

Literature Review

Kandungan Fitokimia, Aktivitas Antioksidan, dan Antibakteri dari Alga Merah Genus *Eucheuma*

I Gusti Ayu Paramitha Putri Utami Santosa^{1*}, Putu Oka Samirana¹,
Anak Agung Gede Rai Yadnya Putra¹

¹ Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana
Indonesia

* Penulis Korespondensi: ayuputriutami2@gmail.com

ABSTRAK: *Eucheuma* merupakan salah satu jenis alga merah yang banyak tersebar di perairan Indonesia. Alga merah genus *Eucheuma* dikenal sebagai penghasil utama iota karagenan yang banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, farmasi, dan manufaktur. Tingginya permintaan global akan karagenan, menjadikan budidaya alga ini semakin banyak dan dapat memiliki nilai komersial yang memberikan efek positif untuk negara ini. Artikel ulasan ini bertujuan untuk merangkum kandungan fitokimia, aktivitas antioksidan, dan antibakteri dari alga merah genus *Eucheuma*. Metode yang digunakan dalam menyusun artikel ini yaitu dengan melakukan studi pustaka dan pencarian literatur yang diperoleh melalui *database* PubMed dan Google Scholar yang diterbitkan dalam rentang waktu 2014 hingga Agustus 2024. Hasil studi literatur yang didapatkan berjumlah 12 artikel ilmiah. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa alga merah genus *Eucheuma* memiliki berbagai metabolit sekunder, seperti alkaloid, flavonoid, saponin, dan steroid. Senyawa yang paling umum diisolasi dari alga ini adalah karagenan. Aktivitas farmakologi dari alga merah genus *Eucheuma* yang paling umum ditemukan dalam literatur adalah aktivitas antioksidan dan antibakteri. Meskipun potensinya telah diakui, pendalaman akan mekanisme farmakologi alga merah perlu dilakukan guna untuk mengembangkan potensi alga merah sebagai pengobatan alternatif dan konvensional hingga kosmetika.

KATA KUNCI: Alga merah, Antibakteri, Antioksidan, *Eucheuma*, Fitokimia.

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah, termasuk sumber daya lautnya yang sangat beragam. Sumber daya laut Indonesia, yang mencakup ekosistem pesisir yang kompleks, telah dimanfaatkan secara ekstensif selama bertahun-tahun untuk berbagai keperluan (Shah *et al.*, 2022). Salah satu komponen penting dari ekosistem ini adalah alga atau makroalga, yang berfungsi sebagai penyusun utama dan berperan vital dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut (Tarigan, 2020). Makroalga adalah organisme eukariotik yang berkembang biak di lingkungan air asin atau tawar dan dikenal sebagai sumber penting molekul bioaktif. Alga laut, yang meliputi berbagai jenis alga, merupakan sumber utama metabolit primer dan sekunder yang memiliki aktivitas biologis yang signifikan (Irasari dkk., 2022). Metabolit ini tidak hanya berpotensi untuk digunakan dalam pengembangan industri, farmasi, dan makanan baru, tetapi juga menarik perhatian karena efek sampingnya yang minimal dan sitotoksitasnya yang sangat rendah (Alghazeer *et al.*, 2022).

Penelitian terdahulu telah mengungkapkan bahwa ekstrak serta senyawa bioaktif yang diisolasi dari berbagai jenis alga memiliki beragam aktivitas biologis yang menjanjikan. Aktivitas ini mencakup sifat anti-inflamasi yang dapat meredakan peradangan, kemampuan anti-diabetes yang membantu mengatur kadar gula darah, potensi anti-obesitas yang berkontribusi dalam mengontrol berat badan, serta efek antikanker yang mampu menghambat pertumbuhan sel-sel kanker. Sekitar 782 jenis alga

tersebar di perairan Indonesia seperti di perairan Maluku, Sulawesi, Bali, Sumba, Sumbawa, dan Kepulauan Spermonde. Alga tergolong ke dalam tanaman talus yang belum dapat dibedakan susunan kerangka akar, batang, dan daun sejati (Costa-Lotufo *et al.*, 2022). Berdasarkan kandungan pigmennya, alga diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama yakni, *Rhodophyta* (alga merah), *Phaeophyta* (alga coklat), dan *Chlorophyta* (alga hijau). *Eucheuma* merupakan salah satu jenis alga merah yang banyak tersebar di perairan Indonesia. Alga merah genus *Eucheuma* dikenal sebagai penghasil utama iota karagenan yang banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, farmasi, dan manufaktur (Naseri *et al.*, 2020). Kebutuhan global akan karagenan yang terus meningkat telah mendorong peningkatan budidaya alga merah genus *Eucheuma*, yang memberikan dampak positif terhadap perekonomian Indonesia. Selain nilai komersialnya, alga merah genus *Eucheuma* juga diketahui memiliki berbagai metabolit bioaktif yang menawarkan potensi dalam aplikasi bioteknologi dan farmasi. Beberapa metabolit sekunder yang ditemukan meliputi alkaloid, terpenoid, saponin, dan steroid. Senyawa-senyawa ini berkontribusi pada berbagai aktivitas biologis, seperti aktivitas antioksidan, antimikroba, antikanker, anti-diabetes, dan kardiovaskular, sehingga menjadikannya topik kajian yang menarik. Artikel ini bertujuan untuk merangkum kandungan fitokimia, aktivitas antioksidan, dan antibakteri dari alga merah genus *Eucheuma* melalui tinjauan literatur yang mendalam. Meskipun potensinya telah diakui, pendalaman akan mekanisme farmakologi alga merah perlu dilakukan guna untuk mengembangkan potensi alga merah sebagai pengobatan alternatif dan konvensional hingga kosmetika.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam menyusun artikel ini yaitu dengan menggunakan pendekatan studi pustaka untuk mengumpulkan dan menganalisis literatur mengenai fitokimia dari alga merah genus *Eucheuma*. Kajian ini berfokus pada artikel-artikel ilmiah yang diterbitkan dalam rentang waktu 2014 hingga Agustus 2024. Artikel yang didapat merupakan artikel berbahasa Indonesia maupun Inggris baik Nasional maupun Internasional. Artikel diperoleh melalui pencarian pada *database* PubMed dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan untuk menelusuri artikel adalah "*Phytochemical*" AND "*Pharmacology*" AND "*Eucheuma*" OR "*Red Algae*". Artikel yang relevan diunduh dan dikelola menggunakan perangkat manajemen referensi Zotero. Hanya artikel penelitian asli yang dimasukkan dalam ulasan ini, sementara data dari tesis, artikel konferensi, dan publikasi *non-peer-reviewed* dikeluarkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencarian pustaka dilakukan pada *database* PubMed dan Google Scholar, didapatkan 12 artikel ilmiah untuk diulas. Penulisan artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan fitokimia dan mengevaluasi aktivitas antioksidan serta antibakteri dari alga merah genus *Eucheuma*. Kajian terhadap berbagai penelitian yang telah dilakukan menjadi landasan penting dalam memahami efek farmakologis yang dimiliki oleh ekstrak alga merah. Pada bab ini, disajikan hasil temuan dari analisis literatur yang telah disaring dan diverifikasi, serta memberikan pembahasan mendalam mengenai relevansi klinis dari berbagai aktivitas biologis yang ditemukan. Dengan demikian, bab ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman ilmiah mengenai aplikasi terapeutik alga merah genus *Eucheuma*.

3.1. Kandungan Fitokimia Alga Merah Genus *Eucheuma*

Tabel 1 merupakan hasil analisis dari kumpulan jurnal yang telah diperoleh. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai bentuk investigasi dari kandungan fitokimia yang bersumber dari beberapa jurnal yang telah diperoleh. Berdasarkan tabel 1 kita bisa mengetahui bahwa alga

merah genus *Eucheuma* memiliki berbagai kandungan fitokimia yang telah dianalisis melalui berbagai jenis pengujian.

Tabel 1. Kandungan Fitokimia dari Alga Merah Genus *Eucheuma*

Spesies	Kandungan	Referensi
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Asam L-laktat	(Chai <i>et al.</i> , 2021)
	Alkaloid, Steroid, Saponin, Flavonoid	(Irasari dkk., 2022)
	Karagenan	(Naseri <i>et al.</i> , 2020)
	Anteraxanthin, Astaxanthin, β -Karothen, β -Kriptoxantin, Fukoxantin, Dinoksantin, Diatoxanthin, Lutein, Diadinoksantin, Rubiksantin, Zeaksantin	(Balasubramaniam <i>et al.</i> , 2020)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Alkaloid, Flavonoid, Saponin, Steroid	(Husna dkk., 2023)
	Triterpenoid	(Syafitri dkk., 2022)
	Fenolik, Terpenoid	(Sernita dkk., 2023)
	Karagenan	(Tunggal & Hendrawati, 2015)

Berdasarkan tabel 1, alga merah memiliki banyak kandungan yang berpotensi. Sebagai contoh, spesies *Eucheuma denticulatum* mengandung berbagai senyawa fitokimia yang penting, termasuk asam L-laktat, alkaloid, steroid, saponin, flavonoid, karagenan, dan juga berbagai pigmen warna. Kandungan-kandungan ini memiliki potensi bioaktivitas yang luas dalam berbagai bidang, terutama di sektor kesehatan, pangan, dan kosmetik. Secara keseluruhan, kandungan fitokimia dari *Eucheuma denticulatum* dan *Eucheuma cottonii* menunjukkan bahwa alga merah genus *Eucheuma* ini memiliki potensi besar dalam aplikasi farmasi, nutraceutical, dan industri pangan, dengan berbagai senyawa aktif yang mendukung kesehatan manusia.

Kandungan fitokimia dari alga merah genus *Eucheuma* mencakup berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi memberikan manfaat kesehatan dan memiliki aplikasi dalam industri farmasi serta pangan. Senyawa-senyawa fitokimia utama yang ditemukan dalam alga ini meliputi polisakarida, terutama karagenan, serta senyawa fenolik, flavonoid, alkaloid, saponin, dan steroid. Salah satu komponen fitokimia yang paling menonjol dari *Eucheuma* adalah karagenan, suatu jenis polisakarida sulfat yang diekstraksi dari dinding sel alga merah. Karagenan memiliki tiga tipe utama yakni kappa, iota, dan lambda yang masing-masing memiliki struktur dan sifat fisikokimia yang berbeda (Tavassoli-Kafrani *et al.*, 2016). Kappa-karagenan memiliki kemampuan untuk membentuk gel yang kuat dan sering digunakan dalam industri makanan sebagai agen pengental dan penstabil. Selain itu, karagenan juga menunjukkan potensi aktivitas biologis, termasuk sebagai agen antiviral dan imunomodulator,

serta memiliki aplikasi dalam pembuatan biomaterial untuk keperluan medis (Jiang *et al.*, 2022).

Tidak hanya karagenan, karotenoid juga ditemukan dalam alga merah ini. Karotenoid adalah senyawa antioksidan penting yang ditemukan dalam alga (Mikami & Hosokawa, 2013). Karotenoid memiliki struktur rantai linier C₄₀ dengan hingga 11 ikatan terkonjugasi (ikatan allenik), yang memungkinkan mereka berperan dalam aktivitas antioksidan dengan mentransfer kelebihan energi dari oksigen singlet (O⁻) melalui rantai panjang allenik. Selain itu, ikatan allen dan gugus fungsi lainnya yang terdapat pada cincin terminal dalam struktur, seperti yang terdapat pada astaxanthin dan fucoxanthin, juga dapat bereaksi dengan radikal bebas, sehingga memperkuat potensi antioksidan dari karotenoid (Miyashita *et al.*, 2011). Karotenoid umumnya dibagi menjadi dua kelompok utama: xantofil, yang memiliki oksigen dalam struktur molekulnya, dan karoten, yang merupakan hidrokarbon tanpa oksigen. Kedua jenis karotenoid ini menyerap cahaya pada panjang gelombang berbeda selama proses fotosintesis, sehingga xantofil biasanya berwarna lebih kuning, sementara karoten cenderung berwarna oranye. Pada spesies alga merah *E. denticulatum* ditemukan kandungan zeaxanthin dan/atau lutein (RF = 0,44) serta β-karoten (RF = 0,88), yang tampak sebagai pita berwarna kuning muda. Selain itu, terdeteksi pula xantofil lain, seperti β-cryptoxanthin, yang merupakan senyawa perantara dalam jalur biosintesis lutein atau zeaxanthin. Karotenoid yang terdeteksi pada *E. denticulatum* meliputi dari lutein, zeaxanthin, β-cryptoxanthin, dan β-karoten dengan beberapa karotenoid yang belum teridentifikasi secara spesifik. Lutein tercatat sebagai xantofil dominan pada alga ini, dengan konsentrasi sebesar 87,7 mg/100 g berat kering. Temuan ini konsisten dengan penelitian Marquardt dan Hanelt, yang menyebutkan bahwa lutein umumnya merupakan karotenoid utama pada sebagian besar alga merah. Pada *E. denticulatum*, β-cryptoxanthin terdeteksi dalam jumlah paling sedikit, yakni sebesar 3,6 mg/100 g pada 552 m/z. Spesies hasil tambahan ini dipilih untuk menghitung β-cryptoxanthin karena resolusi puncaknya yang lebih baik dan kelimpahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan puncak di 535 m/z (Balasubramaniam *et al.*, 2020).

Alga merah *Eucheuma* juga kaya akan senyawa fenolik dan flavonoid, yang dikenal sebagai antioksidan alami. Senyawa fenolik, seperti asam galat dan asam ferulat, berperan dalam melindungi sel-sel dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas. Flavonoid, yang merupakan bagian dari kelompok polifenol, juga berfungsi sebagai antioksidan kuat dan memiliki berbagai aktivitas biologis, termasuk antiinflamasi, antikanker, dan kardioprotektif. Kehadiran flavonoid dalam *Eucheuma* tidak hanya memberikan perlindungan terhadap stres oksidatif tetapi juga berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri, dimana flavonoid dapat mengganggu membran sel bakteri dan menghambat enzim yang esensial bagi kelangsungan hidup mikroorganisme patogen. Selain polisakarida dan senyawa fenolik, *Eucheuma* juga mengandung alkaloid, saponin, dan sterol. Alkaloid dalam alga ini memiliki potensi sebagai agen antimikroba dan antikanker, dengan mekanisme aksi yang melibatkan penghambatan pembelahan sel dan induksi apoptosis pada sel kanker. Saponin dikenal karena sifat hemolitiknya dan kemampuannya dalam menurunkan kadar kolesterol serta meningkatkan respon imun. Kandungan fitokimia dari alga merah genus *Eucheuma* menawarkan berbagai manfaat potensial yang relevan untuk aplikasi terapeutik dan komersial. Kombinasi senyawa antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi membuat *Eucheuma* menarik

untuk dikembangkan sebagai bahan alami dalam pembuatan suplemen kesehatan, kosmetik, dan produk farmasi (El-Beltagi *et al.*, 2022).

3.2. Aktivitas antibakteri

Tabel 2 merupakan hasil analisis dari kumpulan jurnal yang telah diperoleh. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai bentuk investigasi dari aktivitas antibakteri yang bersumber dari beberapa jurnal yang telah diperoleh. Berdasarkan tabel 2 kita bisa mengetahui bahwa alga merah genus *Eucheuma* memiliki aktivitas antibakteri yang telah dibuktikan melalui berbagai jenis pengujian.

Tabel 2. Aktivitas Antibakteri dari Alga Merah Genus *Eucheuma*

Nama Spesies	Pelarut	Bakteri	Zona Hambat (mm)	Kategori Zona Hambat	Referensi
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Metanol	<i>Bacillus subtilis</i>	14,00±1,00	Kuat	(Irasari dkk., 2022)
		<i>Escherichia coli</i>	8,83±0,29	Sedang	
<i>Eucheuma cottonii</i>	Air	<i>Staphylococcus aureus</i>	10,03±0,06	Sedang	(Teo <i>et al.</i> , 2020)
		<i>Staphylococcus aureus</i>	14,31	Kuat	
	Etanol 96%	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	14,85	Kuat	(Sulistyaningsih dkk., 2019)
		<i>Bacillus subtilis</i>	14,40	Kuat	

Berdasarkan tabel 2, alga merah genus *Eucheuma* menunjukkan aktivitas antibakteri yang bervariasi terhadap beberapa jenis bakteri. *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri yang paling rentan terhadap penghambatan, dengan zona hambat yang konsisten kuat di berbagai ekstrak alga. Sementara itu, *Escherichia coli* memiliki zona hambat yang lebih kecil, menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih rendah. Secara keseluruhan, *Eucheuma* memiliki potensi sebagai agen antibakteri yang efektif, terutama terhadap bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus* dan *Bacillus*.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Teo *et al.* (2020), aktivitas antibakteri dari berbagai konsentrasi ekstrak kasar *E. cottonii* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* menunjukkan hasil zona hambat yakni 10,03±0,06 mm. Namun, pada konsentrasi yang lebih rendah, yaitu 50 mg/mL, tidak ada zona penghambatan yang tercatat, menunjukkan bahwa pada tingkat ini, mikroorganisme *S. aureus* resisten terhadap ekstrak *E. cottonii*. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri dari ekstrak *E. cottonii* terhadap *S. aureus* tergantung pada konsentrasi ekstrak yang digunakan, dimana konsentrasi yang lebih tinggi cenderung menghasilkan zona penghambatan yang lebih besar. Keberadaan flavonoid dalam ekstrak *E. cottonii* diyakini berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri yang diamati.

Flavonoid memiliki kemampuan untuk menghambat sintesis asam nukleat, mengganggu metabolisme energi, dan mengganggu fungsi membran sitoplasma bakteri. Aktivitas antibakteri yang dihasilkan oleh flavonoid dalam ekstrak alga ini menegaskan peran pentingnya sebagai komponen bioaktif yang dapat digunakan untuk mensintesis metabolit sekunder yang berfungsi sebagai agen antibakteri. Oleh karena itu, hasil penelitian Teo *et al.* (2020) tidak hanya memperkuat potensi *E. cottonii* sebagai sumber alami senyawa antibakteri, tetapi juga menyoroti pentingnya eksplorasi lebih lanjut mengenai mekanisme aksi flavonoid dan senyawa bioaktif lainnya dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Irasari dkk. (2022), ekstrak alga merah *Eucheuma denticulatum* menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap dua jenis bakteri, yaitu *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa diameter zona hambat terhadap pertumbuhan *E. coli* sebesar $8,83 \pm 0,29$ mm, sedangkan zona hambat terhadap *B. subtilis* lebih besar, yaitu $14,00 \pm 1,00$ mm. Hasil ini mengindikasikan bahwa *E. denticulatum* memiliki aktivitas antibakteri yang lebih kuat terhadap *B. subtilis* dibandingkan *E. coli*. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan, semakin besar pula zona hambat yang terbentuk, menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak. Zona hambat yang terbentuk menunjukkan adanya senyawa bioaktif dalam ekstrak *E. denticulatum* yang mampu menghambat pertumbuhan mikroba (Irasari dkk., 2022).

Menurut klasifikasi Morales *et al.* (2003), zona hambat dengan diameter 10-20 mm termasuk dalam kategori kuat, sedangkan zona hambat 5-10 mm dikategorikan sebagai aktivitas sedang. Berdasarkan klasifikasi ini, ekstrak *E. denticulatum* menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *B. subtilis* dan aktivitas yang sedang terhadap *E. coli*. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam *E. denticulatum* mencakup flavonoid, alkaloid, dan saponin, yang semuanya dikenal memiliki kemampuan sebagai senyawa antimikroba. Flavonoid berperan dalam mengganggu dinding sel bakteri dan menghambat enzim yang penting bagi kelangsungan hidup bakteri. Alkaloid memiliki sifat toksik terhadap mikroorganisme, sedangkan saponin dapat merusak membran sel bakteri, sehingga menyebabkan kebocoran sel dan akhirnya kematian sel. Penggunaan metanol sebagai pelarut dalam ekstraksi senyawa bioaktif dari *E. denticulatum* juga berperan penting dalam hasil yang diperoleh. Menurut Harborne (1996), metanol memiliki sifat hidrofilik dan lipofilik, yang membuatnya mampu melarutkan berbagai jenis senyawa, baik yang bersifat polar maupun nonpolar. Sifat ini memungkinkan ekstraksi yang lebih efektif dari senyawa antimikroba, sehingga aktivitas antibakteri yang diperoleh menjadi maksimal.

Tabel 3 merupakan hasil analisis dari kumpulan jurnal yang telah diperoleh. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai bentuk investigasi dari aktivitas antioksidan yang bersumber dari beberapa jurnal yang telah diperoleh. Berdasarkan tabel 3 kita bisa mengetahui bahwa alga merah genus *Eucheuma* memiliki aktivitas antioksidan yang telah dibuktikan melalui berbagai jenis pengujian.

Tabel 3. Aktivitas Antioksidan dari Alga Merah Genus *Eucheuma*

Nama Spesies	Pelarut	IC ₅₀ (ppm)	Referensi
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Metanol 50%	223,305	(Podungge dkk., 2018)

Nama Spesies	Pelarut	IC ₅₀ (ppm)	Referensi
<i>Eucheuma cottonii</i>	Metanol 95%	238,128	
	Etanol 50%	113,882	
	Etanol 95%	97,522	
	Etanol 90%	702,387	(Hamrun dkk., 2022)
	Air	1990	(Teo <i>et al.</i> , 2020)

Berdasarkan tabel 3, alga merah genus *Eucheuma* menunjukkan aktivitas antioksidan yang bervariasi tergantung pada jenis pelarut yang digunakan. Ekstrak *Eucheuma denticulatum* dengan pelarut etanol 95% memiliki nilai IC₅₀ terendah, yaitu 97,522 ppm, menunjukkan potensi antioksidan yang paling tinggi. Sebaliknya, aktivitas antioksidan terendah ditemukan pada ekstrak *Eucheuma denticulatum* yang menggunakan pelarut etanol 90%, dengan IC₅₀ sebesar 702,387 ppm. Penggunaan pelarut air pada ekstrak *Eucheuma cottonii* menghasilkan aktivitas antioksidan yang jauh lebih rendah dengan nilai IC₅₀ sebesar 1990 ppm. Nilai IC₅₀ yang lebih tinggi menunjukkan bahwa konsentrasi ekstrak yang dibutuhkan untuk menangkap 50% radikal bebas lebih besar, sehingga aktivitas antioksidannya relatif lebih lemah.

3.3. Aktivitas antioksidan

Alga merah juga telah diketahui memiliki aktivitas antioksidan. Berbagai pengujian antioksidan menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) telah dilakukan. Metode DPPH itu sendiri bekerja berdasarkan prinsip penangkapan radikal bebas. DPPH merupakan radikal bebas yang stabil dan memiliki warna ungu khas. Ketika DPPH bereaksi dengan senyawa antioksidan yang dapat mendonorkan atom hidrogen, terjadi perubahan warna dari ungu menjadi kuning. Perubahan warna ini merupakan indikasi bahwa radikal DPPH telah tereduksi menjadi bentuk non-radikal, yaitu DPPH-H (1,1-difenil-2-pikrilhidrazin) (Krishnaiah *et al.*, 2011). Metode ini secara langsung berhubungan dengan kandungan polifenol dalam sampel, seperti flavonoid dan tanin, yang memiliki kemampuan sebagai astringensia dan pengikat protein. Polifenol, terutama flavonoid, dikenal karena kemampuannya sebagai antioksidan alami yang efektif dalam menangkal radikal bebas. Radikal bebas yang dihasilkan dari metabolisme lemak dalam tubuh dapat menyebabkan kerusakan seluler dan berkontribusi pada berbagai penyakit degeneratif. Oleh karena itu, senyawa polifenol dalam alga berperan penting dalam melawan kerusakan oksidatif, berfungsi sebagai antiinflamasi, antibakteri, antijamur, serta memiliki potensi sitotoksik, antimalaria, antiproliferatif, dan antikanker. Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam persen (%) aktivitas antioksidan, yang mengindikasikan sejauh mana suatu senyawa dapat menghambat aktivitas radikal bebas. Persentase ini dihitung berdasarkan penurunan absorbansi larutan DPPH akibat interaksi dengan senyawa antioksidan. Semakin tinggi persentase aktivitas antioksidan, semakin banyak

atom hidrogen yang didonorkan oleh senyawa aktif kepada radikal DPPH, sehingga mengurangi jumlah radikal bebas yang terdeteksi. Penurunan absorbansi dan perubahan warna dari ungu menjadi kuning menunjukkan bahwa radikal DPPH telah direduksi, mengindikasikan efektivitas senyawa sebagai antioksidan (Zubia *et al.*, 2007).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Podungge dkk. (2018), aktivitas antioksidan dari spesies *Eucheuma denticulatum* dievaluasi menggunakan dua jenis pelarut, yaitu metanol dan etanol, yang ditandai dengan pengukuran nilai Nilai IC₅₀. Nilai IC₅₀ merupakan indikator penting dalam menentukan efektivitas antioksidan, di mana angka ini menggambarkan konsentrasi larutan sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas DPPH. Secara umum, semakin rendah nilai IC₅₀, semakin tinggi pula kemampuan sampel dalam menangkal radikal bebas, yang berarti aktivitas antioksidan dari senyawa tersebut lebih kuat. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan dalam aktivitas antioksidan ketika menggunakan pelarut yang berbeda. Sampel yang diekstraksi dengan metanol dan etanol menunjukkan nilai IC₅₀ yang bervariasi, di mana nilai IC₅₀ yang lebih kecil pada salah satu pelarut mengindikasikan bahwa senyawa-senyawa antioksidan dalam spesies *E. denticulatum* lebih efektif dalam kondisi pelarut tersebut. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan polaritas pelarut yang mempengaruhi ekstraksi senyawa aktif. Etanol 95% cenderung lebih efektif dalam mengekstrak senyawa aktif dibandingkan pelarut yang memiliki kandungan air lebih tinggi atau pelarut organik lainnya. Etanol 95% merupakan pelarut semi-polar yang kerap lebih efektif dalam mengekstrak senyawa semi-polar seperti polifenol dan flavonoid, yang berperan dalam aktivitas antioksidan. Rendahnya kadar air dalam etanol 95% menjadikannya lebih selektif dalam mengekstrak senyawa aktif yang berperan dalam menangkap radikal bebas, dibandingkan pelarut yang lebih polar seperti air atau metanol dengan kandungan air tinggi (Podungge dkk., 2018).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Teo *et al.* (2020), aktivitas antioksidan yang diukur melalui kemampuan mencapai 50% penghambatan radikal bebas DPPH (nilai IC₅₀) menunjukkan bahwa asam askorbat memiliki IC₅₀ sebesar 0,09 mg/mL, sementara ekstrak air memiliki IC₅₀ sebesar 1,99 mg/mL. Nilai IC₅₀ yang lebih rendah pada asam askorbat menunjukkan bahwa asam askorbat memiliki sifat antioksidan yang lebih kuat dibandingkan dengan ekstrak air. Asam askorbat digunakan sebagai standar pembanding untuk mengevaluasi efektivitas antioksidan ekstrak, di mana hasilnya menunjukkan bahwa asam askorbat memiliki kemampuan yang jauh lebih tinggi dalam meredam radikal bebas, meskipun hanya dengan konsentrasi yang lebih rendah. Ketika konsentrasi ekstrak air dikurangi hingga setengahnya, yaitu menjadi 1 mg/mL, aktivitas antioksidan ekstrak alga *Eucheuma* masih mampu menunjukkan kemampuan penangkalan radikal hidroksil sebesar 23,79%. Meskipun persentase aktivitas ini lebih rendah dibandingkan dengan asam askorbat, hasil ini tetap menunjukkan bahwa ekstrak alga memiliki potensi antioksidan, meskipun dalam kadar yang lebih lemah. Kehadiran antioksidan alami dari alga, seperti flavonoid dan tanin, memainkan peran krusial dalam pencegahan dan pengobatan berbagai penyakit. Kemampuan senyawa-senyawa ini untuk menetralkan radikal bebas berkontribusi pada perlindungan seluler dan pencegahan proses penuaan yang dipicu oleh stres oksidatif. Oleh karena itu, analisis aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH tidak hanya memberikan gambaran tentang potensi kesehatan suatu bahan tetapi juga menyoroti manfaatnya dalam aplikasi klinis dan kesehatan masyarakat.

4. KESIMPULAN

Alga merah dari genus *Eucheuma* telah terbukti mengandung berbagai kandungan fitokimia yang potensial, termasuk karagenan, flavonoid, alkaloid, saponin, steroid, dan juga berbagai pigmen warna. Aktivitas antioksidan dan antibakteri dari *Eucheuma* juga telah diidentifikasi, dengan hasil yang menunjukkan bahwa ekstrak alga ini memiliki potensi untuk melawan radikal bebas dan menghambat pertumbuhan berbagai bakteri patogen. Efektivitas aktivitas biologis ini bervariasi tergantung pada jenis pelarut yang digunakan. Flavonoid yang terdapat dalam alga ini berperan penting dalam memberikan aktivitas antioksidan dan antibakteri, yang menunjukkan potensi *Eucheuma* sebagai sumber senyawa bioaktif untuk aplikasi terapeutik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi berharga selama pelaksanaan penulisan artikel ini. Terima kasih yang mendalam saya ucapkan kepada institusi Program Studi Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana atas kesempatan yang telah diberikan untuk publikasi ini. Terima kasih juga saya ucapkan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi yang sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alghazeer, R., Fatah, H. E., Azwai, S., Elghmasi, S., Sidati, M., Fituri, A. E., Althaluti, E., Gammoudi, F., Yudiati, E., Talouz, N., Shamlan, G., AL-Farga, A., Alansari, W. S., & Eskandrani, A. A. A. (2022). Nutritional and nonnutritional content of underexploited edible seaweeds. *Aquaculture Nutrition*, 2022, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2022/8422414>
- Balasubramaniam, V., June Chelyn, L., Vimala, S., Mohd Fairulnizal, M. N., Brownlee, I. A., & Amin, I. (2020). Carotenoid composition and antioxidant potential of *Eucheuma denticulatum*, *Sargassum polycystum* and *Caulerpa lentillifera*. *Heliyon*, 6(8), e04654. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04654>
- Chai, C. Y., Tan, I. S., Foo, H. C. Y., Lam, M. K., Tong, K. T. X., & Lee, K. T. (2021). Sustainable and green pretreatment strategy of *Eucheuma denticulatum* residues for third-generation l-lactic acid production. *Bioresource Technology*, 330, 124930. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124930>
- Costa-Lotufo, L. V., Colepicolo, P., Pupo, M. T., & Palma, M. S. (2022). Bioprospecting macroalgae, marine and terrestrial invertebrates & their associated microbiota. *Biota Neotropica*, 22, 1-13. <http://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1345>
- El-Beltagi, H. S., Mohamed, A. A., Mohamed, H. I., Ramadan, K. M.A., Barqawi, A. A., & Mansour. (2022). Phytochemical and Potential Properties of Seaweeds and Their Recent Applications: A Review. *Marine Drugs*. 20(342), 1-49. <https://doi.org/10.3390/md20060342>

- Enujiugha, V. N. (2010). The antioxidant and free radical- scavenging capacity of phenolics from african locust bean seeds (*Parkia biglobosa*). *Advances in Food Sciences*. 32(2), 88-93.
- Hamrun, N., Djamaluddin, N., & Dahri, I. N. A. (2022). Antioxidant activity of red algae extract (Rhodophyta) *Eucheuma spinosum* measured by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Journal of Dentomaxillofacial Science (J Dentomaxillofac Sci)*, 7(1), 14-19.
- Harborne, J. B. (1996). *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Edisi kedua. ITB, Bandung.
- Husna, S., Nurlaida, Yusriadi, Utami, H. H., & Najmah. Komponen Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* di Perairan Desa Pajukukang Bantaeng. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*, 5(2), 9-15. <https://doi.org/10.36526/jc.v5i2.2769>
- Irasari, N., Diharmi, A., Sidauruk, S. W., & Sinurat, F. (2022). Identifikasi Komponen Bioaktif dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kasar Rumput Laut Merah (*Eucheuma spinosum*). *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 14(01), 9-15. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v14i1.18862>
- Jiang, F., Liu, Y., Xiao, Q., Chen, F., Weng, H., Chen, J., Zhang, Y., & Xiao, A. (2022). Eco-Friendly Extraction, Structure, and Gel Properties of 1-Carrageenan Extracted Using Ca(OH)₂. *Marine Drugs*, 20(419), 1-14. <https://doi.org/10.3390/md20070419>
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2011). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioproducts Processing*, 89(3), 217-233. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2010.04.008>
- Mikami, K. & Hosokawa, M. (2013). Biosynthetic Pathway and Health Benefits of Fucoxanthin, an Algae-Specific Xanthophyll in Brown Seaweeds. *International Journal of Molecular Sciences*. 14, 13763-13781. <https://doi.org/10.3390/ijms140713763>
- Miyashita, K., Nishikawa, S., Beppu, F., Tsukui, T., Abe, M., & Hosokawa, M. (2011). The allenic carotenoid fucoxanthin, a novelmarine nutraceutical from brown seaweeds. *J Sci Food Agric.* 91(7), 1166–1174. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4353>
- Morales, G., Sierra, P., Mancilla, A., Parades, A., Loyola, L. A., Gallardo, O., & Borquez, J. (2003). Secondary Metabolites from Four Medicinal Plants from Northern Chile: Antimicrobial Activity and Biotoxicity against *Artemia salina*. *Journal Chil Chem*, 49(1), 44-49.
- Naseri, A., Jacobsen, C., Sejberg, J. J. P., Pedersen, T. E., Larsen, J., Hansen, K. M., & Holdt, S. L. (2020). Multi-Extraction and Quality of Protein and Carrageenan from Commercial Spinosum (*Eucheuma denticulatum*). *Foods*, 9(1072), 1-14. <https://doi.org/10.3390/foods9081072>
- Podungge, A., Damongilala, L. J., & Mewengkang, H. W. (2018). Kandungan Antioksidan Pada Rumput Laut *Eucheuma Spinosum* yang Diekstrak dengan Metanol dan Etanol. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*, 6(1), 1-5.
- Safitri, A., Srihardyastutie, A., Roosdiana, A., & Sutrisno. (2018). Antibacterial Activity and Phytochemical Analysis of Edible Seaweed *Eucheuma spinosum* Against *Staphylococcus aureus*. *J. Pure App. Chem. Res*, 7(3), 308-315. <https://doi.org/10.21776/ub.jpacr.2018.007.03.389>

- Sernita, Firdaus, Sahidin, I., & Soekamto, N. H. (2023). Identification of Secondary Metabolites, Antioxidant Potential, Total Phenolic and Flavonoids of Three Red Algae from Hari Island Waters, Southeast Sulawesi, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2704(1). <https://doi.org/10.1063/5.0138929>
- Shah, M. D., Venmathi Maran, B. A., Shaleh, S. R. M., Zuldin, W. H., Gnanaraj, C., & Yong, Y. S. (2022). Therapeutic Potential and Nutraceutical Profiling of North Bornean Seaweeds: A Review. *Marine Drugs*, 20(2). <https://doi.org/10.3390/md20020101>
- Sulistyaningsih, Iskandar, Y., Halimah, E., Shifa, N., Fushilla, Z., Silvana, G., & Zuhrotun, A. (2019). Activity of Red Algae (*Eucheuma cottonii*) against some Bacteria and Fungi. *J. Pharm. Sci. & Res.*, 11(6), 2362-2366.
- Syafitri, T., Hafiludin, & Chandra, A. B. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) dari Perairan Sumenep sebagai Antioksidan. *Jurnal Kelautan*, 15(2), 160-168. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i2.14905>
- Tarigan, N. (2020). Eksplorasi Keanekaragaman Makroalga di Perairan Londalima Kabupaten Sumba Timur. *BIOSFER: Jurnal Biologi dan Pendidikan Biologi*, 5(1), 37-43.
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., & Masoudpour-Behabadi, M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360–374. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.074>
- Teo, B. S. X., Gan, R. Y., Abdul Aziz, S., Sirirak, T., Mohd Asmani, M. F., & Yusuf, E. (2021). In vitro evaluation of antioxidant and antibacterial activities of *Eucheuma cottonii* extract and its in vivo evaluation of the wound-healing activity in mice. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 20(3), 993–1001. <https://doi.org/10.1111/jocd.13624>
- Tunggal, W. W. I. & Hendrawati, T. Y. (2015). Pengaruh Konsentrasi KOH pada Ekstraksi Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Dalam Pembuatan Karagenan. *Konversi*, 4(1), 32-39. <https://doi.org/10.24853/konversi.4.1.%25p>
- Zubia, M., Robledo, D., Freile-Pelegrin, Y. (2007). Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Applied Phycology*, 19, 449–458.