

Comparison of Anti-Bacterial Activity of Methanol Extract and Non-Polar Fraction of Macroalgae *Sargassum* sp.

Adi Tri Wibowo¹, Sri Widyastuti², Eka Sunarwidhi Prasedya^{3,4}, Neneng Rachmalia Izzatul Mukhlisah¹, Kukuh Waseso Jati Pangestu³, Anggit Listyacahyani Sunarwidhi^{1,3*}

¹Department of Pharmacy, Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Mataram, Indonesia;

²Faculty of Food Science & Technology, University of Mataram, Indonesia;

³University of Mataram Center for Marine Biorefinery, Indonesia;

⁴Department of Biology, Faculty of Mathematics & Life Sciences, University of Mataram, Indonesia;

Article History

Received : October 16th, 2025

Revised : October 25th, 2025

Accepted : October 31th, 2025

*Corresponding Author:

Anggit Listyacahyani Sunarwidhi, Department of Pharmacy, Faculty of Medicine and Health Sciences, University of Mataram, Mataram, Indonesia;

Email:

anggit.sunarwidhi@unram.ac.id

Abstract: *Sargassum* sp. is an abundant source of bioactive non-polar compounds, however their anti-bacterial potential remains understudied. This study aimed to compare the anti-bacterial activity between the methanol extract and non-polar fraction of *Sargassum* sp. Extraction was performed using sonication with methanol, followed by partition with petroleum ether and fractionation on silica gel G60 using n-hexane:ethyl acetate (9:1). FTIR analysis characterized the functional groups, while anti-bacterial evaluation was performed using the disc diffusion method against *Staphylococcus aureus*. Data were analyzed statistically using one-way ANOVA. FTIR spectrum of the methanol extract showed absorption bands corresponding to non-polar compounds. In the non-polar fraction, the bands were more dominant, suggesting a higher content of non-polar compounds. Anti-bacterial evaluation of *Sargassum* sp., methanol extract and non-polar fraction exhibited inhibitory effects against *S. aureus*. The non-polar fraction produced a larger inhibition zone compared to the methanol extract, indicating stronger anti-bacterial activity and significant difference between the two samples ($p < 0.05$). The results of this study showed that the non-polar fraction of *Sargassum* sp. methanol extract has higher anti-bacterial activity compared to the extract. Further studies are recommended to elucidate the individual bioactive compounds and identify their anti-bacterial mechanisms.

Keywords: Anti-bacterial, FTIR, non-polar fraction, *Sargassum* sp.

Pendahuluan

Berbagai studi sebelumnya telah melaporkan bahwa senyawa-senyawa dari organisme laut memiliki potensi bagi kesehatan kulit (Oktarina *et al.*, 2017). *S. aureus* adalah bakteri gram positif yang biasanya ditemukan di permukaan kulit dan saluran pernapasan manusia (Linz *et al.*, 2023). Bakteri ini diketahui sebagai penyebab utama berbagai infeksi pada kulit dan jaringan lunak, seperti abses, folikulitis, impetigo, dan selulitis. Selain itu, bakteri patogen ini juga berperan dalam timbulnya infeksi yang lebih serius pada organ lainnya, seperti pneumonia dan sepsis (Husein *et al.*, 2025; Linz

et al., 2023). Peningkatan resistensi antibiotik terhadap *S. aureus* kini sangat mengkhawatirkan dan antibiotik konvensional semakin kurang efektif, sehingga perlu adanya eksplorasi agen anti-bakteri alternatif yang berasal dari sumber alami (Vladkova *et al.*, 2024; Ye *et al.*, 2020).

Rumput laut atau makroalgae adalah salah satu sumber utama senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai anti-bakteri, antioksidan, dan anti-inflamasi (Cadar *et al.*, 2025; Matos *et al.*, 2024). Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki kekayaan sumber daya laut yang sangat tinggi, termasuk rumput laut. Salah satu wilayah dengan ketersediaan rumput laut yang tinggi adalah daerah pesisir pantai Nusa

Tenggara Barat (NTB) dengan berbagai macam spesies rumput laut (Prasedya *et al.*, 2021; Safitri *et al.*, 2021). Namun demikian, sebagian besar rumput laut ini belum dimanfaatkan secara optimal, terutama untuk eksplorasi senyawa bioaktif yang dapat berperan sebagai agen anti-bakteri alami. Aktivitas biologis rumput laut sangat berkaitan dengan kandungan senyawanya, terutama senyawa non-polar seperti sterol dan triterpenoid (Diachanty *et al.*, 2017; Sohn *et al.*, 2021).

Sterol di dalam rumput laut dikenal sebagai fitosterol, yaitu senyawa yang memiliki struktur serupa dengan kolesterol namun mengandung gugus alkil tambahan pada rantai samping inti sterol (Sohn *et al.*, 2021). Fitosterol yang diperoleh dari rumput laut dikenal memiliki banyak aktivitas biologis antara lain sebagai anti-bakteri, immunomodulator, anti-inflamasi, anti-hiperkolesterol, anti-oksidan, anti-kanker, dan anti-diabetes (Jati *et al.*, 2019; Sohn *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022; Omari *et al.*, 2024). Penelitian terdahulu telah menunjukkan adanya aktivitas anti-bakteri pada ekstrak kasar atau polar dari rumput laut, namun studi terkait fraksi non-polarnya masih sangat terbatas.

Sargassum sp., adalah salah satu spesies rumput laut yang melimpah di perairan Indonesia terutama Lombok, NTB, dan telah diketahui mengandung senyawa non-polar termasuk senyawa turunan sterol (Sedjati *et al.*, 2024). Meskipun demikian, pemanfaatan senyawa non-polar dari rumput laut ini masih terbatas karena kandungannya yang rendah dalam ekstrak kasar. Berdasarkan pemaparan tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk membandingkan aktivitas anti-bakteri antara ekstrak metanol dan fraksi non-polar ekstrak *Sargassum* sp., yang diperoleh dari perairan Lombok, Indonesia.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian laboratorium eksperimental dan dengan metode *non-probability sampling* dalam pengambilan sampelnya, karena terdapat kriteria tertentu yang harus dipenuhi. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret – Agustus 2024. Lokasi pengambilan sampel rumput laut *Sargassum* sp., adalah di perairan pesisir Lombok, Nusa Tenggara Barat, karena lokasi tersebut merupakan tempat tersedianya rumput laut *Sargassum* sp. Lokasi penelitian adalah di

Laboratorium Imunobiologi, Universitas Mataram. Variabel bebas (ekstrak metanol dan fraksi non-polar *Sargassum* sp.), variabel terikat (aktivitas anti-bakteri), dan variabel kontrol yaitu clindamycin (kontrol positif) dan n-heksana (kontrol negatif).

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan meliputi berbagai jenis alat-alat gelas laboratorium (Pyrex, Germany), cawan petri (Iwaki, Indonesia), FTIR (Perkin Elmer *Spectrum Two*, USA), kromatografi kolom dengan fase diam silika gel G60 (Merck, Germany), dan *Laminar Air Flow* (Esco, Singapore). Bahan yang digunakan meliputi alkohol 70% (OneMed, Indonesia), asam asetat anhidrat (Merck, Germany), etil asetat, HCl 2 N (Merck, UK), asam sulfat (H₂SO₄) pekat (Merck, UK), etanol (Merck, Germany), n-heksana (Merck, Germany), clindamycin (Sigma-Aldrich, USA), kloroform p.a. (Merck, Germany), media *Mueller Hinton Agar* (Oxoid, UK), metanol (Merck, Germany), NaHCO₃ (Merck, Germany), Na₂SO₄ (Merck, Germany), petroleum eter (Merck, Germany), serta kertas saring Whatman (Whatman, UK). Sampel *Sargassum* sp., yang diperoleh dari perairan Lombok, NTB, Indonesia.

Sampling, Ekstraksi dan Fraksinasi

Rumput laut *Sargassum* sp., dikoleksi dari perairan Lombok, Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Selanjutnya, sampel dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih, kemudian dibiarkan kering pada suhu ruang dan diblender hingga halus. 100 gram sampel diekstraksi menggunakan metode sonikasi selama 30 menit dengan pelarut metanol. Selanjutnya ekstrak disaring menggunakan kertas saring Whatman dan proses sonikasi diulangi kembali sebanyak 3 kali hingga filtrat yang dihasilkan bening kemudian dipekatkan dengan *rotary evaporator*, diikuti dengan partisi. Fase organik hasil partisi petroleum eter yang telah diketahui mengandung senyawa turunan non-polar (**Gambar 1**), kemudian dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak pekat. Fraksinasi dilakukan melalui kromatografi kolom basah menggunakan fase diam silika gel G60 dan eluen n-heksana:etil asetat (9:1). Fraksi hasil elusi kemudian

dipekatkan dengan *rotary evaporator* untuk memperoleh fraksi non-polar.

Analisis Fitokimia dengan Metode Tabung

Uji fitokimia awal dilakukan dengan metode tabung, di mana sebanyak 1 mg fraksi hasil partisi petroleum eter dilarutkan dalam 0,5 mL kloroform, kemudian ditambahkan 0,5 mL asam asetat anhidrat dan 1-2 mL H₂SO₄ pekat untuk mengamati reaksi positif terhadap senyawa non-polar yaitu senyawa steroid dan triterpenoid.

Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisis FTIR dilakukan dengan menimbang sampel ekstrak maupun fraksi pekat sebanyak 0,01 gram dan analisis dilakukan dengan menggunakan FTIR (Perkin Elmer tipe *Spectrum Two*). Sampel yang telah ditimbang kemudian diletakkan pada jendela optik di atas kristal ZnSe tanpa melalui proses penekanan (*force gauge*). Pengukuran dilakukan sesuai dengan standar operasi spektrofotometer *infrared*, dengan rentang bilangan gelombang 4000-500 cm⁻¹, resolusi 4 cm⁻¹, serta dilakukan 16 kali pembacaan untuk memperoleh hasil yang representatif.

Uji Aktivitas Anti-bakteri

Uji aktivitas anti-bakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram yang dimodifikasi berdasarkan prosedur Cappuccino & Welsh, (2018); Maulana *et al.*, (2024). Suspensi bakteri disiapkan dengan menyesuaikan konsentrasi sesuai standar 0,5 McFarland (1,5 × 10⁸ CFU/mL). Seluruh proses dilakukan secara aseptis di dalam *Laminar Air Flow* (LAF) untuk memastikan kondisi tetap steril. Media MHA dibuat dengan konsentrasi 34 g/L, kemudian dituangkan ke dalam cawan petri hingga mencapai ketebalan sekitar ±4 mm di dekat api bunsen. Setelah media dipastikan padat, sebanyak 200 µL suspensi bakteri diinokulasikan ke permukaannya, diratakan menggunakan spreader, lalu dibiarkan selama 5 menit. Selanjutnya, 20 µL larutan uji dari masing-masing konsentrasi (25%, 75%, dan 100%) diteteskan pada cakram kertas steril, kemudian diletakkan di atas media MHA menggunakan pinset steril. Sebagai kontrol positif digunakan clindamycin, sedangkan n-heksana digunakan sebagai kontrol negatif. Semua cawan petri kemudian diinkubasi pada

suhu 37°C selama 18–24 jam, dan hasilnya diamati berdasarkan zona hambat pertumbuhan bakteri yang terbentuk di sekitar cakram uji.

Analisis Data

Aktivitas anti-bakteri diamati dengan mengukur diameter zona hambat yang berada di sekitar kertas cakram uji, dan hasil pengukuran tersebut dihitung menggunakan persamaan 1. Kemudian data dianalisis dengan uji *one-way ANOVA* menggunakan *software GraphPad Prism Version 10.5.0*.

$$\text{Zona Hambat} = \frac{(d1-dc)+(d2-dc)+d3-dc)+(d4-dc)}{4} \quad (1)$$

Keterangan :

d = diameter

c = cakram

Aktivitas anti-bakteri umumnya diklasifikasikan menjadi empat kategori, antara lain lemah apabila zona hambat <5 mm, sedang jika berada pada rentang 5-10 mm, kuat antara 10-20 mm, dan sangat kuat >20 mm (Davis & Stout, 1971; Emelda *et al.*, 2021; Faisal *et al.*, 2025).

Hasil dan Pembahasan

Ekstraksi dan Fraksinasi Non-Polar *Sargassum* sp.

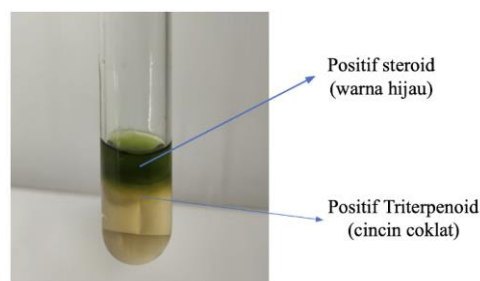
Proses ekstraksi *Sargassum* sp., menggunakan pelarut metanol dengan metode sonikasi menghasilkan rendemen ekstrak sebesar 4,62%, selanjutnya proses partisi menggunakan petroleum eter menghasilkan rendemen fraksi non-polar sebesar 4,36%. Hasil rendemen tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar komponen lipofilik yang terkandung dalam ekstrak metanol, berhasil ditarik ke dalam fase petroleum eter. Sejalan dengan prinsip fraksinasi yang memisahkan senyawa berdasarkan perbedaan tingkat kepolaran pelarut (Pratiwi *et al.*, 2016).

Metode sonikasi dengan pelarut metanol terbukti efektif dalam memecah dinding sel makroalgae dan membantu melepaskan senyawa steroid yang terkandung dalam sampel ke pelarut, sehingga proses difusi komponen senyawa berlangsung lebih cepat (Uddin *et al.*, 2018). Hasil ini sesuai dengan Lee *et al.*, (2024), yang menyatakan bahwa penggunaan sonikasi

pada ekstraksi makroalgae dan menghasilkan rendemen lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional. Proses hidrolisis dengan HCl 2N, kemudian pemutusan ikatan glikosida menjadi steroid dan triterpenoid ke fase petroleum eter. Dengan demikian, hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi metode ekstraksi dan fraksinasi *Sargassum* sp., mampu meningkatkan proses pemisahan senyawa non-polar secara efektif.

Analisis Fitokimia

Hasil uji fitokimia terhadap ekstrak partisi petroleum eter *Sargassum* sp., menunjukkan adanya kandungan senyawa golongan steroid dan triterpenoid, ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Uji Fitokimia Ekstrak Partisi Petroleum Eter *Sargassum* sp.

Tujuan dilakukannya uji fitokimia yaitu untuk mengetahui keberadaan senyawa non-polar seperti steroid dan triterpenoid yang terkandung dalam sampel. Ekstrak partisi petroleum eter rumput laut coklat *Sargassum* sp., membentuk warna hijau dan cincin kecoklatan pada pembatas dua pelarut (Emilia *et al.*, 2023; La *et al.*, 2021). Temuan didukung berdasarkan penelitian Noyanti *et al.*, (2023), mendeteksi kandungan senyawa steroid pada ekstrak etanol *Sargassum* sp., yang berasal dari perairan pulau Temajo ditandai dengan perubahan warna biru kehijauan mengindikasikan hasil positif. Perbedaan warna pada hasil reaksi tersebut dapat disebabkan oleh faktor lingkungan dan diakibatkan oleh perbedaan gugus pada atom C-4 (Marliana & Saleh, 2011; Noyanti *et al.*, 2023). Selain itu, pada penelitian ini menggunakan pelarut non-polar (petroleum eter), sedangkan penelitian Noyanti *et al.*, (2023) menggunakan pelarut polar (etanol). Meskipun terdapat perbedaan intensitas warna, kedua hasil tersebut menunjukkan kesesuaian bahwa *Sargassum* sp., merupakan sumber alami senyawa steroid dan

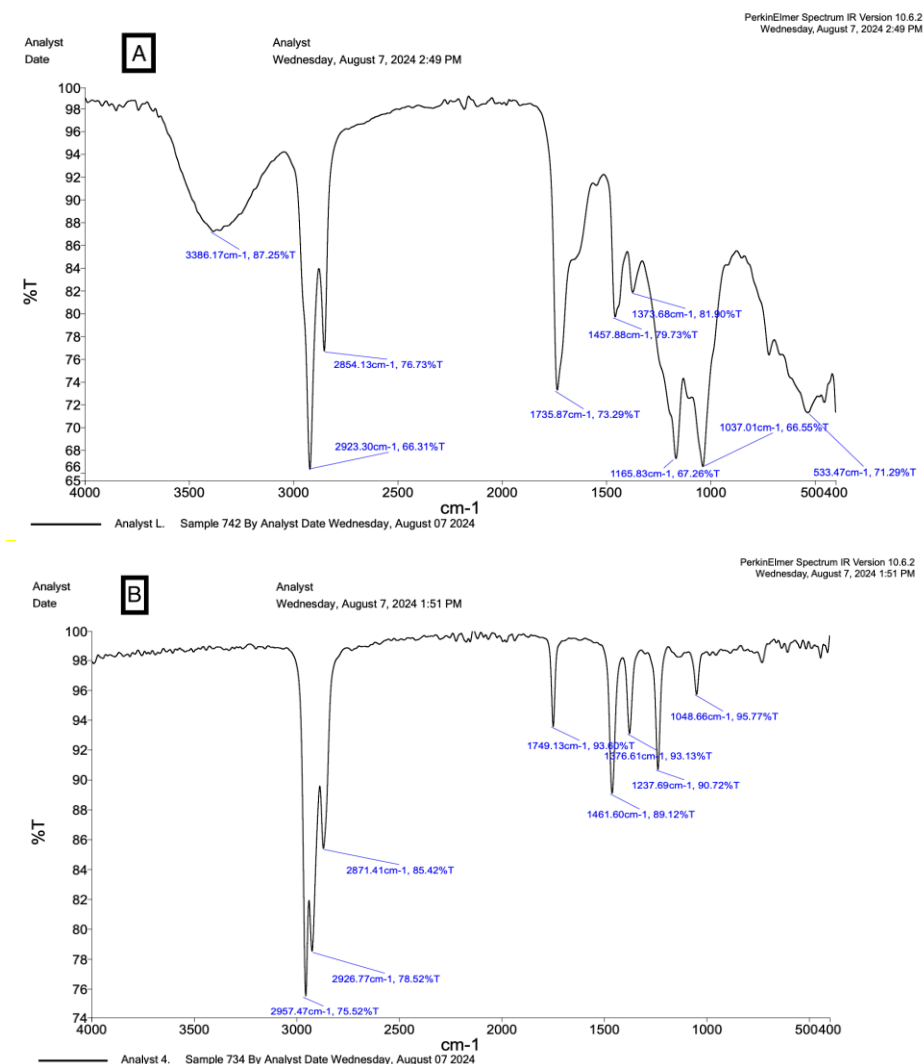
triterpenoid (Marliana & Saleh, 2011; Noyanti *et al.*, 2023). Dengan demikian, deteksi senyawa tersebut menjadi dasar ilmiah untuk memahami keterkaitan antara kandungan senyawa dan aktivitas anti-bakteri yang diamati.

Analisis FTIR

Hasil identifikasi senyawa ekstrak metanol dan fraksi non-polar ekstrak metanol *Sargassum* sp., ditampilkan pada **Gambar 2**, sedangkan spektrum FTIR dari ekstrak metanol *Sargassum* sp., disajikan pada **Tabel 1**. Hasil menunjukkan adanya beberapa serapan utama, yaitu O-H stretching, C-H alifatik, dan C=O stretching yang masing-masing menunjukkan keberadaan gugus alkohol, alifatik, dan ester/keton. Sedangkan hasil spektrum FTIR fraksi non-polar ekstrak metanol *Sargassum* sp., disajikan pada **Tabel 2**. Hasil spektrum FTIR fraksi non-polar ekstrak metanol *Sargassum* sp., mengindikasikan keberadaan gugus C-H aliphatic dan C=O ester, tanpa adanya serapan O-H, yang berarti bahwa fraksi ini memiliki senyawa lipofilik atau non-polar seperti sterol dan triterpenoid yang berpotensi sebagai anti-bakteri (Madjid, Rahmawati, & Fasya, 2020; Riwanti & Izazih, 2019; Wrońska *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian Savaghebi *et al.*, (2020), spektrum FTIR ekstrak *Sargassum* sp., menunjukkan serapan spektrum terdeteksi pada 3300-3400 cm^{-1} diidentifikasi sebagai gugus O-H stretching dari senyawa fenol. Hasil ini mendukung temuan pada penelitian ini, di mana keberadaan puncak serupa pada 3386 cm^{-1} juga menandakan adanya senyawa alkohol atau fenol dalam ekstrak metanol *Sargassum* sp. Selain itu, menurut Al-Kelani & Buthelezi, (2024), terdapat serapan pada 2920 cm^{-1} dan 2850 cm^{-1} yang merupakan C-H stretching alifatik (CH_2) dari rantai metilen dalam struktur lipid membran, sedangkan pita serapan 1740 cm^{-1} menunjukkan C=O stretching karbonil dari gugus fosfolipid. Hal serupa juga dilaporkan oleh Savaghebi *et al.*, (2020), pada *Sargassum boveanum* dengan pita serapan 2920, 2852, dan 1731 cm^{-1} . Hasil serapan tersebut sejalan dengan temuan pada penelitian ini, di mana puncak kuat pada daerah 2926-2871 cm^{-1} dan 1749 cm^{-1} mengindikasikan keberadaan senyawa lipofilik atau non-polar. Kesamaan hasil serapan tersebut mengindikasikan adanya kandungan lipid pada fraksi non-polar *Sargassum* sp., dan membuktikan efektivitas

proses fraksinasi dalam memperoleh senyawa non-polar dari ekstrak metanol.



Gambar 2. Hasil Identifikasi Senyawa dengan FTIR; (A) Ekstrak Metanol *Sargassum* sp., (B) Fraksi Non-Polar Ekstrak Metanol *Sargassum* sp.

Tabel 1. Hasil Spektrum FTIR Ekstrak Metanol *Sargassum* sp.

Peak (cm ⁻¹)	Gugus Fungsional	Rentang Peak (cm ⁻¹)	Y (%T)
3386.17	O-H stretching (alkohol/fenol)	3400-3200	87.25
2923.30	C-H stretching (alkana, CH ₂ , CH ₃)	3000-2850	66.31
2854.13	C-H stretching (aldehida/alkana)	2900-2800	76.73
1735.87	C=O stretching (ester/keton)	1750-1730	73.29
1457.88	CH ₂ bending/C=C stretch (cincin aromatik)	1465-1450	79.73
1373.68	CH ₃ bending (alkana)	1380-1370	81.90
1165.83	C-O stretching (alkohol, ester, eter)	1300-1000	67.26
1037.01	C-O stretching (ester/eter)	1160-1030	66.55
533.47	C-X (halogen, terutama C-Br/C-I)	<667	71.29

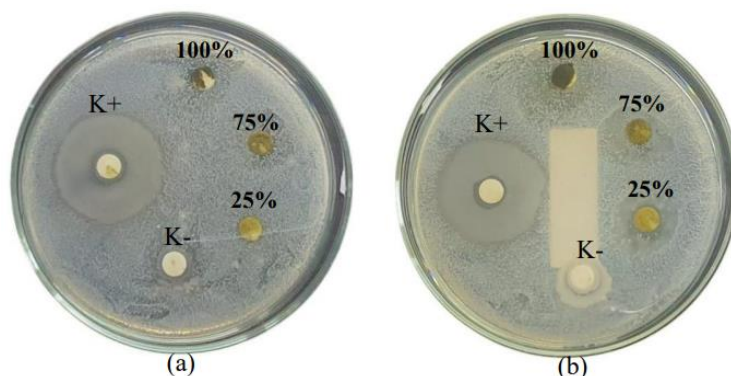
Tabel 2. Hasil Spektrum FTIR Fraksi Non-polar Ekstrak Metanol *Sargassum* sp.

Peak (cm ⁻¹)	Gugus Fungi	Rentang Peak (cm ⁻¹)	Y (%T)
2957.47	C-H stretching (asymmetric CH ₃ /CH ₂)	2960-2850	75.52
2926.77	C-H stretching (CH ₂ aliphatic)	2925-2850	78.52
2871.41	C-H stretch (CH ₃ symmetric)	2880-2840	85.42
1749.13	C=O stretching (ester/ketone)	1750-1730	93.60
1461.60	CH ₂ bending (alkane)	1470-1450	89.12
1376.61	CH ₃ bending (alkane)	1380-1370	93.13
1237.69	C-O stretching (ester/eter)	1260-1000	90.72
1048.66	C-O stretching (alkohol sekunder/ester)	1100-1000	95.77

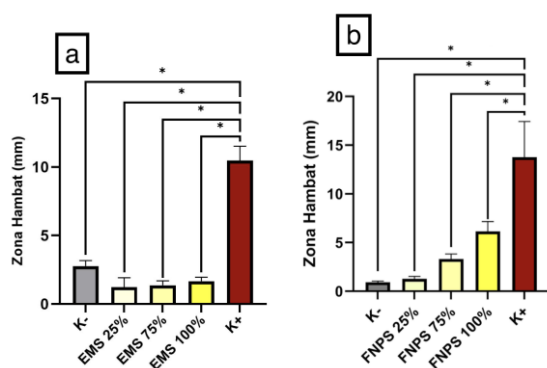
Uji Aktivitas Anti-bakteri

Hasil pengujian aktivitas anti-bakteri dari ekstrak metanol dan fraksi non-polar *Sargassum* sp., ditampilkan pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Berdasarkan hasil pengamatan, bahwa ekstrak metanol *Sargassum* sp., menghasilkan zona hambat pada konsentrasi 100% sebesar 1.7±0.3

mm±SD, sedangkan zona hambat fraksi non-polar pada konsentrasi 100% menghasilkan zona hambat lebih tinggi yaitu 6,1±1.0 mm±SD. Sebagai pembanding kontrol positif yaitu clindamycin memiliki zona hambat dengan kategori kuat terhadap bakteri *S. aureus*.



Gambar 3. Pengamatan Uji Aktivitas *Sargassum* sp. terhadap *S. aureus* (a) Ekstrak metanol *Sargassum* sp., (b) Fraksi non-polar *Sargassum* sp.



Gambar 4. Grafik data zona hambat uji anti-bakteri terhadap *S. aureus*. (a) Ekstrak metanol *Sargassum* sp., (b) Fraksi non-polar *Sargassum* sp. K- : Kontrol negatif; K+ : Clindamycin 0,001%; *: significant

Hasil pengujian menunjukkan bahwa fraksi non-polar *Sargassum* sp. memiliki aktivitas anti-bakteri lebih tinggi dibandingkan

dengan ekstrak metanol, meskipun menurut Davis & Stout, (1971), kedua zona hambat tersebut termasuk kategori lemah. Hal ini menunjukkan bahwa proses fraksinasi mampu meningkatkan konsentrasi dan aktivitas senyawa lipofilik non-polar yang lebih dominan dalam proses penghambatan pertumbuhan *S. aureus*. Apabila dibandingkan dengan penelitian Pangestuti *et al.*, (2017), ekstrak metanol *Sargassum* sp., pada konsentrasi 15% mampu menghasilkan zona hambat sebesar 6,32±0,27 mm±SD, lebih tinggi daripada fraksi non-polar pada penelitian ini yang diuji pada konsentrasi 100%. Namun, hasil penelitian saat ini menegaskan bahwa senyawa non-polar (sterol dan triterpenoid) memiliki efektivitas sebagai anti-bakteri.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi non-polar yang diperoleh menunjukkan aktivitas anti-bakteri lebih tinggi, dibandingkan ekstrak metanol terhadap *S. aureus*. Identifikasi dan analisis lebih lanjut diperlukan untuk menentukan senyawa spesifik yang terdapat di dalam ekstrak metanol maupun fraksi non-polar ekstrak metanol *Sargassum sp.*

Ucapan Terima Kasih

Seluruh penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mataram yang telah mendanai penelitian ini melalui skema penelitian PNPB Unram 2024.

Referensi

- Al-Kelani, M., & Buthelezi, N. (2024). Advancements in Medical Research: Exploring Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy for Tissue, Cell, and Hair Sample Analysis. *Skin Research and Technology*, 30(6), 1–13. <https://doi.org/10.1111/srt.13733>
- Cadar, E., Popescu, A., Dragan, A. M. L., Pesterau, A. M., Pascale, C., Anuta, V., Prasacu, I., Velescu, B. S., Tomescu, C. L., Bogdan-Andreescu, C. F., Sirbu, R., & Ionescu, A. M. (2025). Bioactive Compounds of Marine Algae and Their Potential Health and Nutraceutical Applications: A Review. *Marine Drugs*, 23(152), 1–67. <https://doi.org/10.3390/md23040152>
- Cappuccino, J. G., & Welsh, C. (2018). *Microbiology: A Laboratory Manual* (11th ed.). Pearson Education Limited 2018.
- Davis, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay. *Applied Microbiology*, 22(4), 666–670. <https://doi.org/10.1128/aem.22.4.666-670.1971>
- Diachanty, S., Nurjanah, & Abdullah, A. (2017). Aktivitas Antioksidan Berbagai Jenis Rumput Laut Coklat dari Perairan Kepulauan Seribu. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 305. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v20i2.18013>
- Emelda, Safitri, E. A., & Fatmawati, A. (2021). Aktivitas Inhibisi Ekstrak Etanolik Ulva lactuca terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 7(1), 43–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.pji.2021.007.01>
- Emilia, I., Setiawan, A. A., Novianti, D., Mutiara, D., & Rangga. (2023). Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Sungkai (*Peronema canescens* Jack.) Secara Infundasi dan Maserasi. *Jurnal Indobiosains*, 5(2), 95–102. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0541-2_892
- Faisal, M., Hendriyani, I., Azemi, N., & Suryani, A. I. (2025). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Mimba (*Azadirachta Indica* A. Juss) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Journal of Pharmaceutical*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.30989/jop.v3i1.1591>
- Husein, S., Fachrozi, M. N., Lestari, Y. E., & Nofita. (2025). Efektivitas Sintesis CaO Nanopartikel dengan Bawang Putih (*Allium sativum* L.) Sebagai Antibakteri. *Malahayati Health Student Journal*, 5(1), 418–433. <https://doi.org/https://doi.org/10.33024/mahesa.v5i1.16913>
- Jati, B. N., Yunilawati, R., Nuraeni, C., Oktarina, E., Aviandharie, S. A., & Rahmi, D. (2019). Ekstraksi dan Identifikasi Fitosterol Pada Mikroalga *Nannochloropsis occulata*. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(1), 31–36. <https://doi.org/10.24817/jkk.v41i1.4969>
- La, E. O. J., Sawiji, R. T., & Yuliani, N. M. R. (2021). Identifikasi Kandungan Metabolit Sekunder dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak n-Heksana Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima* Merr.). *Jurnal Surya Medika*, 6(2), 185–200. <https://doi.org/10.33084/jsm.v6i2.2136>
- Lee, Z. J., Xie, C., Duan, X., Ng, K., & Suleria, H. A. R. (2024). Optimization of Ultrasonic Extraction Parameters For The Recovery of Phenolic Compounds in Brown Seaweed: Comparison with Conventional Techniques. *Antioxidants*, 13(4), 1–31. <https://doi.org/10.3390/antiox13040409>
- Li, X., Xin, Y., Mo, Y., Marozik, P., He, T., & Guo, H. (2022). The Bioavailability and

- Biological Activities of Phytosterols as Modulators of Cholesterol Metabolism. *Molecules*, 27(2), 1–15. <https://doi.org/10.3390/molecules27020523>
- Linz, M. S., Mattappallil, A., Finkel, D., & Parker, D. (2023). Clinical Impact of *Staphylococcus aureus* Skin and Soft Tissue Infections. *Antibiotics*, 12(3), 1–27. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030557>
- Madjid, A. D. R., Rahmawati, D. A., & Fasya, A. G. (2020). Variasi Komposisi Eluen pada Isolasi Steroid dan Triterpenoid Alga Merah *Eucheuma cottonii* dengan Kromatografi Kolom Basah. *Alchemy*, 8(1), 35–40. <https://doi.org/10.18860/al.v8i1.10040>
- Marliana, E., & Saleh, C. (2011). Phytochemical and Antibacterial Activity Test of Ethanol Extract, n-Hexsane, Ethil Acetat and Methanol Fractions from the Gourds Fruit (*Lagenari siceraria* (Molina) Standl). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 8(2), 63–69.
- Matos, J., Cardoso, C., Serralheiro, M. L., Bandarra, N. M., & Afonso, C. (2024). Seaweed Bioactives Potential as Nutraceuticals and Functional Ingredients: A Review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 133, 106453. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106453>
- Maulana, F. A., Utami, N. W. P., Handayani, E., Kabir, M. M., Inggit, B. P. M. B., Pangestu, K. W. J., Deccati, R. F., Dewi, N. M. A. R., & Sunarwidhi, A. L. (2024). Metabolite Profile of Marine Sponge (*Stylissa* sp.) Lipid Extract and Its Effect on Bacterial Skin Infection. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(1b), 366–372. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i1b.7848>
- Noyanti, R., Sofiana, M. S. J., & Warsidah, W. (2023). Analisis Kandungan Nutrisi, Mineral Esensial dan Uji Fitokimia *Sargassum* sp. Asal Perairan Pulau Temajo, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 6(2), 85–89. <https://doi.org/10.26418/lkuntan.v6i2.64738>
- Oktarina, E., Kimia, B. B., Kemasan, D., Perindustrian, K., Balai Kimia, J., & Timur, J. (2017). Algae: Potency on Cosmetic and Its Biomechanism. *Majalah Teknologi Agro Industri (Tegi)*, 9(2).
- Omari, N. El, Bakrim, S., Khalid, A., Abdalla, A. N., Iesa, M. A. M., El Kadri, K., Tang, S. Y., Goh, B. H., & Bouyahya, A. (2024). Unveiling the Molecular Mechanisms: Dietary Phytosterols as Guardians Against Cardiovascular Diseases. *Natural Products and Bioprospecting*, 14(1), 1–29. <https://doi.org/10.1007/s13659-024-00451-1>
- Pangestuti, I. E., Sumardianto, S., & Amalia, U. (2017). Phytochemical Compound Screening of *Sargassum* sp. and It's Activity as Antibacterial Against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Saintek Perikanan : Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 12(2), 98–102. <https://doi.org/10.14710/ijfst.12.2.98-102>
- Prasedya, E. S., Martyasari, N. W. R., Abidin, A. S., Ilhami, B. T. K., Padmi, H., Widyastuti, S., Sunarwidhi, A. L., & Sunarpi, H. (2021). Antioxidant Activity of Brown Macroalgae *Sargassum* Ethanol Extract From Lombok Coast, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 712(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/712/1/012038>
- Pratiwi, L., Fudholi, A., Martien, R., & Pramono, S. (2016). Ethanol Extract, Ethyl Acetate Extract, Ethyl Acetate Fraction, and n-Heksan Fraction Mangosteen Peels (*Garcinia mangostana* L.) As Source of Bioactive Substance Free-Radical Scavengers. *JPSCR : Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 1(2), 71–82. <https://doi.org/10.20961/jpscr.v1i2.1936>
- Safitri, W., Cokrowati, N., & Diniarti, N. (2021). Pertumbuhan *Sargassum* sp. dengan Berat Bibit Berbeda Pada Budidaya dengan Metode Patok Dasar. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 26(3), 147–153. <https://doi.org/10.15578/ja.v10i02.265>
- Savaghebi, D., Barzegar, M., & Mozafari, M. R. (2020). Manufacturing of Nanoliposomal Extract from *Sargassum boveanum* Algae and Investigating Its Release Behavior and Antioxidant Activity. *Food Science and Nutrition*, 8(1), 299–310. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1306>

- Sedjati, S., Trianto, A., Larasati, S. J. H., & Haquu, A. A. (2024). Metabolit Sargassum sp. Sebagai Agen Antioksidan dan Fotoprotektif Radiasi Ultraviolet. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(3), 487–498. <https://doi.org/10.14710/jkt.v27i3.23999>
- Sohn, S. I., Rathinapriya, P., Balaji, S., Balan, D. J., Swetha, T. K., Durgadevi, R., Alagulakshmi, S., Singaraj, P., & Pandian, S. (2021). Phytosterols in Seaweeds: An overview on Biosynthesis to Biomedical Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(23), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ijms222312691>
- Uddin, M. S., Ferdosh, S., Haque Akanda, M. J., Ghafoor, K., Rukshana, A. H., Ali, M. E., Kamaruzzaman, B. Y., Fauzi, M. B., Hadijah, S., Shaarani, S., & Islam Sarker, M. Z. (2018). Techniques For The Extraction of Phytosterols and Their Benefits in Human Aearth: A Review. *Separation Science and Technology*, 53(14), 1–18. <https://doi.org/10.1080/01496395.2018.1454472>
- Vladkova, T. G., Smani, Y., Martinov, B. L., & Gospodinova, D. N. (2024). Recent Progress in Terrestrial Biota Derived Antibacterial Agents for Medical Applications. *Molecules*, 29(20), 1–48. <https://doi.org/10.3390/molecules29204889>
- Wrońska, N., Szlaur, M., Zawadzka, K., & Lisowska, K. (2022). The Synergistic Effect of Triterpenoids and Flavonoids—New Approaches for Treating Bacterial Infections? *Molecules*, 27(3), 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules27030847>
- Ye, L., Zhang, J., Xiao, W., & Liu, S. (2020). Efficacy and Mechanism of Actions of Natural Antimicrobial Drugs. *Pharmacology and Therapeutics*, 216. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2020.107671>