

SINTESIS DAN UJI AKTIVITAS SENYAWA DIBUTILTIMAH (IV) N-ETIL-O-TOLUIDIN DITIOKARBAMAT TERHADAP BAKTERI *ESCHERICHIA COLI*, *STREPTOCOCCUS MUTANS*, *PROPIONIBACTERIUM ACNES* DAN *STAPHYLOCOCCUS EPIDERMIDIS*

Mukhlis Sanuddin^{1*}, Armini Hadriyati², Intan Yusi Safira³, M. Sa'id Ridha⁴

Program Studi Farmasi, STIKES Harapan Ibu, Jambi, Indonesia^{1,2,3,4}

*Corresponding Author : mukhlissanuddinmsc@gmail.com

ABSTRAK

Terapi infeksi bakteri mayoritas menggunakan antibiotik, antibiotik yang digunakan akan mengakibatkan resistensi dan efek samping yang berbahaya jika salah dalam cara penggunaan, maka diperlukan pengembangan antibiotik dari senyawa baru yang efektif melawan bakteri serta mampu menghindari terjadinya resistensi antibiotik dengan menggunakan senyawa organotimah dan ditiokarbamat. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan cara mensintesis senyawa dibutyltin (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat dan dicirikan dengan spektroskopi FTIR dan spektroskopi FTNMR. Sedangkan untuk pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi dengan media *Mueller Hinton Agar* (HMA). Hasil analisa FTIR diperoleh gugus fungsi C=C, C-H, C-C, C-N, C-S, Sn-C, Sn-S, dan C=S. Hasil analisa FTNMR spektrum ¹H menghasilkan proton CH₂ (alifatik) dan C₆H₅CH₃ (aromatik). Hasil analisa FTNMR spektrum ¹³C diperoleh karbon CH₃ (alifatik), CH₂, CN, CS₂ dan aromatik. Hasil pengujian aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* diperoleh zona hambat tertinggi pada konsentrasi 100 ppm yaitu sebesar 10,9 mm pada bakteri *Escherichia coli* dan 12,4 mm pada bakteri *Streptococcus mutans*, sedangkan pada bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermidis* diperoleh zona hambat tertinggi pada konsentrasi 90 ppm yaitu sebesar 13,46 mm pada *Propionibacterium acnes* dan 12,9 mm pada *Staphylococcus epidermidis*. Kesimpulan senyawa ini berhasil disintesis dan membentuk gambaran struktur senyawa kompleks serta mempunyai aktivitas sebagai agen antibakteri dengan kategori kuat

Kata kunci : antibakteri, dibutyltin (iv) n-etil-o- toluidin ditiokarbamat, sintesis senyawa

ABSTRACT

The majority of bacterial infection therapy uses antibiotics, the antibiotics used will lead to resistance and dangerous side effects if used incorrectly, it is necessary to develop antibiotics from new compounds that are effective against bacteria and are able to avoid the occurrence of antibiotic resistance by using organotin and dithiocarbamate compounds. The research method used in this study is an experimental method by synthesizing dibutyltin (IV) N-Ethyl-O-Toluidine Dithiocarbamate and characterized by FTIR spectroscopy and FTNMR spectroscopy. As for testing the antibacterial activity using the diffusion method with *Mueller Hinton Agar* (HMA) media. The results of ftir analysis obtained functional group C=C, C-H, C-C, C-N, C-S, Sn-C, Sn-S, and C=S. The result of FTNMR analysis of the ¹H spectrum produces protons CH₂ (aliphatic) and C₆H₅CH₃ (aromatic). The result of FTNMR analysis of the ¹³C spectrum produces carbon CH₃ (aliphatic), CH₂, CN, CS₂ and aromatic. The results of testing antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Streptococcus mutans* bacteria obtained the highest inhibition zone at a concentration of 100 ppm, namely 10.9 mm for *Escherichia coli* bacteria and 12.4 mm for *Streptococcus mutans* bacteria, while for *Propionibacterium acnes* and *Staphylococcus epidermidis* bacteria an inhibition zone was obtained. The highest concentration was 90 ppm, namely 13,46 mm for *Propionibacterium acnes* and 12.9 mm for *Staphylococcus epidermidis*. The conclusion is that this compound was successfully synthesized and formed a picture of the structure of a complex compound and has activity as a strong antibacterial agent.

Keywords : synthesis of compounds, dibutyltin (iv) n-ethyl-o-toluidine dithiocarbamate, antibacterial

PENDAHULUAN

Senyawa kompleks logam adalah senyawa yang pembentukannya melibatkan pembentukan ikatan kovalen koordinasi antara ion logam atau atom logam dengan atom nonlogam. Senyawa kompleks atau yang sering disebut senyawa koordinasi merupakan senyawa yang tersusun dari suatu ion logam pusat dengan satu atau lebih ligan yang menyumbangkan satu atau lebih pasangan elektron bebasnya (Effendy, 2007). Senyawa ditiokarbamat merupakan salah satu senyawa yang sangat potensial dibidang pertanian, industri serta pengobatan. Penggunaan senyawa ditiokarbamat ini bergantung pada sifat pengkelat ligan ditiokarbamat terhadap ion logamnya. Senyawa kompleks ditiokarbamat dikenal karena memiliki fitur struktural yang tidak biasa, serta penggunaannya dibidang industri dan biologi yang bervariasi. Literatur terbaru menyatakan adanya aktivitas antibakteri, antijamur, antikanker, agen alkilasi dan aktivitas yang menginduksi apoptosis dari kompleks ditiokarbamat logam, dan logam campurannya (Mukhlis *et al.*, 2022).

Antibakteri adalah senyawa yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri yang bersifat merugikan. Di bidang farmasi, bahan antibakteri dikenal dengan nama antibiotik, yaitu suatu substansi kimia yang dihasilkan oleh mikroba dan dapat menghambat pertumbuhan mikroba lain. Cara kerja senyawa antibakteri dibedakan menjadi dua yaitu bakteriostatik yang bekerja dengan cara menekan pertumbuhan bakteri, dan bakterisidal yang berpotensi membunuh bakteri (Alce *et al.*, 2020). Bakteri penyebab penyakit dan juga infeksi dapat ditemui di lingkungan sekitar kita. *Streptococcus mutans* adalah bakteri yang banyak ditemukan pada plak penderita karies. Hal ini disebabkan karena bakteri jenis *Streptococcus* merupakan bakteri yang mempunyai kemampuan untuk membentuk polisakarida ekstraseluler (Handayani *et al.*, 2017). Bakteri *Escherichia coli* juga merupakan suatu bakteri yang menjadi penyebab berbagai infeksi dan penyakit. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. *Escherichia coli* banyak ditemukan di dalam usus manusia yang berperan dalam proses pengeluaran zat sisa makanan dan dapat menimbulkan diare (Magani *et al.*, 2020).

Propionibacterium acnes dan *Staphylococcus epidermidis* merupakan flora normal pada kulit terutama diwajah yang pertumbuhannya relatif lambat, bakteri ini termasuk ke dalam bakteri gram positif anaerob, namun apabila bakteri ini terlalu banyak di wajah dapat menyebabkan terjadinya peradangan atau biasa disebut dengan jerawat (Dewi *et al.*, 2020). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mukhlis *et al.*, (2022) senyawa kompleks Dibutyltin(IV) bis-metil ditiokarbamat mempunyai aktivitas antibakteri pada bakteri *Salmonella typhi* dan *Escherichia coli* dengan daya hambat pada konsentrasi 90 ppm berturut – turut yaitu 27,33 mm dan 26,48 mm atau bisa dikatakan sangat kuat. Kekuatan daya hambat bakteri berdasarkan ukuran diameter zona hambatnya terbagi atas 4, yaitu lemah (<5mm), sedang (5-10mm), kuat (10-20mm) dan sangat kuat (>20mm).

Dalam penelitian yang dilakukan Jerry dan Damian (2018) mengenai sintesis senyawa *N-methyl-N-Phenyldithiocarbamate* terhadap beberapa organisme bakteri (*Streptococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Escherichia coli*) didapatkan hasil bahwa kompleks fenil dan difeniltin menunjukkan aktivitas antibakteri terbaik dengan diameter penghambatan berkisar antara 10 – 21 mm. Sintesis senyawa dibutyltin(IV) *N-Etil-O-Toluidin* ditiokarbamat belum pernah dilakukan hingga saat ini, dan senyawa ini merupakan suatu senyawa baru. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis sintesis senyawa organotin dengan menggunakan logam dibutyltin(IV) dan amina *N-Etil-O-Toluidin* yang akan menghasilkan senyawa dibutyltin(IV) *N-Etil-O-Toluidin* ditiokarbamat dan menguji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermidis*.

METODE

Metode penelitian ini dimulai dengan persiapan alat dan bahan, termasuk penggunaan timbangan analitik, gelas ukur, cawan petri, jarum ose, dan berbagai peralatan laboratorium lainnya. Sintesis senyawa Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat dilakukan melalui tahapan tertentu, seperti melarutkan amina primer *N*-Etil-*O*-Toluidin, karbon disulfida, dan logam dibutiltimah diklorida dalam etanol. Proses berikutnya melibatkan penambahan larutan-larutan tersebut dengan pengadukan selama 2 jam, diikuti oleh penyaringan dan pengeringan endapan yang terbentuk.

Analisis senyawa dilakukan melalui pengujian FTIR dan FTNMR, dengan serbuk senyawa yang diuji pada instrumen FTIR dan larutan senyawa dianalisis menggunakan NMR. Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan mengambil bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus mutans* yang sudah diremajakan. Sebelumnya, semua alat dan bahan menjalani proses sterilisasi dengan menggunakan autoklaf. Identifikasi bakteri dilakukan melalui langkah-langkah seperti pewarnaan dengan kristal violet, larutan lugol, dan safranin, kemudian diobservasi di bawah mikroskop.

Media pertumbuhan bakteri, Nutrient Agar (NA), dan media pengujian bakteri, Mueller Hinton Agar (MHA), disiapkan dengan melarutkan bahan-bahan yang diperlukan dan melakukan sterilisasi dengan autoklaf. Bakteri diambil dari kultur, diremajakan, dan diinokulasikan pada media miring Nutrient Agar (NA). Pembuatan NaCl fisiologis steril 0,9% dan larutan induk senyawa dilakukan sesuai prosedur tertentu. Standar McFarland 0,5% dipersiapkan dengan mencampurkan larutan H₂SO₄ dengan larutan BaCl₂.2H₂O. Suspensi bakteri dibuat dengan mengambil bakteri yang telah diremajakan dan menyuspensikannya dalam NaCl fisiologis steril 0,9%. Kekeruhan dari suspensi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 580 nm. Terakhir, uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi cakram menggunakan Mueller Hinton Agar (MHA). Cakram impregnasi dengan senyawa uji ditempatkan di atas agar yang sudah ditempati bakteri, dan zona hambat diamati setelah inkubasi. Seluruh metodologi ini diadaptasi dari metode-metode yang telah teruji dalam literatur ilmiah yang relevan.

HASIL

Pembuatan sintesis senyawa Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat ini menggunakan variasi massa molekul pada *N*-Etil-*O*-Toluidin, Karbon disulfida, dan Dibutiltimah (IV) diklorida berturut – turut dengan variasi yaitu 2 : 2: 1 dengan menggunakan etanol sebagai pelarut.

Tabel 1. Senyawa Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat

| Organoleptis | Keterangan |
|--------------------------|-------------|
| Bobot senyawa didapatkan | 32,1 gr |
| Warna | Putih |
| Bau | Berbau khas |
| Bentuk | Serbuk |

Berdasarkan analisis FTIR pada senyawa Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat, ditemukan identifikasi gugus fungsi seperti C – H, C = C, C – C, C – N, C – S, Sn – S, Sn – C, dan C = S. Nilai bilangan gelombang pada masing-masing puncak spektrum sesuai dengan daerah serapan yang telah ditetapkan dalam literatur, menunjukkan bahwa sintesis senyawa telah berhasil dengan karakteristik yang sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 2. Hasil Analisis FTIR Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat

| Frekuensi (cm ⁻¹) | Gugus Fungsi | Frekuensi (cm ⁻¹) Hasil Analisa | Intensitas | Literatur |
|-------------------------------|--------------|---|------------|----------------------------------|
| 1900 - 1500 | C = C | 1624.06 | Lemah | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |
| 2980 – 2840 | C – H | 2945.30 | Lemah | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |
| 1300 – 800 | C – C | 1076.28 | Sedang | Silverstein <i>et al.</i> , 1916 |
| 1550 – 1420 | C – N | 1427.32 | Sedang | Sanuddin <i>et al.</i> , 2022 |
| 1050 – 950 | C – S | 997.20 | Lemah | Sanuddin <i>et al.</i> , 2022 |
| 1200 - 1050 | C = S | 1186.22 | Lemah | Dudley <i>et al.</i> , 2011 |
| 450 – 350 | Sn – S | 418.55 | Kuat | Sanuddin <i>et al.</i> , 2022 |
| 605 – 515 | Sn – C | 572.86 | Kuat | Sanuddin <i>et al.</i> , 2022 |

Berdasarkan hasil pengujian NMR spektrum ¹H senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat, terdeteksi puncak serapan proton yang mengindikasikan keberadaan gugus CH₂ (alifatik) dan toluena aromatik sesuai dengan literatur. Pengujian NMR spektrum ¹³C menunjukkan puncak serapan pada berbagai pergeseran proton yang sesuai dengan tipe-tipe karbon yang ada dalam senyawa, sesuai dengan literatur yang telah diketahui sebelumnya (Silverstein *et al.*, 2005).

Tabel 3. Hasil Analisis FTNMR Spektrum ¹H Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbama

| Daerah Pergeseran Proton (ppm) | Hasil Analisa | Literatur |
|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|
| δ 0 – 2 ppm (Alifatik) | 0.9662 – 0.9956 ppm | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |
| δ 6 – 9 ppm (Aromatik) | 7.2854 – 7.3766 ppm | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |

Hasil analisis FTNMR spektrum ¹H senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat mencerminkan kesesuaian yang baik dengan literatur (Silverstein *et al.*, 2005). Rentang pergeseran proton alifatik (0 – 2 ppm) dan aromatik (6 – 9 ppm) sesuai dengan nilai yang diharapkan, menegaskan identifikasi yang akurat menggunakan teknik FTNMR ¹H. Dalam konteks penelitian ini, keselarasan tersebut memberikan dasar yang kuat untuk pemahaman lebih lanjut terkait struktur kimia senyawa tersebut.

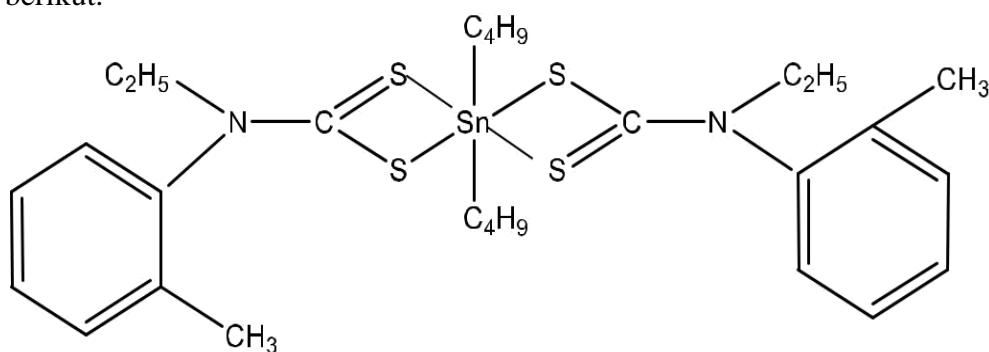
Tabel 4. Hasil Analisis FTNMR Spektrum ¹³C Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat

| Daerah Pergeseran Proton (ppm) | Hasil Analisa | Literatur |
|---|-------------------------|----------------------------------|
| δ 0 – 20 ppm (CH ₃ Alifatik) | 14.0050 ppm | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |
| δ 21 – 50 ppm (CH ₂) | 26.5938 – 41.8816 ppm | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |
| δ 51 – 60 ppm (CN) | 60.516 ppm | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |
| δ 180-220 ppm (CS) | 202.3879 ppm | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |
| δ 120-140 ppm (aromatic) | 127.6517 – 135.4453 ppm | Silverstein <i>et al.</i> , 2005 |

Hasil analisis FTNMR spektrum ¹³C pada senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat mengungkapkan puncak serapan proton yang sesuai dengan gugus fungsional tertentu. Pada rentang δ 0 – 20 ppm, terdeteksi puncak untuk gugus metil alifatik (CH₃) pada 14.0050 ppm. Rentang δ 21 – 50 ppm menunjukkan keberadaan gugus metilen (CH₂) pada 26.5938 – 41.8816 ppm. Puncak pada δ 51 – 60 ppm mengonfirmasi gugus sianida (CN) pada 60.516 ppm. Pada δ 180-220 ppm, terlihat puncak untuk gugus karbonil sulfida (CS) pada

202.3879 ppm. Rentang δ 120-140 ppm menunjukkan keberadaan gugus proton pada senyawa aromatik pada 127.6517 – 135.4453 ppm. Analisis ini mendukung identifikasi komponen senyawa dan memberikan dasar yang kokoh untuk penelitian lanjutan terkait sifat kimia dan aktivitas senyawa tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian FTIR dan NMR didapatkan bahwa senyawa kompleks yang terbentuk memiliki rumus kimia $C_{28}H_{44}C_{12}N_2S_4Sn$ dengan berat molekul 726,54 g/mol, gugus fungsi Sn diperkirakan berikatan bidentat dan juga membentuk kelat. Struktur senyawa kompleks Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Struktur Senyawa Kompleks Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat

Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa senyawa Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat memiliki potensi aktivitas antimikroba terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes*, dan *Staphylococcus epidermidis*. Aktivitas antibakteri senyawa tersebut bersifat dosis-dependent, dengan peningkatan konsentrasi senyawa memberikan efek antibakteri yang lebih kuat, terutama terlihat pada *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, dan *Staphylococcus epidermidis*. Meskipun demikian, pada *Propionibacterium acnes*, zona hambat tampak lebih terbatas. Temuan ini memberikan indikasi positif terhadap potensi senyawa sebagai agen antibakteri, namun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami secara lebih mendalam mekanisme kerja senyawa ini, serta untuk mengevaluasi efikasi dan keamanannya dalam konteks aplikasi praktis.

Tabel 5. Diameter Zona Hambat Senyawa Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat Pada Bakteri *Escherichia coli*

| Konsentrasi | Pengulangan (mm) | | | Rata-Rata (mm) | Standar Deviasi (\pm) |
|-------------|------------------|-------|-------|----------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| K + | 18,6 | 16,15 | 17,45 | 17,4 | 1 |
| K- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 ppm | 6,45 | 6,25 | 5,85 | 6,18 | 0,25 |
| 90 ppm | 7,8 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 0,22 |
| 100 ppm | 8,9 | 9,8 | 10,9 | 9,87 | 0,82 |

Tabel 6. Diameter Zona Hambat Senyawa Dibutiltimah (IV) *N*-Etil-*O*-Toluidin Ditiokarbamat Pada Bakteri *Streptococcus mutans*

| Konsentrasi | Pengulangan (mm) | | | Rata-Rata (mm) | Standar Deviasi (\pm) |
|-------------|------------------|-------|-------|----------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| K + | 13,1 | 13,3 | 15,75 | 14,05 | 1,2 |
| K- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 ppm | 9,25 | 9,6 | 9,85 | 9,57 | 0,51 |
| 90 ppm | 10,5 | 10,25 | 10,75 | 10,5 | 0,2 |
| 100 ppm | 11,5 | 11,2 | 12,4 | 11,7 | 0,25 |

Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat menunjukkan aktivitas antibakteri yang berpotensi terhadap *Escherichia coli* pada berbagai konsentrasi, dengan peningkatan zona hambat seiring dengan peningkatan konsentrasi senyawa.

Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat menunjukkan potensi aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans* dengan meningkatnya diameter zona hambat seiring peningkatan konsentrasi. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme antibakteri dan potensi penggunaan senyawa ini dalam terapi antimikroba.

Tabel 7. Diameter Zona Hambat Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat Pada Bakteri *Propionibacterium acne*

| Konsentrasi | Pengulangan (mm) | | | Rata-Rata (mm) | Standar Deviasi (\pm) |
|-------------|------------------|-------|-------|----------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| K + | 14,7 | 15,2 | 15,8 | 15,25 | 0,52 |
| K- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 ppm | 11,25 | 10,85 | 11,4 | 11,16 | 0,28 |
| 70 ppm | 12,35 | 11,2 | 12,75 | 12,1 | 0,8 |
| 90 ppm | 13,6 | 13,35 | 13,45 | 13,46 | 0,12 |

Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat menunjukkan potensi aktivitas antibakteri terhadap *Propionibacterium acne* dengan meningkatnya diameter zona hambat seiring peningkatan konsentrasi. Untuk pemahaman yang lebih mendalam terkait mekanisme antibakteri dan potensi penggunaannya, penelitian lanjutan diperlukan dalam pengembangan senyawa antimikroba.

Tabel 8. Diameter Zona Hambat Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat Pada Bakteri *Staphylococcus Epidermidis*

| Konsentrasi | Pengulangan (mm) | | | Rata-Rata (mm) | Standar Deviasi (\pm) |
|-------------|------------------|-------|-------|----------------|---------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| K + | 14,7 | 15,05 | 15,75 | 15,16 | 0,53 |
| K- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 ppm | 10,55 | 10,6 | 10,7 | 10,6 | 0,07 |
| 70 ppm | 11,3 | 11,65 | 11,85 | 11,6 | 0,27 |
| 90 ppm | 12,4 | 12,95 | 13,35 | 12,9 | 0,47 |

Senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat menunjukkan aktivitas antibakteri dengan zona hambat yang bervariasi pada bakteri *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes*, dan *Staphylococcus epidermidis*. Diameter zona hambat cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi senyawa. Bakteri Gram positif memiliki zona hambat yang lebih besar dibandingkan dengan bakteri Gram negatif. Kontrol positif kloramfenikol menunjukkan zona hambat yang kuat, sementara kontrol negatif DMSO tidak memengaruhi aktivitas antibakteri. Hasil ini memberikan dasar untuk penelitian lebih lanjut mengenai potensi senyawa ini sebagai agen antimikroba.

PEMBAHASAN

Pengujian FTIR pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari suatu senyawa organik tanpa merusak sampel dengan cara membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum infra merah menggunakan spektrum senyawa pembanding yang sudah diketahui (Nindya, 2018). Hasil dari analisis FTIR senyawa Dibutiltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat menunjukkan bahwa terdapat nilai bilangan gelombang sebesar $2945,30 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya gugus fungsi C – H, kemudian gugus C = C yang

menunjukkan bilangan gelombang sebesar $1624,06\text{ cm}^{-1}$. Nilai spektrum analisis FTIR tersebut telah sesuai dengan rentang daerah serapan menurut Silverstein *et al.*, (2005) bahwa gugus fungsi C – H berada pada daerah serapan $2980 - 2840\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi C = C berada pada daerah serapan $1900 - 1500\text{ cm}^{-1}$. Untuk gugus fungsi C – C diperoleh nilai bilangan gelombang pada $1076,28\text{ cm}^{-1}$. Nilai spektrum analisis FTIR tersebut telah sesuai dengan rentang daerah serapan menurut Silverstein *et al.*, (1991) bahwa gugus fungsi C – C berada pada daerah serapan $1300 - 800\text{ cm}^{-1}$. Selain itu juga terdapat nilai bilangan gelombang sebesar $1427,32\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya gugus fungsi C – N, bilangan gelombang $997,20\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan gugus fungsi C – S, kemudian bilangan gelombang $418,55\text{ cm}^{-1}$ dan $572,86\text{ cm}^{-1}$ yang berturut – turut mengindikasikan gugus fungsi Sn – S dan gugus fungsi Sn – C. Nilai spektrum analisis FTIR tersebut telah sesuai dengan rentang daerah serapan menurut Sanuddin *et al.*, (2022) bahwa gugus fungsi C – N berada pada daerah serapan $1550 - 1420\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi C – S berada pada daerah serapan $1050 - 950\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi Sn – S berada pada daerah serapan $450 - 350\text{ cm}^{-1}$ dan gugus fungsi Sn – C berada pada daerah serapan $605 - 515\text{ cm}^{-1}$. Kemudian gugus fungsi C = S berada pada bilangan gelombang $1186,22\text{ cm}^{-1}$ dimana nilai ini sesuai dengan Dudley *et al.*, (2011) bahwa gugus fungsi C = S berada pada daerah serapan $1200 - 1050\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan hasil pengujian NMR spektrum ^1H senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat, terdapat puncak serapan pada rentang $0,9662 - 0,9956\text{ ppm}$ yang mengindikasikan adanya proton CH₂ (alifatik), dan pada rentang $7.2854 - 7.3766\text{ ppm}$ yang menunjukkan adanya proton toluena aromatik. Temuan ini konsisten dengan literatur, di mana pergeseran proton untuk CH₂ umumnya terletak pada rentang $0 - 2\text{ ppm}$, sedangkan untuk toluena aromatik berada pada rentang $6 - 9\text{ ppm}$ (Silverstein *et al.*, 2005). Selanjutnya, pengujian NMR spektrum ^{13}C menunjukkan puncak serapan pada pergeseran proton $14,0050\text{ ppm}$, mengindikasikan keberadaan karbon alifatik tipe CH₃. Puncak serapan pada pergeseran proton $60,516\text{ ppm}$ menunjukkan adanya tipe karbon C – N, sedangkan puncak pada $202,3879\text{ ppm}$ mengindikasikan tipe karbon C – S. Selanjutnya, puncak serapan pada rentang $26,5938 - 41,8816\text{ ppm}$ menunjukkan keberadaan tipe karbon CH₂, sementara puncak pada rentang $127.6517 - 135.4453\text{ ppm}$ mengindikasikan tipe karbon aromatik. Temuan ini sesuai dengan literatur yang mencantumkan rentang pergeseran proton untuk tipe-tipe karbon tersebut (Silverstein *et al.*, 2005).

Hasil analisis FTNMR spektrum ^1H senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat, seperti yang tercatat dalam Tabel 3, mencerminkan kecocokan yang baik antara data eksperimental dan nilai referensi literatur (Silverstein *et al.*, 2005). Rentang daerah pergeseran proton alifatik ($\delta\ 0 - 2\text{ ppm}$) berada pada rentang $0.9662 - 0.9956\text{ ppm}$, sementara daerah pergeseran proton aromatik ($\delta\ 6 - 9\text{ ppm}$) ditemukan pada $7.2854 - 7.3766\text{ ppm}$. Konsistensi antara hasil analisis dan literatur menunjukkan bahwa senyawa tersebut dapat diidentifikasi secara akurat menggunakan teknik FTNMR ^1H . Meskipun demikian, untuk memperkuat keabsahan hasil, diperlukan analisis lebih lanjut dan verifikasi melalui metode analisis tambahan. Kesesuaian ini memberikan indikasi awal bahwa identifikasi senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat melalui FTNMR ^1H telah berhasil dan dapat diandalkan, memberikan dasar yang kokoh untuk penelitian dan pemahaman lebih lanjut terkait struktur kimianya.

Hasil Analisis FTNMR Spektrum ^{13}C Senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat mengungkapkan pola pergeseran proton yang khas pada berbagai daerah tertentu. Pada rentang $\delta\ 0 - 20\text{ ppm}$ (CH₃ Alifatik), terdeteksi puncak serapan proton pada 14.0050 ppm , sesuai dengan literatur Silverstein *et al.*, (2005) untuk gugus metil alifatik. Rentang $\delta\ 21 - 50\text{ ppm}$ (CH₂) menunjukkan puncak serapan proton pada $26.5938 - 41.8816\text{ ppm}$, mengindikasikan keberadaan gugus metilen (CH₂), sesuai dengan referensi literatur yang sama. Daerah pergeseran $\delta\ 51 - 60\text{ ppm}$ (CN) menunjukkan puncak serapan proton pada 60.516 ppm , mengkonfirmasi keberadaan gugus sianida (CN) sesuai dengan literatur. Puncak serapan proton pada $\delta\ 180-220\text{ ppm}$ (CS) pada 202.3879 ppm sesuai dengan literatur, menggambarkan keberadaan gugus karbonil

sulfida (CS). Rentang pergeseran δ 120-140 ppm (Aromatik) menunjukkan puncak serapan proton pada 127.6517 – 135.4453 ppm, konsisten dengan literatur Silverstein et al., (2005) untuk gugus proton pada senyawa aromatik. Analisis spektrum FTNMR ^{13}C ini memberikan gambaran rinci mengenai komposisi dan struktur molekuler senyawa, memvalidasi keberhasilan sintesis Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat, dan memberikan dasar yang kuat untuk penelitian lebih lanjut terkait sifat kimia senyawa tersebut.

Hasil uji aktivitas antibakteri senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat menggunakan metode difusi cakram menunjukkan potensi aktivitas antimikroba terhadap bakteri yang diuji. Dalam penelitian ini, senyawa tersebut diuji terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes*, dan *Staphylococcus epidermidis*. Zona hambat diamati setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C . Hasil pengukuran zona hambat pada berbagai konsentrasi senyawa menunjukkan adanya aktivitas antibakteri yang bersifat dosis-dependent.

Pada bakteri *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, dan *Staphylococcus epidermidis*, terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi senyawa Dibutyltimah (IV), semakin besar pula zona hambat yang terbentuk. Hal ini mengindikasikan efek antibakteri yang lebih kuat dengan peningkatan konsentrasi senyawa. Sebaliknya, pada bakteri *Propionibacterium acnes*, zona hambat tampak lebih terbatas meskipun masih menunjukkan aktivitas antibakteri. Temuan ini memberikan dukungan terhadap potensi senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat sebagai agen antibakteri, dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami mekanisme kerja serta memperoleh informasi lebih rinci terkait efikasi dan keamanannya dalam aplikasi potensial sebagai antibakteri.

Diameter zona hambat senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat pada bakteri *Escherichia coli* pada berbagai konsentrasi. Hasil menunjukkan bahwa kontrol positif (K+) memiliki diameter zona hambat yang konsisten dengan nilai rata-rata sebesar 17,4 mm dan standar deviasi ± 1 mm, sementara kontrol negatif (K-) tidak menunjukkan zona hambat. Pada konsentrasi senyawa 80 ppm, teramati zona hambat dengan diameter bervariasi antara 5,85 mm hingga 6,45 mm, rata-rata 6,18 mm, dan standar deviasi $\pm 0,25$ mm. Konsentrasi 90 ppm menunjukkan peningkatan diameter zona hambat menjadi 7,5 mm, dengan variasi antara 7,3 mm hingga 7,8 mm, dan standar deviasi $\pm 0,22$ mm. Pada konsentrasi tertinggi, yaitu 100 ppm, terdapat peningkatan signifikan dengan diameter zona hambat berkisar antara 8,9 mm hingga 10,9 mm, rata-rata 9,87 mm, dan standar deviasi $\pm 0,82$ mm. Keseluruhan, hasil ini memberikan indikasi bahwa senyawa tersebut menunjukkan aktivitas antibakteri yang berpotensi, dan eksplorasi lebih lanjut terhadap senyawa ini sebagai agen antimikroba mungkin memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang efektivitasnya terhadap bakteri *Escherichia coli*.

Hasil uji zona hambat senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat terhadap bakteri *Streptococcus mutans* dengan variasi konsentrasi. Pada kontrol positif (K+), terlihat zona hambat yang konsisten dengan rata-rata diameter sebesar 14,05 mm dan standar deviasi $\pm 1,2$ mm. Kontrol negatif (K-) menunjukkan ketiadaan zona hambat. Pada konsentrasi 80 ppm, terdapat zona hambat dengan rata-rata diameter 9,57 mm dan standar deviasi $\pm 0,51$ mm. Pada konsentrasi 90 ppm, diameter zona hambat meningkat menjadi 10,5 mm dengan variasi antara 10,25 mm hingga 10,75 mm, dan standar deviasi $\pm 0,2$ mm. Konsentrasi 100 ppm menunjukkan peningkatan signifikan dengan rata-rata diameter zona hambat sebesar 11,7 mm dan standar deviasi $\pm 0,25$ mm. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi senyawa, semakin besar pula diameter zona hambat, menandakan potensi aktivitas antibakteri senyawa terhadap *Streptococcus mutans*. Walaupun hasil ini menarik, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami mekanisme antibakteri yang lebih mendalam dan mengevaluasi potensi penggunaan senyawa ini dalam pengembangan terapi antimikroba.

Toluidin Ditiokarbamat terhadap bakteri *Propionibacterium acne* pada berbagai konsentrasi. Kontrol positif (K+) menunjukkan zona hambat dengan diameter berkisar antara 14,7 mm hingga 15,8 mm, rata-rata 15,25 mm, dan standar deviasi $\pm 0,52$ mm. Kontrol negatif (K-) tidak menunjukkan zona hambat. Pada konsentrasi 50 ppm, teramati zona hambat dengan diameter variasi antara 10,85 mm

hingga 11,4 mm, rata-rata 11,16 mm, dan standar deviasi $\pm 0,28$ mm. Konsentrasi 70 ppm menunjukkan zona hambat dengan diameter bervariasi antara 11,2 mm hingga 12,75 mm, rata-rata 12,1 mm, dan standar deviasi $\pm 0,8$ mm. Pada konsentrasi 90 ppm, terdapat peningkatan diameter zona hambat menjadi 13,6 mm, dengan variasi antara 13,35 mm hingga 13,45 mm, dan standar deviasi $\pm 0,12$ mm. Hasil ini menunjukkan bahwa senyawa ini memiliki potensi aktivitas antibakteri terhadap *Propionibacterium acnes*, dengan peningkatan diameter zona hambat seiring dengan peningkatan konsentrasi. Namun, untuk memahami secara lebih mendalam mekanisme antibakteri dan potensi penggunaannya, penelitian lebih lanjut diperlukan dalam konteks pengembangan senyawa antimikroba.

Diameter zona hambat pada bakteri *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus epidermidis* lebih besar dibandingkan pada bakteri *Escherichia coli*. Hasil yang berbeda ini dikarenakan adanya perbedaan pada struktur dinding sel keempat bakteri, dimana bakteri Gram negatif lebih kompleks dibandingkan bakteri Gram positif. Berdasarkan rentang kategori zona hambat menurut Mukhlis *et al.*, (2022) nilai zona hambat pada konsentrasi 80 ppm dan 90 ppm berada pada rentang 5 – 10 mm yaitu dalam kategori sedang dan rentang 10 – 20 mm dalam kategori kuat. Kontrol positif yang digunakan yaitu kloramfenikol 30 $\mu\text{g}/\text{disk}$ karena kloramfenikol termasuk antibiotik spektrum luas dan mampu memberikan aktivitas antibakteri dengan zona hambat 18,6 mm pada bakteri *Escherichia coli*, 15,75 mm pada bakteri *Streptococcus mutans*, 13,46 mm pada bakteri *Propionibacterium acnes* dan 12,9 mm pada bakteri *Staphylococcus epidermidis*, yang termasuk kedalam kategori kuat (Mukhlis *et al.*, 2022). Kontrol negatif yang digunakan dalam penelitian ini adalah DMSO dan tidak memberikan pengaruh terhadap zona hambat sehingga hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh terhadap aktivitas antibakteri yang disebabkan oleh pelarut yang digunakan (Huda *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian adalah bahwa senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat berhasil disintesis dan menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap beberapa jenis bakteri, yaitu *Escherichia coli*, *Streptococcus mutans*, *Propionibacterium acnes*, dan *Staphylococcus epidermidis*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa senyawa ini mampu membentuk zona hambat pada bakteri tersebut, dengan diameter zona hambat yang cenderung meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi senyawa. Temuan ini memberikan bukti awal potensi senyawa Dibutyltimah (IV) N-Etil-O-Toluidin Ditiokarbamat sebagai agen antimikroba yang dapat digunakan dalam pengembangan strategi baru untuk mengatasi infeksi bakteri. Meskipun demikian, untuk memastikan keefektifan dan keamanan senyawa ini, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut termasuk uji lebih lanjut dalam lingkungan biologis dan pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme antibakteri yang terlibat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen pembimbing, Ketua Program Studi, orang tua, dan teman seangkatan di Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, STIKES Harapan Ibu. Saya mengucapkan terima kasih atas dukungan dan kesempatan yang diberikan kepada saya untuk belajar dan menimba ilmu di lingkungan STIKES Harapan Ibu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi, J. O., & Onwudiwe, D. C. (2018). Organotin (IV) Dithiocarbamate Complexes: Chemistry and Biological Activity. *Journal Molecules*, 23(571), 1-27.
- Effendy. (2007). *Perspektif Baru Kimia Koordinasi*. Malang. Universitas Malang.

- Hadijah, T., Sanuddin, M., & Andriani, M. (2021). Uji Aktivitas Senyawa Dibutiltimah (IV) N- Benzilmetilditiokarbamat terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Dunia Farmasi*, 5(3), 166–175.
- Handayani, Fitri., Reksi, S., & Ria, M. (2017). Formulasi dan Uji Aktivitas Antibakteri *Streptococcus mutans* dari Sediaan Mouthwash Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.). *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(8), 422-433.
- Magani., Magani., *et al.* (2020). Uji Antibakteri Nanopartikel Kitosan terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Bios Logos*, 10(1), 7-12.
- Sanuddin, M., Lia, P., & Amelia, S. (2022). Sintesis dan Uji Aktivitas Senyawa Dibutil timah (IV) Bis-Metil Ditiokarbamat Pada Bakteri *Salmonella Typhi* dan *Escherichia Coli*. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 19 (1), 169-180.
- Sari, R., Muhani, M., & Fajriaty, I. (2017). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Gaharu (*Aquilaria microcarpa* Baill.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Proteus mirabilis*. *Pharm Sci Res*, 4(3), 143–154.
- Silverstein, R. M., Bassler, C. G., & Morrill, T. C. (1991). *Spectrometric Identification of Organic Compounds fifth Edition* (fifth edit). Canada: Simultaneously.
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., & Kiemle, david J. (2005). Spectrometric Identification of Organic Compounds. In *Revista Mexicana de Fisica*. USA: John wiley & sons.
- Widhorini, & Rafianti, R. (2019). Uji Daya Hambat Ekstrak Bawang Merah (*Allium Cepa* L). Terhadap Pertumbuhan *Salmonella Typhi* Pada Media Nutrient Agar (Na). *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi Volume 11*.