambar 2.9** Pengamatan zona hambat bakteri (Andini, 2020)

## 2.9 Bakteri *Staphylococcus aureus*

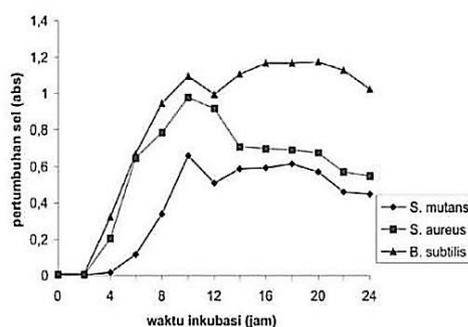
Bakteri *Staphylococcus aureus* pertama kali diamati dan dibiakan oleh Pasteur dan Koch lalu diteliti lebih lanjut oleh Ogston dan Rosenbach pada tahun 1880-an (Montville & Matthews, K.R., 2008). Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri Gram-positif berbentuk bulat tunggal, berkelompok atau membentuk rantai dengan ukuran 0,5-1,5  $\mu$ , non-motil, tidak membentuk spora dan fakultatif anaerob (dapat tumbuh kondisi aerobik dan anaerobik) (Vasanthakumari, 2007). Kelangsungan hidup *S. aureus* bergantung pada faktor suhu, aktivitas air, pH, adanya oksigen dan nutrisi makanan. Suhu yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *S. aureus* adalah 12-44°C, dengan suhu optimum sebesar 37C (Imran dkk., 2012). Sedangkan, kadar pH optimal yang dibutuhkan

untuk pertumbuhan *S. aureus* ialah 7,4 (Vasanthakumari, 2017). Menurut Sari (2017) menunjukkan klasifikasi bakteri *S. aureus* sebagai berikut:



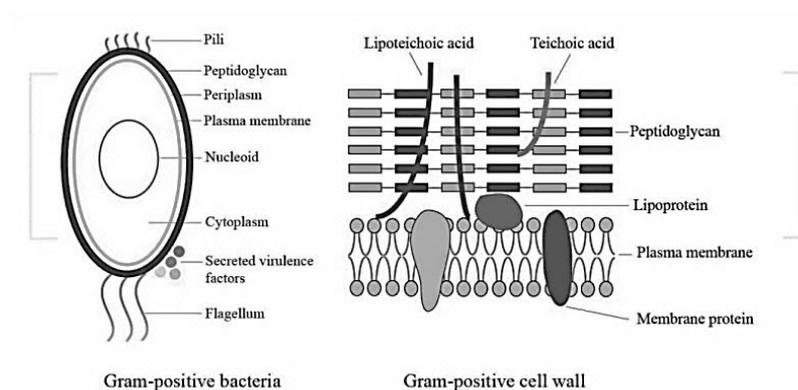
**Gambar 2.10** Bakteri *S. aureus* (Asadi dkk., 2017)

Pada Gambar 2.11 menunjukkan pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada keadaan normal menggunakan medium *Nutrient Broth* (NB). Fase pertumbuhan bakteri diketahui dengan jelas selama 24 jam lalu fase adaptasi (lag) terjadi pada bakteri. Selanjutnya, pada waktu pertumbuhan 10-12 jam bakteri mengalami fase logaritmik atau fase eksponensial. Setelah itu, bakteri mencapai fase stasioner selama masa pertumbuhan hingga 12-20 jam, dan setelah 20 jam bakteri mengalami fase kematian (Zamrotin, 2022)



**Gambar 2.11** Pola pertumbuhan bakteri *S. mutans*, *S. aureus* dan *B. Subtilis* pada media *Nutrient Broth*, inkubasi 37°C selama 24 jam (Pambayun dkk., 2008)

Struktur dinding sel bakteri gram positif (*S. Aureus*) (Gambar 2.12) tersusun atas lapisan peptidoglikan tebal dan keras sekitar 50%, sedangkan sekitar 40% terdiri dari dua jenis asam teikoat yaitu asam teikoat yang terintegrasi dalam dinding sel dan asam lipoteikoat pada membran sitoplasma yang terintegrasi dalam lapisan lipid. Asam teikoat berperan dalam transportasi material dalam sel bakteri. Protein eksternal dalam bakteri terdiri dari sisa dinding sel, dimana bertindak sebagai faktor virulensi dalam patogenesis infeksi (Vasanthakumari, 2007).



**Gambar 2.12** Struktur dinding sel bakteri gram positif (Zhang dkk., 2017)

Bakteri *S. aureus* umumnya menginfeksi kulit, jaringan lunak dan infeksi saluran pernapasan. Namun, pada kondisi tertentu bakteri *S. aureus* dapat mengakibatkan penyakit endokarditis infeksi, Sindrom Toksik, sindrom kulit melepuh yang mengancam jiwa (Lowy, 1998). Selain itu, bakteri *S. aureus* juga mengakibatkan berbagai toksin sitolitik yang dapat menghancurkan sel darah merah maupun sel darah putih (Otto, 2014).

## 2.10 Sintesis Senyawa Kompleks-*detu* Menurut Perspektif Islam

Kompleks-*detu* menghasilkan sifat, struktur kristal, pola koordinasi yang beragam. Beberapa aplikasi yang memanfaatkan kompleks-*detu* antara lain obat-obatan, zat warna, katalis (Bharathi dkk., 2020), antikanker (Faghieh dkk., 2017), antikorosi (Wei dkk., 2020), antijamur dan antibakteri (Sahal dkk., 2015). Sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S Ali-Imran ayat 190-191 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ وَاٰخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيٰتٍ لِّاُولٰٓئِى الَّاَلْبٰبِ ۙ ۱۹۰  
 الَّذِيْنَ يَذْكُرُوْنَ اللّٰهَ قِيٰمًا وَقُعُوْبًا وَّعَلٰى جُنُوْبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُوْنَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا  
 خَلَقْتَ هٰذَا بَطِيْلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۙ ۱۹۱

Artinya: “[190] Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal,[191] (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan semua ini sia-sia, Maha suci Engkau, lindungilah Kami dari azab neraka”.

Surat Ali-Imran ayat 190-191 tersebut menjelaskan ciptaan-Nya dan perintah manusia untuk berpikir. Menurut tafsir Syaikh Imam al-Qurthubi (2008), Allah SWT memberikan perintah kepada manusia untuk menyimpulkan dari tanda kekuasaan-Nya. Tanda kekuasaan Allah tidak mungkin ada kecuali diciptakan oleh Yang Maha Hidup, Yang Maha Suci, Maha Kaya dan berdiri sendiri. Keimanan akan bernilai kebenaran, jika keyakinan manusia didasarkan pada hal yang telah dijelaskan tersebut. Pada lafadz *لَآيٰتٍ لِّاُولٰٓئِى الَّاَلْبٰبِ* menjelaskan bahwa “terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal”. Hal inilah fungsi dari penciptaan

akal yang diberikan kepada manusia, yaitu agar manusia menggunakan akal tersebut untuk merenungi tanda-tanda yang telah diberikan dan ditunjukkan oleh Allah SWT.

Salah satu yang dapat dilakukan manusia dalam mengimplementasikan ayat diatas ialah melakukan inovasi penelitian secara berkelanjutan dalam rangka menambah wawasan, meningkatkan ketauhidan serta rasa syukur terhadap nikmat Allah SWT. Salah satu inovasi atau pengembangan bidang penelitian yaitu pengujian aktivitas antibakteri terhadap senyawa kompleks Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Namun, segala upaya yang dilakukan manusia tidak pernah lepas dari petunjuk Allah SWT. Hal ini tertuang dalam surat Q.S Taha ayat 50 yang berbunyi:

قَالَ رَبُّنَا الَّذِي أَعْطَى كُلَّ شَيْءٍ حَاقًا ثُمَّ هَدَى

Artinya: “*Dia (Musa) menjawab, “Tuhan kami ialah (Tuhan) yang telah memberikan bentuk kejadian kepada segala sesuatu, kemudian memberinya petunjuk.”*”

Berdasarkan ayat tersebut, Allah SWT telah menetapkan kadar masing-masing dan memberikan petunjuk kepada makhluk-Nya yang dikehendaki. Petunjuk dari Allah SWT dapat berupa bimbingan, arahan dan cahaya yang mengarahkan dan menggerakkan manusia sehingga langkah, cara berfikir dan kehendaknya selalu berada dalam kebaikan dan kebenaran. Manusia diciptakan oleh Allah SWT dalam bentuk yang sebaik-baiknya. Selain itu, manusia juga diberikan ilmu dan akal sehingga dia memiliki kapasitas sebagai khalifah di bumi.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 – September 2023 di Laboratorium organik, Laboratorium Anorganik dan Laboratorium Biokimia di Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang dan Laboratorium Anorganik di Jurusan Kimia, Universitas Negeri Malang.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, neraca analitik, *stirrer*, *hotplate*, bola hisap, alat ukur titik leleh ((Fisher Scientific), seperangkat alat konduktometer (Omega Engineering, INC), FT-IR (Shimadzu IR Prestige21), SEM-EDX, autoklaf, jarum ose, pinset, bunsen, korek api, rak tabung reaksi, inkubator, penjepit, cawan petri, kapas, kertas cakram (oxid), *vortex*, jangka sorong dan seperangkat alat spektrofotometer UV-Vis.

##### **3.2.2 Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Merck), *N,N'*-Dietiltiourea (Merck), asetonitril (Merck), akuades (*water one*), alkohol 70% (onemed), *Nutrient Agar* (NA) (Merck), *Nutrient Broth* (NB) (Merck), kertas whatman no.1, tisu, kapas, spiritus, *plastic wrap*, aluminium foil, biakan bakteri patogen *Staphylococcus aureus*, DMSO (Merck) dan kloramfenikol

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif. Tahap pertama penelitian yakni sintesis ion Cu(II) dari garam  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dengan campuran ligan *detu* dan kalium tiosianat lalu dievaporasi dalam kulkas selama beberapa minggu. Produk sintesis yang diperoleh diidentifikasi menggunakan *Melting Point Apparatus* (MPA) untuk melihat titik lelehnya dan konduktometer untuk menentukan nilai daya hantar listrik. Setelah itu, produk sintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen FT-IR dan SEM-EDX. Tahapan selanjutnya yaitu uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* menggunakan metode difusi agar. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dari satu perlakuan berupa variasi konsentrasi produk dengan bakteri patogen yang digunakan yakni *Staphylococcus aureus* dan dilakukan pengulangan pada setiap perlakuan sebanyak 3 kali.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Sintesis Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tosianat)Tembaga(II)
2. Uji Titik Leleh Produk Menggunakan *Melting Point Apparatus* (MPA)
3. Uji Daya Hantar Listrik Produk Menggunakan Konduktometer
4. Karakterisasi Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)
  - 2.1 Karakterisasi Menggunakan FT-IR
  - 2.2 Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX
5. Uji Antibakteri Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)
  - 3.1 Pembuatan Media *Nutrient Agar* (NA) dan *Nutrient Broth* (NB)

3.2 Regenerasi Bakteri *Staphylococcus aureus*

3.3 Pembuatan Inokulum Bakteri *Staphylococcus aureus*

3.4 Uji Aktivitas Antibakteri Menggunakan Metode Difusi Agar

### 3.5 Cara Kerja

#### 3.5.1 Sintesis Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II) (Asif dkk., 2019)

Langkah awal sintesis senyawa kompleks yaitu ditimbang padatan KSCN sebanyak 19,44 mg (2 mmol) dan dilarutkan ke dalam 5 mL asetonitril (larutan I), kemudian  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ditimbang sebanyak 17,05 mg (1 mmol) dan dilarutkan ke dalam 5 mL asetonitril (larutan II). Setelah itu, larutan I ditambahkan tetes demi tetes ke dalam larutan II lalu disiapkan penangas yang berisi es dan diletakkan *beaker glass* yang berisi senyawa diantara es batu dalam penangas kemudian distirer campuran larutan tersebut selama 15 menit.

Larutan  $\text{Cu}(\text{SCN})_2$  yang diperoleh disaring dan ditambahkan larutan *detu* (52,89 mg; 4 mmol) tetes demi tetes dan di stirer selama 30 menit dalam penangas dingin. Selanjutnya, disaring dan ditutup larutan kompleks menggunakan aluminium foil dan dilubangi dengan jarum. Kristalisasi dilakukan dengan evaporasi dalam kulkas. Kristal yang terbentuk disaring dan dicuci dengan akuades. Kemudian dikeringkan di dalam desikator untuk selanjutnya karakterisasi.

### 3.5.2 Uji Titik Leleh Menggunakan *Melting Point Apparatus* (MPA) (Rahayu N.R., 2021)

Senyawa kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  dimasukkan ke dalam pipa kapiler kemudian diletakkan dalam lubang kecil pada termometer. Setelah itu, dinyalakan MPA dan diatur suhu sesuai petunjuk penggunaan. Selanjutnya ditentukan *system range* sampel pada kaca pengamatan sambil melihat perubahan suhu melalui termometer hingga meleleh keseluruhan.

### 3.5.3 Uji Daya Hantar Listrik Menggunakan Konduktometer (Kusyanto, 2016)

Sebanyak 0,01 gr senyawa kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  ditimbang lalu dilarutkan dalam 10 mL metanol. Selanjutnya, diencerkan hingga konsentrasi mencapai 0,001 kemudian diukur daya hantar listrik produk sintesis menggunakan konduktometer.

### 3.5.4 Karakterisasi Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)

#### 3.5.4.1 Karakterisasi Menggunakan FT-IR (Jawoor, S. S. dkk., 2018; Wahyuni dkk., 2022).

Langkah awal yang dilakukan adalah senyawa kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  diambil sedikit lalu dicampurkan dengan KBr. Kemudian digerus dengan *mortar agate* dan dipress menggunakan alat press hingga terbentuk pelet dengan perbandingan KBr dengan produk hasil sintesis (98:2). Setelah itu, diletakkan pelet pada *cell holder* dalam instrumen FT-IR dan diatur rentang panjang gelombang 4000-500  $\text{cm}^{-1}$ . Diamati spektra IR yang diperoleh.

### **3.5.4.2 Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX (Jawoor, S. S. dkk., 2018; Wahyuni dkk., 2022).**

Senyawa kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  diambil sedikit lalu ditempatkan sampel pada *carbon tape* dan *fine gold sputtering*. Kemudian diaplikasikan pada evaporator bertekanan tinggi dan diatur akselerasi tegangan selama pemindaian berjalan untuk mendapatkan gambar yang diinginkan. Setelah itu, diambil gambar pada perbesaran yang optimal hingga diperoleh morfologi permukaan yang paling jelas.

### **3.5.5 Uji Antibakteri Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)**

#### **3.5.5.1 Sterilisasi Alat (Tandah, 2016)**

Sterilisasi alat dilakukan dengan cara mencuci dan mengeringkan seluruh alat gelas yang akan digunakan. Kemudian alat gelas dibungkus menggunakan aluminium foil dan di sterilkan ke dalam autoklaf pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dengan tekanan 15 psi (per square inci) selama 15 menit. Sedangkan untuk jarum ose serta pinset disterilkan dengan dicelupkan ke dalam alkohol 70 % dan melayangkan diatas api bunsen hingga berwarna merah membara.

#### **3.5.5.2 Pembuatan Media *Nutrient Agar* (NA) (Safitri & Irdawati, 2020)**

*Nutrien agar* ditimbang sebanyak 2 gram lalu dilarutkan pada 100 mL akuades sambil dipanaskan hingga mendidih. Kemudian larutan tersebut dimasukkan ke dalam masing-masing tabung reaksi sebanyak 5 mL dan ditutup dengan *cotton plug* (sumbat kapas) serta *plastic wrap*, selanjutnya disterilisasi dalam *autoklaf* pada suhu  $121^\circ\text{C}$  dengan tekanan sebesar 15 psi selama 15 menit.

Setelah itu, larutan tersebut didinginkan dalam tabung reaksi pada keadaan miring hingga memadat.

#### **3.5.5.3 Pembuatan Media *Nutrient Broth* (NB) (Safitri & Irdawati, 2020)**

Pembuatan media *Nutrient Agar* (NA) masing-masing dilakukan dengan cara menimbang serbuk media sebanyak 2,3 gr dan dilarutkan kedalam 100 mL akuades pada *beaker gelas*. Setelah itu, dipanaskan sambil diaduk sampai mendidih dan dipindahkan ke dalam botol UC. Kemudian disterilkan dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C menggunakan tekanan sebesar 15 psi.

#### **3.5.5.3 Regenerasi Bakteri *Staphylococcus aureus* (Rizki, 2018)**

Kultur *S. aureus* masing-masing diambil 2-3 ose dan digoreskan secara aseptik kedalam tabung reaksi yang berisi media NA miring dengan mendekatkan mulut tabung pada nyala api saat menggoreskan jarum ose. Selanjutnya, tabung reaksi ditutup menggunakan *cotton plug* serta *plastic wrap*. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam

#### **3.5.5.4 Pembuatan Inokulum *Staphylococcus aureus* (Sari., termodifikasi, 2017)**

Pembuatan inokulum ini dilakukan dengan memindahkan beberapa ose biakan bakteri *S. aureus* ke dalam 25 mL media NB, kemudian diinkubasi selama 18 jam pada suhu ruang sampai. Kekeruhan inokulum sel *S. aureus* disetarakan dengan *optical density* (OD) 0,5 pada panjang gelombang 600 nm.

### 3.5.5.5 Uji Aktivitas Antibakteri (Cahyana & Puti, P., 2015)

Sebanyak 0,025 gr kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  dilarutkan dalam 5 mL DMSO dengan konsentrasi 5 mg/mL. Kemudian dibuat konsentrasi 0,3125; 0,625; 1,25; 2,5 dan 5 mg/mL. Suspensi bakteri *Staphylococcus aureus* sebanyak 100  $\mu\text{L}$  dimasukkan pada cawan petri, lalu dituang media NA pada cawan petri yang berisi bakteri dan dibiarkan memadat. Kertas cakram (*Blank disc*) steril dengan diameter 6 mm direndam selama 30 menit pada setiap variasi konsentrasi menggunakan pinset, kontrol positif yang digunakan adalah cakram antibiotik kloramfenikol dan DMSO sebagai kontrol negatif. Kertas cakram diletakkan di atas permukaan media NA. Kemudian diinkubasi selama 18 jam pada suhu  $37^\circ\text{C}$ . Uji aktivitas antibakteri diulang pada masing-masing konsentrasi sebanyak 3 kali dan ditentukan dengan rumus yaitu (zona hambat = diameter total – diameter kertas cakram).

### 3.5.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dari aktivitas antibakteri dianalisis dengan uji statistik One Way ANOVA dengan derajat kepercayaan 95% ( $p < 0,05$ ). Jika ada pengaruh terhadap perlakuan, maka analisis dilanjutkan dengan Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan signifikan 5%.

**BAB IV****HASIL DAN PEMBAHASAN****4.1 Sintesis Bis(*N,N'*-Dietiltiourea)Bis(Tiosianat)Tembaga(II)**

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Senyawa kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  mempunyai titik leleh  $180 - 182^\circ\text{C}$  dan terdekomposisi, konduktivitas elektrik sebesar  $24,8 \mu\text{S}$  yang mendekati nilai DHL dari pelarut metanol  $4,12 \mu\text{S}$  sehingga menunjukkan kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  bersifat molekuler. Hasil FT-IR memiliki serapan khas dari *detu* seperti vibrasi ulur ikatan  $\nu(\text{C}=\text{S})$  dalam bilangan gelombang  $557 \text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pita serapan gugus fungsi tiosianat seperti ikatan vibrasi ulur  $\nu(-\text{S}-\text{C}\equiv\text{N})$  muncul pada bilangan gelombang  $474 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan ikatan koordinasi kompleks terjadi disebabkan interaksi antara ligan *detu* dan tiosianat terhadap atom pusat  $\text{Cu}(\text{II})$  melalui PEB atom donor S. Karakterisasi SEM-EDX memperoleh permukaan kristal  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  berbentuk balok dengan aglomerasi beserta perbandingan atom penyusun  $\text{Cu}:\text{S}:\text{N}$  1:2:6 yang diduga memiliki rumus empiris  $\text{CuC}_{12}\text{H}_{24}\text{N}_6\text{S}_2$  dengan kemungkinan  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  memiliki struktur monomer geometri tetrahedral terdistorsi dan segiempat planar.
2. Hasil uji aktivitas antibakteri diperoleh diameter zona hambat terhadap *S. aureus* tertinggi pada konsentrasi  $5 \text{ mg/mL}$  yaitu sebesar  $19 \text{ mm}$  sehingga kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  berpotensi sebagai senyawa antibakteri.

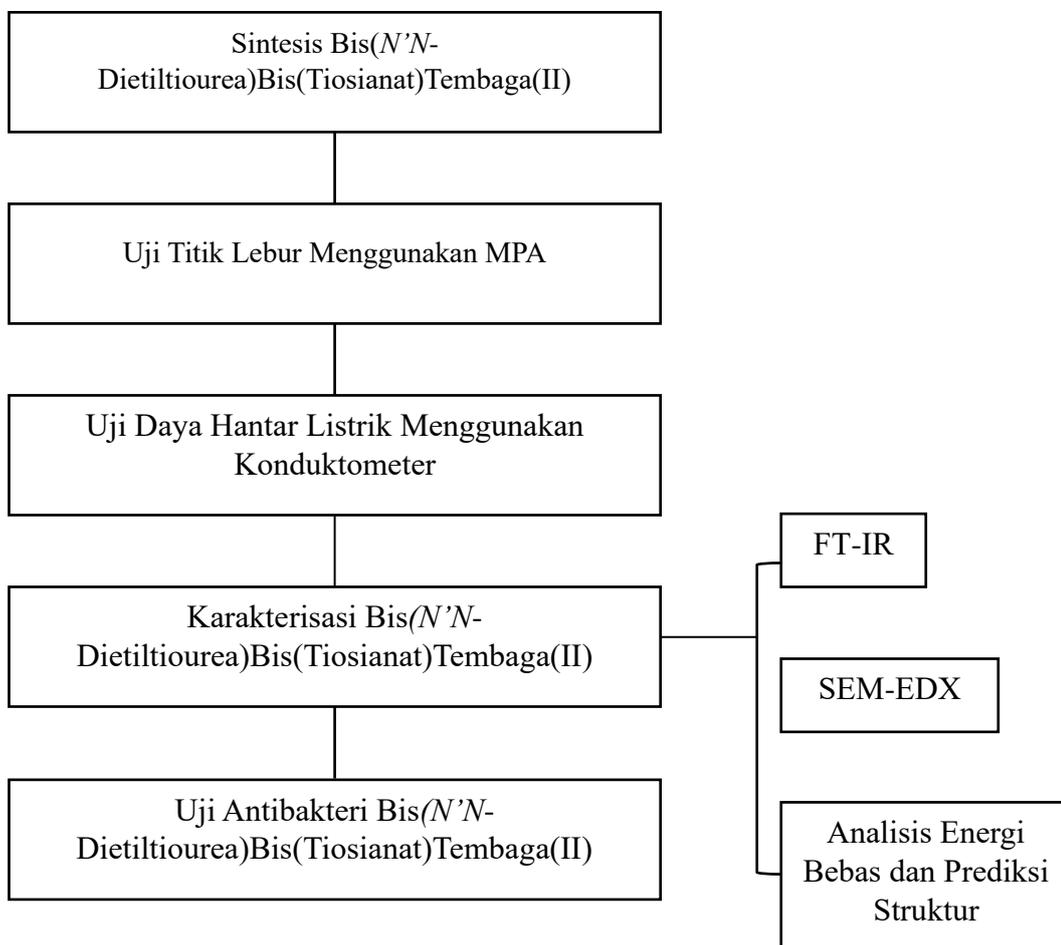
## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperlukan penambahan waktu, penambahan atau pengurangan konsentrasi larutan dalam proses sintesis sehingga diharapkan kompleks  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  menghasilkan kristal tunggal yang dapat diuji karakterisasi XRD *Crystal* sehingga diketahui ada atau tidaknya kristal tunggal yang terbentuk. Selain itu, permukaan kristal  $[\text{Cu}(\text{detu})_2(\text{SCN})_2]$  yang terbentuk tidak muncul aglomerasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Rancangan Penelitian



**Lampiran 2. Diagram Alir**

**Lampiran 3. Perhitungan :**

**Lampiran 4. Dokumentasi**