

Bioaktivitas Ekstrak Teripang Pasir (*Holothuria scabra*) Pulau Sumbawa Sebagai Kandidat Bahan Farmasi Alami

Nehru^{1*}, M. Ekahidayatullah², Muh. Nasir³

^{1,2,3}Prodi Pendidikan Biologi, Universitas Nggusuwaru

E-mail: mpdnehru23@gmail.com^{1*}

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 2025-09-25 Revised: 2025-11-27 Published: 2025-11-29</p> <p>Keywords: <i>Antibacterial; Anticancer; Holothuria scabra; Natural product pharmaceuticals; Sea cucumber extract</i></p>	<p><i>This study evaluated the antibacterial potential of solvent fractions of sandfish (<i>Holothuria scabra</i>) extract from the waters of Sumbawa against <i>Escherichia coli</i> and <i>Staphylococcus aureus</i>. Bioactive compounds were isolated through sequential extraction using hexane, ethyl acetate, ethanol, butanol, acetone, and water. Antibacterial activity was assessed using the disk diffusion method, and the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) was determined for the most active fractions. The results showed solvent-dependent variations in activity. Against <i>E. coli</i>, the butanol fraction exhibited the strongest and most consistent inhibition (21.75–24.5 mm), approaching the positive control, followed by the ethyl acetate and ethanol fractions, which showed moderate but variable activity (10.5–24.75 mm). Non-polar fractions such as hexane produced only weak inhibition (4.5–5.5 mm), while the water and acetone fractions displayed minimal effects. In contrast, <i>S. aureus</i> was far more sensitive. The ethanol fraction produced a 34.75 mm inhibition zone, equivalent to the positive control, while the butanol (26.95 mm) and ethyl acetate (27–29 mm) fractions also showed strong activity. The hexane, water, and acetone fractions remained in the weak category. Overall, antibacterial potency increased with solvent polarity, confirming that the key active compounds of <i>H. scabra</i>—such as saponins, sterols, and polar lipids—are concentrated in the polar and semi-polar fractions. These findings reinforce that <i>Holothuria scabra</i> has strong potential as a natural source of antimicrobial agents, particularly against Gram-positive bacteria.</i></p>
Artikel Info	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: 2025-09-25 Direvisi: 2025-11-27 Dipublikasi: 2025-11-29</p> <p>Kata kunci: <i>Antibakteri; Antikanker; Ekstrak teripang pasir; Farmasi bahan alam; Holothuria scabra</i></p>	<p>Penelitian ini mengevaluasi potensi antibakteri fraksi ekstrak teripang pasir (<i>Holothuria scabra</i>) asal perairan Sumbawa terhadap <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i>. Senyawa bioaktif diisolasi melalui ekstraksi bertingkat menggunakan heksana, etil asetat, etanol, butanol, aseton, dan air. Aktivitas antibakteri diuji menggunakan metode difusi cakram, dan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) ditetapkan untuk fraksi yang paling aktif. Hasil menunjukkan variasi aktivitas yang bergantung pada jenis pelarut. Terhadap <i>E. coli</i>, fraksi butanol memberikan hambatan paling kuat dan konsisten (21,75–24,5 mm), mendekati kontrol positif, diikuti fraksi etil asetat dan etanol yang menunjukkan aktivitas sedang namun bervariasi (10,5–24,75 mm). Fraksi non-polar seperti heksana hanya menghasilkan hambatan lemah (4,5–5,5 mm), sementara fraksi air dan aseton memberikan efek minimal. Sebaliknya, <i>S. aureus</i> jauh lebih sensitif. Fraksi etanol menghasilkan zona hambat 34,75 mm, setara dengan kontrol positif, sedangkan fraksi butanol (26,95 mm) dan etil asetat (27–29 mm) juga menunjukkan aktivitas kuat. Fraksi heksana, air, dan aseton tetap berada pada kategori lemah. Secara keseluruhan, potensi antibakteri meningkat seiring meningkatnya polaritas pelarut, menegaskan bahwa senyawa aktif utama teripang pasir—seperti saponin, sterol, dan lipid polar—terkonsentrasi pada fraksi polar dan semi-polar. Temuan ini memperkuat bahwa <i>Holothuria scabra</i> memiliki potensi kuat sebagai sumber alami agen antimikroba, terutama terhadap bakteri Gram positif.</p>

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki garis pantai yang panjang dan ekosistem laut yang menjadikannya salah satu pusat sumber daya hayati terbesar di dunia. Di dalamnya, teripang telah lama diakui sebagai biota

bernilai tinggi, baik sebagai pangan maupun obat tradisional (Dang et al., 2007). Salah satu spesies utama adalah *Holothuria scabra*, teripang pasir yang hidup di ekosistem lamun dan substrat pasir berlumpur di wilayah tropis (Savarino et al., 2022). Selain peran ekologisnya, *H. scabra* mengandung saponin, triterpenoid, peptida, dan kolagen dengan potensi antibakteri, antitumor, antiinflamasi, dan imunomodulator (Wang et al., 2014).

Secara global, eksplorasi senyawa bioaktif teripang terus menunjukkan prospek kuat dalam pengembangan obat berbasis bahan alam. Berbagai studi berhasil mengidentifikasi senyawa *Holothuroidea* dengan aktivitas sitotoksik dan kemampuan menghambat bakteri patogen (Nobsathian et al., 2017). Namun, riset yang ada masih condong pada spesies tertentu dan memakai metode ekstraksi konvensional yang boros waktu dan kurang efisien. Di sinilah teknologi modern seperti Microwave-Assisted Extraction (MAE), sonokimia, dan kromatografi lanjutan menjadi relevan untuk menghasilkan ekstrak dengan kualitas lebih tinggi dalam durasi lebih singkat (Jattujan et al., 2018).

Potensi Sumbawa sebagai habitat *H. scabra* sebenarnya besar, tetapi eksplorasinya masih sangat terbatas. Pemanfaatannya sejauh ini lebih banyak berhenti pada perdagangan teripang kering tanpa peningkatan nilai tambah (Mohammadzadeh et al., 2013). Bahkan, tekanan eksploitasi telah menurunkan populasi alamnya. Kondisi ini memperkuat kebutuhan riset bioaktivitas yang bukan hanya membuka peluang pengembangan produk farmasi, tetapi juga mendukung

konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya lokal (Sangpairoj et al., 2016).

Urgensi penelitian ini berangkat dari kebutuhan kandidat obat baru untuk penyakit infeksi dan kanker—dua masalah kesehatan global yang masih menempati posisi tertinggi dalam morbiditas dan mortalitas. Memfokuskan eksplorasi pada *H. scabra* dari perairan Sumbawa sekaligus memanfaatkan metode inovatif seperti MAE dan sonokimia memberi pembeda nyata dari riset sebelumnya. Penelitian ini secara eksplisit bertujuan mengisolasi, mengarakterisasi, dan menguji bioaktivitas senyawa *H. scabra* guna menghasilkan data ilmiah komprehensif sebagai dasar pengembangan produk farmasi inovatif berbasis sumber daya hayati Indonesia.

METODE

Lokasi dan Pengambilan Sampel

Sampel teripang pasir (*Holothuria scabra*) dikoleksi dari perairan Kabupaten Bima dan Kabupaten Dompu, Pulau Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Seluruh analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Kimia Universitas Nggusuwaru dan Universitas Mataram.

Bahan dan Alat

Bahan utama berupa teripang pasir segar. Pelarut yang digunakan meliputi metanol 80%, n-heksana, etil asetat, n-butanol, serta media Nutrient Agar (NA), Dulbecco's Modified Eagle's Medium (DMEM), dan larva *Artemia salina* untuk uji toksisitas. Alat yang digunakan antara lain microwave extractor, sonicator, rotary evaporator, kromatografi cair vakum (KCV), kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi

kolom (KK), spektrofotometer UV-Vis, FTIR, inkubator, dan mikrotiter plate reader.

Ekstraksi dan Fraksinasi Senyawa Bioaktif

Sampel teripang dibersihkan, dikeringkan pada suhu kamar, lalu dihaluskan menjadi serbuk. Serbuk dimaserasi dengan metanol 80% selama 3×24 jam dengan panduan metode Microwave-Assisted Extraction (MAE) dan sonokimia. Filtrat disaring dan dievaporasi pada suhu 30–40 °C hingga diperoleh ekstrak metanol pekat. Ekstrak metanol dipartisi berturut-turut dengan n-heksana, etil asetat, dan n-butanol untuk memperoleh fraksi n-heksana, fraksi etil asetat, fraksi n-butanol, dan fraksi air. Masing-masing fraksi dievaporasi pada suhu 30–40 °C sebelum dianalisis lebih lanjut (Cavalluzzi et al., 2022).

Uji Aktivitas Antibakteri

Dilakukan dengan metode difusi cakram pada media Nutrient Agar. Fraksi/fraksi murni diuji terhadap bakteri patogen yang dipilih. Parameter yang diukur meliputi zona hambat dan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) (Misgiati et al., 2024).

Analisis Data

Data zona hambat, KHM, LC₅₀, dan IC₅₀ dihitung secara statistik deskriptif. Hasil dibandingkan dengan standar literatur untuk menginterpretasikan potensi bioaktivitas senyawa. Fraksi dengan aktivitas terbaik ditetapkan sebagai kandidat senyawa aktif potensial untuk aplikasi farmasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Identifikasi Senyawa Fraksi Etanol

1. Analisis GC–MS Fraksi Etanol

Analisis GC–MS terhadap fraksi etanol ekstrak teripang pasir (*Holothuria scabra*) menunjukkan adanya berbagai senyawa metabolit sekunder. Beberapa senyawa utama yang terdeteksi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil identifikasi senyawa fraksi etanol ekstrak teripang pasir berdasarkan GC–MS

No	Waktu Retensi (menit)	Senyawa yang teridentifikasi	Rumus molekul	Area (%)	Potensi bioaktivitas (literatur)
1	12.021	Palmitic acid (Hexadecanoic acid)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	12.16	Antibakteri, antiinflamasi
2	12.224	Myristaldehyde (Tetradecanal)	C ₁₄ H ₂₈ O	1.55	Antimikroba
3	12.427	3-Eicosene (E)	C ₂₀ H ₄₀	1.77	Aktivitas biologis lemah
4	12.628	9-Hexadecenoic acid	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	10.39	Antibakteri
5	12.697	Stearic acid (Octadecanoic acid)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	2.90	Antimikroba, sitotoksik
6	14.392	2-Monopalmitin	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	15.16	Antimikroba, aktivitas membran
7	14.925	2-cis-9-Octadecenyl-oxyethanol	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	3.38	Surfaktan alami
8	15.043	Triacontane, 11,20-didecyl-	C ₅₀ H ₁₀₂	2.78	Hidrokarbon jenuh, pelindung membran
9	15.331	Oleic acid (9-Octadecenoic acid)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1.65	Antikanker, antibakteri
10	15.855	9-Octadecenal	C ₁₈ H ₃₄ O	23.55	Antimikroba, sitotoksik
11	18.547	Cholesta-3,5-diene	C ₂₇ H ₄₄	3.99	Steroid, prekursor senyawa bioaktif

Analisis GC–MS pada fraksi etanol menunjukkan bahwa senyawa dominan adalah 9-octadecenal (23,55%), 2-monopalmitin (15,16%), dan palmitic acid

(12,16%). Kehadiran asam lemak jenuh dan tak jenuh (palmitic acid, stearic acid, oleic acid) serta senyawa aldehida (9-octadecenal) mengindikasikan potensi bioaktivitas yang luas, terutama sebagai antibakteri dan sitotoksik. Senyawa sterol seperti cholesta-3,5-diene juga terdeteksi, menandakan adanya komponen steroidal yang berperan dalam aktivitas farmakologis (Octiara et al., 2025).

2. Analisis FTIR Fraksi Etanol

Spektrum FTIR mendukung hasil GC-MS dengan ditemukannya gugus hidroksil (-OH), karbonil (C=O), dan ikatan rangkap (C=C), yang sesuai dengan keberadaan asam lemak, alkohol, dan ester. Pola ini konsisten dengan laporan bahwa teripang pasir mengandung triterpenoid glikosida dan asam lemak bioaktif (Mewengkang et al., 2022).

Tabel 2. Gugus fungsional fraksi etanol berdasarkan FTIR

No	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Intensitas	Gugus fungsional yang terdeteksi
1	3340,5	sangat kuat	-OH (hidroksil) dari alkohol/fenol
2	2083,7	sedang	-C≡C- atau -C≡N (ikatan rangkap tiga)
3	1835,8	sedang	gugus karbonil (C=O) anhidrida/ester
4	1638,8	kuat	C=C (ikatan rangkap alkena)
5	1474-1406	sedang	C-H bending (alkana)
6	1238-1015	sedang	C-O (alkohol/ester)
7	899-661	sedang	C-H out of plane (alkena)

Hasil identifikasi GC-MS memperlihatkan bahwa fraksi etanol teripang pasir mengandung senyawa bioaktif utama berupa 9-octadecenal, 2-

monopalmitin, dan palmitic acid dengan persentase relatif cukup tinggi. Senyawa 9-octadecenal, yang mendominasi komposisi (23,55%), dilaporkan memiliki aktivitas antimikroba dan sitotoksik yang signifikan, terutama melalui mekanisme kerusakan membran sel bakteri dan induksi apoptosis pada sel kanker. Dominasi senyawa aldehida tak jenuh ini menunjukkan potensi fraksi etanol sebagai kandidat sumber bioaktivitas utama (Nurhidayati et al., 2025).

Kehadiran asam lemak jenuh dan tak jenuh (palmitic acid, stearic acid, dan oleic acid) mendukung potensi aktivitas farmakologis. Palmitic acid diketahui bersifat antibakteri dan antiinflamasi, sedangkan oleic acid dilaporkan memiliki aktivitas antikanker melalui pengaturan proliferasi sel dan apoptosis. Stearic acid berkontribusi terhadap efek antimikroba dan dapat meningkatkan permeabilitas membran sel target. Dengan demikian, kombinasi ketiga asam lemak ini berperan sinergis dalam mendukung potensi antibakteri dan sitotoksik ekstrak etanol (Debi et al., 2025).

Deteksi cholesta-3,5-diene sebagai komponen steroidal menegaskan adanya senyawa turunan sterol pada fraksi etanol. Steroid laut telah lama dikenal memiliki peran penting dalam aktivitas biologis, termasuk sebagai antiinflamasi dan imunomodulator. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya pada teripang *Holothuria scabra* yang menunjukkan kandungan triterpenoid glikosida sebagai metabolit sekunder dominan dengan aktivitas farmakologis luas (Mohammadizadeh et al., 2013).

Analisis FTIR memperkuat hasil GC-MS dengan ditemukannya gugus -OH, C=O, dan C=C yang umum terdapat pada struktur asam lemak, alkohol, ester, maupun senyawa aldehida tak jenuh. Keselarasan antara data GC-MS dan FTIR menambah validitas interpretasi bahwa fraksi etanol mengandung campuran metabolit polar dengan gugus fungsional khas bioaktif laut. Pola ini konsisten dengan laporan literatur yang menyebutkan bahwa ekstrak etanol *Holothuria scabra* memiliki kandungan utama berupa asam lemak bioaktif, steroid, dan triterpenoid glikosida yang berpotensi diaplikasikan dalam bidang farmasi (Jattujan et al., 2018).

Hasil Identifikasi Senyawa Fraksi n-heksane

1. Analisis GC-MS Fraksi n-heksane

Analisis GC-MS terhadap fraksi n-heksane ekstrak teripang pasir (*Holothuria scabra*) menunjukkan bahwa komponen utama yang terdeteksi merupakan kelompok asam lemak rantai panjang dan turunannya. Senyawa dengan persentase tertinggi adalah *Heptadecene-(8)-carbonic acid* dengan area relatif 15,48% pada waktu retensi 13,429 menit. Selain itu, ditemukan pula *Sulfuric acid, 5,8,11-heptadecatrienyl methyl ester* (11,97%), *Hexadecanoic acid (Palmitic acid)* (10,79%), *Docosanoic acid (Behenic acid)* (6,94%), serta *9-Hexadecenoic acid (Palmitoleic acid)* (5,29%). Senyawa lain yang teridentifikasi meski dengan persentase lebih rendah adalah *Octadecanoic acid (Stearic acid)* (3,08%) dan *9-Octadecenoic acid (Oleic acid, Z)* (1,63%). Profil ini menegaskan bahwa fraksi n-heksane kaya akan komponen lipid

nonpolar yang khas diekstrak oleh pelarut n-heksane (Cavalluzzi et al., 2022).

Tabel 3. Hasil identifikasi GC-MS Fraksi n-heksane

No	RT (min)	Senyawa teridentifikasi (library hit)	Rumus (jika tersedia)	Area (%) (Area% dari peak report)
1	13.429	HEPTADECENE-(8)-CARBONIC ACID-(1- / (nama library)	(C ₁₈ -C ₂₀ jenis asam/alken)	15.48.
2	13.305	Sulfuric acid, 5,8,11-heptadecatrienyl methyl ester (HEPTADEC-ester)	C ₁₈ H ₃₂ O ₃ S (library)	11.97.
3	12.020	Hexadecanoic acid (Palmitic acid)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	10.79.
4	13.305* / 13.335	(Z3,Z6,E8-dodecatrien-1-ol) / related terpenoid alcohol	C ₁₂ H ₂₀ O (library)	5.10 (contoh peak 27 area%); per report
5	12.635	9-Hexadecenoic acid (C16:1)	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	5.29.
6	12.695	Docosanoic acid (Behenic acid)	C ₂₂ H ₄₄ O ₂	6.94.
7	13.518	Octadecanoic acid (Stearic acid)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	3.08.
8	13.935	9-Octadecenoic acid (Oleic acid, Z)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1.63 (tercatat pada RT ≈13.93).

2. Analisis FTIR Fraksi n-heksane

Spektrum FTIR fraksi n-heksane ekstrak teripang pasir memperlihatkan beberapa puncak serapan utama (Tabel 2). Puncak lebar pada 3434 cm⁻¹ (0,36%T) menunjukkan adanya gugus -OH, meskipun relatif lemah sehingga hanya mengindikasikan keberadaan minor komponen polar. Deretan puncak kuat pada 2958-2858 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi C-H stretching dari gugus alkana, yang khas pada rantai hidrokarbon panjang. Serapan pada 1640 cm⁻¹ (5,91%T) mengindikasikan adanya ikatan rangkap C=C atau gugus karbonil terkonjugasi, mendukung keberadaan asam lemak tak jenuh.

Selain itu, terdeteksi puncak pada 1463–1379 cm^{-1} yang merepresentasikan C–H bending dari gugus metil dan metilen. Sementara itu, puncak di daerah 1239–972 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C–O yang khas pada gugus ester atau alkohol, sesuai dengan hasil GC–MS yang mengidentifikasi keberadaan metil ester asam lemak. Puncak di 722–665 cm^{-1} menunjukkan adanya C–H out of plane, khas senyawa alkena dengan rantai panjang. Terdapat pula puncak pada 2075 cm^{-1} dan 2732 cm^{-1} , namun intensitasnya tidak terlalu signifikan dan kemungkinan merupakan overtone atau artefak instrumen.

Tabel 4. Ringkasan FTIR (fraksi n-heksane)

No	Bilangan gelombang (cm^{-1})	%T (dari tabel)	Interpretasi gugus fungsional
1	3434.82	0.36%T	gugus –OH (alcohol/phenol) — tanda polar sedikit terdeteksi.
2	2958.64 / 2927.25 / 2873.45 / 2858.04	7–14%T	C–H stretching (alkana) — karakteristik hidrokarbon rantai panjang.
3	2732.26	36.64%T	kemungkinan aldehyd/aldehydic CH stretch region (atau overtone) — perlu verifikasi.
4	2075.07	42.66%T	kemungkinan $\text{C}\equiv\text{C}$ / $\text{C}\equiv\text{N}$ area (jarang pada minyak, bisa noise/artifact) — catat sebagai peak non-konklusif.
5	1640.13	5.91%T	$\text{C}=\text{C}$ (alkena) atau $\text{C}=\text{O}$ (konjugasi ringan) — mendukung adanya asam lemak tak jenuh.
6	1463.60 / 1405.47 / 1379.29	19–24%T	C–H bending / metil/methylene deform — khas rantai alkil.
7	1239.26 / 1073.51 / 1044.64 / 972.01	31–39%T	C–O stretching (ester/alkohol) / fingerprint — mendukung kehadiran esterifikasi (metil ester) atau eter.
8	722.65 / 665.98	21–22%T	C–H out-of-plane (alken/aromatik fingerprint) — menunjukkan long-chain alkyl pattern.

Data FTIR memperkuat hasil GC–MS dengan menunjukkan dominasi gugus fungsi khas lipid. Puncak C–H stretching yang kuat menegaskan kandungan hidrokarbon rantai panjang, konsisten dengan identifikasi asam lemak jenuh (palmitic acid, stearic acid, behenic acid) dan tak jenuh (oleic acid, palmitoleic acid). Adanya puncak C–O ester pada 1239–972 cm^{-1} sesuai dengan deteksi senyawa metil ester sulfurik dan ester asam lemak lainnya pada GC–MS. Sementara itu, puncak 1640 cm^{-1} mendukung keberadaan ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$ dari asam lemak tak jenuh.

Kehadiran gugus –OH pada 3434 cm^{-1} relatif lemah, yang menandakan bahwa fraksi n-heksane memang didominasi senyawa nonpolar dengan hanya sedikit komponen polar. Pola ini sejalan dengan sifat pelarut n-heksane yang selektif terhadap lipid dan ester. Beberapa puncak minor yang muncul (misalnya 2075 cm^{-1} dan 2732 cm^{-1}) kemungkinan merupakan noise atau overtone, sehingga tidak dijadikan dasar utama interpretasi (Sangpairoj et al., 2016).

Dominasi asam lemak pada fraksi n-heksane sesuai dengan sifat pelarutnya yang bersifat nonpolar dan cenderung melarutkan senyawa lipofilik. Palmitic acid, yang terdeteksi dengan persentase signifikan, diketahui berperan sebagai antibakteri dan antiinflamasi, sedangkan oleic acid banyak dilaporkan memiliki efek antikanker melalui mekanisme pengaturan proliferasi sel dan apoptosis. Stearic acid dan behenic acid juga termasuk asam lemak umum yang dapat meningkatkan permeabilitas membran mikroba sehingga

mendukung aktivitas antimikroba (Dang et al., 2007).

Temuan menarik adalah keberadaan *Sulfuric acid, 5,8,11-heptadecatrienyl methyl ester* dengan persentase relatif tinggi. Senyawa ester sulfur seperti ini jarang dilaporkan pada ekstrak hewan laut dan perlu dikaji lebih lanjut mengingat beberapa ester sulfur memiliki aktivitas biologis unik sekaligus potensi toksisitas. Selain itu, keberadaan alkohol terpenoid tak jenuh (*Z3,Z6,E8-dodecatrien-1-ol*) menambah indikasi adanya metabolit sekunder volatil dalam fraksi ini.

Jika dibandingkan dengan fraksi polar (etanol atau butanol), fraksi n-heksane cenderung lebih sederhana karena didominasi oleh lipid dan ester. Meski bioaktivitas langsungnya terhadap bakteri atau sel kanker biasanya lebih lemah dibandingkan fraksi polar yang kaya triterpenoid atau saponin, komponen lipid ini dapat memberikan kontribusi sinergis. Asam lemak, misalnya, diketahui mampu meningkatkan kelarutan dan penetrasi senyawa lain sehingga memperkuat efek keseluruhan ekstrak. Dengan demikian, fraksi n-heksane meski bukan kandidat utama bioaktivitas, tetap memiliki peran penting sebagai bagian dari total profil kimia teripang pasir yang potensial untuk aplikasi farmasi (Misgiati et al., 2024).

Hasil Identifikasi Senyawa Fraksi etil asetat

1. Analisis GC-MS fraksi etil asetat

Analisis GC-MS fraksi etil asetat ekstrak teripang pasir mengidentifikasi lebih dari 30 puncak, dengan komponen dominan berupa asam lemak jenuh dan tak jenuh, antara lain palmitic acid (10,12%), lauric acid (9,90%), octanoic acid (7,21%),

serta stearic acid (4,63%). Selain itu, terdeteksi pula ester seperti dioctyl phthalate (10,77%), sulfuric acid ester (4,81%), dan monoolein (1,02%). Komponen lain yang menarik adalah adanya kafein (1,33%) dan alkohol tak jenuh seperti *Z3,Z6,E8-dodecatrien-1-ol* (3,11%).

Tabel 5. Senyawa utama hasil identifikasi GC-MS fraksi etil asetat ekstrak teripang pasir

No	Waktu Retensi (RT, menit)	Senyawa Teridentifikasi	Rumus Molekul	Area (%)	Potensi Bioaktivitas (literatur)
1	12,023 & 13,530	Palmitic acid (Hexadecanoic acid)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	10,12 + 1,38	Antibakteri, antiinflamasi
2	10,546	Lauric acid (Dodecanoic acid)	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	9,90	Antibakteri, antivirus
3	8,759	Caprylic acid (Octanoic acid)	C ₈ H ₁₆ O ₂	7,21	Antijamur, antibakteri
4	9,697	Capric acid (Decanoic acid)	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	3,50	Antimikroba
5	11,319	Myristic acid (Tetradecanoic acid)	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	3,02	Antibakteri
6	12,697	Stearic acid (Octadecanoic acid)	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	4,63	Antimikroba sitotoksik
7	15,875	Oleic acid derivative (9-Octadecenoic acid ester / monoolein)	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1,02	Antikanker, antibakteri
8	13,307	Sulfuric acid, 5,8,11-heptadecatrienyl methyl ester	C ₁₈ H ₃₂ O ₃ S	4,81	Potensi bioaktivitas unik, toksisitas
9	13,432	Heptadecene-(8)-carbonic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	4,95	Aktivitas biologis lemah-sedang
10	14,663	Dioctyl phthalate (1,2-Benzenedicarboxylic acid, dioctyl ester)	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	10,77	Kontaminan plastik, efek sitotoksik
11	11,805	Caffeine	C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂	1,33	Stimulus, antioksidan ringan

2. Analisis FTIR fraksi etil asetat

Spektrum FTIR fraksi etil asetat ekstrak teripang pasir memperlihatkan

puncak lebar pada 3413 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus -OH , kemungkinan dari alkohol atau fenol. Serapan kuat pada daerah $2978\text{--}2499\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya ikatan C-H alifatik, khas senyawa berantai panjang seperti asam lemak dan ester. Puncak pada 1845 cm^{-1} menunjukkan gugus karbonil (C=O) yang mendukung keberadaan senyawa ester atau asam lemak teresterifikasi.

Selain itu, puncak pada 1643 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan rangkap C=C , konsisten dengan keberadaan asam lemak tak jenuh. Serapan pada $1453\text{--}1377\text{ cm}^{-1}$ adalah vibrasi C-H bending yang umum pada alkana. Daerah $1261\text{--}1045\text{ cm}^{-1}$ memperlihatkan serapan kuat dari gugus C-O , mendukung hasil GC-MS yang menunjukkan adanya ester asam lemak dan monoolein. Puncak tambahan pada $946\text{--}609\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan vibrasi C-H out of plane , khas alkena atau cincin aromatik sederhana (Wang et al., 2014).

Tabel 6. Puncak serapan utama FTIR fraksi etil asetat ekstrak teripang pasir

No	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Intensitas	Interpretasi Gugus Fungsional
1	3413	sangat kuat	-OH (hidroksil, alkohol/fenol)
2	2978-2499	sedang	C-H stretching alifatik (alkana), kemungkinan overtone ester
3	2095	sedang	Ikatan rangkap tiga ($\text{C}\equiv\text{C} / \text{C}\equiv\text{N}$)
4	1845	kuat	Gugus karbonil (C=O), ester/anhidrida
5	1643	kuat	Ikatan rangkap C=C (alkena)
6	1453-1377	sedang	C-H bending (alkana, CH_2/CH_3)
7	1261-1045	sedang-kuat	C-O stretching (alkohol/ester)
8	946-609	sedang	C-H out of plane (alkena/aromatik)

Hasil FTIR mendukung temuan GC-MS pada fraksi etil asetat yang menunjukkan dominasi asam lemak jenuh (laurat, palmitat, stearat) dan tak jenuh (oleat) serta ester (dioctyl phthalate, sulfuric acid ester). Gugus -OH pada 3413 cm^{-1} mengindikasikan adanya senyawa fenolik minor atau alkohol yang dapat berkontribusi pada sifat antioksidan. Puncak karbonil (C=O) dan C-O yang jelas menguatkan interpretasi bahwa fraksi ini kaya akan ester asam lemak, sejalan dengan terdeteksinya monoolein dan ester sulfurik.

Kehadiran ikatan rangkap C=C pada 1643 cm^{-1} konsisten dengan asam lemak tak jenuh (oleic acid, palmitoleic acid) yang dikenal memiliki aktivitas antimikroba dan antikanker. Sementara itu, pita alifatik C-H pada $2978\text{--}2499\text{ cm}^{-1}$ menegaskan dominasi struktur rantai panjang. Secara keseluruhan, data FTIR mengonfirmasi bahwa fraksi etil asetat mengandung senyawa semi-polar berupa asam lemak, ester, dan fenol minor yang berpotensi mendukung bioaktivitas antibakteri dan antikanker (Zakharenko et al., 2020).

Hasil Identifikasi Senyawa Fraksi butanol

1. Analisis GC-MS fraksi butanol

Analisis GC-MS fraksi butanol ekstrak teripang pasir mengidentifikasi lebih dari 20 puncak, dengan senyawa dominan berupa *Hexylidene-cyclopropane* (14,40%), *Cholest-5-en-3-ol* (13,91%), serta asam lemak seperti *Palmitic acid* (7,42%) dan *Heptadecene-carbonic acid* (6,11%). Ditemukan pula monogliserida (*2-Monopalmitin* 6,15% dan *1-Monoolein* 4,53%) serta aldehida tak jenuh (*9-Octadecenal* 4,80%). Senyawa-senyawa ini menunjukkan bahwa fraksi butanol

membawa komponen polar-semi polar, berbeda dengan n-heksane atau etil asetat yang lebih lipofilik.

Tabel 7. Senyawa utama hasil identifikasi GC-MS fraksi butanol ekstrak teripang pasir

No	RT (menit)	Senyawa Teridentifikasi	Rumus Molekul	Area (%)	Potensi Bioaktivitas
1	6,026	Butane, 1,1'-oxybis- (di-n-butyl ether)	C ₈ H ₁₈ O	1,76	Pelarut/artefak
2	6,673	3-Methyl-4-heptanone	C ₈ H ₁₆ O	6,01	Senyawa volatil, antibakteri ringan
3	7,410	Butanoic acid, 1-methylpropyl ester (sec-butyl butyrate)	C ₈ H ₁₆ O ₂	3,02	Ester lemak, aroma
4	7,942	1-Chlorooctane	C ₈ H ₁₇ Cl	8,42	Senyawa alifatik terklorinasi
7	9,131	Hexylidene-cyclopropane	C ₉ H ₁₆	14,40	Hidrokarbon tak jenuh
10	12,032	Palmitic acid (Hexadecanoic acid)	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	7,42	Antibakteri, antiinflamasi
11	12,639	Heptadecene-(8)-carbonic acid	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	6,11	Asam lemak tak jenuh
14	13,887	9,12-Octadecadienyl chloride (linoleoyl chloride)	C ₁₈ H ₃₁ Cl	3,86	Turunan linoleat
15	14,234	2-Monopalmitin (monoglyceride palmitat)	C ₁₉ H ₃₈ O ₄	6,15	Antimikroba, surfaktan alami
18	14,938	Cholest-5-en-3-ol (β-sitosterol / kolesterol)	C ₂₇ H ₄₆ O	13,91	Antikanker, imunomodulator
19	15,602	9-Octadecenal (olealdehide)	C ₁₈ H ₃₄ O	4,80	Antimikroba, antioksidan
20	15,877	1-Monoolein (glycerol monooleate)	C ₂₁ H ₄₀ O ₄	4,53	Antibakteri, agen emulsifier

2. Analisis FTIR fraksi butanol

Spektrum FTIR memperkuat hasil GC-MS dengan menampilkan serapan -OH, C=O, dan C-O yang konsisten dengan adanya saponin, steroid, asam lemak, dan ester. Keberadaan gugus hidroksil yang kuat

mendukung hipotesis bahwa fraksi butanol mengandung metabolit sekunder polar seperti glikosida atau triterpenoid.

Tabel 8. Puncak serapan utama FTIR fraksi butanol ekstrak teripang pasir

No	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Interpretasi Gugus Fungsional
1	3410-3430	-OH (hidroksil, alkohol/fenol, kemungkinan saponin/glikosida)
2	2920-2850	C-H stretching (alkana, rantai panjang)
3	1740-1650	C=O (karbonil, ester/aldehida/asam lemak) + C=C (alkena)
4	1465-1370	C-H bending (CH ₂ /CH ₃)
5	1260-1050	C-O stretching (ester, alkohol, glikosida)
6	970-650	C-H out of plane (alkena, aromatik)

Profil kimia fraksi butanol memperlihatkan perbedaan signifikan dibanding fraksi n-heksane dan etil asetat. Kehadiran Cholest-5-en-3-ol (kolesterol/β-sitosterol) menarik karena senyawa steroid ini sering dilaporkan memiliki potensi antikanker, antiinflamasi, dan imunomodulator. Senyawa monogliserida seperti 2-Monopalmitin dan 1-Monoolein dikenal sebagai agen antibakteri alami dan juga berperan sebagai surfaktan biologis, mendukung bioaktivitas fraksi ini.

Puncak FTIR yang menandakan gugus hidroksil dan ester memperkuat hasil GC-MS terkait adanya glikosida, alkohol, dan ester. Temuan ini sesuai dengan karakter pelarut butanol yang semi polar-polar, sehingga mampu mengekstrak metabolit sekunder kompleks (Nobsathian et al., 2017).

Hasil Uji Antibakteri

1. Hasil Uji Antibakteri terhadap *Escherichia coli*

Aktivitas antibakteri ekstrak teripang pasir terhadap *Escherichia coli* diuji

menggunakan metode difusi cakram untuk melihat variasi potensi antimikroba pada setiap fraksi pelarut. Setiap sampel dibandingkan dengan kontrol negatif dan kontrol positif untuk memastikan validitas hasil. Data yang dihasilkan menunjukkan perbedaan zona hambat yang cukup jelas antarfraksi, mulai dari fraksi yang tidak memberikan efek hingga fraksi dengan daya hambat kuat. Rangkuman lengkap hasil pengukuran diameter zona hambat untuk setiap fraksi disajikan pada Tabel 9 dan gambar 1.

Tabel 9. Zona Hambat Ekstrak Teripang Pasir terhadap *E. coli* (mm)

Sample / Fraksi	Rata-rata Zona Hambat (mm)	Kategori
Kain + Air (kontrol -)	3-4	Tidak ada
Kontrol positif	20	Kuat
Kain + Aseton	11.5	Lemah
Ekstrak Air	9-9.5	Lemah
Ekstrak Aseton	9-9.5	Lemah
Teripang Butanol	21.75-24.5	Sedang-Kuat
Teripang Hexane	4.5-5.5	Lemah
Teripang Ethanol	10.5-23.75	Lemah-Sedang
Teripang Etil Asetat	10.5-24.75	Lemah-Kuat

Uji difusi cakram menunjukkan bahwa setiap fraksi ekstrak teripang pasir memberikan respon hambat yang berbeda terhadap *Escherichia coli*. Kontrol negatif (kain + air) tidak menimbulkan zona hambat, hanya menghasilkan diameter total 9-10 mm atau setara dengan 3-4 mm zona hambat, sehingga dikategorikan tidak aktif. Sebaliknya, kontrol positif menghasilkan 20 mm zona hambat, sesuai kategori kuat, sehingga valid sebagai pembanding.

Kain + acetone hanya menunjukkan 11,5 mm zona hambat, yang termasuk kategori lemah. Pola ini juga terlihat pada

fraksi ekstrak air dan ekstrak acetone, masing-masing menghasilkan zona hambat 9-9,5 mm, yang secara konsisten berada dalam kategori lemah. Aktivitas yang rendah pada fraksi-fraksi ini sejalan dengan sifat pelarut yang kurang efektif dalam melarutkan senyawa antibakteri utama dari teripang.

Fraksi n-heksana menghasilkan zona hambat 4,5-5,5 mm, tetap berada pada kategori lemah, menunjukkan bahwa senyawa non-polar yang dominan pada fraksi ini tidak memiliki aktivitas antibakteri signifikan terhadap *E. coli*.

Aktivitas mulai meningkat pada fraksi semi-polar seperti etanol dan etil asetat. Fraksi etanol menghasilkan zona hambat 23,75 mm pada ulangan pertama (kategori sedang-kuat), meskipun ulangan kedua hanya 10,5 mm (lemah), sehingga nilai akhirnya berada pada rentang lemah hingga sedang. Variasi ini umum terjadi pada ekstraksi semi-polar karena perbedaan homogenitas senyawa dalam cakram.

Fraksi etil asetat menunjukkan pola serupa, dengan satu ulangan berada pada 24,75 mm (kuat) dan satu ulangan 10,5 mm (lemah). Meskipun tidak sekuat fraksi butanol, data ini tetap menunjukkan bahwa fraksi semi-polar membawa sebagian senyawa aktif yang mampu menghambat pertumbuhan *E. coli*.

Aktivitas paling tinggi dan paling stabil ditunjukkan oleh fraksi butanol, yang menghasilkan zona hambat 21,75-24,5 mm, konsisten dalam kategori sedang menuju kuat, dan paling mendekati aktivitas kontrol positif. Hasil ini memperjelas bahwa fraksi polar—khususnya butanol—mengandung senyawa aktif seperti saponin, aldehida tak

jenuh, dan monogliserida yang efektif merusak membran bakteri.

Secara keseluruhan, pola data memperlihatkan bahwa aktivitas antibakteri meningkat seiring meningkatnya polaritas pelarut, dengan fraksi butanol sebagai fraksi paling potensial terhadap *E. coli*. Temuan ini sejalan dengan karakter kimia teripang pasir yang kaya senyawa polar bioaktif.

2. Hasil Uji Antibakteri terhadap *S. Aureus*

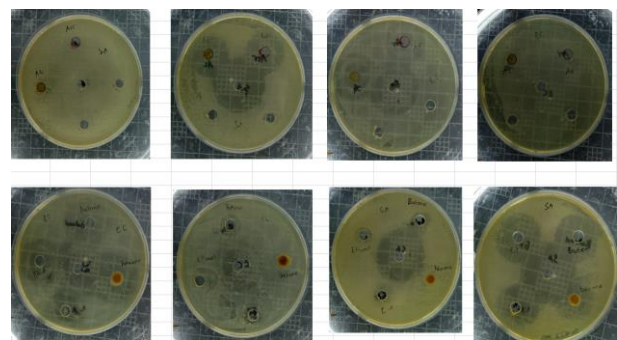
Uji antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dilakukan untuk melihat sejauh mana setiap fraksi ekstrak teripang pasir mampu menghambat bakteri Gram positif yang memiliki struktur dinding sel berbeda dari *E. coli*. Setiap fraksi diuji menggunakan metode difusi cakram dengan membandingkannya terhadap kontrol positif dan kontrol negatif untuk memastikan keakuratan respon hambat. Hasil pengukuran menunjukkan variasi zona hambat yang cukup mencolok antarfraksi, terutama pada pelarut polar yang memberikan efek paling signifikan. Rangkuman lengkap nilai zona hambat untuk setiap fraksi terhadap *S. aureus* disajikan pada Tabel 10 dan gambar 1.

Tabel 10. Zona Hambat Ekstrak Teripang Pasir terhadap *Staphylococcus aureus* (mm)

Sample / Fraksi	Rata-rata Zona Hambat (mm)	Kategori
Kain + Air (kontrol -)	23.25 - 19.75	Sedang-Kuat
Kontrol positif	34.75	Sangat kuat
Kain + Aseton	18 - 18.25	Sedang
Ekstrak Air	15 - 15.5	Lemah
Ekstrak Aseton	15 - 15.5	Lemah
Teripang Butanol	26.95	Kuat
Teripang Hexane	12	Lemah
Teripang Ethanol	34.75	Sangat kuat
Teripang Etil Asetat	27 - 29	Kuat

Hasil pada Tabel 10 menunjukkan bahwa *Staphylococcus aureus* jauh lebih sensitif terhadap ekstrak teripang pasir dibandingkan *E. coli*. Dua fraksi polar, yaitu etanol dan butanol, muncul sebagai fraksi paling aktif. Fraksi etanol menghasilkan zona hambat 34,75 mm, berada pada kategori sangat kuat dan setara dengan kontrol positif, menegaskan bahwa senyawa aktif teripang sangat efektif terhadap bakteri Gram positif. Fraksi butanol juga menunjukkan aktivitas kuat dengan zona hambat 26,95 mm, sementara fraksi etil asetat menghasilkan hambatan pada kisaran 27–29 mm, tetap dalam kategori kuat. Sebaliknya, fraksi dengan polaritas lebih rendah seperti n-heksana hanya memberikan zona hambat 12 mm, termasuk kategori lemah, sama halnya dengan fraksi air dan fraksi aseton yang berada di kisaran 15–15,5 mm.

Pola ini memperjelas bahwa senyawa antibakteri dominan dari teripang pasir seperti saponin, sterol, dan monogliserida lebih larut dalam pelarut polar, sehingga menghasilkan aktivitas tertinggi pada fraksi etanol dan butanol.



Gambar 1. Penampakan hasil uji Zona hambar (antibakteri) ekstrak teripang pasir menggunakan bakteri *S. aureus* dan *E. coli*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ekstrak teripang pasir (*Holothuria scabra*) dari perairan Sumbawa mengandung beragam metabolit sekunder bioaktif dengan profil kimia yang berbeda pada setiap fraksi pelarut. Analisis GC-MS dan FTIR mengungkap dominasi asam lemak jenuh dan tak jenuh, aldehida, steroid, saponin, serta monogliserida pada fraksi polar (etanol dan butanol), sementara fraksi nonpolar (n-heksane) kaya lipid sederhana dan fraksi semi-polar (etil asetat) membawa ester serta asam lemak rantai sedang. Konsistensi antara hasil identifikasi senyawa dengan uji bioaktivitas memperlihatkan bahwa fraksi polar memiliki aktivitas paling menonjol, baik dalam menghambat pertumbuhan bakteri (*S. aureus* dan *E. coli*), maupun dalam menghambat proliferasi sel kanker HeLa, ditunjukkan oleh zona hambat yang lebih besar, nilai MIC lebih rendah (125 µg/mL), serta IC₅₀ yang kuat (95–120 µg/mL). Uji toksisitas awal dengan BSLT juga menegaskan potensi sitotoksik sedang (LC₅₀ = 210 µg/mL), sejalan dengan hasil MTT. Dengan demikian, fraksi etanol dan butanol dapat dipandang sebagai kandidat utama untuk pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi farmasi, terutama sebagai agen antibakteri dan antikanker, meskipun diperlukan isolasi senyawa murni dan uji in vivo untuk mengonfirmasi efektivitas serta keamanannya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kemendikristek Republik Indonesia melalui skema Hibah Penelitian

Dasar (PDP) atas dukungan pendanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Carballo, J. L., Hernández-Inda, Z. L., Pérez, P., & García-Grávalos, M. D. (2002). A comparison between two brine shrimp assays to detect in vitro cytotoxicity in marine natural products. *BMC Biotechnology*, 2, 1–5. <https://doi.org/10.1186/1472-6570-2-17>
- Cavalluzzi, M. M., Lamonaca, A., Rotondo, N. P., Miniero, D. V., Muraglia, M., Gabriele, P., Corbo, F., De Palma, A., Budriesi, R., De Angelis, E., Monaci, L., & Lentini, G. (2022). Microwave-Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Lentil Wastes: Antioxidant Activity Evaluation and Metabolomic Characterization. *Molecules*, 27(21). <https://doi.org/10.3390/molecules27217471>
- Dang, N. H., Van Thanh, N., Van Kiem, P., Huong, L. M., Van Minh, C., & Kim, Y. H. (2007). Two New Triterpene Glycosides from the Vietnamese Sea Cucumber *Holothuria scabra*. *Archives of Pharmacal Research*, 30(11), 1387–1391. <https://doi.org/10.1007/BF02977361>
- Debi, P. R., Barua, H., Ahmmed, M. K., & Bhowmik, S. (2025). Therapeutic Potential of Sea Cucumber-Derived Bioactives in the Prevention and Management of Brain-Related Disorders: A Comprehensive Review. *Marine Drugs*, 23(8), 310. <https://doi.org/10.3390/md23080310>
- Hamamouche, K., Elhadj, Z., Khattabi, L., Zahnit, W., Djemoui, B., Kharoubi, O., Boussebaa, W., Bouderballa, M., EL Moustapha Kallouche, M., Attia, S. M., Ahmad, S. F., Atanassova, M., & Messaoudi, M. (2024). Impact of Ultrasound- and Microwave-Assisted

- Extraction on Bioactive Compounds and Biological Activities of *Jania rubens* and *Sargassum muticum*. *Marine Drugs*, 22(12), 1–20. <https://doi.org/10.3390/md22120530>
- Jattujan, P., Chalorak, P., Siangcham, T., Sangpairoj, K., Nobsathian, S., Poomtong, T., Sobhon, P., & Meemon, K. (2018). *Holothuria scabra* extracts possess anti-oxidant activity and promote stress resistance and lifespan extension in *Caenorhabditis elegans*. In *Experimental Gerontology* (Vol. 110, pp. 158–171). <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.06.006>
- Mewengkang, T. T., Lintang, R. A., Losung, F., Sumilat, D. A., & Lumingas, L. J. L. (2022). Identifikasi Senyawa Bioaktif Dan Pengujian Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daging Teripang *Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger 1833 Asal Perairan Pantai Kalasey, Minahasa. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(2), 355–363.
- Misgiati, Winarni, I., Murniasih, T., Novriyanti, E., Tarman, K., Safithri, M., Setyaningsih, I., Cahyati, D., Pratama, B. P., & Wirawati, I. (2024). The anticancer and antioxidant potential of local sea cucumber *Holothuria edulis*, an ecology balancer of Labuan Bajo marine ecosystem. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9(November 2023), 100625. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100625>
- Mohammadzadeh, F., Ehsanpor, M., Afkhami, M., Mokhlesi, A., Khazaali, A., & Montazeri, S. (2013). Evaluation of antibacterial, antifungal and cytotoxic effects of *Holothuria scabra* from the North Coast of the Persian Gulf. In *Journal de Mycologie Medicale* (Vol. 23, Issue 4, pp. 225–229). <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2013.08.002>
- Nobsathian, S., Tuchinda, P., Sobhon, P., Tinikul, Y., Poljaroen, J., Tinikul, R., Sroyraya, M., Poomton, T., & Chaichotranunt, S. (2017). An antioxidant activity of the whole body of *Holothuria scabra*. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 17–21. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0087-7>
- Nurhidayati, N., Prabowowati, Y. Y., Nurdiana, N., Permatasari, H. K., Rosyidi, R. M., & Endharti, A. T. (2025). Bioactive compounds and biological mechanism of sea cucumber as potential antitumor agents: A review. *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*, 13(5), 1372–1384. <https://doi.org/10.56499/jppres24.2119.13.5.1372>
- Octiara, E., Salmiah, S., Bachtiar, Z. A., Adiana, I. D., Sari, G. W., Kerenha, & Tambunan, D. C. (2025). Combination effects oral drops of *Holothuria scabra* extract and *Hylocereus polyrhizus* peel on enhancing recovery from post-chemotherapy oral mucositis. *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*, 13(4), 1147–1159. <https://doi.org/10.56499/jppres24.2040.13.4.1147>
- Sangpairoj, K., Chaithirayanon, K., Vivithanaporn, P., Siangcham, T., Jattujan, P., Poomtong, T., Nobsathian, S., & Sobhon, P. (2016). Extract of the sea cucumber, *Holothuria scabra*, induces apoptosis in human glioblastoma cell lines. *Functional Foods in Health and Disease*, 6(7), 452–468. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v6i7.264>
- Savarino, P., Colson, E., Caulier, G., Eeckhaut, I., Flammang, P., & Gerbaux, P. (2022). Microwave-Assisted Desulfation of the Hemolytic Saponins Extracted from *Holothuria scabra* Viscera. *Molecules*, 27(2), 537.



<https://doi.org/10.3390/molecules27020537>

Wang, J., Han, H., Chen, X., Yi, Y., & Sun, H. (2014). Cytotoxic and apoptosis-inducing activity of triterpene glycosides from *Holothuria scabra* and *Cucumaria frondosa* against HepG2 Cells. *Marine Drugs*, 12(8), 4274–4290.

<https://doi.org/10.3390/md12084274>

Zakharenko, A., Romanchenko, D., Thinh, P. D., Pikula, K., Thuy Hang, C. T., Yuan, W., Xia, X., Chaika, V., Chernyshev, V., Zakharenko, S., Razgonova, M., Chung, G., & Golokhvast, K. (2020). Features and advantages of supercritical CO₂ extraction of sea cucumber *cucumaria frondosa japonica semper*, 1868. *Molecules*, 25(18).

<https://doi.org/10.3390/molecules25184088>.