

Potensi Antibakteri Ekstrak Bulu Babi *Diadema setosum* dan *Echinometra Mathaei* : Literature Review

Natalia Michelle Simatupang^{1*}, Ramadhan Triyandi², Ihsanti Dwi Rahayu³, Femmy Andrifanie⁴, Muhammad Iqbal⁵

¹⁻⁵ Program Studi Farmasi, Jurusan Farmasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Indonesia

Alamat: Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35145

*Korespondensi penulis: natalia.michelle21@students.unila.ac.id

Abstract. The increasing incidence of bacterial resistance to antibiotics has become one of the major challenges in global health, necessitating the exploration of natural antibacterial sources as alternative treatments, such as bioactive compounds derived from sea urchins. This literature review aims to evaluate the antibacterial potential of sea urchin extracts based on existing research findings. The literature search was conducted using the PubMed and Google Scholar databases using the Boolean operators (AND, OR). Inclusion criteria include articles published between 2014 and 2024, available in full text, written in either Indonesian or English, and discussing the antibacterial activity of sea urchin extracts from the species *Diadema setosum* and/or *Echinometra mathaei*. Based on the selection process, eight articles met the inclusion criteria and were included in the review. The results of the literature review indicate that sea urchin extracts exhibit antibacterial activity against gram-negative bacteria, including *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter sp.*, *Citrobacter freundii*, and *Klebsiella pneumoniae*, as well as gram-positive bacteria, including *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus mutans*, and *Streptococcus sobrinus*. These antibacterial effects are attributed to the presence of secondary metabolites such as alkaloids, steroids, flavonoids, saponins, and phenolics.

Keywords: antibacterial, *Diadema setosum*, *Echinometra mathaei*, extract, sea urchin

Abstrak. Meningkatnya kejadian resistensi bakteri terhadap antibiotik telah menjadi salah satu tantangan utama dalam bidang kesehatan global sehingga diperlukan eksplorasi sumber antibakteri alami sebagai alternatif obat baru seperti senyawa bioaktif dari bulu babi. *Literature review* ini bertujuan untuk mengetahui potensi antibakteri dari ekstrak bulu babi berdasarkan hasil penelitian. Pencarian literatur dilakukan melalui database *PubMed* dan *Google Scholar* menggunakan metode *Boolean Operator* (AND, OR, NOT). Kriteria inklusi meliputi artikel yang dipublikasikan antara tahun 2014–2024, tersedia dalam full text, ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris, serta membahas aktivitas antibakteri dari ekstrak bulu babi spesies *Diadema setosum* dan/atau *Echinometra mathaei*. Berdasarkan hasil seleksi, diperoleh delapan artikel yang memenuhi kriteria inklusi untuk dilakukan proses review. Hasil *literature review* menunjukkan bahwa ekstrak bulu babi memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram negatif meliputi *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter sp.*, *Citrobacter freundii* dan *Klebsiella pneumonia* serta bakteri gram positif meliputi *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus mutans*, dan *Streptococcus sobrinus* karena adanya senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, steroid, flavonoid, saponin, dan fenolik.

Kata kunci: antibakteri, *Diadema setosum*, *Echinometra mathaei*, ekstrak, bulu babi

1. LATAR BELAKANG

Kejadian resistensi bakteri terhadap antibiotik yang terus meningkat telah menjadi salah satu tantangan utama dalam bidang kesehatan global. Di Indonesia sendiri, tingkat resistensi bakteri terhadap antibiotik telah mencapai 60,4% (Kemenkes RI, 2020). Penggunaan antibiotik yang tidak sesuai indikasi serta berlebihan telah berkontribusi pada

terbentuknya strain bakteri resisten yang akan menghambat efektivitas terapi dalam mengatasi infeksi (Siberi *et al.*, 2020). Oleh karena itu, diperlukan eksplorasi sumber-sumber alami sebagai alternatif baru yang efektif seperti senyawa bioaktif dari organisme laut.

Beberapa spesies echinodermata, seperti bulu babi, menghasilkan metabolit sekunder dengan potensi antibakteri yang berperan dalam pertahanan diri di lingkungan laut dan berpotensi dimanfaatkan dalam bidang medis (Fofied *et al.*, 2018). Bulu babi termasuk dalam jenis hewan yang tersebar luas pada perairan Indonesia. Hewan tidak bertulang belakang (avertebrata) ini sering dijumpai di perairan dangkal maupun dalam padang lamun serta zona terumbu karang (Maharani dan Nugraha, 2022).

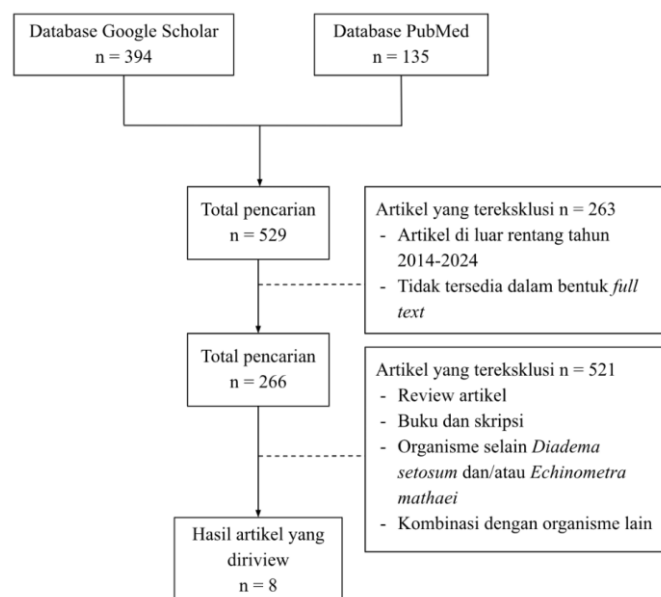
Beberapa penelitian mendapati ekstrak bulu babi dapat menghasilkan aktivitas antibakteri terhadap bermacam jenis bakteri (Mulyana *et al.*, 2023). Haug *et al.* (2002) menemukan bahwa *green sea urchin* menghasilkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif (*Corynebacterium glutamicum* dan *Staphylococcus aureus*) maupun gram negatif (*Escherichia coli* dan *Vibrio anguillarum*) yang berasal dari bagian tubuh tertentu. Selain itu, peneliti lain melaporkan bahwa ekstrak tiga jenis bulu babi dari Pulau Bidong, Terengganu, yaitu *Diadema setosum*, *D. savignyi*, dan *Echinomatrix calamaris*, menunjukkan kemampuan sebagai antibakteri terhadap beberapa bakteri gram positif (*Enterococcus faecalis* dan *Staphylococcus aureus*) maupun gram negatif (*Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, dan *Escherichia coli*) (Sahamsuddin *et al.*, 2010). Aktivitas antibakteri dari ekstrak bulu babi diduga disebabkan oleh kandungan berbagai *secondary metabolite* seperti antara lain flavonoid, alkaloid, steroid, saponin, dan fenolik (Akerina *et al.*, 2015). Dengan demikian, kajian literatur ini bertujuan untuk merangkum serta menyajikan informasi mengenai potensi ekstrak bulu babi sebagai antibakteri sehingga dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam pengembangan sebagai kandidat agen antibakteri alami yang dapat diaplikasikan dalam bidang farmasi.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode yang digunakan merupakan *literature review* dari jurnal nasional dan jurnal internasional. Pencarian sumber dilakukan berdasarkan basis data ilmiah seperti *PubMed* serta *Google Scholar* menggunakan kata kunci (*Sea Urchin* OR *Bulu Babi*) AND (*Antibacterial* OR *Antimicrobial* OR *Antibakteri*). Artikel yang

digunakan dipilih berdasarkan relevansi dengan topik dan diterbitkan dalam rentang waktu 2014-2024 sesuai kriteria inklusi dan eksklusi.

Kriteria inklusi pada tinjauan literatur ini mencakup artikel yang lengkap dalam bentuk *full text*, menggunakan penulisan dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia, mengulas aktivitas antibakteri ekstrak bulu babi dari spesies *Diadema setosum* dan/atau *Echinometra mathaei*, dan menyebutkan metode uji antibakteri yang dipilih (seperti metode dilusi atau difusi cakram). Adapun kriteria eksklusi meliputi artikel yang membahas hewan laut selain bulu babi spesies *Diadema setosum* dan/atau *Echinometra mathaei*, artikel yang meneliti ekstrak kombinasi dengan organisme lain, artikel yang tidak berbentuk *full text*. Berdasarkan hasil penelusuran literatur melalui database online, diperoleh sebanyak 394 artikel dari *Google Scholar* dan 135 artikel dari *PubMed*. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi diperoleh 8 artikel, sebanyak 7 artikel dari *Google Scholar* dan 1 artikel dari *PubMed* dinyatakan memenuhi kriteria dan digunakan dalam analisis lebih lanjut, ditunjukkan dengan gambar 1.



Gambar 1. Metode Pencarian Artikel Ilmiah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil studi literatur yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa ekstrak sejumlah spesies bulu babi memiliki aktivitas antibakteri. Ringkasan data studi literatur aktivitas antibakteri ekstrak bulu babi tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil kajian literatur aktivitas antibakteri ekstrak bulu babi *Diadema setosum* dan *Echinometra mathaei*

Spesies Bulu Babi	Bagian yang digunakan	Kandungan senyawa bioaktif	Metode Uji	Bakteri yang diujikan	Hasil penelitian	Referensi
<i>Diadema setosum</i>	Cangkang	Alkaloid, flavonoid, steroid/triterpenoid, dan saponin	Difusi cakram Kirby-bauer	<i>Propionibacterium acnes</i>	Ekstrak etanol 96% cangkang bulu babi dengan konsentrasi 1,25%, 2,5%, 5% masing-masing memiliki zona hambat 6,36 mm; 6,56 mm; 7,88 mm	Rusman <i>et al.</i> , 2020
<i>Diadema setosum</i>	Duri, badan dan gonad	Triterpenoid, steroid, dan saponin	Difusi cakram Kirby-bauer	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ekstrak etanol 96% badan, duri, dan gonad bulu babi dengan konsentrasi 80% memiliki aktivitas antibakteri ditandai zona hambat masing-masing 9,5 mm; 8 mm; 8,5 mm terhadap <i>Escherichia coli</i> dan 8,5 mm; 8,5 mm; 14 mm terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .	Indrawati <i>et al.</i> , 2018
<i>Diadema setosum</i>	Gonad	steroid, triterpenoid, dan saponin	Difusi sumur	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ekstrak kental n-heksan, etil asetat, dan metanol bagian gonad bulu babi dengan konsentrasi 2 mg memiliki zona hambat berturut-turut 2,33 mm; 4,13 mm; dan 3 mm pada bakteri	Akerina <i>et al.</i> , 2015

					<i>E. coli</i> serta masing-masing 2,23 mm; 2,71 mm; dan 2 mm pada bakteri <i>S. aureus</i> .	
<i>Diadem a setosum</i>	Gonad	Alkaloid, fenolik, dan saponin.	Difusi cakram Kirby-bauer	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Fraksi metanol, etil asetat, dan n-heksan bagian gonad bulu babi dengan konsentrasi 100% memiliki daya hambat masing-masing 6,67 mm; 7,5 mm; dan 6,5 mm terhadap bakteri <i>E. coli</i> serta masing-masing 7,16 mm; 7,67 mm; dan 6,58 mm terhadap bakteri <i>S.aureus</i>	Rompas <i>et al.</i> , 2022
<i>Diedem a setosum</i>	Cangkang	Alkaloid, tannin, dan flavonoid	Difusi cakram	<i>Staphylococcus aureus</i>	Ekstrak etil asetat konsentrasi 5%, 10, 25 dan 45% memberikan efek antibakteri, dengan diameter rata-rata 12 mm (kuat), sedangkan ekstrak etanol dan metanol tidak aktivitas antimikroba.	Hardani <i>et al.</i> , 2024
<i>Diedem a setosum</i>	Cangkang,	-	Difusi cakram	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella sp.</i> , dan <i>Bacillus cereus</i>	Ekstrak kental metanol, etil asetat, dan kloroform bagian cangkang bulu babi memiliki zona hambat berturut-turut 1,84 mm; 14,18 mm; dan 0,64 mm	Hadinoto <i>et al.</i> , 2017

					terhadap <i>E. coli</i> , 1,84 mm; 1,65 mm; 8,98 mm terhadap <i>Salmonella</i> sp., dan 2,65 mm; 14,49 mm; dan 3,77 mm terhadap <i>B.</i> <i>cereus</i> .	
Diedem a setosu m	Ovarium	-	Difusi cakram	Bakteri gram negative: <i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i> , <i>Salmonella</i> <i>typhi</i> , <i>Shigella</i> <i>flexneri</i> , <i>Salmonella</i> <i>typhimurium</i> , <i>Aeromonas</i> <i>hydrophila</i> , <i>Acinetobacter</i> <i>sp.</i> , <i>Citrobacter</i> <i>freundii</i> dan <i>Klebsiella</i> <i>pneumoniae</i>) Bakteri strain positif: <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i> , <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> , dan <i>Staphylococcus</i> <i>epidermidis</i> .	Ekstrak metanol menghasilkan aktivitas antibakteri terhadap semua bakteri uji dengan zona hambat terbesar pada <i>K. pneumoniae</i> (19,33 mm) diikuti oleh <i>A. hydrophila</i> (18,33 mm.) dan terendah pada <i>Bacillus subtilis</i> (9.73 ± 0.25) sedangkan ekstrak kloroform hanya menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap <i>S. flexneri</i> , <i>S. typhimurium</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>A. hydrophila</i> , <i>S. Aureus</i> dan <i>Acinetobacter</i> <i>sp.</i>	Marimuthu et al., 2015
Echinometra mathaei	Gonad, duri, cangkang, dan <i>Aristotle's lantern</i>	-	Difusi sumur	<i>Streptococcus mutans</i> , <i>Streptococcus sobrinus</i>	Ekstrak etanol 96% dan asetonitril dari gonad <i>E. mathei</i> menunjukkan aktivitas antibakteri	Kazemi et al., 2016

(struktural mulut)	terhadap <i>S. mutans</i> dan <i>S. sobrinus</i> . Hanya ekstrak etanol 96% dari cangkang <i>E. mathei</i> yang menunjukkan aktivitas antibakteri hanya terhadap <i>S. sobrinus</i> . Sementara ekstrak etanol 96%, asetonitril, dan air dari bagian duri dan <i>Aristotle's lantern</i> (struktur mulut) tidak menunjukkan aktivitas antibakteri.
--------------------	--

Berdasarkan hasil kajian literatur, ekstrak berbagai bagian tubuh bulu babi, terutama dari spesies *Diadema setosum* dan *Echinometra mathaei*, menunjukkan aktivitas antibakteri yang bervariasi. Secara umum, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ekstrak bulu babi memiliki potensi antibakteri, terutama terhadap bakteri gram-positif meliputi *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus epidermidis* serta beberapa bakteri gram-negatif meliputi *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri*, *Acinetobacter sp*, *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Klebsiella pneumonia*. (Rusman *et al.*, 2020; Akerina *et al.*, 2015; Marimuthu *et al.*, 2015; Kazemi *et al.*, 2016; Hardani *et al.*, 2024).

Efektivitas antibakteri dapat dipengaruhi oleh bagian tubuh bulu babi yang digunakan. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa berbagai bagian tubuh bulu babi memiliki tingkat efektivitas yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Marimuthu *et al.* (2015) menemukan hasil ekstrak kental metanol dari ovarium *Diadema setosum* menghasilkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *Klebsiella pneumoniae* dan *Aeromonas hydrophila*. Ekstrak ovarium bulu babi juga diketahui memiliki zona penghambatan yang lebih bernilai tinggi terhadap beberapa bakteri apabila dibandingkan dengan antibiotik konvensional seperti streptomisin, ampisilin, sefalekssin,

dan gentamisin terhadap beberapa bakteri seperti *S. Aureus*, *S. flexneri*, *S. typhimurium*, *K. pneumoniae*, *A. hydrophila*, dan *C. Freundii*. Selain itu, bakteri *Citrobacter freundii* tidak terhambat oleh ampisilin, sefaleksin, dan gentamisin, tetapi ekstrak metanol ovarium bulu babi menunjukkan penghambatan terhadap bakteri ini.

Selain itu, ekstrak gonad *Diadema setosum* juga menunjukkan aktivitas antibakteri pada isolat *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Namun, kekuatan aktivitas tersebut bervariasi akibat penggunaan pelarut ekstraksi yang berbeda. Indrawati *et al.* (2018) menunjukkan bahwa ekstrak dengan pelarut etanol 96% dari gonad *Diadema setosum* menunjukkan aktivitas antibakteri berkekuatan sedang terhadap *Escherichia coli* dan dalam kategori kuat terhadap *Staphylococcus aureus*. Sementara itu, Akerina *et al.* (2015) menemukan bahwa ekstrak gonad *Diadema setosum* dengan pelarut etil asetat memiliki daya hambat tertinggi dibandingkan ekstrak n-heksan dan metanol. Hal ini sejalan dengan penelitian Rompas *et al.* (2022), yang menemukan bahwa fraksi etil asetat ekstrak gonad memiliki kemampuan hambat lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi n-heksan dan metanol, meskipun aktivitas antibakterinya masih tergolong lemah.

Selain gonad, cangkang bulu babi juga memiliki aktivitas antibakteri yang cukup signifikan. Penelitian Hardani *et al.* (2024) menunjukkan hasil bahwa ekstrak etil asetat dari cangkang *Diadema setosum* menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *Staphylococcus aureus* yang diisolasi dari ulkus kaki diabetik. Hal ini dimungkinkan oleh keberadaan alkaloid, tanin, dan flavonoid yang ditemukan dalam ekstrak etil asetat. Aktivitas antibakteri ini berpotensi dalam mengatasi infeksi bakteri lain, termasuk yang terkait dengan ulkus diabetik pada penderita diabetes mellitus.

Tidak hanya itu, penelitian lainnya menemukan hasil yaitu ekstrak metanol, etil asetat, dan kloroform cangkang *Diadema setosum* memberikan efek antibakteri terhadap *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella sp.* Sejalan dengan penelitian Hardani *et al.* (2024), ekstrak etil asetat menghasilkan zona hambat paling tinggi dibandingkan dengan ekstrak metanol dan kloroform (Hadinoto *et al.*, 2017). Ekstrak etanol 96% bagian badan dan duri *Diadema setosum* juga memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* meskipun kategori kekuatannya tergolong sedang dengan zona hambat masing-masing 8 mm dan 9,5 mm terhadap bakteri *Escherichia coli* serta 8,5 mm dan 8,5 mm terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (Indrawati *et al.*, 2018).

Sifat antibakteri tidak hanya ditunjukkan oleh ekstrak bulu babi spesies *Diadema setosum* melainkan juga spesies *Echinometra mathaei* yaitu pada bakteri gram positif *Streptococcus mutans* dan *Streptococcus sobrinus* yang keduanya berperan penting dalam

penyakit pada rongga mulut. Meskipun demikian, ekstrak dari *Aristotle's lantern* (bagian mulut) dan duri *E. mathaei* tidak memunculkan aktivitas antibakteri terhadap kedua bakteri tersebut. Hasil ini kemungkinan terjadi karena fungsi utama jaringan-jaringan tersebut yang lebih bersifat struktural dalam menghadapi tekanan lingkungan, seperti perlindungan dari predator dan adaptasi terhadap lingkungan, tanpa peran signifikan dalam mekanisme pertahanan kimiawi (Kazemi *et al.*, 2016).

Sebaliknya, aktivitas antibakteri tertinggi terhadap *S. mutans* dan *S. sobrinus* terdeteksi pada ekstrak organik gonad *E. mathaei*. Efektivitas ini diduga berkaitan dengan paparan telur bulu babi terhadap patogen di lingkungan laut yang memungkinkan adanya pewarisan imunitas dari induknya. Salah satu mekanisme yang paling mungkin berperan adalah keberadaan peptida antimikroba dalam jaringan gonad, yang berkontribusi terhadap pertahanan biologisnya (Kazemi *et al.*, 2016).

Sifat antibakteri ekstrak bulu babi terhadap bakteri-bakteri ini berasal dari senyawa bioaktif metabolit sekundernya, seperti flavonoid, tanin, alkaloid, saponin, steroid, dan triterpenoid. Senyawa-senyawa tersebut berperan terhadap sifat antibakteri ekstrak bulu babi melalui mekanisme yang berbeda. Flavonoid dapat merusak membran sel bakteri akibat kemampuannya membentuk ikatan bersama protein ekstraseluler bakteri, tanin bersifat toksik dan dapat merusak sistem metabolisme bakteri, saponin memicu perubahan permeabilitas membran sel bakteri sehingga menyebabkan pecahnya sel, sedangkan senyawa yang berasal dari steroid dan triterpenoid menghambat proses sintesis protein dan mengubah struktur penyusun sel bakteri, sehingga menghambat pertumbuhan bakteri (Hardani *et al.*, 2024; Indrawati *et al.*, 2018).

Senyawa golongan lain yang terdapat dalam ovarium bulu babi seperti karotenoid dan polihidroksilasi naftokuinon contohnya *echinochrome A* juga memiliki aktivitas antioksidan yang kuat. Selanjutnya, bagian gonad bulu babi kaya akan berbagai senyawa bioaktif termasuk asam lemak tak jenuh ganda meliputi asam *eicosapentaenoic* (EPA) dan asam *docosahexaenoic* (DHA) (Marimuthu *et al.*, 2015). Kedua asam lemak tersebut diketahui menghasilkan aktivitas antibakteri dengan mempengaruhi integritas membran plasma bakteri sehingga menyebabkan kerusakan sel dan kematian sel. Saat terinkorporasi ke dalam membran sel, asam lemak tersebut meningkatkan fluiditas dan permeabilitas membran yang berakibat pada kerusakan hingga kematian sel. Efek ini semakin diperburuk oleh keberadaan ikatan rangkap tak jenuh yang tampaknya memiliki efek toksik terhadap membran sel bakteri (Sun *et al.*, 2016).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Ekstrak bulu babi, khususnya dari spesies *Diadema setosum* dan *Echinometra mathaei*, memiliki potensi sebagai agen antibakteri alami terhadap berbagai bakteri, antara lain bakteri gram-positif meliputi *Propionibacterium acnes*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, dan *Staphylococcus epidermidis* serta beberapa bakteri gram-negatif meliputi *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila*, *Acinetobacter sp*, *Citrobacter freundii*, dan *Klebsiella pneumonia*. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan metode ekstraksi, mengidentifikasi mekanisme aksi senyawa bioaktif, serta menguji efektivitasnya dalam model in vivo dan uji klinis.

DAFTAR REFERENSI

- Akerina, F. O., Nurhayati, T., & Suwandi, R. (2015). Isolation and characterization of antibacterial compounds from sea urchin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(1).
- El-Sayed, W. M. M., Elshaer, M. M., Ibrahim, A. H., & El-Metwaly, M. E. A. (2020). Antimicrobial agents from sea urchin (*Diadema setosum*) collected from the Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(5), 33–51.
- Fofied, S. K. S., Sabdono, A., & Wijayanti, D. P. (2018). Potential bacterial symbion of sea urchin as a multi-drug resistant (MDR) antibacterial agent against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria. *Ilmu Kelautan*, 23(3), 131–136.
- Hadinoto, S., Sukaryono, I. D., & Siahay, Y. (2017). Kandungan gizi gonad dan aktivitas antibakteri ekstrak cangkang bulu babi (*Diadema setosum*). *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 12(1), 71–78.
- Hardani, H., Sukmana, D. J., & Atfal, B. (2024). The potential of sea urchin (*Diadema setosum*) extracts as antibacterial against *Staphylococcus aureus*. *Trends in Sciences*, 21(1), 7169–7169.
- Haug, T., Kjuul, A. K., Styrvold, O. B., Sandsdalen, E., Olsen, Ø. M., & Stensvåg, K. (2002). Antibacterial activity in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinoidea), *Cucumaria frondosa* (Holothuroidea), and *Asterias rubens* (Asteroidea). *Journal of Invertebrate Pathology*. (Volume & pages not provided—please complete if available).
- Indrawati, I., Hidayat, T. R., & Rossiana, N. (2018). Antibakteri dari bulu babi (*Diadema setosum*) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Biodjati*, 3(2), 183–192.
- Kazemi, S., Heidari, B., & Rassa, M. (2016). Antibacterial and hemolytic effects of aqueous and organic extracts from different tissues of sea urchin *Echinometra mathaei* on pathogenic streptococci. *International Aquatic Research*, 8, 299–308.

- Kemenkes RI. (2020). *Laporan nasional surveilans resistensi antimikroba tahun 2019*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Maharani, D., & Nugraha, W. A. (2022). Kelimpahan bulu babi (Echinoidea) di perairan Gili Raja Kabupaten Sumenep. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*, 3(2), 37–44.
- Marimuthu, K. P., Gunaselvam, P., Rahman, A., Xavier, R., Arockiaraj, J., Subramanian, S., Yousoff, F. M., & Arshad, A. (2015). (Title not provided). *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 19, 1895–1899. (Please provide article title.)
- Mulyana, J. S., Melinia, N. A., & Mareta, G. (2023). Biodiversity of sea urchin in the area of Sari Ringgung Beach, Pesawaran Regency, Lampung. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 9(1), 10–22.
- Rompas, G., Lintang, R. A., Sumilat, D. A., Rumengan, I. F. M., Ginting, E. L., & Pangkey, H. D. (2022). Antibacterial activity and zoochemical analysis of sea urchin *Diadema setosum* extract from Aertembaga Waters, Bitung City. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(2), 372–379.
- Rusman, R., Rante, H., & Maulidya, T. (2020). Uji daya hambat ekstrak etanol cangkang bulu babi (*Diadema setosum*) terhadap bakteri *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Farmasi dan Bahan Alam: FARBAL*, 8(1), 40–48.
- Sieberi, B. M., Omwenga, G. I., Wambua, R. K., Samoei, J. C., & Ngugi, M. P. (2020). Screening of the dichloromethane:methanolic extract of *Centella asiatica* for antibacterial activities against *Salmonella typhi*, *Escherichia coli*, *Shigella sonnei*, *Bacillus subtilis*, and *Staphylococcus aureus*. *The Scientific World Journal*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/6378712>