



Review: Sintesis Senyawa Turunan Dari B-Amino Alkohol Yang Memiliki Potensi Aktivitas Antibakteri

Nadya Ismi Nafi'ah, Hayun, Herman Suryadi

Universitas Indonesia

Email: nadya.ismi@ui.ac.id, hayun@farmasi.ui.ac.id, hsuryadi@farmasi.ui.ac.id

Abstrak

β -Amino alkohol merupakan senyawa organik yang mengandung gugus amino dan hidroksil pada posisi β terhadap satu sama lain, dan diketahui memiliki potensi sebagai agen antibakteri. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah terbatasnya informasi sistematis mengenai hubungan struktur-aktivitas senyawa turunan β -amino alkohol dan metode sintesis optimal untuk menghasilkan senyawa dengan aktivitas antibakteri yang tinggi. Tujuan kajian ini adalah untuk menganalisis berbagai metode sintesis turunan β -amino alkohol, mengevaluasi potensi aktivitas antibakteri berdasarkan parameter zona hambat dan konsentrasi hambat minimum (KHM), serta mengidentifikasi hubungan struktur-aktivitas untuk pengembangan kandidat antibakteri baru. Metode penelitian menggunakan systematic review dengan pendekatan PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) melalui pencarian literatur pada basis data Perpustakaan Online Universitas Indonesia, Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, PubMed, Wiley Journal, dan The Royal Society of Chemistry menggunakan kata kunci "synthesis of β -amino alcohol", " β -amino alcohol", "antimicrobial", "antibacterial", dan " β -amino alcohol derivatives". Dari 244 artikel yang ditemukan, 4 artikel memenuhi kriteria inklusi dan mengevaluasi aktivitas antibakteri senyawa hasil sintesis. Hasil kajian menunjukkan bahwa sintesis turunan β -amino alkohol dapat dilakukan melalui berbagai metode seperti pembukaan cincin epoksida, reaksi Mannich, pembentukan basa Schiff, dan reduksi asimetris dengan yield berkisar 68-96%. Senyawa dengan substituen seperti fenil piperazin, imidazol, serta gugus aromatik menunjukkan aktivitas signifikan terhadap bakteri Gram positif (*S. aureus*, *B. subtilis*) dan Gram negatif (*E. coli*, *P. aeruginosa*) dengan nilai KHM terendah 15,6 $\mu\text{g/mL}$ pada senyawa 1-fenil-2-[(1-fenilpropil)amino]propan-1-ol terhadap *Klebsiella pneumoniae*. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa desain struktur kimia yang tepat, terutama keberadaan sistem aromatik dan gugus donor elektron yang kuat, dapat meningkatkan potensi antibakteri senyawa turunan β -amino alkohol dan mendukung pengembangan lebih lanjut sebagai kandidat antibakteri baru untuk mengatasi resistensi antimikroba.

Kata Kunci: sintesis, b amino, alkohol

Abstract

β -Amino alcohol is an organic compound that contains amino and hydroxyl groups in a position β to each other, and is known to have potential as an antibacterial agent. The main problem in this research is the limited systematic information regarding the structure-activity relationship of β -amino alcohol derivative compounds and optimal synthesis methods to produce compounds with high antibacterial activity. The purpose of this study is to analyze various synthesis methods of β -amino alcohol derivatives, evaluate antibacterial activity potential based on inhibition zone parameters and minimum inhibitory concentrations (MIC), and identify structure-activity relationships for the development of new antibacterial candidates. The research method uses a systematic review with the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) approach through literature search on the University of Indonesia Online Library, Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, PubMed, Wiley Journal, and The Royal Society of Chemistry databases using keywords "synthesis of β -amino alcohol", " β -amino alcohol", "antimicrobial", "antibacterial", and " β -amino alcohol derivatives". From 244 articles found, 4 articles met the inclusion criteria and evaluated the antibacterial activity of synthesized compounds. The results of the study show that the synthesis of β -amino alcohol derivatives can be carried out through various methods such as epoxide ring opening, Mannich reaction, Schiff base formation, and asymmetric reduction with yields ranging from 68-96%. Compounds with substituents such as phenyl piperazine, imidazole, and aromatic groups show significant activity against Gram-positive (*S. aureus*, *B. subtilis*) and Gram-negative (*E. coli*, *P. aeruginosa*) bacteria with the lowest MIC value of 15.6 $\mu\text{g/mL}$ in 1-phenyl-2-[(1-phenylpropyl)amino]propan-1-ol against *Klebsiella pneumoniae*. The implications of this research show that proper chemical structure design, especially the presence of aromatic systems and strong electron donor groups, can enhance the antibacterial potential of β -amino alcohol derivative compounds and support further development as new antibacterial candidates to overcome antimicrobial resistance.

Keywords: synthesis, b amino, alcohol

PENDAHULUAN

β -Amino alkohol merupakan senyawa organik yang memiliki gugus fungsional amino dan hidroksil yang terletak pada posisi β terhadap satu sama lain. Senyawa ini dikenal cukup reaktif dan sering dimanfaatkan dalam berbagai proses sintesis untuk memodifikasi struktur senyawa lain untuk meningkatkan aktivitas farmakologisnya.(Eshghi et al., 2024; Ferrarini et al., 2008; Fullam et al., 2011; Kumar et al., 2024; Teixeira et al., 2022; Zheng et al., 2018) Sintesis senyawa turunan β -amino alkohol dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan reaksi, seperti reaksi kondensasi untuk membentuk senyawa basa Schiff, reaksi pembukaan cincin epoksida, maupun melalui reaksi yang melibatkan biokatalis.(Chennakesava Rao et al., 2014; Hu et al., 2023; Noreen et al., 2022a)

Permasalahan penelitian yang mendasari kajian ini adalah terbatasnya informasi sistematis mengenai hubungan struktur-aktivitas senyawa turunan β -amino alkohol sebagai agen antibakteri. Meskipun berbagai metode sintesis telah dilaporkan dalam literatur, belum ada kajian komprehensif yang menganalisis secara sistematis hubungan antara metode sintesis, struktur kimia hasil sintesis, dan aktivitas antibakteri yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan kesulitan dalam memilih metode sintesis optimal dan desain struktur yang tepat untuk mengembangkan senyawa antibakteri yang efektif.

Urgensi penelitian ini didorong oleh beberapa faktor kritis: (1) meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik konvensional yang mengancam kesehatan global, (2) kebutuhan mendesak untuk mengembangkan agen antibakteri baru dengan mekanisme kerja yang berbeda, (3) potensi besar senyawa β -amino alkohol sebagai scaffold untuk pengembangan antibakteri yang belum dioptimalkan, dan (4) perlunya panduan sistematis untuk sintesis dan pengembangan senyawa turunan β -amino alkohol dengan aktivitas antibakteri yang tinggi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa modifikasi struktur β -amino alkohol dapat meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap berbagai jenis bakteri.(Chennakesava Rao et al., 2014; Noreen et al., 2022a; Singh et al., 2023; Tafelska-Kaczmarek et al., 2020) Aktivitas ini biasanya diuji secara eksperimental di laboratorium melalui pengujian seperti uji zona hambat, penentuan nilai konsentrasi hambat minimum (KHM) dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM).(Balouiri et al., 2016) Penambahan gugus amina untuk membuat senyawa turunan β -amino alkohol diketahui dapat mempengaruhi kekuatan aktivitas tersebut. Oleh karena itu, sintesis senyawa turunan dari β -amino alkohol menjadi fokus penting dalam upaya menemukan kandidat senyawa antibakteri baru.

Penelitian sebelumnya dalam bidang ini telah mengeksplorasi berbagai aspek sintesis dan aktivitas biologis β -amino alkohol. Sutbr dan Weston (1942) pertama kali melaporkan sintesis turunan β -amino alkohol melalui metode alkilasi dan menemukan bahwa substitusi gugus amin pada posisi beta dapat menurunkan toksisitas tanpa mengurangi aktivitas biologis. Lindström et al. (1999) mengembangkan metode pembukaan cincin epoksida dengan bantuan iradiasi microwave yang menjadi dasar bagi pengembangan metode sintesis selanjutnya. Penelitian-penelitian terdahulu juga telah mengidentifikasi berbagai substituen yang dapat meningkatkan aktivitas antibakteri, namun sebagian besar dilakukan secara terpisah dengan fokus metode sintesis atau evaluasi aktivitas biologis saja.

Berbagai pendekatan sintesis dan hasil evaluasi aktivitas antibakterinya telah dilaporkan dalam sejumlah literatur, namun belum dilakukan review yang secara sistematis membahas hubungan antara struktur hasil sintesis dan aktivitasnya. Review ini disusun untuk mengkaji berbagai penelitian yang melaporkan sintesis turunan dari β -amino alkohol dan mengevaluasi potensi aktivitas antibakteri yang dimiliki. Review ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai jenis modifikasi yang telah dilakukan serta arah pengembangan senyawa β -amino alkohol dalam bidang antibakteri ke depannya.

Kesenjangan penelitian yang teridentifikasi meliputi: (1) tidak adanya kajian sistematis yang mengintegrasikan berbagai metode sintesis dengan evaluasi aktivitas antibakteri, (2) kurangnya analisis hubungan struktur-aktivitas yang komprehensif untuk menentukan substituen optimal, (3) tidak tersedianya panduan sistematis untuk memilih metode sintesis berdasarkan target aktivitas biologis, dan (4) terbatasnya informasi mengenai mekanisme kerja antibakteri senyawa turunan β -amino alkohol pada tingkat molekuler.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan *systematic review* yang mengintegrasikan berbagai metode sintesis dengan evaluasi aktivitas antibakteri secara komprehensif. Kajian ini menggunakan pendekatan PRISMA untuk menganalisis hubungan struktur-aktivitas senyawa turunan β -amino alkohol, mengidentifikasi pola substituen yang menghasilkan aktivitas antibakteri optimal, dan menyediakan panduan sistematis untuk sintesis senyawa dengan potensi antibakteri tinggi. Pendekatan integratif ini belum pernah dilakukan dalam penelitian sebelumnya.

Tujuan utama penelitian ini adalah: (1) menganalisis berbagai metode sintesis senyawa turunan β -amino alkohol yang telah dilaporkan dalam literatur, (2) mengevaluasi potensi aktivitas antibakteri berdasarkan parameter zona hambat dan konsentrasi hambat minimum (KHM) terhadap berbagai strain bakteri, (3) mengidentifikasi hubungan struktur-aktivitas untuk menentukan substituen dan konfigurasi optimal, dan (4) memberikan rekomendasi untuk pengembangan senyawa turunan β -amino alkohol sebagai kandidat antibakteri baru.

Manfaat dan implikasi penelitian ini meliputi: (1) menyediakan informasi komprehensif bagi peneliti untuk memilih metode sintesis optimal berdasarkan target aktivitas biologis, (2) memberikan panduan desain struktur untuk mengembangkan senyawa dengan aktivitas antibakteri tinggi, (3) mendukung pengembangan strategi baru dalam mengatasi resistensi antimikroba, dan (4) menyediakan dasar ilmiah untuk penelitian lanjutan dalam bidang pengembangan agen antibakteri berbasis β -amino alkohol. Secara praktis, penelitian ini dapat mempercepat proses *discovery* dan *development* senyawa antibakteri baru yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi krisis resistensi antimikroba global.

METODE PENELITIAN

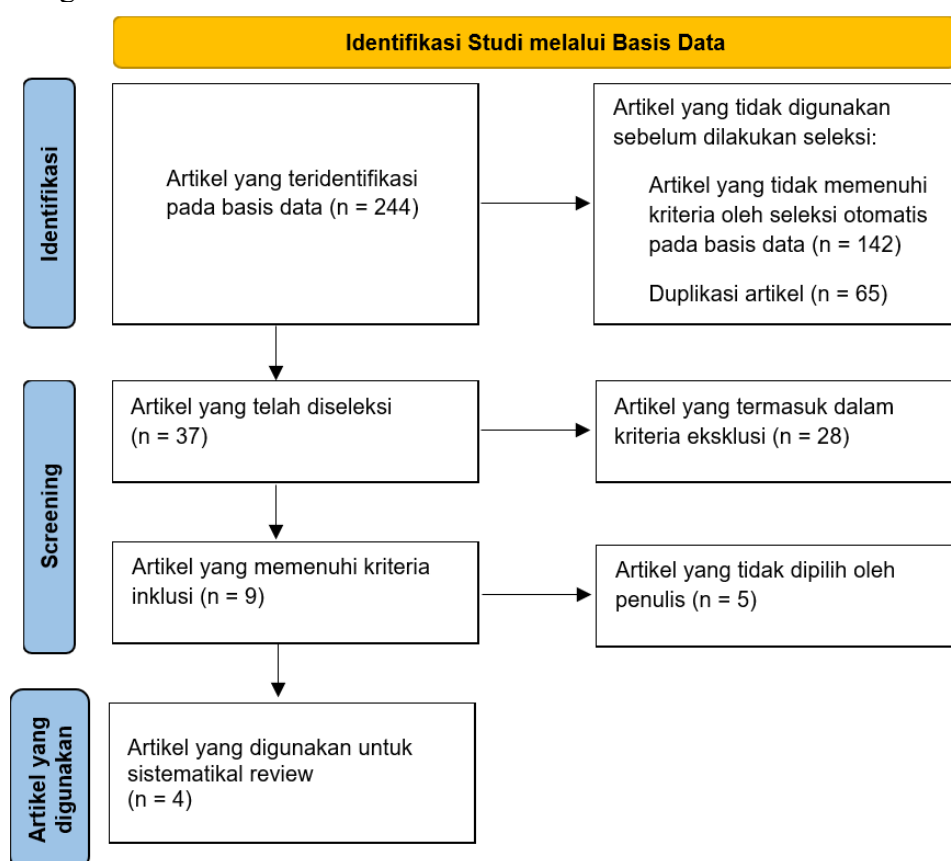
Proses pemilihan literatur dalam review ini dilakukan dengan menggunakan metode *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) Diagram Flow. Pencarian literatur dilakukan menggunakan basis data dari Perpustakaan Online Universitas Indonesia, Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, PubMed, Wiley Journal, dan The Royal Society of Chemistry. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur pada basis data yaitu “*synthesis of β -amino alkohol*”, “ *β -amino alkohol*”, “*antimicrobial*”, “*antibacterial*”, dan “ *β -amino alkohol derivatives*”. Pencarian dilakukan tanpa batasan waktu tertentu, mencakup seluruh literatur yang relevan hingga tahun 2025.

Kriteria inklusi yang digunakan untuk menelaah artikel pada basis data yaitu: (1) Artikel hasil asli dari penelitian yang ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, (2) Penelitian yang membahas sintesis senyawa turunan β -amino alkohol, dan (3) Penelitian yang mengevaluasi aktivitas antibakteri dari senyawa yang disintesis. Adapun kriteria eksklusi meliputi: (1) Review artikel dan jenis tulisan lain yang tidak sesuai dengan kriteria inklusi, (2) Artikel yang tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap, (3) Penelitian yang tidak berkaitan dengan β -amino alkohol dan aktivitasnya sebagai antibakteri, dan (4) Tulisan yang disusun dalam bahasa selain Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

Seluruh artikel yang diperoleh kemudian disaring untuk menghindari duplikasi. Artikel yang memenuhi kriteria awal selanjutnya diseleksi berdasarkan judul dan abstrak untuk dianalisis lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pencarian literatur pada seluruh basis data yang digunakan, diperoleh total sebanyak 244 artikel yang sesuai dengan kata kunci yang telah ditentukan. Pada tahap seleksi awal menggunakan alat seleksi otomatis dari masing-masing basis data, sebanyak 142 artikel teridentifikasi tidak memenuhi kriteria. Selain itu, ditemukan 65 artikel duplikat yang kemudian dieliminasi. Dari proses tersebut, tersisa 37 artikel yang dilanjutkan ke tahap penyaringan manual berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Pada tahap ini, sebanyak 28 artikel dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria inklusi, seperti tidak tersedia dalam teks lengkap, bukan artikel penelitian asli, atau tidak relevan dengan topik sintesis senyawa turunan dari β -amino alkohol. Dengan demikian, hanya 9 artikel yang dilanjutkan ke tahap peninjauan berdasarkan judul dan abstrak. Setelah ditelaah lebih lanjut, 5 dari 9 artikel tersebut tidak melaporkan uji aktivitas antimikroba terhadap bakteri. Oleh karena itu, hanya 4 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan digunakan dalam analisis hasil sintesis senyawa turunan β -amino alkohol yang memiliki aktivitas antibakteri. Seluruh proses pencarian dan seleksi literatur dirangkum dalam Gambar 1.



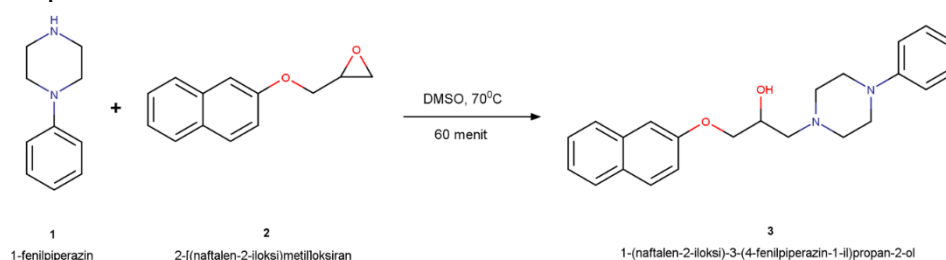
Gambar 1. Pencarian Lliteratur menggunakan diagram PRISMA

Sintesis yang dilakukan pada keempat artikel tersebut menggunakan pendekatan yang beragam, yaitu melalui reduksi asimetris, pembentukan basa Schiff, pembukaan cincin epoksida, serta metode bebas pelarut. Variasi metode ini menunjukkan bahwa pengembangan senyawa turunan β -amino alkohol memiliki cakupan yang luas. Pembahasan dalam tulisan ini akan menguraikan metode sintesis yang digunakan dalam masing-masing artikel, serta senyawa hasil sintesis dengan substituen gugus amina yang menunjukkan aktivitas antibakteri paling optimal berdasarkan data yang dilaporkan.

Sintesis Turunan B-amino Alkohol

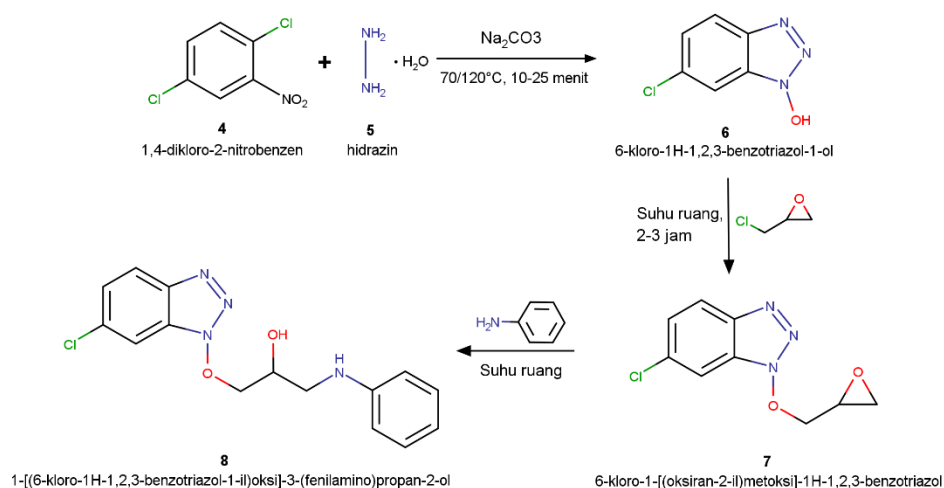
Senyawa turunan β -amino alkohol pertama dilakukan oleh Sutbr dan Weston (1942) dengan metode alkilasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa substitusi gugus amina pada posisi beta dapat menurunkan toksisitas senyawa tanpa menurunkan aktivitas biologisnya. Temuan ini mendorong pengembangan senyawa turunan β -amino alkohol dari berbagai senyawa awal lainnya. Salah satu metode sintesis yang paling umum digunakan untuk menghasilkan turunan β -amino alkohol adalah dengan membuka cincin epoksida. Metode ini pertama kali dilakukan oleh Lindström et al. (1999) menggunakan bantuan iradiasi microwave. Sejak saat itu, metode ini terus dikembangkan menggunakan beragam reagen dan pelarut dalam berbagai kondisi reaksi untuk memperoleh hasil sintesis yang lebih optimal. Pada artikel yang disusun oleh Noreen et al. (2022) dan Singh et al. (2023) sintesis senyawa turunan β -amino alkohol juga dilakukan menggunakan metode pembukaan cincin epoksida.

Noreen et al. (2022) melakukan sintesis senyawa turunan β -amino alkohol menggunakan amina fenil piperazin dan morfolin yang direaksikan untuk membukan cincin epoksida. Cincin epoksida pada penelitian ini diperoleh melalui reaksi antara epiklorhidrin dan fenol. Setelah dilakukan optimasi pelarut, ditemukan bahwa DMSO merupakan pelarut yang memberikan hasil paling optimal dalam proses pembukaan cincin epoksida. Oleh karena itu, proses sintesis dilakukan dalam pelarut DMSO pada suhu 70 °C selama 60 menit dengan bantuan sonikasi. Sebanyak enam senyawa berhasil disintesis, hasil terbaik yaitu yang menggunakan amina fenil piperazin dengan yield tertinggi 96% yaitu senyawa 1-(3-metilfenoksi)-3-(4-fenilpiperazin-1-il)propan-2-ol. Namun, senyawa dengan aktivitas antibakteri paling optimal bukanlah senyawa dengan yield tertinggi, melainkan senyawa 1-(naftalen-2-iloksi)-3-(4-fenilpiperazin-1-il)propan-2-ol (**3**) yang memiliki yield sebesar 68%. Senyawa ini juga menggunakan amina yang sama, yaitu fenil piperazin, dan reaksi sintesisnya dapat dilihat pada Gambar 2.



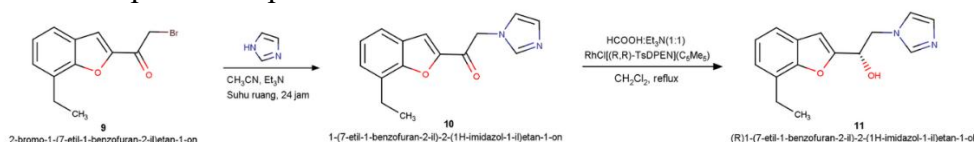
Gambar 2. Sintesis 1-(naftalen-2-iloksi)-3-(4-fenilpiperazin-1-il)propan-2-ol yang telah diproses ulang menggunakan MarvinSketch

Singh et al. (2023) melakukan sintesis senyawa turunan β -amino alkohol dari senyawa awal 2-nitroklorobenzena yang melalui 3 tahap sintesis yaitu pembentukan cincin triazol, dilanjutkan dengan pembentukan cincin epoksida serta pembukaan cincin epoksida untuk menghasilkan senyawa turunan β -amino alkohol. Proses pembukaan cincin epoksida dilakukan dengan mereaksikan senyawa hasil sintesis tahap kedua dengan senyawa amina secara langsung, tanpa pelarut maupun katalis, pada suhu ruang dengan durasi waktu yang bervariasi untuk setiap senyawa. Hasil sintesis menghasilkan 16 senyawa dengan yield diatas 90% untuk seluruh senyawa. Senyawa dengan aktivitas antibakteri tertinggi adalah senyawa **8** dengan yield sebesar 92%, yang direaksikan selama 30 menit. Seluruh proses sintesis senyawa **8** dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sintesis 1-((6-kloro-1H-benzo[d][1,2,3]triazol-1-il)oksi)-3-(fenilamino)propan-2-ol yang telah diproses ulang menggunakan MarvinSketch

Pada sintesis senyawa turunan β -amino alkohol yang dilakukan oleh Tafelska-Kaczmarek et al. (2020) pembentukan senyawa tidak dilakukan secara langsung, melainkan melalui reduksi gugus karbonil pada senyawa intermediate. Tahap pertama sintesis turunan β -amino alkohol dilakukan dengan penambahan gugus amin berupa 1H-imidazol sehingga membentuk senyawa intermediate. Selanjutnya, reduksi gugus karbonil dilakukan menggunakan pelarut diklorometana dan formiat/ Et_3N , dengan katalis $\text{RhCl}(\text{R,R})\text{-TsDPEN}$, di bawah kondisi refluks selama 24–48 jam. Hasil sintesis dengan aktivitas antibakteri tertinggi yaitu senyawa **14** dengan yield sebesar 75%. Seluruh proses reaksi sintesis turunan β -amino alkohol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sintesis (R)-1-(7-etilbenzofuran-2-il)-2-(1H-imidazol-1-il)etan-1-ol yang telah diproses ulang menggunakan MarvinSketch

Chennakesava Rao et al. (2014) tidak melakukan sintesis senyawa turunan β -amino secara langsung melainkan membuat modifikasi baru dari senyawa yang telah memiliki gugus β -amino alkohol yaitu fenilpropanolamin. Modifikasi yang dilakukan untuk menghasilkan basa Schiff yang kemudian dilihat aktivitas setiap konfigurasi senyawa yang dihasilkan. Dari proses sintesis yang dilakukan dihasilkan 5 senyawa dengan konfigurasi berbeda. Senyawa dengan potensi antibakteri tertinggi yaitu senyawa **15** dengan konfigurasi R dengan yield 74%. Konfigurasi R dari senyawa **15** dihasilkan dari proses hidrogenasi menggunakan katalis Pd/C pada suhu 0–10 $^\circ\text{C}$. Rangkaian reaksi sintesis senyawa **15** dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sintesis 1-fenil-2-[(1-fenilpropil)amino]propan-1-ol yang telah diproses ulang menggunakan MarvinSketch

Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri yang dilakukan pada keempat artikel parameter yang digunakan yaitu zona hambat, konsentrasi hambat minimal (KHM), serta konsentrasi bunuh minimal. Namun karena konsentersasi bunuh minimal (KBM) pada seluruh artikel hasilnya sebanding dengan nilai KHM maka yang ditampilkan pada tulisan ini hanya nilai KHM sebagai representasi dari potensi aktivitas antibakteri.

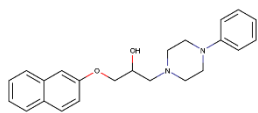
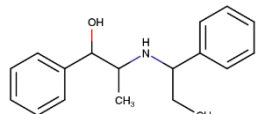
Pada penelitian yang dilakukan oleh Noreen et al., (2022) uji antibakteri dilakukan terhadap *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli*. Hasil terbaik ditunjukkan oleh senyawa **3** dengan zona hambat sebesar 45 mm terhadap *Bacillus subtilis* dan nilai KHM sebesar 5 mg/mL. Sementara itu, terhadap *Escherichia coli*, zona hambat yang dihasilkan adalah 32 mm dengan nilai KHM sebesar 1 mg/mL.

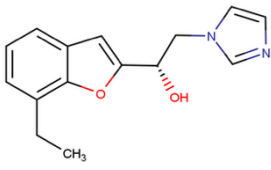
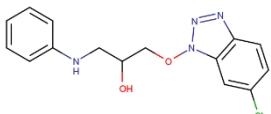
Chennakesava Rao et al. (2014) menguji aktivitas antibakteri terhadap 11 jenis bakteri, yaitu *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Enterobacter aerogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus* MRSA, *Salmonella paratyphi B*, *Shigella flexneri*, dan *Pseudomonas aeruginosa*. Dari seluruh senyawa yang disintesis, senyawa **15** menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi dengan zona hambat sebesar 23 mm terhadap *Klebsiella pneumoniae* dan nilai KHM sebesar 15,6 µg/mL. Aktivitas paling rendah ditunjukkan terhadap *Pseudomonas aeruginosa*, dengan zona hambat sebesar 18 mm dan nilai KHM sebesar 62,5 µg/mL.

Tafelska-Kaczmarek et al. (2020) melakukan uji antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan dua strain untuk masing-masing bakteri, yaitu *Escherichia coli* ATCC 25922 dan ATCC 8739, serta *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan ATCC 6538. Penelitian ini tidak menggunakan parameter zona hambat, melainkan hanya KHM dan KBM. Karena nilai KBM sebanding dengan KHM, hanya nilai KHM yang ditampilkan. Nilai KHM tertinggi diperoleh dari senyawa **11**, dengan KHM >512 µg/mL terhadap seluruh strain bakteri yang diuji.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Singh et al. (2023) uji antibakteri dilakukan terhadap *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) dan *Bacillus subtilis* (ATCC 6633). Senyawa dengan aktivitas antibakteri paling optimal adalah senyawa 8, dengan nilai KHM sebesar 32 µg/mL terhadap *Staphylococcus aureus* dan 64 µg/mL terhadap *Bacillus subtilis*. Seluruh hasil terbaik dari masing-masing penelitian yang dibahas dalam tulisan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Antibakteri dengan aktivitas terbaik

Senyawa	Yield (%)	Bakteri yang Digunakan	Hasil Metode Uji ZH (mm) dan KHM (mg/mL)	Referensi
3  1-(naftalan-2-iloksi)-3-(4-fenilpiperazin-1-il)propan-2-ol	68	<i>Bacillus subtilis</i>	ZH = 45 ± 0.25 KHM = 5.0 ± 0.00 ZH = 32 ± 1.25	(Noreen et al., 2022b)
		<i>Escherichia coli</i>	KHM = 1.0 ± 0.25	
15 	74	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	ZI = 23 KHM = 0.0156	(Chennakesava Rao et al., 2014)
		<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ZI = 18 KHM = 0.0625	
		<i>Staphylococcus aureus</i>	ZI = 22 KHM = 0.0312	

1-fenil-2-[(1-fenilpropil)amino]propan-1-ol		
 11	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	KHM = >0.512
	<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	KHM = >0.512
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	KHM = >0.512
	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	KHM = >0.512
(R)-1-(7-ethylbenzofuran-2-yl)-2-(1H-imidazol-1-yl)ethan-1-ol		
 8	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	KHM = 0.032
	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	KHM = 0.064
1-((6-kloro-1H-benzo[d][1,2,3]triazol-1-il)oksi)-3-(fenilamino)propan-2-ol		

(Tafelska-Kaczmarek et al., 2020)

(Singh et al., 2023)

KESIMPULAN

Senyawa turunan β -amino alkohol menunjukkan potensi besar sebagai agen antibakteri yang efektif. Proses sintesis dilakukan melalui berbagai pendekatan seperti pembukaan cincin epoksida, reaksi Mannich, pembentukan basa Schiff, dan reduksi asimetris, yang menghasilkan beragam struktur dengan gugus amina dan substituen berbeda. Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa senyawa dengan substituen seperti fenil piperazin, imidazol, dan gugus aromatik lain dengan sifat elektronik tertentu menunjukkan potensi penghambatan yang baik terhadap berbagai strain bakteri, baik Gram positif maupun Gram negatif. Nilai KHM yang rendah menunjukkan efektivitas penghambatan yang tinggi, terutama pada senyawa dengan konfigurasi struktural tertentu. Kondisi reaksi seperti suhu, pelarut, dan jenis katalis juga memengaruhi hasil sintesis dan bioaktivitas senyawa. Dengan demikian, senyawa turunan β -amino alkohol merupakan salah satu kelas senyawa yang menjanjikan untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai kandidat antibakteri baru.

REFERENSI

- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibnsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/J.JPHA.2015.11.005>
- Chennakesava Rao, K., Arun, Y., Easwaramoorthi, K., Balachandran, C., Prakasam, T., Eswara Yuvaraj, T., & Perumal, P. T. (2014). Synthesis, antimicrobial and molecular docking studies of enantiomerically pure N-alkylated β -amino alcohols from phenylpropanolamines. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 24(14), 3057–3063. <https://doi.org/10.1016/J.BMCL.2014.05.027>

- Eshghi, H., Noroozi-Shad, N., Javad Seddighi, M., & Sabet-Sarvestani, H. (2024). β -amino alcohols as promising inhibitory candidates against the SARS-CoV-2, A theoretical design based on MD simulation and DFT insights. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1241, 114872. <https://doi.org/10.1016/J.COMPTC.2024.114872>
- Ferrarini, S. R., Graebin, C. S., Limberger, J., Canto, R. F. S., Dias, D. O., Da Rosa, R. G., De Fátima Madeira, M., & Eifler-Lima, V. L. (2008). Synthesis of limonene β -amino alcohol derivatives in support of new antileishmanial therapies. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(8), 773–777. <https://doi.org/10.1590/S0074-02762008000800005>
- Fullam, E., Abuhammad, A., Wilson, D. L., Anderton, M. C., Davies, S. G., Russell, A. J., & Sim, E. (2011). Analysis of β -amino alcohols as inhibitors of the potential anti-tubercular target N-acetyltransferase. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 21(4), 1185–1190. <https://doi.org/10.1016/J.BMCL.2010.12.099>
- Hu, R., Gong, A., Liao, L., Zheng, Y. X., Liu, X., Wu, P., Li, F., Yu, H., Zhao, J., Ye, L. W., Wang, B., & Li, A. (2023). Biocatalytic aminohydroxylation of styrenes for efficient synthesis of enantiopure β -amino alcohols. *Chinese Journal of Catalysis*, 44, 171–178. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(22\)64174-3](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(22)64174-3)
- Kumar, S., Arora, A., Singh, M., Singh, B. K., Mukherjee, C., & Singh, S. K. (2024). Chemo-enzymatic, regioselective synthesis of dihydropyrimidinone-fused β -amino alcohols and their anti-inflammatory and antioxidant activity evaluation. *Synthetic Communications*, 54(18), 1564–1578. <https://doi.org/10.1080/00397911.2024.2396500>
- Lindström, U. M., Olofsson, B., & Somfai, P. (1999). Microwave-assisted aminolysis of vinylepoxides. *Tetrahedron Letters*, 40(52), 9273–9276. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(99\)01811-0](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(99)01811-0)
- Noreen, R., Aziz, H., Hafeez, F., Kamal, S., Zahoor, A. F., Haroon-Ur-Rashid, Parveen, B., & Akhtar, R. (2022a). Facile synthesis, antibacterial and protease inhibition studies of β -amino alcohols prepared via ring opening of epoxides. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 35(1), 177–182. <https://doi.org/10.36721/PJPS.2022.35.1.SUP.177-182.1>
- Noreen, R., Aziz, H., Hafeez, F., Kamal, S., Zahoor, A. F., Haroon-Ur-Rashid, Parveen, B., & Akhtar, R. (2022b). Facile synthesis, antibacterial and protease inhibition studies of β -amino alcohols prepared via ring opening of epoxides. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 35(1), 177–182. <https://doi.org/10.36721/PJPS.2022.35.1.SUP.177-182.1>
- Singh, N., Abrol, V., Parihar, S., Kumar, S., Khanum, G., Mir, J. M., Dar, A. A., Jaglan, S., Sillanpää, M., & Al-Farraj, S. (2023). Design, Synthesis, Molecular Docking, and In Vitro Antibacterial Evaluation of Benzotriazole-Based β -Amino Alcohols and Their Corresponding 1,3-Oxazolidines. *ACS Omega*, 8(44), 41960–41968. https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.3C07315/ASSET/IMAGES/LARGE/AO3C07315_0004.JPEG
- Sutbr, C. M., & Weston, A. W. (1942). α,β -Dialkylphenethylamines. Alkylation of Phenylacetone. *Journal of the American Chemical Society*, 64(3), 533–536. https://doi.org/10.1021/JA01255A017/ASSET/JA01255A017.FP.PNG_V03
- Tafelska-Kaczmarek, A., Kołodziejaska, R., Kwit, M., Stasiak, B., Wypij, M., & Golińska, P. (2020). Synthesis, Absolute Configuration, Antibacterial, and Antifungal Activities of

- Novel Benzofuryl β -Amino Alcohols. *Materials* 2020, Vol. 13, Page 4080, 13(18), 4080. <https://doi.org/10.3390/MA13184080>
- Teixeira, C., Pereira, R. B., Pinto, N. F. S., Coelho, C. M. M., Fernandes, M. J. G., Fortes, A. G., Gonçalves, M. S. T., & Pereira, D. M. (2022). Eugenol β -Amino/ β -Alkoxy Alcohols with Selective Anticancer Activity. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(7), 3759. <https://doi.org/10.3390/IJMS23073759/S1>
- Zheng, Y., Qiang, X., Xu, R., Song, Q., Tian, C., Liu, H., Li, W., Tan, Z., & Deng, Y. (2018). Design, synthesis and evaluation of pterostilbene β -amino alcohol derivatives as multifunctional agents for Alzheimer's disease treatment. *Bioorganic Chemistry*, 78, 298–306. <https://doi.org/10.1016/J.BIOORG.2018.03.016>