

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA DIBUTILTIMAH(IV) 2-ETIL-6-METIL ANILIN DITIOKARBAMAT SEBAGAI ANTIBAKTERI *Salmonella typhi* DAN *Staphylococcus aureus*

A. Putri, M. Sanuddin*, dan A. Hadriyati

Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Harapan Ibu, Jl. Kol. Tarmizi Kodir No.71, Pakuan Baru, Kec. Jambi Selatan, Kota Jambi, Jambi 36122

**e-mail: mukhlissanuddinmsc@gmail.com*

Article Received on: 19th December 2025

Revised on: 16th May 2026

Accepted on: 30th July 2026

ABSTRAK

Penyakit infeksi dapat didefinisikan sebagai gangguan kesehatan yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, ataupun parasit. Beberapa bakteri dapat terbawa dalam makanan atau minuman dan kemudian akan menyerang tubuh dengan cara menginfeksi saluran pencernaan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mensintesis serta menguji aktivitas antibakteri senyawa kompleks organotimah (IV) ditiokarbamat terhadap *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode Kirby-Bauer. Senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat disintesis melalui proses pencampuran 2-etil-6-metil anilin (0,02 M), karbon disulfida (0,02 M), dan logam dibutiltin diklorida (0,01 M), yang kemudian diidentifikasi struktur senyawanya menggunakan instrumen spektrofotometer FT-IR dan FT-NMR. Hasil pengukuran spektrofotometer FT-IR didapatkan gugus fungsi (Sn-C), (Sn-S), (C-C), (C-N), (C-S), (C=C), dan (C=N). Hasil uji spektrofotometer ¹³C-NMR didapatkan struktur senyawa alifatik dan aromatik, sedangkan hasil uji ¹H-NMR didapatkan struktur alifatik, -CH₂, CS, serta senyawa anilin. Hasil uji antibakteri menunjukkan aktivitas kuat terhadap *Salmonella typhi* dengan konsentrasi 90 ppm dan aktivitas dengan kategori sedang pada konsentrasi 50 ppm dan 70 ppm serta kategori sedang pada *Staphylococcus aureus* untuk konsentrasi 50 ppm, 70 ppm, dan 90 ppm.

Kata kunci: Organotimah, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, FT-IR, FT-NMR.

ABSTRACT

Infectious diseases can be defined as health problems caused by microorganisms such as bacteria, viruses, fungi, or parasites. Some bacteria can be carried in food or drink and then attack the body by infecting the digestive tract. This study was conducted with the aim of synthesizing and testing the antibacterial activity of organotin (IV) dithiocarbamate complex compounds against *Salmonella typhi* and *Staphylococcus aureus* using the Kirby-Bauer method. The complex compound of dibutyl tin (IV) 2-ethyl-6-methyl aniline dithiocarbamate was synthesized from the mixing process of 2-ethyl-6-methyl aniline 0.02 M + carbon disulfide (0.02 M) + metal dibutyl tin dichloride (0.01 M), which was then identified using FT-IR and FT-NMR spectrophotometer instruments. The results of FT-IR spectrophotometer measurements obtained functional groups (Sn-C), (Sn-S), (C-C), (C-N), (C-S), (C=C), and (C=N). The ¹³C-NMR spectrophotometer test results obtained the structure of aliphatic and aromatic compounds, while the ¹H-NMR test results obtained the structure of aliphatic, -CH₂, CS, and aniline compounds. Antibacterial test results showed strong activity against *Salmonella typhi* with a concentration of 90 ppm and activities with a moderate category at concentrations of 50 ppm and 70 ppm, and the moderate category on *Staphylococcus aureus* at concentrations of 50 ppm, 70 ppm, and 90 ppm.

Keywords: Organotin, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, FT-IR, FT-NMR.

PENDAHULUAN

Dalam kondisi normal, beberapa jenis mikroorganisme dapat ditemukan pada tubuh manusia tanpa menyebabkan suatu penyakit. Mikroorganisme ini umum disebut sebagai mikro flora normal. Infeksi terjadi ketika mikroorganisme menyerang jaringan tubuh atau akibat efek yang ditimbulkan oleh suatu mikroorganisme pada

permukaan mukosa (Ekawati, 2018). Gangguan kesehatan yang timbul akibat keberadaan mikroorganisme meliputi bakteri, virus, parasit, serta jamur dalam tubuh dikategorikan sebagai penyakit infeksi (Joegijantoro, 2019). Manifestasi klinis penyakit infeksi dapat bersifat umum karena gejala dan keluhan yang ditimbulkan mirip satu dengan yang lainnya, sehingga sulit untuk mengetahui penyebab infeksi hanya dari gejala

klinis (Soedarto, 2017). Mikroorganisme yang dapat menyebabkan suatu penyakit disebut sebagai patogen. Patogen yang sangat umum menyebabkan Infeksi pada manusia, yaitu bakteri. Banyak spesies bakteri yang menyebar dengan cara menumpang pada butiran air yang dikeluarkan oleh orang yang terinfeksi. Penularan sejumlah jenis bakteri dapat berlangsung secara cepat melalui sentuhan langsung antara kulit individu sehat dengan kulit individu yang telah mengalami infeksi. Selain itu, bakteri juga dapat terbawa dalam makanan atau minuman dan kemudian akan menyerang tubuh dengan cara menginfeksi saluran pencernaan (Beatty *et al.*, 2019). Melalui asupan makanan maupun minuman yang mengalami kontaminasi, bakteri patogen seperti *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus* umumnya ditransmisikan.

Sebagai penyakit infeksi akut, demam tifoid dipicu oleh keberadaan bakteri *Salmonella typhi* yang secara utama menginvasi sistem pencernaan manusia (Susanto, 2020). Kondisi ini tercatat lebih dominan muncul di berbagai negara dengan kategori berkembang. Penularannya berlangsung terutama melalui konsumsi makanan maupun minuman yang terpapar bakteri tersebut (Levani & Prastya, 2020). Dalam kondisi sanitasi yang kurang memadai, *Salmonella typhi* dapat berkembang pada bahan pangan atau minuman, masuk ke saluran cerna, lalu menyebar melalui aliran darah sehingga memicu proses peradangan pada usus halus dan usus besar (Susanto, 2020). Data *World Health Organization* (WHO) mengungkapkan bahwasanya di Indonesia angka kejadian demam tifoid mencapai rata-rata 900.000 kasus setiap tahun dengan jumlah kematian yang dilaporkan lebih dari 200.000 jiwa pada tahun 2019.

Bakteri *Staphylococcus aureus* adalah salah satu mikrobiota normal pada tubuh manusia yang umumnya dapat ditemukan di seluruh permukaan kulit serta selaput mukosa. Di samping itu, bakteri ini juga dapat ditemukan di hampir seluruh komponen yang ada di bumi seperti debu, udara, minuman, makanan, peralatan makan, lingkungan, serta hewan. *Staphylococcus aureus* dapat menimbulkan berbagai macam infeksi pada manusia, dimulai dari infeksi pada kulit dengan tingkat ringan, gastroenteritis (keracunan pangan), hingga infeksi pada saluran sistemik atau saluran pencernaan. Keracunan makanan yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus* dapat terjadi akibat adanya salah satu jenis faktor virulensi berupa *staphylococcal enterotoxin* (SE) (Sihombing & Mantiri, 2022). Senyawa yang dihasilkan oleh *Staphylococcus aureus* tersebut bertanggung jawab atas hampir keseluruhan kasus keracunan makanan.

Di samping itu, bakteri ini juga dapat menyebabkan sindrom syok toksik serta beberapa infeksi kulit (Ridhwan, 2023).

Stanana atau yang dikenal pula sebagai senyawa organotimah, merujuk pada kelompok senyawa hasil ikatan antara atom timah (Sn) dan atom karbon (C) dari suatu gugus organik. Berdasarkan jumlah gugus alkil (R) atau aril (Ar) yang berkoordinasi dengan atom logam, organotimah diklasifikasikan ke dalam bentuk mono-, di-, tri-, hingga tetraorganotimah (Zalza *et al.*, 2024). Sementara itu, senyawa ditiokarbamat dihasilkan melalui interaksi kimia antara karbon disulfida (CS₂) maupun amonia (NH₃). Anion dialkilditiokarbamat (–S₂CNR₂) beserta turunannya banyak digunakan dalam bidang farmasi, kedokteran, dan biokimia. Ikatan yang terdapat pada senyawa ditiokarbamat menunjukkan kemampuannya dalam membentuk kompleks logam. Selain itu, modifikasi kecil pada agen pengkompleks (ligan) ditiokarbamat dapat menyebabkan perubahan yang substansial terhadap struktur ligan maupun jenis logam yang dihasilkan (Pratiwi *et al.*, 2022). Pemanfaatan senyawa ditiokarbamat ditentukan oleh kemampuan ligan ditiokarbamat dalam mengkelat ion menunjukkan potensi aplikasi yang beragam *et al* (Sanuddin *et al.*, 2023a). Mengacu pada hasil temuan penelitian dari (Sanuddin *et al.*, 2022) senyawa turunan organotimah (IV) ditiokarbamat telah banyak dimanfaatkan secara luas dalam bidang farmasi dan kedokteran sebagai pengobatan antibakterial, antikanker, dan antifungi. Senyawa turunan organotimah (IV) terbukti menunjukkan beragam aktivitas biologis seperti, agen antikanker dan antitumor, antimalaria, penghambat korosi, serta antifungi. Senyawa organotimah (IV) juga dikenal efektif dalam menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri. Kekuatan aktivitas senyawa organotimah (IV) terhadap bakteri tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah gugus organik yang terikat pada atom pusat timah (Sn), tetapi juga ditentukan oleh jenis gugus organiknya (Sanuddin *et al.*, 2024b).

Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh *et al* (Sanuddin *et al.*, 2023b) menunjukkan bahwa senyawa kompleks dibutil timah (IV) n-etil-o-toluidin ditiokarbamat memiliki aktivitas antibakteri dengan klasifikasi cukup (sedang) untuk bakteri *Salmonella typhi* dan klasifikasi kuat untuk bakteri *Staphylococcus aureus*. Hasil uji aktivitas senyawa turunan organotimah lain, yaitu dibutil timah (IV) n-etilbenzil ditiokarbamat menunjukkan hasil pengujian aktivitas antibakteri dengan klasifikasi cukup (sedang) untuk bakteri *Salmonella typhi* dan kategori kuat untuk bakteri

Staphylococcus aureus (Sanuddin *et al.*, 2024c). Berdasarkan hasil uji aktivitas antibakteri senyawa kompleks dimetil timah (IV) *n*-benzilmetil ditiokarbamat menunjukkan diameter zona hambat dengan kategori sangat kuat pada bakteri *Salmonella typhi* (Sanuddin *et al.*, 2024b) dan kategori kuat pada bakteri *Staphylococcus aureus* (Hadijah *et al.*, 2021).

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan yang dipergunakan untuk melakukan temuan ini meliputi 2-etil-6-metil anilin (Sigma-Aldrich®), dibutiltin diklorida (Sigma-Aldrich®), karbon disulfida (Emsure®), metanol pa (Emsure®), amonia (Emsure®), kloroform (Emsure®), etanol 96% (Emsure®), NA (Nutrient Agar), NaCl 0,9%, dimetil sulfoxida (DMSO), cakram kloramfenikol, kristal violet, iodine, safranin, bakteri *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus*.

Peralatan

Alat yang dipergunakan untuk melakukan temuan ini meliputi timbangan analitik (MTE® SF-400), erlenmeyer (Pyrex®), gelas ukur (Iwaki®), beaker glass (Pyrex®), pipet volume, pipet pump, labu ukur, kertas saring (Whatman®), plastic wrap, magnetic stirrer (Prestige® 21 Shimadzu), deksikator, vial, pipet tetes, wadah es, spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu® U-1800), spektrofotometer FT IR (Prestige® 21 Shimadzu) dan FT-NMR (Agilent® 500MHz), cawan petri, kawat ose, tabung reaksi, spatel, bunsen, kapas lidi, termometer, Laminar Air Flow (LAF), dan vortex.

Cara Kerja

Persiapan Sampel

Sampel yang dipergunakan meliputi 2-etil-6-metil anilin, karbon disulfida (CS₂), dan logam dibutiltin diklorida yang masing-masing dilarutkan dalam metanol murni dingin 15 mL pada suhu dingin.

Persiapan Reagen

Kontrol positif pada penelitian ini menggunakan cakram antibiotik kloramfenikol dengan konsentrasi 30µg/mL. Sedangkan kontrol negatifnya menggunakan larutan dimetil sulfoxida (DMSO) 10%.

Sintesis Senyawa

Proses sintesis senyawa dilakukan dengan terlebih dahulu melarutkan masing-masing reagen, yaitu 2-etil-6-metil anilin, karbon disulfida (CS₂), logam dibutiltin diklorida dengan perbandingan konsentrasi 0,02: 0,02: 0,01 M menggunakan

metanol dingin. Kemudian larutan karbon disulfida (CS₂) dan larutan 2-etil-6-metil anilin dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* dan larutan logam dibutiltin diklorida dituangkan secara perlahan sambil terus diaduk agar pembentukan kompleks senyawa terkendali hingga terbentuk endapan halus. Selanjutnya larutan amonia dituangkan secara bertahap hingga terbentuk endapan putih sambil tetap diaduk selama kurang lebih 1 jam. Setelah endapan terbentuk, dilakukan penyaringan terhadap endapan tersebut menggunakan kertas saring untuk memisahkan fase padat dari larutannya, kemudian padatan hasil sintesis disimpan di dalam desikator agar tetap kering dan stabil.

Pengujian Spektrofotometri Fourier Transform Infrared (FT-IR)

Padatan murni senyawa uji ditimbang sebanyak ±10 mg dan digerus perlahan hingga membentuk serbuk yang halus serta homogen (Zalza *et al.*, 2024). Selanjutnya dilakukan pemindaian terhadap senyawa dibutyl timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat pada daerah inframerah (200-4000 cm⁻¹) menggunakan spektrofotometer FT-IR karena banyak informasi yang tercakup di wilayah ini (Risal & Rifai, 2020).

Pengujian Spektrofotometri Fourier Transform Nuclear Magnetic Resonance (FT-NMR)

Padatan murni senyawa uji ditimbang sebanyak ±10 mg kemudian dilarutkan secara perlahan dengan pelarut kloroform hingga terbentuk larutan yang homogen. Selanjutnya larutan tersebut dimasukkan ke tabung injeksi dan agilent NMR tes kit, lalu dilakukan analisis spektrum NMR ¹H dan ¹³C sehingga karakteristik atom hidrogen (H) dan karbon (C) dalam struktur senyawa dapat teridentifikasi dengan lebih jelas dan komprehensif (Zalza *et al.*, 2024).

Pembuatan Larutan dan Pengenceran Senyawa

Larutan induk dengan konsentrasi 100 ppm dibuat dengan cara memasukkan 10 mg serbuk dibutyl timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat ke dalam labu ukur berukuran 100 mL, selanjutnya senyawa uji dilarutkan dengan menggunakan pelarut kloroform sampai tanda batas kemudian diaduk hingga homogen. Setelah itu larutan induk siap, dilakukan pengenceran larutan uji menjadi konsentrasi 50, 60, dan 90 ppm dari larutan induk yang masing-masing konsentrasi diencerkan menjadi 10 mL dengan pelarut kloroform menggunakan labu ukur 10 mL.

Uji Aktivitas Antibakteri

Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat yang mempunyai ketahanan atas suhu tinggi dilaksanakan melalui pemanasan dalam oven pada temperatur 180°C ±2 jam. Sebaliknya,

instrumen yang tidak resisten pada panas diproses dengan mempergunakan metode sterilisasi panas uap (autoklaf) dengan temperatur 121°C pada tekanan 1 atm dalam waktu 15 menit. Adapun jarum inokulasi serta pinset disterilkan dengan cara melakukan pemijaran langsung pada nyala api bunsen hingga berwarna merah pijar (Zalza *et al.*, 2024). Media uji yang sebelumnya telah dibuat disterilisasi bersamaan dengan alat-alat yang tidak tahan panas (Rosmania & Yuniar, 2021).

Penyiapan Media Peremajaan Bakteri

Media *Nutrient Agar* (NA) sebanyak 20 g dilarutkan hingga larut dengan *aquades* sebanyak 1 liter dalam erlenmeyer berkapasitas 1000 mL lalu dipanaskan menggunakan sampai larut di atas *hot plate magnetic stirrer* dengan suhu berkisar 50 °C hingga serbuk NA terlarut sempurna. *Hot plate* dimatikan setelah larutan NA menjadi jernih dan terdapat gelembung di dasar erlenmeyer. Media agar didinginkan sebelum selanjutnya tabung erlenmeyer ditutup rapat dengan menggunakan kapas yang dibalut dengan kain kasa lalu ditutup dengan *aluminium foil* (Rosmania & Yanti, 2020).

Peremajaan Bakteri

Koloni uji diambil dengan mempergunakan jarum inokulasi yang telah disterilkan dengan cara dipijar selanjutnya diinokulasikan secara zig zag ke media miring dalam tabung reaksi agar koloni bakteri yang terbentuk tersebar merata. Setelah proses inokulasi dilakukan tabung reaksi dibungkus dengan menggunakan kertas untuk menghindari paparan cahaya matahari secara langsung dan meminimalisir terjadinya kontaminasi, kemudian tabung yang berisi bakteri uji diinkubasi dalam inkubator selama minimal 1x24 jam (Rosmania & Yanti, 2020).

Pewarnaan Gram Bakteri

Sediaan ulas dibuat di atas gelas objek kemudian difiksasi di atas bunsen, kemudian selanjutnya ditambahkan beberapa tetes reagen kristal violet lalu dibiarkan selama 1-2 menit dan kemudian dibilas menggunakan *aquades*. Selanjutnya preparat ditetesi dengan larutan lugol kemudian biarkan selama kurang lebih 30 detik lalu bilas. Preparat kemudian dilunturkan dengan alkohol 96% dan segera dicuci dengan menggunakan air mengalir. Pada tahap akhir, gelas objek ditetesi dengan larutan safranin dan dibiarkan selama 2 menit kemudian dibilas dengan menggunakan air mengalir lalu dikeringkan, kemudian dilakukan observasi dilakukan menggunakan mikroskop dengan pembesaran lensa objektif 100× dan menggunakan minyak imersi untuk memperjelas hasil pengamatan (Utami, 2023).

Pembuatan Suspensi Bakteri

Suspensi bakteri disiapkan dengan pengambilan koloni bakteri uji, yaitu koloni *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus* menggunakan jarum inokulasi kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisikan 10 mL cairan NaCl 0,9% lalu dihomogenkan hingga warna cairan menjadi keruh (Febriyossa & Rahayuningsih, 2021).

Uji Spektrofotometri UV-Vis Suspensi Bakteri

Suspensi bakteri yang sebelumnya telah disiapkan dimasukkan ke dalam kuvet spektrofotometer UV-Vis kemudian dihitung nilai transmisinya. Panjang gelombang bakteri *Salmonella typhi* adalah 540 nm dan bakteri *Staphylococcus aureus* adalah 625 nm dengan masing-masing nilai transmisinya adalah 30%. Pengenceran suspensi bakteri dilakukan jika nilai transmitan tidak sesuai dengan standar dengan cara menambahkan bakteri jika nilai transmitan terlalu besar dan menambahkan NaCl 0,9% jika nilai transmisinya terlalu kecil (Aliyah *et al.*, 2022).

Uji Efektivitas Antibakteri Metode Kirby-Bauer

Suspensi bakteri diambil dengan menggunakan kapas lidi yang telah steril lalu dioleskan pada media dalam cawan petri. Masing-masing kertas cakram direndam pada larutan kloroform dibutyl timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat dengan konsentrasi yang telah ditentukan, yaitu pada konsentrasi 50 ppm, 70 ppm, dan 90 ppm. Kontrol negatif kertas cakram direndam dalam larutan dimetil sulfoxida (DMSO) sedangkan pada kontrol positif memakai larutan antibiotik kloramfenikol. Kertas cakram selanjutnya diletakkan di media agar yang sebelumnya telah digores oleh bakteri *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus*, lalu cawan petri tersebut diinkubasi selama minimal 1x24 jam dengan suhu 37 °C. Diameter zona inhibisi yang dapat dilihat sebagai zona bening diukur mempergunakan jangka sorong dan dihitung rata-ratanya (Febriyossa & Rahayuningsih, 2021).

Analisis Data

Data yang didapatkan dari perlakuan berupa ukuran diameter zona hambat yang terbentuk dari cakram kontrol positif yang mengandung antibiotik kloramfenikol, cakram kontrol positif yang mengandung larutan dimetil sulfoxida (DMSO), serta cakram kelompok uji yang mengandung senyawa dibutyl timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat. Diameter zona hambat yang terbentuk dapat diukur mempergunakan rumus berikut (Gambar 1):

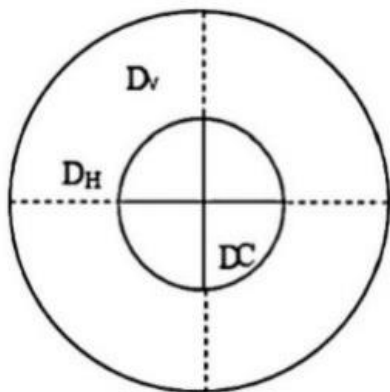
$$\frac{D_V + D_H}{2}$$

Keterangan:

D_v = Diameter vertikal

D_h = Diameter Horizontal

D_c = Diameter Cakram



Gambar 1. Perhitungan Diameter Zona Hambat (Fiana *et al.*, 2020)

Klasifikasi uji aktivitas antibakteri didasarkan pada nilai rentang diameter zona hambatnya disajikan pada Tabel 1 (Pelu, 2022).

Tabel 1. Klasifikasi Daya Hambat Uji Antibakteri berdasarkan diameter zona hambatnya

Rentang Diameter (mm)	Keterangan Daya Hambat
> 20	Sangat kuat
10-20	Kuat
5-10	Cukup/sedang
< 5	Kurang (resisten)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk hasil sintesis senyawa diperoleh kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat berupa serbuk putih bersih dengan massa 1,80 gram.

Berdasarkan hasil analisis senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat menggunakan instrumen spektrofotometer FT-IR didapatkan berbagai jenis gugus fungsi yang sesuai dengan perkiraan struktur awal. Spektrofotometer FT-IR digunakan untuk memberikan informasi mengenai gugus fungsi yang ada pada sampel uji dengan mengukur penyerapan inframerah oleh molekul-molekulnya (Ibadi *et al.*, 2024). Berdasarkan temuan penelitian dari (Sanuddin *et al.*, 2020) terdapat beberapa gugus fungsi yang penting untuk mengidentifikasi senyawa turunan ditiokarbamat, seperti Sn-C, Sn-S, C-C, C-N, C-S, C=C, dan C=N yang memiliki bilangan gelombang secara spesifik. Hasil bilangan gelombang yang didapatkan untuk senyawa dibutil timah (IV) 2-etil-

6-metil anilin ditiokarbamat meliputi beberapa gugus fungsi, seperti gugus Sn-C pada daerah serapan dengan puncak pada bilangan gelombang 567,07 cm⁻¹, gugus Sn-S pada bilangan gelombang 368,40 cm⁻¹, gugus C-C pada bilangan gelombang 773,46 – 1340,53 cm⁻¹, gugus C-N pada bilangan gelombang 2731,20 – 2958,80 cm⁻¹, gugus C-S pada bilangan gelombang 875,68 – 1080,14 cm⁻¹, gugus C=C pada bilangan gelombang 1757,15 cm⁻¹, dan gugus C=N pada bilangan gelombang 1462,04 cm⁻¹ (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji Spektrofotometri FT-IR pada Bilangan Gelombang 400-4000 cm⁻¹ (Sanuddin *et al.*, 2020)

Daerah Serapan Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Hasil Analisis (cm ⁻¹)
515-605	Sn-C	567,07
350-450	Sn-S	368,40
700-1350	C-C	773,46-1340,53
2800-3000	C-N	2731,20-2958,80
950-1050	C-S	875,68-1080,14
1400-1900	C=C	1757,15
1471-1689	C=N	1462,04

Hasil analisis senyawa kompleks ditiokarbamat menggunakan instrumen spektrofotometer FT-NMR menunjukkan struktur senyawa uji berdasarkan informasi atom hidrogen (H) pada spektrum ¹H-NMR dan pada atom karbon (C) pada spektrum ¹³C-NMR. Menurut *et al.* (Sanuddin *et al.*, 2023a) struktur senyawa alifatik bupada spektrum ¹H-NMR terdapat pada konsentrasi 0-2 ppm dan struktur senyawa aromatik ditunjukkan pada konsentrasi 6-9 ppm. Hasil pengukuran senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat pada spektrum ¹H-NMR menunjukkan struktur senyawa alifatik butil (C₄H₉) pada pergeseran proton 0,9662-2,1688 ppm, senyawa amina (NH) pada pergeseran proton 5,1572 ppm, dan senyawa anilin (2-etil-6-butil anilin) pada pergeseran proton 7,2600-7,3766 ppm (Tabel 3). Hasil pengukuran senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat pada spektrum ¹³C-NMR menunjukkan senyawa alifatik pada pergeseran proton 0 ppm, senyawa butil (C₄H₉) pada pergeseran proton 42,6719 ppm, senyawa karbon disulfida (CS₂) pada pergeseran proton 201,1139 ppm, serta senyawa anilin (2-etil-6-metil anilin) pada pergeseran proton 127,7685-134,9335 ppm (Tabel 4). Hasil uji spektrofotometri FT-NMR dengan spektrum ¹H-NMR dan ¹³C-NMR menunjukkan bahwa senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-

6-metil anilin ditiokarbamat terbukti memiliki senyawa-senyawa penting yang dapat memberikan efek antibakteri, seperti senyawa turunan ditiokarbamat, dan anilin.

Tabel 3. Hasil Uji Spektrofotometri FT-NMR dengan Spektrum ^1H -NMR *et al*(Sanuddin *et al.*, 2023a)

Daerah Pergeseran Proton (ppm)	Gugus Fungsi	Hasil Analisis (ppm)
δ 0-2	Alifatik	0,9662-2,1688
δ 6-9	Aromatik	7,2600-7,3766 5,1572 (NH)

Tabel 4. Hasil Uji Spektrofotometri FT-NMR dengan Spektrum ^{13}C -NMR *et al*(Sanuddin *et al.*, 2023a)

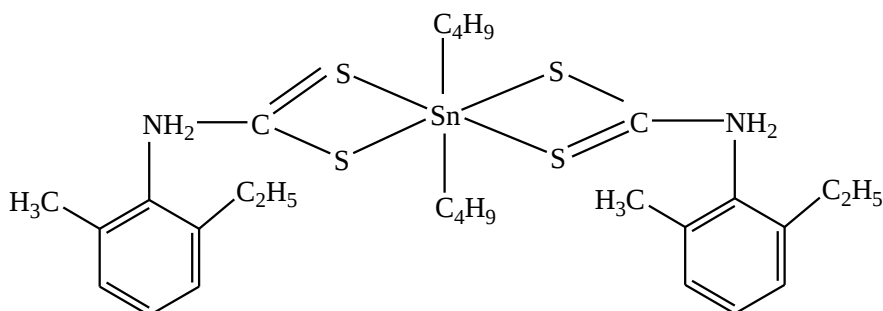
Daerah Pergeseran Proton (ppm)	Gugus Fungsi	Hasil Analisis (ppm)
δ 0-20	Alifatik	0
δ 21-50	$-\text{CH}_2$	42,6719
δ 180-220	$-\text{CS}$	201,1139
δ 120-140	Anilin	127,7685-134,9335

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan instrumen spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) dan *Fourier Transform Nuclear Magnetic Resonance* (FT-NMR) yang telah dilampirkan sebelumnya, maka struktur senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat yang terbentuk adalah sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil percobaan evaluasi aktivitas antibakteri senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat terhadap bakteri uji *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus* menunjukkan hasil aktivitas antibakteri yang cukup signifikan. Kontrol positif cakram kloramfenikol 30 mg dipilih karena kloramfenikol memiliki kemampuan untuk menghentikan pertumbuhan bakteri Gram positif dan Gram negatif yang tinggi

dibandingkan antibiotik lain (Yonathan *et al.*, 2024). Adapun mekanisme kerja antibiotik kloramfenikol yaitu berikatan dengan ribosom sel bakteri dan akan menghambat kinerja enzim peptidil transferase yang berakibat pada terhambatnya terbentuknya ikatan peptide saat proses pembentukan polipeptida (Saputro & Purwanto, 2022). Kontrol positif yang digunakan adalah larutan DMSO (dimetil sulfoxida) karena senyawa ini tidak beracun dan tidak akan mengganggu pengamatan eksperimental (Sanuddin *et al.*, 2024a).

Uji aktivitas antibakteri senyawa dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin terhadap bakteri *Salmonella typhi* menunjukkan kategori antibakteri yang semakin baik seiring dengan meningkatnya konsentrasi senyawa uji. Menurut klasifikasi aktivitas antibakteri oleh (Pelu, 2022) hasil uji pada konsentrasi 50 ppm dan 70 ppm adalah cukup (sedang) dengan rerata diameter zona hambat $9,05 \pm 2,6$ mm dan $9,57 \pm 2,9$ mm, sedangkan pada konsentrasi 90 ppm dengan diameter zona hambat $10,63 \pm 4,1$ mm termasuk pada kategori kuat. Hal ini menunjukkan bahwasanya senyawa turunan organotimah dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat memiliki efek antibakteri terhadap *Salmonella typhi* sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Sanuddin *et al.*, 2024b). Namun, nilai standar deviasi (SD) pada uji antibakteri dengan bakteri uji *Salmonella typhi* cukup tinggi terutama pada konsentrasi 90 ppm yaitu 4,1 mm. Nilai SD yang tinggi ini mengindikasikan adanya variasi yang besar antar replikasi. Terdapat beberapa faktor yang diperkirakan dapat mempengaruhi besarnya nilai SD seperti ketebalan media yang tidak seragam sehingga menyebabkan tidak meratanya pergerakan difusi zat antibakteri dan dapat juga dipengaruhi oleh ketebalan bakteri uji pada media (Adeyemi & Onwudiwe, 2020) selain itu besarnya nilai SD juga dapat dipengaruhi oleh teknik peneliti dalam melakukan uji antibakteri khususnya pada tahapan penggoresan suspensi bakteri ke media dan cara meletakkan cakram ke sampel uji dan ke media.



Gambar 1. Struktur Senyawa Kompleks Dibutil Timah (IV) 2-Etil-6-Metil Anilin Ditiokarbamat

Tabel 5. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Dibutil Timah (IV) 2-Etil-6-Metil Anilin Ditiokarbamat terhadap *Salmonella typhi*

Konsentrasi	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-Rata $\pm$ SD (mm)	Kategori Daya Hambat
	R1	R2	R3		
Kontrol (-)	-	-	-	-	Tidak ada
Kontrol (+)	17,87	27,80	26,25	23,97 $\pm$ 4,4	Sangat kuat
50 ppm	6,55	7,9	12,7	9,05 $\pm$ 2,6	Cukup
70 ppm	6,8	8,3	13,6	9,57 $\pm$ 2,9	Cukup
90 ppm	6,85	8,65	16,4	10,63 $\pm$ 4,1	Kuat

Keterangan:

Kontrol (-): DMSO,
 Kontrol (+): kloramfenikol 30 mg,
 R1: Replikasi 1,
 R2: Replikasi 2,
 R3: Replikasi 3,
 SD: standar deviasi.

Aktivitas antibakteri pada *Staphylococcus aureus* menunjukkan kategori cukup (sedang) untuk konsentrasi 50 ppm, 70 pmm, dan 90 pmm menurut klasifikasi oleh (Pelu, 2022) dengan hasil rerata diameter zona hambat di angka 6,92 $\pm$ 0,2 mm, 7,1 $\pm$ 0,3 mm, dan 7,9 $\pm$ 0,2 mm. Berdasarkan hasil uji pada bakteri *Staphylococcus aureus* tidak ditemukannya permasalahan pada nilai SD karena sudah memenuhi syarat, yaitu nilai SD yang baik adalah ketika <1 atau mendekati angka 0 (Hidayani *et al.*, 2024). Hasil uji menunjukkan diameter zona inhibisi yang kian membesar selaras dengan bertambahnya konsentrasi senyawa uji. Hal ini menunjukkan bahwasanya senyawa turunan organotimah dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat memiliki efek antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang sebelumnya dilaksanakan oleh (Sanuddin *et al.*, 2024c).

Senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat terdiri dari 3 (tiga) komponen utama, yaitu senyawa turunan organotimah (IV), gugus organik anilin, serta senyawa ditiokarbamat. Senyawa turunan organotimah (IV) telah terbukti memiliki aktivitas biologis sebagai senyawa antibakteri yang dapat dipengaruhi oleh jenis gugus (Sanuddin *et al.*, 2024b). Berbagai jenis logam, termasuk timah (Sn) sangat relevan dalam dunia medis karena logam memiliki peran penting dalam sistem kehidupan suatu organisme. Logam dapat larut dalam sistem biologis dengan mengorbankan elektronnya untuk membentuk senyawa yang bermuatan positif,

sehingga logam berada dalam keadaan ionik. Ion logam yang kekurangan elektron akan berikatan dengan molekul biologis seperti DNA dan protein yang kaya akan elektron (Adeyemi & Onwudiwe, 2020).

Tabel 6. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Dibutil Timah (IV) 2-Etil-6-Metil Anilin Ditiokarbamat terhadap *Staphylococcus aureus*

Konsentrasi	Diameter Zona Hambat (mm)			Rata-Rata $\pm$ SD (mm)	Kategori Daya Hambat
	R1	R2	R3		
Kontrol (-)	-	-	-	-	Tidak ada
Kontrol (+)	25,82	28,65	28,06	27,51 $\pm$ 1,2	Sangat kuat
50 ppm	6,8	6,8	7,15	6,92 $\pm$ 0,2	Cukup
70 ppm	6,9	6,85	7,55	7,1 $\pm$ 0,3	Cukup
90 ppm	7,85	7,65	8,2	7,9 $\pm$ 0,2	Cukup

Keterangan:

Kontrol (-): DMSO,
 Kontrol (+): kloramfenikol 30 mg,
 R1: Replikasi 1,
 R2: Replikasi 2,
 R3: Replikasi 3,
 SD: standar deviasi.

Gugus organik anilin pada senyawa ini, yaitu 2-etil-6-metil anilin yang memiliki struktur cincin aromatik dengan substituen golongan alkil, yaitu etil dan metil yang bersifat non-polar dikarenakan susunan ikatan C-H yang simetris serta perbedaan elektronegativitas antara atom C dan H yang dapat diabaikan (Zamir *et al.*, 2022). Sifat non-polar ini memungkinkan senyawa uji guna menembus dinding sel bakteri, terutama pada bakteri Gram negatif. Dinding sel bakteri Gram negatif seperti *Salmonella typhi* memiliki struktur lapisan lipopolisakarida yang bersifat non-polar karena tersusun dari senyawa lipid pada lapisan terluarnya (Dewi *et al.*, 2022). Hal ini menunjukkan bahwasanya gugus alkil bertugas untuk menembus dinding sel bakteri *Salmonella typhi* sehingga senyawa dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat dapat memberikan efek antibakterinya (Wijayanti *et al.*, 2023). Bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* memiliki dinding sel berupa peptidoglikan yang bersifat polar karena tersusun dari karbohidrat dan protein (Dewi *et al.*, 2022). Hal ini menyebabkan dinding sel *Staphylococcus aureus* sulit ditembus karena perbedaan sifat polaritas antara dinding

selnya dan senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat.

Senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat memiliki peran yang signifikan dalam menunjukkan aktivitas antibakteri karena ligan ditiokarbamat memiliki kemampuan koordinasi yang kuat dan stabil dengan ion logam dalam konfigurasi monodentat maupun bidentat, sehingga dapat menghambat aktivitas enzim dalam sistem biologis mikroorganisme seperti bakteri, terutama pada *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus aureus* (Ghaffar *et al.*, 2024). Ligan ditiokarbamat dapat memodulasi protein kunci yang berpartisipasi dalam berbagai aktivitas biologis seperti apoptosis, transkripsi, dan degradasi (Maurya & Bajpai, 2022).

SIMPULAN

Mengacu pada perolehan temuan telah dijelaskan sebelumnya, maka diberikan simpulan bahwasanya senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat berhasil dibentuk melalui prosedur sintesis pada suhu dingin yang dibuktikan dengan hasil uji menggunakan instrumen spektrofotometri FT-IR dan FT-NMR. Senyawa kompleks dibutil timah (IV) 2-etil-6-metil anilin ditiokarbamat terbukti memiliki aktivitas antibakteri pada *staphyl typhi* dengan kategori kuat untuk konsentrasi 90 ppm dan aktivitas antibakteri dengan kategori cukup (sedang) pada *Staphylococcus aureus* untuk konsentrasi 50 ppm, 70 ppm, dan 90 ppm. Namun, nilai standar deviasi (SD) pada uji antibakteri *Salmonella typhi* cukup besar, sehingga data tersebut belum sepenuhnya valid dan diperlukan analisis lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliyah, H. S., Putri, R., & Sagita, D. 2022. Potensi Antibakteri Ekstrak Daun Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L.) terhadap Bakteri Gram Negatif dengan Metode Broth Microdilution. *Jurnal Biosense*, 5(2): 121–130.
- Adeyemi, O. J., & Onwudiwe, C. D. 2020. Organotin(IV) Dithiocarbamate Complexes: Chemistry and Biological Activity. *Molecules*, 23(2571): 1–27.
- Beatty, R., Davis, P., & Wainwright. 2019. *Mikroorganisme dan Penyakit*. Bandung: PT. Pakar Raya.
- Dewi, P., Putri, R. A., Bintari, H. S., & Mubarok, I. 2022. Uji Efektivitas Ekstrak Buah Ketapang (*Terminalia catappa*) terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. *Life Science*, 11(1): 47–59.
- Ekawati, R. E. 2018. *Bakteriologi: Mikroorganisme Penyebab Infeksi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Febriyossa, A., & Rahayuningsih, N. 2021. Uji Daya Hambat Perasan Rimpang Jahe Putih, Kunyit Dan Temulawak Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Health Sains*, 2(1): 1–6.
- Fiana, F. M., Kiromah, N. Z. W., & Purwanti, E. 2020. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sukun (*Artocarpus altilis*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli*. *Pharmakon: Jurnal Farmasi Indonesia*, Edisi Khusus 18(2): 10–20.
- Ghaffar, A., Khan, N., Ali, I., Ullah, S., Waheed, R., & Shah, A. W. 2024. Bioassays , Characterization and Electronic Transitions Studies of Organtin (IV) Dithiocarbamates of P - Bromo - N Methylbenzylamine Dithiocarbamates. *Discover Chemistry*, 1(47): 1–8.
- Hadijah, T., Sanuddin, M., & Andriani, M. 2021. Activity Test of Dibutyltimah (IV) N-Benzylmetildithiocarbamate Compound Against *Escherichia coli* And *Staphylococcus aureus* Bacteria. *Jurnal Dunia Farmasi*, 5(3): 166–175.
- Hidayani, A., Sukmawati, A. V., & Rahmah, N. W. 2024. Efektivitas Daya Hambat Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe vera*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dengan Metode Difusi. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology*, 7(1): 490–493.
- Ibadi, F., Yousif, E., Al-Ani, A., Al-Mashhadani, M., Al-Saffar, Z. A., Basem, A., Bufaroosha, M., Hashim, H., Husain, A., Jawad, H. A., & Hairunisa, N. 2024. Organotin Complexes with Schiff's Base Ligands: Insights Into Their Cytotoxic Effects on Lung Cancer Cells. *Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences*, 4(4): 1–17.
- Joegijantoro, R. 2019. *Penyakit Infeksi*. Malang: Intimedia.
- Levani, Y., & Prastya, D. A. 2020). Demam Tifoid: Manifestasi Klinis, Pilihan Terapi Dan Pandangan Dalam Islam. *Al-Iqra Medical Journal : Jurnal Berkala Ilmiah Kedokteran*, 3(1): 10–16.
- Maurya, C., & Bajpai, S. 2022. Biological Applications of Metal Complexes of Dithiocarbamates. *Journal of Applied Science and Education (JASE)*, 2(1): 1–16.
- Pelu, D. A. 2022. *Mikrobiologi Aktivitas Antibakteri*. Malang: Literasi Nusantara.
- Pratiwi, W. S., Anggraeni, A., & Bahti, H. H. 2022. Karakterisasi Hasil Reaksi Ion Gadolinium (III)

- dengan Ligan Dibutilditiokarbamat Menggunakan Metode Mekanika Molekular (MM2). *Chimica et Natura Acta*, 10(2): 66–71.
- Ridhwan, M. 2023. Bakteriologi Dasar. In *Mikrobiologi dan Parasitologi*. PT. Global Eksekutif Teknologi. pp. 1–18.
- Risal, Y., & Rifai, Y. 2020. Analisis Kemometrik Senyawa Inhibitor Tirosinase Menggunakan Spektrofotometer IR (FTIR). *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*, 24(2): 59–62.
- Rosmania, R., & Yuniar, Y. 2021. Pengaruh Waktu Penyimpanan Inokulum *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Pada Suhu Dingin Terhadap Jumlah Sel Bakteri di Laboratorium Mikrobiologi. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(3): 117–124.
- Rosmania, & Yanti, F. 2020. Perhitungan jumlah bakteri di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan pengembangan metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2): 76–86.
- Sanuddin, M., Andriani, M., & Angraini, T. 2024a. Synthesis and Antibacterial Activity Test of Dibutyl Tin (IV) N-Ethylbenzyl Dithiocarbamate Compound Against *Salmonella* Thy.Atcc.14028 and *Propionibacterium acnes* Bacteria. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 27(7): 300–306.
- Sanuddin, M., Andriani, M., & Yasril, R. F. 2024b. Sintesis Senyawa Dimetiltimah(IV) N-Benzilmetilditiokarbamat dan Uji Antibakteri terhadap *Salmonella typhi* dan *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 7(3): 324–336.
- Sanuddin, M., Hadriyati, A., Safira, Y. I., & Ridha, S. M. 2023a. Sintesis Dan Uji Aktivitas Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat Terhadap Bakteri *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4): 6274–6283.
- Sanuddin, M., Hadriyati, A., & Sari, P. I. 2022. Uji Aktivitas Antibakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli* Terhadap Senyawa Sintesis Difeniltin (IV) Metil Ditiokarbamat. *Lambung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 3(1): 46–50.
- Sanuddin, M., Permatasari, J., & Halimatussa'diyah. 2023b. Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Sintesis Dibutyl Timah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella typhi*. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(4): 6097–6104.
- Sanuddin, M., Purnamasari, L., & Soyata, A. 2020. Sintesis dan Uji Aktivitas Senyawa Dibutyl Timah (IV) Bis-Metil Ditiokarbamat pada Bakteri *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli*. *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, 19(1): 169–180.
- Sanuddin, M., Sihombing, E. L., & Hadriyati, A. 2024c. Activity Test of Dibutyl Tin (IV) N-Ethyl Benzyle Dithiocarbamate Compounds against *Staphylococcus epidermidis* AND *Staphylococcus aureus*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Medicine*, 9(8): 15–23.
- Saputro, D. C. R. I., & Purwanto, A. 2022. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) terhadap *Escherichia coli* dengan Metode Difusi Silinder. *JIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(6): 1900–1905.
- Sihombing, M., & Mantiri, F. 2022. *Staphylococcus aureus*. Manado: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi.
- Soedarto. 2017. *Ensiklopedi Penyakit Infeksi*. Jakarta: CV. Sagung Seto.
- Susanto, A. 2020. *Bakteriologi (Carrier Penyakit Typus)*. Mojokerto: STIKes Majapahit Mojokerto.
- Utami, R. P. 2023. *Pengantar Bakteriologi pada Penyakit Infeksi untuk ALTM*. Yogyakarta: Deepublish Digital.
- Wijayanti, K. D., Masriani, M., Fadly, D., Muharini, R., & Rasmawan, R. 2023. Inhibition of α -Glucosidase Enzyme by Ethanol Extract of Kratom Leaf Variant (*Mitragyna speciosa* Korth.). *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(3): 286–295.
- Yonathan, N., Wilapangga, A., & Royani, S. 2024. Skrining Fitokimia dan Uji Antibakteri Ekstrak Daun Jambu Kristal (*Psidium guajava* cv . Kristal L.). *Journal of Pharmacy UMRI*, 1(2): 106–121.
- Zalza, B. A., Sanuddin, M., & Yulianis. 2024. Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Sintesis Dimetil Timah (IV) N-Benzil Metil Ditiokarbamat terhadap *Streptococcus mutans* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Pengembangan Ilmu Pengetahuan*, 05(4): 83–99.
- Zamir, A., Elraies, A. K., Rasool, H. M., Ahmad, M., Ayoub, M., Abbas, A. M., & Ali, I. 2022. Influence Of Alkyl Chain Length In Ionic Liquid Based Drilling Mud For Rheology Modification: A Review. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 12(24): 485–492.