

## Bioactive Components of Seaweed *Eucheuma cottonii* Potential as Antibacteria

Aisyah Astriani<sup>1\*</sup> & Nurjanah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Aquatic Product Technology, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Bogor Agricultural University, Indonesia;

### Article History

Received : January 16<sup>th</sup>, 2023

Revised : February 24<sup>th</sup>, 2023

Accepted : March 26<sup>th</sup>, 2023

\*Corresponding Author:

**Aisyah Astriani,**

Department of Aquatic Product Technology, Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Bogor Agricultural University, Indonesia;

Email:

[astriani.aisyah@apps.ipb.ac.id](mailto:astriani.aisyah@apps.ipb.ac.id)

**Abstract:** Indonesian waters are rich in biological resources of seaweed, one of which is seaweed *Eucheuma cottonii*. However, its use is still limited for the process of making various foods such as food thickeners, stabilizers and forming food gels. Even though it's seaweed *Eucheuma cottonii* has a much more important role, namely containing bioactive components that can function as antibacterials that are beneficial to human health. The aim of this research is to identify the various bioactive components of seaweed *Eucheuma cottonii* which has potential as an antibacterial. This research method uses a descriptive exploratory method by collecting information from various previous research literature, both from national and international journals and databases online like Researchgate, Google Scholar, and Directory of Open Access Journals. The results of this study indicate the active components of seaweed *Eucheuma cottonii* contains alkaloids, saponins, steroids, flavonoids, and polyphenols soil which can function as an antibacterial against gram-negative and gram-positive bacteria such as *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio cholera* and *Proteus mirabilis*. In order for the bioactive components of seaweed to function effectively as an anti-bacterial, it is better to use a higher concentration of seaweed extract.

**Keywords:** antibacterial; secondary metabolites; *Eucheuma cottonii*; Obstacles zone.

### Pendahuluan

Perairan di Indonesia kaya akan sumber daya hayati yang sangat beragam, khususnya di laut, dengan berbagai jenis biomassa yang dapat ditemukan di permukaan maupun di dasar laut. Salah satu contoh biomassa yang beragam di Indonesia adalah rumput laut, yang tersebar di seluruh perairan Indonesia, dengan karakteristik dan manfaat yang berbeda-beda (Mutamimah *et al.*, 2022). Rumput laut adalah jenis makroalga laut yang biasanya hidup di dasar perairan dan tidak memiliki batang, daun sejati, atau akar (Sanjaya & Rabasari, 2023).

Rumput laut diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan pigmen yang ditemukan di dalamnya yaitu rumput laut coklat (*phaeophyta*), rumput laut hijau (*chlorophyta*), dan rumput laut merah (*rhodophyta*) (Orilda *et*

*al.*, 2022). Rumput laut kaya akan senyawa fenolik, warna alami, polisakarida sulfat, dan serat, yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Selain itu, rumput laut dapat dimanfaatkan di sektor industri (Zainuddin & Nofianti, 2022).

Ciri fisik dari rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah memiliki *thallus* yang berbentuk silindris dengan permukaan yang licin dan konsistensi yang kaku seperti kartilago. Rumput laut ini memiliki nilai ekonomis yang penting salah satunya sebagai sumber karagenan (Firdaus *et al.*, 2018). Karagenan dari rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan kombinasi polisakarida linier sulfat yang terdiri dari D-galaktosa serta 3,6-anhidro-D-galaktosa yang memiliki beberapa kegunaan, antara lain digunakan sebagai pengental, penstabil, pembentuk gel, dan bahkan dalam obat-obatan (Nasution *et al.*, 2019).

Rumput laut *Eucheuma cottonii* juga mampu dimanfaatkan sebagai sumber komponen aktif, yang menghasilkan berbagai metabolit sekunder dengan aksi biologis, termasuk antioksidan, antivirus, antijamur, dan antimikroba (Sari *et al.*, 2022). Ekstrak alga merah atau rumput laut *Eucheuma cottonii* mempunyai spektrum aktivitas antibakteri yang luas, termasuk kemampuan menekan perkembangan bakteri gram negatif ataupun bakteri gram positif (Asmoro *et al.*, 2015). Tujuan penulisan artikel *review* ini adalah mengukur luas zona hambat untuk memperkirakan kemungkinan aktivitas antibakteri rumput laut *Eucheuma cottonii* terhadap berbagai bakteri gram positif dan gram negatif.

## Bahan dan Metode

### Metode

Studi ini menggunakan metode eksplorasi deskriptif untuk mengumpulkan informasi dari berbagai literatur hasil penelitian terdahulu, baik dari jurnal nasional dan internasional serta database *online* seperti *Google Scholar*, *Researchgate* dan *Directory of Open Access Journals*. Kata kunci spesifik yang digunakan dalam mencari topik pembahasan yang terkait, yaitu komponen bioaktif alga merah atau rumput laut *Eucheuma cottonii*, dan aktivitas antibakteri rumput laut *Eucheuma cottonii*. Data yang didapatkan selanjutnya dianalisis menggunakan metode deskriptif yaitu dengan menjelaskan hasil pembahasan kemudian menarik kesimpulannya.

## Hasil dan Pembahasan

### Komponen aktif *Eucheuma cottonii*

Rumput laut *Eucheuma cottonii* mengandung sejumlah komponen aktif, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komponen Aktif Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

No.	Senyawa	<i>Eucheuma cottonii</i>	Hasil Uji Positif
1.	Alkaloid	+	Endapan merah jingga terdapat buih
2.	Saponin	-	Terdapat buih
3.	Steroid	+	Terdapat cincin berwarna merah tipis
4.	Flavonoid	+	Berwarna merah
5.	Polifenol	+	Berwarna merah
6.	Tanin	+	Berwarna hijau

Keterangan: (+) = Ada, (-) = Tidak ada  
 Sumber: Nur Endah & Suhardiana, 2020

Penentuan komponen aktif rumput laut *Eucheuma cottonii* dilakukan dengan analisis fitokimia. Berdasarkan hasil pada Tabel 1. diperoleh hasil analisis senyawa fitokimia pada rumput laut *Eucheuma cottonii* yaitu terdiri dari alkaloid, steroid, flavonoid, polifenol dan tanin.

### Alkaloid

Metabolit sekunder yang ada dalam jaringan tanaman dan hewan dikenal sebagai alkaloid. Senyawa ini dicirikan oleh sifat basa dan mengandung atom nitrogen dalam struktur cincin yang bersifat heterosiklik dan aromatik. Alkaloid memiliki peran farmakologis penting, seperti mengobati penyakit seperti diabetes, diare, malaria, dan berfungsi sebagai agen antimikroba (Wahyuni & Marpaung, 2020).

Alkaloid dapat menekan pertumbuhan bakteri dengan mengurangi produksi asam nukleat dan protein, mengubah permeabilitas

membran sel bakteri, menghambat metabolisme bakteri, merusak membran dan dinding sel serta menghalangi pompa efluks (Munfaati *et al.*, 2015). Alkaloid berpotensi menunjukkan efek antibakteri dengan mengganggu energi dan metabolisme primer pada bakteri untuk mencegah pertumbuhan bakteri atau produksi racun pada bakteri. Salah satu target potensial adalah Adenosine triphosphate (ATP), disintesis melalui respirasi yang merupakan sumber energi utama untuk berbagai aktivitas kehidupan di dalam sel. ATP juga penting untuk reaksi enzim dan berperan dalam respirasi serta metabolisme primer. Oleh karena itu, penghambatan ATP sintase dapat mempengaruhi banyak proses metabolisme normal pada mikroorganisme, yang mampu menyebabkan kematian biologis (Yan *et al.*, 2021).

### **Steroid**

Steroid adalah molekul yang diturunkan dari triterpen dengan struktur yang terdiri dari kelipatan enam unit isoprena, yang banyak terdapat pada tumbuhan (Batubara et al., 2017). Steroid adalah sejenis molekul metabolit sekunder yang memiliki sifat antijamur, antidiabetes dan antibakteri (Hidayah et al., 2016). Interaksi aktivitas antibakteri steroid dengan membran lipid merupakan mekanisme aksi antibakteri steroid. Hal ini disebabkan karena kerentanannya terhadap steroid, sehingga dapat menyebabkan kebocoran liposom, berkurangnya integritas membran, dan perubahan bentuk membran sel, menyebabkan sel menjadi rapuh dan lisis (Sadiah et al., 2022).

### **Flavonoid**

Senyawa polifenol yang dikenal sebagai flavonoid ditemukan di berbagai tumbuhan dan dikonsumsi manusia dalam jumlah yang sangat banyak karena flavonoid merupakan bagian penting dari makanan manusia (Gutiérrez-Venegas et al., 2019). Flavonoid adalah suatu senyawa yang memiliki sifat antibakteri untuk melawan berbagai jenis mikroorganisme patogen. Mekanisme kerja antibakteri flavonoid meliputi penghambatan senyawa metabolisme energi, asam nukleat, porin pada membran sel, fungsi membran sitoplasma, dan perubahan permeabilitas membran (Xie et al., 2015).

### **Polifenol**

Polifenol adalah metabolit tanaman yang menunjukkan aktivitas antioksidan dan antibakteri karena adanya beberapa gugus fenolik (cincin aromatik dengan hidroksil) dari gugus L-fenilalanin. Asam fenolik adalah kelompok polifenol terpenting, termasuk struktur polimer seperti tanin, lignin, flavonoid, dan stilbene (Pawestri et al., 2021). Polifenol bekerja sebagai toksin antibakteri pada protoplasma bakteri, menghancurkan dan menerobos masuk ke dinding sel dan mengendapkan protein dari sel bakteri. Polifenol berpotensi merusak sel bakteri yang dapat mengakibatkan kebocoran sel, inaktivasi enzim, dan denaturasi protein (Miaranti Tia Azhariani et al., 2022).

### **Tanin**

Tanin adalah senyawa fenolik sekunder yang bersumber dari tanaman, menjadikannya sumber daya alami dan terbarukan. Tanin adalah ester galloyl atau oligomer dan polimer proanthocyanidins yang diproduksi melalui metabolisme sekunder tanaman, yang disintesis melalui jalur biogenetik (Das et al., 2020). Tanin memiliki beberapa manfaat bagi kesehatan yaitu mampu sebagai anti-alergi, anti-inflamasi, anti-cacing, antibakteri dan antioksidan (Sharma et al., 2021). Tanin bekerja sebagai agen antibakteri dengan cara menghentikan proses produksi peptidoglikan, sehingga terjadi kerusakan dinding sel. Hal ini menyebabkan lisis sel karena penurunan tekanan osmotik dan fisik, mengakibatkan kematian sel bakteri (Pertiwi et al., 2022).

### **Aktivitas antibakteri *Eucheuma cottonii***

Aktivitas atau aksi antibakteri mampu diuji dengan berbagai cara, antara lain dengan teknik difusi cakram (*diffusion test*) atau pengenceran (*dilution test*), gradien antimikroba, dan sistem instrumen otomatis singkat (Khusuma et al., 2019). Ada dua cara untuk menentukan aktivitas antibakteri: metode pengenceran (dilusi) dan metode difusi. Teknik difusi adalah pendekatan kualitatif yang dapat mendeteksi ada tidaknya zat antibakteri. Sementara itu, metode pengenceran (dilusi) memberikan pendekatan kuantitatif untuk menghitung Konsentrasi Hambat Minimal (KHM) (Febriani & Wenas, 2019).

Aktivitas atau aksi antibakteri ekstrak alga merah *Eucheuma cottonii*, zona hambatnya dapat diukur menggunakan bakteri gram positif serta bakteri gram negatif pada berbagai dosis (konsentrasi) (Anggraini et al., 2021). Hasil uji aktivitas dapat dinilai dengan mengukur diameter zona hambatan dan mengkategorikannya sebagai aktivitas sederhana dengan diameter kurang dari 5 mm, aktivitas sedang berdiameter 6-10 mm, aktivitas kuat berdiameter 11-20 mm, dan aktivitas sangat kuat berdiameter lebih besar dari 20-30 mm (Usman & Baharuddin, 2023).

Berdasarkan hasil dari berbagai sumber literatur, ditemukan bahwa keefektifan *Eucheuma cottonii* terhadap berbagai jenis bakteri uji dapat dinilai dari luasnya zona hambat serta Konsentrasi Hambat Minimum (KHM), seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Aktivitas Antibakteri Ekstrak *Eucheuma cottonii*

No.	Nama Bakteri	Jenis Bakteri	Konsentrasi (%)	Diameter Hambat (mm)	Referensi
1.	<i>E. coli</i>	-	4	6,25	(Andriani <i>et al.</i> , 2016)
2.	<i>Staphylococcus aureus</i>	+	30	19	(Tunny <i>et al.</i> , 2022)
3.	<i>Streptococcus mutans</i>	+	50	10,9	(A. Sari & Auliya, 2018)
4.	<i>Bacillus cereus</i>	+	6	7,33	(Fahrul <i>et al.</i> , 2021)
5.	<i>Salmonella typhi</i>	-	4	5	(Fahrul <i>et al.</i> , 2021)
6.	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	4	5	(Hutabarat <i>et al.</i> , 2013)
7.	<i>Vibrio cholera</i>	-	10	11,33	(Sartika & Purwiyanto, 2013)
8.	<i>Proteus mirabilis</i>	-	10	13	(Kiruba <i>et al.</i> , 2015)

Keterangan: (+) = Bakteri gram positif, (-) = Bakteri gram negatif

### ***Escherichia coli***

Peningkatan aktivitas atau aksi antibakteri terjadi seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak. Aktivitas antibakteri dapat diindikasikan dengan pembentukan zona hambat yang semakin luas. Semakin luas zona hambat maka semakin aktif sampel dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Ekstrak metanol konsentrasi 4% pada *Eucheuma cottonii* terbukti paling efisien dalam mencegah pertumbuhan bakteri. *E. coli* yang memiliki aktivitas sedang dengan ukuran zona hambat 6,25 mm (Andriani *et al.*, 2016).

### ***Staphylococcus aureus***

Hasil pengujian ekstrak alga merah atau rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan konsentrasi 30% diperoleh diameter zona hambatnya sebesar 19 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa ekstrak alga merah rumput laut *Eucheuma cottonii* mengandung senyawa antibakteri yang mampu menghambat perkembangan bakteri *Staphylococcus aureus*. Peningkatan konsentrasi senyawa antibakteri (ekstrak *Eucheuma cottonii*) akan meningkatkan aktivitas antibakteri. Hal ini dapat disebabkan oleh semakin meningkat konsentrasi, maka semakin banyak senyawa antibakteri yang dapat menembus ke dalam sel bakteri melalui berbagai proses, sehingga membentuk zona hambat yang lebih besar (Tunny *et al.*, 2022).

### ***Streptococcus mutans***

Zona hambat terhadap bakteri *Streptococcus mutans* pada uji aktivitas antibakteri dengan konsentrasi 50% yaitu sebesar 10,9 mm. Ukuran tersebut dikategorikan sebagai aktivitas sedang (A. Sari & Auliya, 2018).

### ***Bacillus cereus & Salmonella typhi***

Ekstrak alga merah atau rumput laut *Eucheuma cottonii* bersifat antibakteri terhadap bakteri *Bacillus cereus* dan *Salmonella typhi* tergolong lemah hingga sedang. Zona hambat dengan diameter 7,33 mm diperoleh dari konsentrasi 6% ekstrak dengan pelarut etanol yang terbukti paling efektif menghentikan pertumbuhan *Bacillus cereus*. Selain itu, diperoleh zona hambat berdiameter 5 mm pada konsentrasi 4% ekstrak dengan pelarut etanol yang lebih efisien dalam penghambatan perkembangan bakteri *Salmonella typhi* (Fahrul *et al.*, 2021).

### ***Pseudomonas aeruginosa***

Konsentrasi hambat minimum 4% pada ekstrak yang terbuat dari rumput laut *Eucheuma cottonii* mampu menghambat perkembangan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan menghasilkan zona hambat berdiameter 5 mm. Meskipun demikian, daya hambat ekstrak tersebut termasuk kategori lemah terhadap bakteri tersebut. Perbedaan pembentukan diameter zona hambat pada bakteri uji mampu diakibatkan oleh respons atau kemampuan tiap-tiap bakteri dalam memerangi senyawa antibakteri (Hutabarat *et al.*, 2013).

### ***Vibrio cholera***

Ekstrak yang terbuat dari rumput laut *Eucheuma cottonii* pada konsentrasi hambat minimum 10% memiliki kemampuan terbaik untuk menghentikan pertumbuhan *Vibrio cholera* dengan diameter 11,33 mm. Ukuran tersebut dikategorikan sebagai aktivitas yang kuat (Sartika & Purwiyanto, 2013).

### *Proteus mirabilis*

Saat diuji, ekstrak alga merah atau rumput laut *Eucheuma cottonii* memiliki aksi antibakteri yang kuat terhadap bakteri *Proteus mirabilis*. Ekstrak alga merah atau rumput laut *Eucheuma cottonii* pada konsentrasi 10% terbukti paling efisien dalam menekan pertumbuhan bakteri *Proteus mirabilis* dengan zona hambat berdiameter 13 mm (Kiruba *et al.*, 2015).

Menurut temuan berbagai penelitian yang telah di *review*, terdapat perbedaan hasil antara bakteri gram positif dan gram negatif. Perbedaan dalam zona hambat dapat dikaitkan dengan perbedaan dalam struktur dinding sel dari mikroorganisme yang diuji. Bakteri gram positif mempunyai struktur dinding sel yang lebih lurus (sederhana) jika dipadankan dengan bakteri gram negatif. Akibatnya, senyawa antibakteri dapat lebih mudah memasuki sel bakteri dan menemukan target untuk sasaran kerjanya. Bakteri gram positif mempunyai dinding sel asam teikoat dan peptidoglikan, sedangkan bakteri gram negatif mempunyai tiga lapisan. Lapisan dalam terdiri dari peptidoglikan, sedangkan lapisan luar terdiri dari dua lapisan yaitu lipoprotein dan lipopolisakarida (Ngazizah *et al.*, 2017).

Faktor-faktor tersebut yang mempengaruhi aktivitas antibakteri yaitu jenis bakteri yang akan dihambat, konsentrasi ekstrak, jumlah senyawa antibakteri dan kapasitas difusi ekstrak merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi aksi antibakteri (Egra *et al.*, 2019).

### Kesimpulan

Berdasarkan temuan studi dari berbagai publikasi, mampu disimpulkan bahwa spesies bakteri yang berbeda mempunyai konsentrasi hambat minimum dan zona hambat yang bervariasi tergantung pada jenis bakterinya. Perbedaan dalam zona hambat dapat dikaitkan dengan perbedaan dalam struktur dinding sel dari mikroorganisme yang diuji. Bakteri gram positif mempunyai struktur dinding sel yang lebih lurus (sederhana) daripada bakteri gram negatif. Akibatnya, senyawa antibakteri dapat lebih mudah memasuki sel bakteri dan menemukan target untuk sasaran kerjanya. Zona hambat dapat digunakan untuk mengetahui efisiensi ekstrak alga merah atau rumput laut *Eucheuma cottonii*

sebagai antibakteri. Semakin meningkat konsentrasi ekstrak yang dikenakan, maka semakin banyak bakteri yang mampu dihambat pertumbuhannya.

### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan artikel *review* ini dengan baik dan benar.

### Referensi

- Andriani, Z., Fasya, A. G., & Hanapi, A. (2016). Antibacterial Activity of the Red Algae *Eucheuma cottonii* Extract from Tanjung Coast, Sumenep Madura. *Alchemy*, 4(2), 93. <https://doi.org/10.18860/al.v4i2.3197>
- Anggraini, M., Swantara, I. M. D., & Sukadana, I. M. (2021). Toksisitas Ekstrak Dan Isolat Rumput Laut *Eucheuma spinosum*. *Cakra Kimia Indonesia*, 8(1).
- Asmoro, I. F., Rizka, Y., & Teguh, P. B. (2015). Daya Hambat Ekstrak Rumput Laut Spesies *Eucheuma Cottonii* Terhadap Pertumbuhan Bakteri Mixed Periodontopatogen. *DENTA*, 9(1), 30–36.
- Batubara, M. S., Sabri, E., & Tanjung, M. (2017). Pengaruh Pemberian Ekstrak Etanol Daun Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) Terhadap Gambaran Morfologi Ovarium Mencit (*Mus musculus* L.) Strain DDW. *Klorofil: Jurnal Ilmu Biologi Dan Terapan*, 1(1), 5. <https://doi.org/10.30821/kfl:jibt.v1i1.1232>
- Das, A. K., Islam, Md. N., Faruk, Md. O., Ashaduzzaman, Md., & Dungani, R. (2020). Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *South African Journal of Botany*, 135, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.08.008>
- Egra, S., Mardhiana, Rofin, M., Adiwena, M., Jannah, N., Kuspradini, H., & Mitsunaga, T. (2019). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Bakau (*Rhizophora mucronata*) dalam Menghambat Pertumbuhan *Ralstonia Solanacearum* Penyebab Penyakit Layu. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 12(1), 26.

- <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v12i1.5143>
- Fahrul, M., Sari, I., & Iriani, D. (2021). Antibacterial Effectiveness of Seaweed (*Eucheuma cottonii*) Extract with Different Solvent. *Jurnal Agroindustri Halal*, 7(1), 001–008.  
<https://doi.org/10.30997/jah.v7i1.3253>
- Febriani, A., & Wenas, D. M. (2019). Uji aktivitas antimikroba ekstrak metanol daun sirih (*Piper betle L.*) terhadap pertumbuhan bakteri *Propionibacterium acnes* dan khamir *Malassezia furfur*. *Sainstech Farma Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 12(1), 32–38.
- Firdaus, M., Jaziri, A. A., Sari, D. S., Yahya, Y., & Prihanto, A. A. (2018). Fortifikasi Tepung *Eucheuma cottonii* pada Pembuatan Mie Kering Sebagai Makanan Halal dan Thoyib. *Indonesia Journal of Halal*, 1(2), 109–116.
- Gutiérrez-Venegas, G., Gómez-Mora, J. A., Meraz-Rodríguez, M. A., Flores-Sánchez, M. A., & Ortiz-Miranda, L. F. (2019). Effect of flavonoids on antimicrobial activity of microorganisms present in dental plaque. *Heliyon*, 5(12), e03013.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03013>
- Hidayah, W. W., Kusriani, D., & Fachriyah, E. (2016). Isolasi, Identifikasi Senyawa Steroid dari Daun Getih-Getihan (*Rivina humilis L.*) dan Uji Aktivitas sebagai Antibakteri. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 32.  
<https://doi.org/10.14710/jksa.19.1.32-37>
- Hutabarat, M. A. A., Sari, N. I., & Leksono, T. (2013). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Terhadap Bakteri *Bacillus cereus* Dan *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan Dan Ilmu Kelautan*, 4(1), 1–9.
- Khusuma, A., Safitri, Y., Yuniarni, A., & Rizki, K. (2019). Uji Teknik Difusi Menggunakan Kertas Saring Media Tampung Antibiotik dengan *Escherichia Coli* Sebagai Bakteri Uji. *Jurnal Kesehatan Prima*, 13(2), 151.  
<https://doi.org/10.32807/jkp.v13i2.257>
- Kiruba, N. J. M., Pradeep, M. A., & Juliana, S. J. B. (2015). Study of phytoconstituents and antibacterial activity of *Kappaphycus alvarezii*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4, 1209–1217.
- Miaranti Tia Azhariani, Kiki Mulkiya Yuliawati, & Livia Syafnir. (2022). Penelusuran Pustaka Potensi Sayuran dari Genus *Brassica* sebagai Antibakteri. *Bandung Conference Series: Pharmacy*, 2(2).  
<https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.4817>
- Munfaati, P. N., Ratnasari, E., & Trimulyono, G. (2015). Aktivitas senyawa antibakteri ekstrak herba meniran (*Phyllanthus niruri*) terhadap pertumbuhan bakteri *Shigella dysenteriae* secara in vitro. *Lentera Bio*, 4(1), 64–67.
- Mutamimah, D., Mufaidah, I., & Utami, A. U. (2022). Karakterisasi Bioaktif Ekstrak *Eucheuma cottonii* Di Perairan Desa Sumberkencono, Banyuwangi. *Jurnal Lemuru*, 4(2), 65–71.
- Nasution, R. S., Yahya, H., & Harahap, M. R. (2019). Pengaruh Karaginan dari Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*) Asal Provinsi Aceh sebagai Edible Coating terhadap Ketahanan Buah. *Al-Kimia*, 7(2).  
<https://doi.org/10.24252/al-kimia.v7i2.6385>
- Ngazizah, F. N., Ekowati, N., & Septiana, A. T. (2017). Potensi Daun Trembilungan (*Begonia hirtella Link*) sebagai Antibakteri dan Antifungi. *Biosfera*, 33(3), 126.  
<https://doi.org/10.20884/1.mib.2016.33.3.309>
- Nur Endah, S. R., & Suhardiana, E. (2020). Evaluasi Formulasi Tabir Surya Alami Sediaan Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*) Dan Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*). *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 3(1), 169–176.  
<https://doi.org/10.36387/jifi.v3i1.455>
- Orilda, R., Ibrahim, B., & Uju, U. (2022). Pengeringan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Menggunakan Oven Dengan Suhu Yang Berbeda. *Jurnal Perikanan Terpadu*, 2(2).
- Pawestri, S., Wijayanti, R., & Kurnianto, D. (2021). Kajian Pustaka: Potensi Kandungan Polifenol pada *Sargassum sp.* sebagai Alternatif Penanganan Diabetes Mellitus Tipe 2 Literature Review: Polyphenols of *Sargassum sp.* Potential as Alternative Treatment for Type 2 Diabetes Mellitus. *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 5(2), 118–139.

- Pertiwi, F. D., Rezaldi, F., & Puspitasari, R. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Bunga Telang (*Clitoria ternatea L.*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 7(2), 57–68. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v7i2.471>
- Sadih, H. H., Cahyadi, A. I., & Windria, S. (2022). Kajian Daun Sirih Hijau (*Piper betle L*) Sebagai Antibakteri. *Jurnal Sain Veteriner*, 40(2), 128. <https://doi.org/10.22146/jsv.58745>
- Sanjaya, S., & Rabasari, S. (2023). Penggunaan Rumput Laut Dalam Pembuatan Abon Sebagai Oleh-Oleh Wisatawan. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 3(10), 7895–7910.
- Sari, A., & Auliya, N. (2018). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Terhadap Bakteri *Bacillus cereus* dan *Streptococcus mutans*. *Pharmaceutical and Traditional Medicine*, 2(2), 53–59.
- Sari, N. I., Diharmi, A., Sidauruk, S. W., & Sinurat, F. M. (2022). Identifikasi Komponen Bioaktif dan Aktivitas Ekstrak Rumput Laut Merah (*Eucheuma spinosum*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 14(1), 9–15.
- Sartika, R., & Purwiyanto, A. I. S. (2013). Aktivitas antibakteri ekstrak rumput laut *Eucheuma cottoni* terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholera* dan *Salmonella typhosa*. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 5(2), 98–103.
- Sharma, K., Kumar, V., Kaur, J., Tanwar, B., Goyal, A., Sharma, R., Gat, Y., & Kumar, A. (2021). Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review. *Toxin Reviews*, 40(4), 432–444. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1662813>
- Tunny, R., Pelu, A. D., & Syari, S. (2022). Tunny, R., Pelu, A. D., & Syari, S. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Rumput Laut Hijau (*Eucheuma cottonii*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri” *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Kedokteran*, 1(1), 39–45.
- Usman, Y., & Baharuddin, M. (2023). Uji Stabilitas dan Aktivitas Sabun Mandi Cair Ekstrak Etanol Daun Alpukat (*Persea americana Mill.*). *Jurnal MIPA*, 12(2), 43–49. <https://doi.org/10.35799/jm.v12i2.44775>
- Wahyuni, S., & Marpaung, M. P. (2020). Penentuan Kadar Alkaloid Total Ekstrak Akar Kuning (*Fibraurea chloroleuca Miers*) Berdasarkan Perbedaan Konsentrasi Etanol Dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 3(2). <https://doi.org/10.31602/dl.v3i2.3911>
- Xie, Y., Yang, W., Tang, F., Chen, X., & Ren, L. (2015). Antibacterial activities of flavonoids: structure-activity relationship and mechanism. *Current Medicinal Chemistry*, 22(1), 132–149.
- Yan, Y., Li, X., Zhang, C., Lv, L., Gao, B., & Li, M. (2021). Research Progress on Antibacterial Activities and Mechanisms of Natural Alkaloids: A Review. *Antibiotics*, 10(3), 318. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10030318>
- Zainuddin, F., & Nofianti, T. (2022). Pengaruh Nutrient N Dan P Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Pada Budidaya Sistem Tertutup. *Jurnal Perikanan Unram*, 12(1). <https://doi.org/10.29303/jp.v12i1.279>