



Potensi Rumput Laut Guso (*Eucheuma spinosum*) Hasil Budidaya Lokal Sebagai Bahan Kosmetik: Sebuah Studi Literatur

Ramadhania Ariza Putri¹, Santi Rukminita Anggraeni^{*2}, Soraya Ratnawulan Mita³

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjajaran

² Pusat Studi Konservasi dan Pengelolaan Kawasan Maritim, Universitas Padjajaran

³Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjajaran

Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Jatinangor, Sumedang. Jawa Barat 45363 Indonesia

*E-mail : santi.rukminita@unpad.ac.id

(Submit 05/07/2024, Revisi 01/08/2024, Diterima 12/08/2024, Terbit 14/08/2024)

Abstrak

Produk kosmetik yang mengandung bahan alami memberi lebih banyak khasiat, sehingga membuat konsumen lebih memilih produk dengan kandungan bahan alami. Industri kecantikan akan menjadi salah satu penggerak ekonomi paling utama karena Indonesia merupakan negara dengan populasi terbanyak ke-4 di dunia. Selain itu, potensi dan kekayaan alam di Indonesia juga mendukung perusahaan kosmetik luar dan dalam negeri untuk mengembangkan produk kosmetik dan *skin care* yang natural yang berkualitas. Senyawa alami digunakan sebagai bahan kosmetik memiliki keuntungan yang lebih banyak dibanding komposisi yang ada pada produk kosmetik pada umumnya, karena biasanya lebih ramah lingkungan, tidak beracun, tidak bersifat karsinogenik, lebih mudah didapatkan, dan lebih menguntungkan perekonomian. Salah satu spesies alga merah (*Rhodophyta*) yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah *Eucheuma spinosum*. Spesies ini dapat dibudidayakan di banyak daerah perairan Indonesia, seperti Nusa Tenggara Barat, Jawa Timur, Kalimantan Barat, hingga Riau. Contoh senyawa yang dapat dihasilkan *E. spinosum* adalah *iota carrageenan*, pigmen alga (karotenoid), flavonoid, senyawa fenolik, alkaloid, triterpenoid, steroid, tanin, dan saponin. Senyawa tersebut memiliki berbagai potensi di bidang kosmetik, misalnya sebagai senyawa antioksidan, antibakteri, senyawa fotoprotektif, bahan pelembab kulit, senyawa *anti-tyrosinase*, *anti-aging* dan agen pembentuk gel atau stabilisator pada produk kosmetik.

Kata kunci: Alga merah, *Eucheuma spinosum*, Kosmetik, *Skin care*

Pendahuluan

Bahaya kandungan aktif dalam produk perawatan kulit membuat konsumen menjadi lebih hati-hati dalam memilih produk kecantikan untuk dikonsumsi. Konsumen menjadi lebih paham mengenai bahan yang berbahaya, sehingga menghindari membeli produk tersebut dan cenderung memilih produk yang memiliki jaminan penggunaan bahan organik atau natural^{1,2}. Untuk menghadapi tantangan tersebut, banyak perusahaan bidang kecantikan yang menghadirkan kandungan bahan natural pada produk perawatan kulit. Produk kosmetik yang mengandung bahan alami memberi lebih banyak khasiat, sehingga membuat konsumen lebih memilih produk dengan kandungan bahan alami^{3,4}. Bahan alami yang sudah banyak digunakan untuk menjadi komposisi produk kecantikan biasanya berasal dari tumbuhan, baik itu tumbuhan terrestrial maupun tumbuhan akuatik. Adapun tumbuhan akuatik yang bisa digunakan adalah rumput laut atau alga.

Produk berbahan dasar alga sudah banyak digunakan sebagai kosmetik dan obat-obatan. Hal itu disebabkan oleh kandungan bioaktif yang terkandung, di antaranya adalah kandungan antioksidan, tabir surya, pelembab, dan sebagainya⁵. Salah satu spesies alga merah (*Rhodophyta*) yang banyak dibudidayakan di Indonesia adalah *Eucheuma spinosum*⁶⁻⁸. Budidaya *E. spinosum* di Indonesia dilakukan di berbagai daerah, seperti di perairan Lombok Timur, perairan Kabupaten Wakatobi, perairan Sumenep, dan daerah lainnya⁹⁻¹¹. Studi literatur ini ditulis dengan tujuan untuk mengkaji potensi *E. spinosum* hasil budidaya Indonesia sebagai bahan produk kosmetik dan perawatan kulit yang natural dengan aktivitas senyawa yang beragam. Studi sebelumnya yang sudah pernah dilakukan adalah menguji *E. spinosum* sebagai bahan antioksidan^{8,12}, bahan antibakteri^{13,14}, hingga uji kemampuan UV filter¹⁵. Keterbatasan studi mengenai fungsi *E. spinosum* sebagai produk kosmetik menjadi dasar tujuan kajian literatur ini dibuat. Di dalam tulisan ini, akan dibahas mengenai kandungan senyawa yang dihasilkan *E. spinosum* hasil budidaya di perairan Indonesia dari berbagai studi yang sudah dilakukan, lalu dari hasil tersebut akan dilakukan analisis potensi *E. spinosum* sebagai produk kosmetik dan *skin care*.

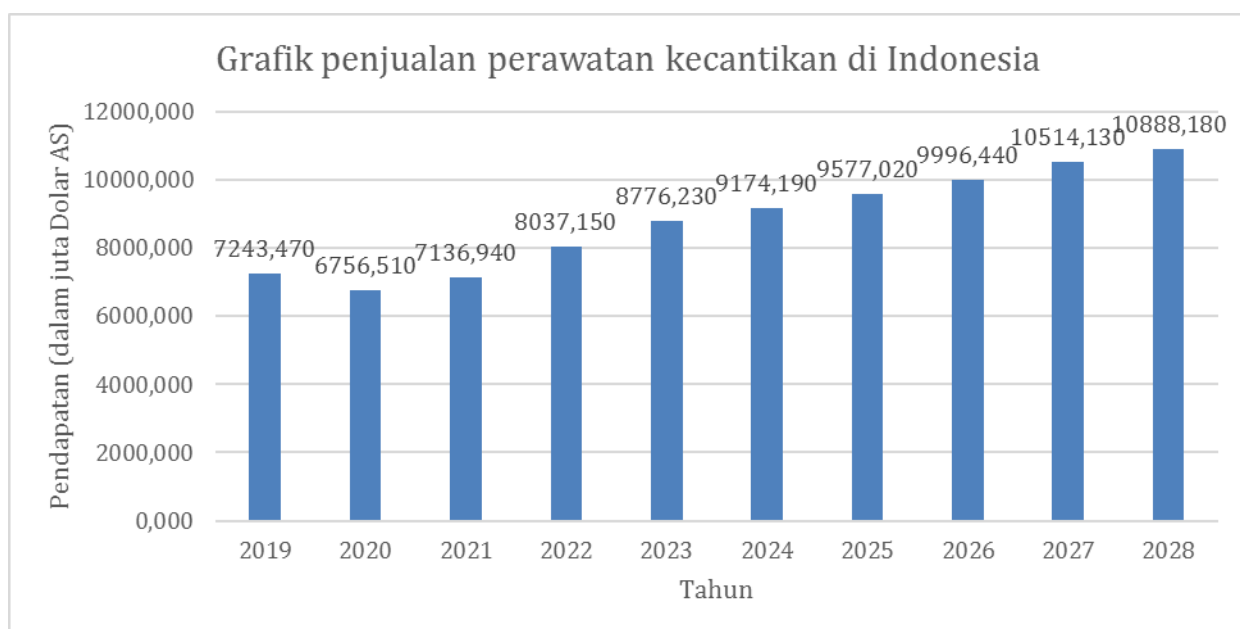
Metode

Studi ini dilakukan dengan melakukan studi literatur berupa artikel melalui berbagai situs pencarian daring, seperti Google Scholar, MDPI, ScienceDirect, dan PubMed. Studi literatur meliputi data-data senyawa yang dihasilkan *E. spinosum* beserta bioaktivitasnya ditabulasikan dalam **Tabel 1**. Kata kunci yang digunakan untuk melakukan studi literatur ini meliputi "*Eucheuma spinosum*", "Indonesia", "kosmetik", "bioaktivitas", "*skin care*", "metabolit sekunder", "fitokimia". Artikel ilmiah yang termasuk dalam **Tabel 1** berupa artikel yang didapat dari hasil pencarian tanpa membatasi tahun publikasi. Untuk mendukung relevansi, kredibilitas, dan kebaruan ilmu, artikel yang dipilih akan dibatasi menjadi tahun 2014 hingga 2024. Selanjutnya, akan diambil data *E.*

spinosum yang berasal dari perairan Indonesia untuk dibahas lebih lanjut mengenai kemampuan dan potensinya sebagai kosmetik di bagian pembahasan. Pembahasan potensi *E. spinosum* sebagai bahan aktif kosmetik berupa kemampuan: 1) Antioksidan; 2) Antibakteri; 3) UV Filter; 4) *Anti-tyrosinase*; 5) Pelembab; 6) *Anti-aging*. Selain itu, akan dibahas pula potensi lain *E. spinosum* sebagai bahan pendukung formulasi kosmetik dan bahan pengawet antibakteri.

Hasil

Data penjualan produk kosmetik dan *skin care* di Indonesia didapatkan dari situs web Statista.com, sehingga didapatkan tiga grafik. Grafik tersebut meliputi data pendapatan pasar kecantikan di Indonesia dari tahun 2019 hingga 2028, data nilai penjualan produk *skin care* di Indonesia dari tahun 2012 hingga 2016, dan data penjualan merek kosmetik di pasar *online* Indonesia per bulan Januari 2020. Ketiga grafik tercantum dalam **Gambar 1**, **Gambar 2**, dan **Gambar 3**



Gambar 1 Pendapatan pasar kecantikan dan perawatan pribadi di Indonesia dari 2019 hingga 2028 (dalam juta Dolar AS). Sumber: Statista.com



Gambar 2 Nilai penjualan produk perawatan kulit di Indonesia dari 2012 hingga 2016 (dalam triliun Rupiah). Sumber: Statista.com



Gambar 3 Merek kosmetik terkemuka yang dijual di toko online utama di Indonesia per 7 Januari 2020, berdasarkan jumlah item yang terjual (dalam juta). Sumber: Statista.com

Hasil penelusuran mengenai kandungan senyawa dan bioaktivitas *E. spinosum* dari **Tabel 1** dijabarkan lebih lanjut dan lebih rinci. **Tabel 2** menyajikan data senyawa yang didapatkan dari ekstrak *E. spinosum* berdasarkan hasil uji fitokimia yang telah dilakukan di beberapa artikel. **Tabel 3** menyajikan informasi mengenai kemampuan antioksidan ekstrak *E. spinosum* dari beberapa daerah di Indonesia. **Tabel 4** menyajikan informasi mengenai kemampuan antibakteri ekstrak *E. spinosum* dari berbagai daerah di Indonesia.

Tabel 1 Pencarian literatur mengenai senyawa yang dihasilkan *E. spinosum* beserta bioaktivitasnya

Nama Spesies	Asal Lokasi	Metode Ekstraksi	Senyawa yang Dihasilkan	Bioaktivitas	Referensi
<i>Eucheuma spinosum</i>	Nusa Penida, Bali	Microwave-Assisted Extraction	Fenol, Flavonoid, Triterpenoid	Antioksidan	[16]
	Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat	Maserasi	Alkaloid, steroid, flavonoid, fenol, saponin	Antioksidan	[8]
	N/A ¹	Maserasi	N/A	Antioksidan	[17]
	Pulau Jang, Kepulauan Riau	Maserasi	Alkaloid, Flavonoid	Antibakteri (<i>Vibrio alginolyticus</i> & <i>Aeromonas hydrophila</i>)	[13]
	Binuangeun, Jawa Barat	Maserasi	Fenol	Antioksidan, Anti-Tyrosinase	[18]
	N/A	Maserasi	Alkaloid, Steroid, Saponin, Polifenol, Flavonoid	Antioksidan	[19]
	Sumenep, Jawa Timur	Sonikasi	Triterpenoid, Alkaloid, Saponin	Antioksidan	[20]
	Takalar, Sulawesi Selatan	Maserasi (55°C, disonikasi)	N/A	Antioksidan, Fotoprotektif	[15]
	Laut Flores, Nusa Tenggara Timur	Soxhlet	Alkaloid, Saponin	Antibakteri (<i>Staphylococcus aureus</i>)	[21]
	Kudat, Sabah	Maserasi	Fenol	Antioksidan	[22]
	Departemen Perikanan Malaysia	Maserasi (Stirring)	N/A	Antioksidan, Antiinflamatori	[23]
	Takalar, Sulawesi Tenggara	Maserasi	Flavonoid, Alkaloid, Steroid, Saponin	Antibakteri (<i>Bacillus subtilis</i> & <i>Escherichia coli</i>)	[24]
	Wakatobi, Sulawesi Tenggara	Maserasi	N/A	Antibakteri (<i>S. aureus</i> & <i>E. coli</i>)	[25]
	N/A	N/A	3-(3-methoxyphenyl) propanal	Antibakteri (<i>S. aureus</i>), antoksidan	[26]
	Labuan Aji, Nusa Tenggara Barat	Maserasi	Flavonoid, Alkaloid, Triterpenoid, Steroid, Tanin	Antioksidan	[27]
	Takalar, Sulawesi Selatan	Maserasi	N/A	Antibakteri (<i>B. subtilis</i> , <i>E. coli</i>)	[28]
	Cipatujah, Jawa Barat	Maserasi	Flavonoid, Alkaloid, Monoterpenoid & Sesquiterpenoid, Steroid	Antibakteri (<i>Streptococcus mutans</i> & <i>Shigella dysenteriae</i>)	[29]
	Desa Pekandangan Barat, Jawa Timur	Maserasi	N/A	Antioksidan	[30]
	Arakan, Sulawesi Utara	Maserasi	Fenol, Karoten	Antioksidan	[31]
	N/A	N/A	Alkaloid, Flavonoid, Saponin	Antibakteri (<i>E. coli</i>)	[14]
	Arakan, Sulawesi Utara	Maserasi	Steroid, Triterpenoid, Tanin	Antioksidan	[32]
	Kunak, Sabah	Maserasi	Fenol	Antioksidan	[33]

¹N/A menyatakan bahwa penulis tidak mencantumkan data

Tabel 2 Tabel Hasil Uji Fitokimia *E. spinosum* dari beberapa daerah di Indonesia

Spesies Alga	Lokasi Budidaya	Metode Ekstraksi	Pelarut	Senyawa yang dihasilkan						Keterangan	Referensi
				Alkaloid	Flavonoid	Triterpenoid	Steroid	Tanin	Saponin		
<i>E. spinosum</i>	Perairan Nusa Tenggara Barat	Maserasi	Heksan p.a	+	+	+	-	-	-	Ekstrak uji berbentuk ekstrak kasar	[34,35]
			Etil Asetat p.a	+	+	+	-	-	-		
			Kloroform p.a	-	+	+	-	-	-		
			Etanol p.a	-	+	-	+	+	+		
			n-Heksan p.a	-	-	+	+	N/A	N/A		
	Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat	Maserasi	Etanol p.a	+	+	+	+	N/A	+	Ekstrak uji berbentuk ekstrak kasar	[8]
			Metanol p.a	-	-	+	+	+	-		
	Perairan Arakan, Sulawesi Utara	Maserasi	n-Heksan p.a	+	-	-	-	+	-	Ekstrak diekstrak menggunakan metanol, lalu dipartisi menggunakan n-heksan-air dan etil asetat-H ₂ O	[32]
			Etil Asetat p.a	-	+	+	+	+	+		
			Air	-	-	-	-	+	-		
	Nusa Penida, Bali	MAE	Metanol 70%	N/A	+	+	-	-	N/A	Ekstrak uji berbentuk ekstrak kasar	[16]
			Metanol p.a	+	-	+	-	-	-		
	Sumenep, Jawa Timur	Sonikasi	Dikloro metana p.a	+	-	+	-	-	+	Ekstrak uji berbentuk ekstrak kasar	[20]
			Etil Asetat	-	-	+	-	-	+		
			n-heksan	+	-	+	-	-	+		
	Pulau Jang, Provinsi Riau	Maserasi	Etanol 96%	+	+	-	-	-	-	Ekstrak uji berbentuk ekstrak kasar	[13]
	Perairan Bangka Selatan	Maserasi	Etanol 70%	+	+	+	-	-	N/A	Ekstrak kering dipartisi menggunakan etanol-n-heksan (2:3) dan difraksinasi	[36]

¹N/A menyatakan bahwa penulis tidak mencantumkan data

Tabel 3 Kemampuan antioksidan *E. spinosum* dari perairan Indonesia berdasarkan nilai IC₅₀

Spesies	Lokasi Asal	Metode Ekstraksi	Pelarut	Nilai IC ₅₀ Metode DPPH	Referensi
<i>Eucheuma spinosum</i>	Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat	Maserasi	Etanol p.a	90,100 ppm	[8]
	Nusa penida, Bali	MAE	Metanol p.a	36,300 ± 9,200 ppm	[16]
	Sumenep, Jawa Timur	Sonikasi	Etil asetat p.a	384,860 ppm	[20]
	Labuan Aji, Nusa Tenggara Barat	Maserasi	Etil asetat p.a	430,500 ppm	[27]
	Takalar, Sulawesi Selatan	Sonikasi	n-heksan	2816,680 ppm	[15]

Tabel 4 Uji kemampuan antibakteri *E. spinosum* budidaya Indonesia terhadap beberapa spesies bakteri

Spesies	Lokasi Asal	Metode Ekstraksi	Pelarut	Metode Uji Antibakteri	Bakteri Uji	Zona Hambat (terkecil; terbesar)	Klasifikasi Kekuatan Inhibisi	Referensi
<i>Eucheuma spinosum</i>	Laut Flores, Nusa Tenggara Timur	Soxhlet	Etanol 96%	Difusi Cakram	<i>S. aureus</i> (gram +)	6 mm (konsentrasi 1%); 16,300 mm (konsentrasi 15%)	Kurang efektif pada konsentrasi 1%, Sedang pada konsentrasi 15%	[21]
	Pulau Jang, Kepulauan Riau	Maserasi	Etanol 96%	Difusi Cakram	<i>Vibrio alginolyticus</i> (gram -)	10,870±7,080 mm (k. 12,5%); 21,030±8,000 mm (k. 50%)	Lemah pada konsentrasi 12,5%, Kuat pada konsentrasi 50%	[13]
					<i>Aeromonas hydrophila</i> (gram -)	15,900±1,840 mm (k. 12,5%); 25,330±1,000 mm (k. 50%)	Lemah pada konsentrasi 12,5%, kuat pada konsentrasi 50%	
					<i>S. mutans</i> (gram +)	7,100±0,140 mm (k. 0,002%); 9,150±0,210 mm (k. 0,006%)	Kurang efektif pada konsentrasi 0,002%, Kurang efektif pada konsentrasi 0,002%	
	Cipatujah, Jawa Barat	Maserasi	Etil asetat p.a	Difusi Cakram	<i>Shigella dysenteriae</i> (gram -)	7,780±0,110 mm (k. 0,002 ppm); 7,850±0,140 mm (k. 0,006%)	Kurang efektif pada konsentrasi 0,002%, kurang efektif pada konsentrasi 0,006%	[29]
	N/A	Maserasi	Etanol p.a	Difusi Sumuran	<i>E. coli</i> (gram -)	16 mm (k. 60%); 30 mm (k. 90%)	Sedang pada konsentrasi 60%, kuat pada konsentrasi 90%	[14]

Dilakukan penelusuran mengenai penjualan ekspor rumput laut dan ganggang Indonesia untuk mengetahui berapa banyak permintaan rumput laut hasil budidaya perairan Indonesia oleh negara lain di seluruh dunia. Data penjualan tersebut tercantum dalam **Tabel 5**.

Tabel 5 Data volume dan pendapatan ekspor rumput laut dan ganggang lain Indonesia (Sumber: Badan Pusat Statistik Indonesia)

Negara tujuan	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Berat bersih : Ton											
Tiongkok	103505,700	130118,900	136619,100	147958,600	139950,300	148452,000	157654,500	155039,800	148306,900	175563,300	194395,200
Chili	5955,000	6043,500	6650,300	7975,700	5043,800	4742,200	3825,600	3951,900	3438,100	2870,200	4234,200
Korea Selatan	3347,200	2671,800	6140,500	10915,200	3853,800	5597,600	9319,400	8042,000	7816,900	5192,800	7813,900
Hongkong	4362,400	4196,800	5983,700	3292,600	3031,400	1612,300	838,000	532,400	460,800	495,200	500,700
Filipina	9510,600	6075,900	6973,800	6278,200	3080,300	1320,400	1207,800	1325,600	926,700	1436,900	2473,400
Jepang	815,100	667,200	1074,800	1574,000	1225,300	1910,700	1589,300	1419,700	1403,000	1431,400	1899,900
Perancis	1200,000	1720,000	2538,800	3655,600	1537,200	1845,600	2767,300	3166,800	3297,000	2470,100	5820,200
Denmark	818,200	1455,900	772,400	1206,000	1201,300	998,000	666,800	1864,200	154,800	0,000	0,100
Vietnam	6011,700	1677,900	5085,000	6453,300	1751,500	4612,600	7667,800	5998,500	6113,500	9032,900	6138,200
Spanyol	706,000	486,200	1260,400	1712,300	762,900	1052,400	2727,500	2390,000	2127,200	1974,500	1861,500
Lainnya	4029,200	2954,200	6750,600	5339,200	2216,200	1480,200	4012,400	7474,000	3930,000	5717,800	6943,900
Jumlah	140261,100	158068,300	179849,400	196360,700	163654,000	173624,000	192276,400	191204,900	177974,900	206185,100	232081,200
Nilai FOB : 000 US\$											
Tiongkok	74170,300	113362,100	147654,800	109676,200	92965,200	127529,600	159206,900	173601,900	149376,900	188394,100	336762,800
Chili	5371,000	7195,700	10753,200	9298,500	4604,500	6017,500	6513,000	8488,200	5865,100	4561,900	4957,200
Korea Selatan	3131,100	3073,200	8314,800	8037,600	2718,600	5609,900	12901,700	8614,700	9618,400	5403,100	15809,800
Hongkong	2176,600	2847,400	3884,300	2325,300	2273,400	963,000	318,000	296,700	301,900	322,600	403,100
Filipina	10346,100	8385,400	10200,800	6126,700	2178,500	1263,200	1424,300	1409,700	899,400	2326,400	4798,700
Jepang	572,200	442,400	933,500	1108,600	1170,400	1442,900	1229,300	981,600	969,700	1014,200	1740,400
Perancis	978,900	2299,000	3487,400	3695,500	734,700	1465,600	4088,100	4627,000	3605,700	3134,900	13997,000
Denmark	699,600	1622,300	1015,500	899,400	580,900	760,200	1034,300	2953,000	142,800	0,000	0,200
Vietnam	4929,700	1082,800	3591,300	4010,400	577,100	2531,800	3888,600	2797,200	3823,400	5669,500	4776,000
Spanyol	1655,700	1064,500	2835,400	1442,500	370,300	707,700	2532,400	1518,000	914,000	1039,700	1741,300
Lainnya	6103,100	4011,600	9504,500	4950,200	1682,800	3324,000	6800,700	9956,500	5846,800	10747,400	13240,300
Jumlah	110134,300	145386,400	202175,500	151570,900	109856,400	151615,400	199937,300	215244,500	181364,100	222613,800	398226,800

Catatan:

Diolah dari dokumen kepabeanaan Ditjen Bea dan Cukai (PEB dan PIB)

Dilakukan pula perbandingan kandungan senyawa dengan aktivitas antioksidan, seperti flavonoid, fenol, dan karotenoid pada *E. spinosum* dengan alga lain. Data perbandingan ini tercantum pada **Tabel 6**. Sementara itu, **Tabel 7** memuat data perbandingan nilai aktivitas antioksidan yang dihasilkan *E. spinosum* dengan spesies alga lain.

Tabel 6 Perbandingan Kandungan Total Flavonoid, Total Fenolik, dan Total Karotenoid pada beberapa jenis alga

Flavonoid				
Nama Spesies	Kelompok	Lokasi Asal	Total flavonoid	Referensi
<i>Eucheuma spinosum</i>	Alga merah	Nusa Penida, Provinsi Bali (Tropis)	789,210±17,250 mg QE/g	[88]
<i>Eucheuma cottonii</i>		Pantai Lontar, Serang, Banten	35,180 mg QE/g	[89]
		Nusa Penida, Provinsi Bali (Tropis)	109,440 ± 15,030 mg QE/g	[16]
<i>Cystoseira amentacea</i>	Alga cokelat	Teluk Iskenderun, Turki (Mediterranean)	1,820 ± 0,750 mg QE/g	[90]
		Laut Ligurian, Mediterranean Barat Laut (Sub-tropis)	15,80 ± 0,510 mg QE/g	[91]
<i>Cladophora glomerata</i>	Alga hijau	Danau Oporzynskie, Polandia (Sub-Tropis)	1,770 ± 0,100 mg QE/g	[92]
		Danau Oporzynskie, Polandia (Sub-Tropis)	1,460 ± 0,080 mg QE/g	[93]
Fenol				
Nama Spesies	Kelompok		Total Fenol	Referensi
<i>Eucheuma spinosum</i>	Alga merah	Nusa Penida, Provinsi Bali (Tropis)	62,980 ± 6,400 mg GAE/g	[16]
		Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat	16,470 ± 0,140 mg GAE/g	[8]
<i>Eucheuma cottonii</i>		Pantai Lontar, Serang, Banten	141 mg GAE/g	[89]
<i>Laminaria digitata</i>	Alga cokelat	Pesisir Barat Irlandia (Sub-tropis)	0,005 ± 0,000 mg GAE/mg	[94]
		Breiðafjörður, Islandia Barat (Sub-tropis)	4,400 ± 0,100 mg GAE/ g	[95]
<i>Codium fragile</i>	Alga hijau	Pesisir Barat Irlandia (Sub-topis)	0,008 ± 0,000 mg GAE/mg	[94]
		Güzelyalı-Karanlık Liman, Turki (Sub-Tropis)	0,064±0,000 mg GAE/mg	[96]
Karotenoid				
Nama Spesies	Kelompok		Total Karotenoid	Referensi
<i>Eucheuma spinosum</i>	Alga merah	Perairan Arakan, Sulawesi Utara	0,008 ± 0,000 mg/g	[31]
<i>Eucheuma cottonii</i>		Pamekasan, Madura	0,210 mg/g	[97]
<i>Cladophora glomerata</i>	Alga hijau	Greater Poland, Polandia (Sub-tropis)	0,003 ± 0,000 mg/ml	[98]
		Sungai Lithuania (Sub-Tropis)	0.23 mg/L	[99]
<i>Ulva flexuosa</i>	Alga hijau	Greater Poland, Polandia (Sub-tropis)	0,002 ± 0,000 mg/ml	[98]
		Teluk Persia, Iran (Sub-Tropis)	0.020±0.020 mg/g	[100]
<i>Sirophysalis trinodis</i>	Alga cokelat	Teluk Persia (Sub-Tropis)	0,002± 0.000 mg/g	[101]
		Kota Hurghada, Laut Merah, Mesir (Sub-Tropis)	0,027± 0,001 mg/g	[102]
<i>Polycladia myrica</i>	Alga cokelat	Teluk Persia (Sub-Tropis)	0,001 ± 0.000 mg/g	[101]
		Kota Hurghada, Laut Merah, Mesir (Sub-Tropis)	0,024 ± 0,000mg/g	[102]

Tabel 7 Perbandingan aktivitas antioksidan *E. spinosum* dengan spesies alga lainnya

Nama Spesies	Kelompok	Lokasi asal	Antioksidan		Nilai IC ₅₀ Metode DPPH	Referensi
			Metode Ekstraksi	Pelarut		
<i>Euheuma spinosum</i>	Alga merah	Nusa penida, Bali	MAE	Metanol p.a	36,300 ± 9,200 µg/ml	[16]
		Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat	Maserasi	Etanol p.a	90,100 µg/ml	[8]
<i>Euheuma cottonii</i>	Alga merah	Pesisir Semporna, Sabah	Maserasi (Waterbath 70°C)	Air destilasi	1,990 µg/ml	[117]
		Pulau Lemukutan, Kalimantan Barat	Maserasi	Etanol 70%	127,750 µg/ml	[118]
<i>Gracilaria sp</i>	Alga merah	Perairan Bintan, Kepulauan Riau	Maserasi	Metanol p.a	982,250 µg/ml	[119]
		Pulau Serangan, Bali	Maserasi	Etanol 100%	13,603 ± 0,413 µg/ml	[120]
<i>Halymeda gracilis</i>	Alga Hijau	Pulau Karya, kepulauan Seribu	Maserasi	Metanol p.a	290,490 µg/ml	[121]
<i>Valoniopsis pachynema</i>	Alga hijau	Pesisir Mandapam, India Selatan	Maserasi	Metanol p.a	98 µg/ml	[122]
					73,390 ± 0,030 µg/ml	[123]
<i>Chlorococcum humicola</i>	Alga hijau	Pesisir Rameshwaram, Tamil Nadu	Ekstraksi Soxhlet	Etanol p.a	96,52 µg/ml	[124]
					94 ± 1,800 µg/ml	[125]
<i>Padina gymnospora</i>	Alga Coklat	Teluk Persia	Maserasi	Metanol 80%	746,760 ± 94,150 µg/ml	[126]
		Pekan, Malaysia	Maserasi	Air destilasi	2,565 ± 0,020 µg/ml	[127]
<i>Padina australis</i>	Alga Coklat	Takalar, Sulawesi Selatan	Sonikasi	Metanol p.a	102,590 µg/mL	[128]
		Pulau Dutungan, Sulawesi selatan	Maserasi	Etil asetat p.a	259,480 µg/ml	[129]
<i>Sargassum sp.</i>	Alga coklat	Manado, Sulawesi Utara	Maserasi	Etanol p.a	2,684±0,256 µg/ml	[130]

Pembahasan

Penggunaan Kosmetik Masyarakat Indonesia

Pentingnya menjaga penampilan menjadi alasan konsumen untuk membeli produk-produk kosmetik. Di Indonesia sendiri, tidak menutup kemungkinan bahwa industri kecantikan akan menjadi salah satu penggerak ekonomi paling utama karena Indonesia merupakan Negara dengan populasi terbanyak ke-4 di dunia. Selain itu, potensi dan kekayaan alam di Indonesia juga mendukung perusahaan kosmetik luar

dan dalam negeri untuk mengembangkan produk kosmetik dan *skin care* natural yang berkualitas. Beberapa studi menunjukkan faktor yang mempengaruhi konsumen untuk membeli suatu produk kosmetik dan *skin care* adalah pemasaran pada media sosial yang ekstensif^{37,38}. Sebuah laporan data yang diambil dari Statista, berupa data pendapatan produk kecantikan di Indonesia sejak tahun 2019 dan prakiraan pendapatan hingga tahun 2028, tercantum pada **Gambar 1**. Dari tahun 2019 ke 2020, penjualan berkurang kemungkinan karena adanya pandemi COVID-19. Sejak tahun 2020, penjualan terus meningkat sehingga prediksi hingga tahun 2028 akan terus meningkat. Adapun untuk produk *skin care* sendiri, data penjualan tercantum pada **Gambar 2** dan menunjukkan bahwa penjualan tetap meningkat dari tahun 2012 hingga 2016. Peningkatan penjualan tersebut kemungkinan karena sifat konsumen produk kosmetik Indonesia yang impulsif dan kecenderungan terhadap promosi, sehingga konsumen seringkali membeli produk kosmetik melebihi jumlah produk yang mereka butuhkan³⁹.

Bertahannya nilai penjualan kosmetik dari tahun ke tahun diakibatkan oleh reputasi dan citra merek yang tidak asing di kalangan masyarakat Indonesia. Salah satu tolak ukur kesuksesan suatu perusahaan dalam membangun merek adalah ekuitas merek yang merupakan kekuatan suatu produk untuk dikenal oleh konsumen dari segi kualitas, persaingan, harga pasar, dan profitabilitas perusahaan, sehingga dapat membangun kepercayaan konsumen terhadap merek tersebut^{40,41}. Dengan memperhatikan citra merek, kualitas, dan harga, suatu produk dapat meningkatkan kepercayaan dan loyalitas konsumen. Berdasarkan studi pada merek kosmetik lokal Wardah, kualitas produk dan citra merek mempengaruhi loyalitas konsumen, namun tidak begitu signifikan jika dibandingkan dengan harga produk⁴²⁻⁴⁴. Pada studi yang sejenis, loyalitas konsumen terhadap suatu produk kosmetik di Indonesia tidak dipengaruhi oleh persepsi kualitas suatu produk^{41,45}, yang berarti kualitas produk dari sebuah merek tidak selamanya bisa mempertahankan konsumen karena bisa saja muncul produk lain yang lebih berkualitas.

Merek kosmetik dan produk kecantikan lokal sudah diakui kualitasnya dan dapat dipercaya oleh masyarakat Indonesia, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 3**. Dari grafik tersebut, penjualan kosmetik di Indonesia masih diungguli oleh merek lokal, yaitu Wardah yang berdiri dibawah PT. Paragon Technology and Innovation. Namun, urutan tertinggi kedua diduduki oleh merek Nature Republic dari Korea Selatan. Disusul oleh merek Innisfree di urutan ketiga, yang berdiri di bawah Amorepacific, sebuah perusahaan asal Korea Selatan. Dari fakta ini, timbul permasalahan bahwa produk kosmetik lokal harus membangun citra merek yang baik terhadap konsumen agar mampu menyaingi produk kosmetik internasional. Kualitas kosmetik tidak begitu berpengaruh terhadap loyalitas konsumen di Indonesia⁴¹⁻⁴⁵, sehingga jika merek lokal mampu memproduksi kosmetik yang sama kualitasnya dengan produk internasional, konsumen tidak akan ragu untuk beralih kepada produk lokal. Terlebih lagi, produk kosmetik lokal biasanya jauh lebih terjangkau dari segi harga dan mampu memenuhi kebutuhan standar kulit konsumen Indonesia⁴⁶.

Bahan Alam Sebagai Bahan Aktif Kosmetik

Maraknya penggunaan produk kosmetik dan *skin care* di kalangan masyarakat Indonesia menimbulkan masalah baru bagi kesehatan lingkungan. Bahan-bahan aktif yang umum digunakan pada produk kosmetik seperti paraben, triclosan, dan siloxane jika dikonsumsi dalam jangka panjang akan mengakibatkan efek toksik pada kesehatan kulit, juga menimbulkan masalah ekologis pada ekosistem akuatik dan terestrial dikarenakan bahan-bahan tersebut dibuang dalam jumlah yang besar^{47,48}. Penggunaan bahan alam sebagai bahan aktif pada produk kosmetik bisa menjadi solusi utama permasalahan tersebut. Dengan adanya kesadaran terhadap kesehatan diri dan kesehatan lingkungan, konsumen mampu mempertimbangkan untuk memilih produk natural dan menuntut perusahaan kosmetik untuk mengembangkan produk yang menggunakan bahan-bahan natural^{47,49}.

Green marketing menjadi salah satu upaya perusahaan kosmetik sebagai strategi pemasaran dalam rangka mendukung produk yang lebih ramah lingkungan⁵⁰⁻⁵². Pada konsepnya, *green marketing* memberikan alternatif produk kepada konsumen untuk mulai mengonsumsi produk yang ramah lingkungan, sehingga akan tercipta citra merek yang positif dan menguatkan persepsi positif konsumen terhadap merek tersebut^{50,53,54}. Menurut beberapa studi yang sudah dilakukan di Indonesia, pertimbangan konsumen untuk membeli produk yang ramah lingkungan berhubungan positif dengan kepedulian konsumen terhadap lingkungan^{51,52,55,56}. Hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa pengetahuan dan kepedulian konsumen Indonesia dalam menjaga lingkungan akan membuat konsumen beralih menggunakan produk yang lebih ramah lingkungan. Namun, Kurnia & Mayangsari (2020) melakukan studi mengenai keterbatasan konsumen Indonesia dalam menggunakan produk yang ramah lingkungan⁵⁷. Di antaranya adalah harga produk yang jauh lebih mahal, produk baru yang kalah bersaing dengan produk sejenis yang sudah tersedia di pasaran, resiko produk baru yang belum dapat sertifikasi, penggunaan produk konvensional yang sudah menjadi tradisi, dan citra produk baru yang belum dipercaya konsumen. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, perusahaan bisa melakukan riset lebih lanjut mengenai strategi pemasaran di Indonesia dan mengembangkan inovasi baru terhadap produk yang akan dikembangkan.

Contoh bahan alam yang dapat digunakan secara berkelanjutan adalah mineral, air, ekstrak tumbuhan, mikroalga, dan rumput laut^{58,59}. Beberapa bahan alam yang sudah banyak digunakan sebagai bahan aktif produk kosmetik dan *skin care* Indonesia meliputi lidah buaya (*Aloe barbadensis*), bakuchiol dari tanaman babchi (*Psoralea corylifolia*), buah lemon (*Citrus limon*), mentimun (*Cucumis sativus*), bengkuang (*Pachyrhizus erosus*), teh hijau (*Camellia sinensis*), hingga spirulina (golongan cyanobacteria). Bahan alam sudah banyak digunakan sebagai kosmetik sejak berabad-abad yang lalu, sehingga tidak perlu diragukan khasiatnya untuk dipakai secara turun-temurun^{59,60}. Keuntungan terbesar dari penggunaan bahan alam pada kosmetik adalah sifatnya yang lembut di kulit namun tetap efektif, lebih aman, tidak berbahaya bagi kulit, dan tidak ada efek samping⁶¹⁽⁶¹⁾.

Perlu diketahui bahwa penggunaan bahan alam memiliki tantangannya tersendiri. Dari tiap studi mengenai kandungan senyawa pada bahan alam, terdapat perbedaan senyawa yang dikandungnya. Misalnya, kandungan senyawa fenolik yang dihasilkan suatu bahan alam bisa berbeda berdasarkan metode ekstraksi, temperatur ekstraksi, ukuran partikel, dan tipe pelarut yang digunakan^{62,63}(62,63). Selain itu, kandungan senyawa fenol pada suatu bahan alam juga bisa berbeda berdasarkan kondisi geografisnya sebagai mekanisme pertahanan bahan alam terhadap lingkungannya. Contohnya, tumbuhan memproduksi flavonoid untuk mempertahankan diri dari paparan sinar UV matahari, dan setiap daerah memiliki indeks UV yang berbeda sehingga kandungan senyawa flavonoid pun bisa berbeda^{62,63}. Perbedaan ini bisa jadi pertimbangan untuk produsen kosmetik dan *skin care* untuk menentukan daerah pemasok bahan alam dan metode ekstraksi yang digunakan.

Bahan aktif kosmetik pada rumput laut

Senyawa alami digunakan sebagai bahan kosmetik memiliki keuntungan yang lebih banyak dibanding komposisi yang ada pada produk kosmetik pada umumnya, karena biasanya lebih ramah lingkungan, tidak beracun, tidak bersifat karsinogenik, lebih mudah didapatkan, dan lebih menguntungkan perekonomian⁶⁴. Alga merah dapat menghasilkan senyawa yang berpotensi menjadi kosmetik, seperti polisakarida, protein, senyawa fenol dan terpenoid, dan pigmen. MAA (*Mycosporine-like Amino Acids*) merupakan senyawa asam amino yang banyak dihasilkan rumput laut *Rhodophyceae* memiliki kemampuan melindungi kulit dari kerusakan yang diakibatkan sinar UV, anti penuaan dini, antioksidan, dan anti hipersensitif⁶⁵⁻⁶⁷. Alga merah menghasilkan banyak senyawa pigmen, seperti karotenoid, klorofil (a, b, dan c), fikobilin, dan fikoeritrin^{64,68}. Karotenoid banyak digunakan dalam kosmetik sebagai senyawa antioksidan, contohnya β -Carotene dan fucoxanthin^{5,69}.

Beberapa rumput laut hasil budidaya dari perairan Indonesia juga sudah diuji kemampuannya sebagai bahan aktif pada kosmetik. Maharany *et al.* (2017) meneliti kemampuan antioksidan rumput laut *Padina australis* dengan *Eucheuma cottonii* sebagai sediaan krim tabir surya, dan dihasilkan senyawa antioksidan yang aktif⁷⁰. Rumput laut dari perairan Indonesia sudah banyak diuji kandungan antioksidannya, seperti *Eucheuma cottonii*⁷¹⁻⁷³ dan *Sargassum sp.*⁷³⁻⁷⁶, sehingga rumput laut jenis ini sangat berpotensi sebagai bahan aktif kosmetik. Kombinasi *Sargassum sp.* dan *Eucheuma cottonii* dengan ampas teh sebagai masker wajah anti jerawat menunjukkan adanya aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*⁷³. Rumput laut lain yang juga memiliki aktivitas antibakteri positif terhadap bakteri *P. acnes* meliputi *Gracilaria verrucosa* dan *Kappaphycus alvarezii*^{77,78}.

Penjelasan umum Eucheuma spinosum dan status eksponnya di Indonesia

Eucheuma spinosum merupakan rumput laut dari divisi *Rhodophyta* atau kelompok alga merah. *E. spinosum* memiliki ciri morfologi *thallus* yang berbentuk silindris, dengan percabangan *thallus*nya memiliki ujung yang cenderung meruncing, dan pada tiap

cabangnya terdapat tonjolan lunak yang disebut nodulus, dimana tonjolan-tonjolan tersebut mengitari cabangnya^{79,80}. Warna yang tampak pada *E. spinosum* adalah coklat gelap, coklat terang, hingga kehijauan⁸¹. *E. spinosum* dapat tumbuh di kondisi perairan dengan suhu optimal di antara 26-30°C, kedalaman perairan berkisar di 10-50 meter dengan kecepatan arus optimal di 0,1-0,4 m/detik^{82,83}. Dengan kondisi perairan optimal seperti yang telah disebutkan, *E. spinosum* dapat tumbuh di hampir seluruh perairan di Indonesia.



Gambar 4 Rumput laut *Eucheuma spinosum* yang dibudidayakan di Ketapang, Lampung Selatan

Berdasarkan data pada **Tabel 5**, ekspor rumput laut Indonesia paling banyak ke Tiongkok hingga mencapai 194.395 ton pada tahun 2022. Banyaknya volume ekspor rumput laut Indonesia menjadi bukti bahwa kualitas rumput laut Indonesia sangat diminati oleh banyak negara. Berdasarkan data yang diambil dari web indonesianimporter.com di tanggal 18 Maret 2020, jumlah ekspor *E. spinosum* kering ke negara Perancis sendiri mencapai 60.000 kg dengan FOB sebesar 30.000 USD.

Senyawa yang dihasilkan E. spinosum dan potensinya sebagai produk kosmetik

Hasil Uji Fitokimia E. spinosum Menurut Beberapa Studi di Indonesia

Data pada **Tabel 2** menunjukkan hasil uji fitokimia *E. spinosum* yang didapat dari perairan Indonesia. Dari data tersebut, diperoleh hasil metabolit sekunder yang paling umum ditemukan adalah senyawa triterpenoid, disusul dengan alkaloid dan flavonoid dengan frekuensi hasil positif yang sama. Hampir semua jenis pelarut mampu mengekstrak senyawa triterpenoid dari *E. spinosum*, kecuali pelarut air dan etanol konsentrasi tinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat senyawa triterpenoid umumnya bersifat non-polar atau semi-polar, sehingga pelarut polar seperti air dan etanol tidak mampu mengekstraksi triterpenoid secara maksimal. Saat ini, pengetahuan mengenai jenis senyawa triterpenoid yang terkandung dalam *E. spinosum* masih sangat terbatas, sehingga tidak bisa disimpulkan bagaimana sifat fisika dan kimia triterpenoid dalam *E. spinosum* dalam melakukan ekstraksi. Adapun beberapa senyawa triterpenoid yang mampu diisolasi dari jenis alga lain adalah asam dwarkenoic dari alga hijau *Codium dwarkenese* yang merupakan turunan dari asam ursolic⁸⁴ dan triterpene-squalene dari alga coklat *Padina boergesenii*⁸⁵. Kedua senyawa tersebut merupakan turunan dari

senyawa squalene yang memiliki polaritas rendah, sehingga kelarutannya dalam air sangat rendah. Belum ada temuan lebih lanjut mengenai bioaktivitas senyawa asam dwarkenoic, namun dari riset yang dilakukan Ali *et al.* (2015), asam dwarkenoic mampu menunjukkan aktivitas anti-diabetik. Sementara itu, squalene sudah diketahui memiliki berbagai bioaktivitas yang penting sebagai produk kosmetik dan *skin care*, seperti anti-inflamasi, detoksifikasi, dan antioksidan⁸⁶. Dari studi yang dilakukan Tran *et al.* (2021) terhadap alga merah asal Vietnam *Tricleocarpa fragilis*, ditemukan senyawa triterpenoid baru: *methyl-3b,25-dihydroxycycloart-23-en-29-oate 3-sulfate*; *methyl 3b-hydroxy, 25-methoxycycloart-23-en-29-oate 3-sulfate*; *3b-hydroxy, 25-methoxycycloart-23-en-3-sulfate*; dan *3b-hydroxycycloart-24-en-23-one 3-sulfate*⁸⁷.

Senyawa flavonoid pada *E. spinosum* dapat diekstrak menggunakan pelarut etanol, baik dalam konsentrasi tinggi maupun lebih rendah. Sementara itu, pelarut metanol tidak dapat mengekstrak flavonoid secara maksimal. Namun, pada studi yang dilakukan Rismayanti & Husni (2021), ekstrak metanolik *E. spinosum* diekstrak menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) selama 10 menit dan didapatkan flavonoid total sebesar 109.44 ± 15.03 mg QE (*Quercetin Equivalent*)/g¹⁶. Hal ini membuktikan bahwa perbedaan metode ekstraksi bisa mempengaruhi hasil ekstrak yang berbeda. Untuk mengekstrak alkaloid, pelarut etanol merupakan pelarut yang terbaik meski studi milik Subroto *et al.* (2019) mendapatkan hasil negatif alkaloid pada ekstrak etanolik *E. spinosum*³⁴. Hasil positif senyawa steroid pada *E. spinosum* ditemukan tidak konsisten terhadap semua pelarut, mengindikasikan bahwa keberhasilan untuk mengekstrak senyawa steroid ditentukan oleh kondisi geografis sampel. Kasus ini sama dengan senyawa tannin dan saponin.

Potensi E. spinosum sebagai antioksidan

Senyawa antioksidan merupakan senyawa, yang dalam dosis rendah dapat menghambat atau mencegah oksidasi suatu substrat¹⁰³(103). Antioksidan sebagai penyerap radikal bebas penting untuk melindungi sel dari stres oksidatif dan menjaga keseimbangan spesies oksigen beracun¹⁰⁴. Aktivitas antioksidan pada suatu senyawa ditetapkan dengan IC₅₀, konsentrasi yang dibutuhkan untuk mengurangi 50% radikal bebas¹⁰⁵, dimana semakin rendah IC₅₀ suatu senyawa maka semakin kuat aktivitas antioksidannya. Adapun klasifikasi kekuatan aktivitas antioksidan, senyawa dengan IC₅₀ kurang dari 50 ppm dikelompokkan sebagai antioksidan sangat kuat, 50-100 ppm dikelompokkan sebagai antioksidan kuat, dan 100-150 ppm dikelompokkan sebagai antioksidan lemah¹⁰⁶.

Tabel 3 memuat data kemampuan antioksidan *E. spinosum* berdasarkan IC₅₀ menggunakan metode 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). Dari **Tabel 3**, kemampuan antioksidan *E. spinosum* hasil budidaya perairan Indonesia sangat variatif. Sebagian besar *E. spinosum* dari Indonesia memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong lemah. Sementara itu, aktivitas antioksidan yang kuat ditemukan dalam studi milik Sofiana *et al.* (2020) yang menggunakan *E. spinosum* dari Pulau Lemukutan Kalimantan Barat⁸. Aktivitas antioksidan yang sangat kuat didapatkan oleh Rismayanti

& Husni (2021) yang menggunakan *E. spinosum* dari Nusa Penida, Bali, dan menggunakan metode ekstraksi yang lebih modern, yaitu metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE)¹⁶.

Dari studi-studi tersebut, dapat dinyatakan bahwa aktivitas antioksidan disebabkan karena adanya kandungan fenol pada ekstrak, meliputi tanin, flavonoid, triterpenoid dan steroid. Kelompok tanin dengan berat molekul yang relatif tinggi menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih besar dibandingkan fenol sederhana¹⁰⁷. Gugus hidroksil fenol diketahui mempunyai peranan besar dalam aktivitas antioksidan, khususnya flavonoid^{108–110}. Kombinasi senyawa fenolik dan saponin (ekstrak kasar) mempunyai aktivitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan saponin yang diisolasi dari sumber yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa molekul lain meningkatkan aktivitas antioksidan ekstrak¹¹¹. Senyawa steroid menunjukkan aktivitas pembilasan tertinggi pada pembentukan ROS intraseluler¹¹². Kandungan triterpenoid pada studi milik Herbeoui *et al.* (2018) memiliki aktivitas antioksidan¹¹³.

Flavonoid sebagai salah satu senyawa antioksidan, merupakan senyawa fenolik yang dicirikan oleh oksigen heterosiklik yang terikat pada dua cincin aromatik, yang tingkat hidrogenasinya bervariasi^{114,115}. Flavonoid sudah diakui kemampuannya sebagai antioksidan yang dapat menangkap radikal bebas. Dalam industri kosmetik, flavonoid digunakan sebagai bahan fotoprotektif, *anti-aging*, dan antiinflamasi¹¹⁶. Studi mengenai kandungan flavonoid pada *E. spinosum* sudah banyak dilakukan. Sofiana *et al.* (2020) menguji kandungan flavonoid secara kualitatif pada ekstrak etanolik *E. spinosum*, dan ditemukan kandungan flavonoid yang cukup melimpah⁸. Pada studi yang dilakukan Podungge *et al.* (2018) juga dilakukan uji kualitatif kandungan flavonoid pada ekstrak etanolik dan metanolik *E. spinosum*, dan dihasilkan bahwa flavonoid terkandung pada kedua ekstrak, dengan nilai IC₅₀ aktivitas antioksidan tertinggi pada ekstrak etanol 95%, sebesar 97,522¹⁹. Uji total flavonoid pada ekstrak metanolik *E. spinosum* dilakukan oleh Rismayanti & Husni (2021), dimana total flavonoid yang dihasilkan *E. spinosum* sebanyak 109 44 ± 15.03 mg QE/g¹⁶. Perbandingan total flavonoid yang dihasilkan *E. spinosum* dengan alga lain bisa dilihat pada **Tabel 6**.

E. spinosum hasil budidaya perairan Indonesia cukup berpotensi untuk dijadikan sumber antioksidan pada produk pangan, farmasi, hingga kosmeseutika. Namun, karena kemampuan antioksidannya yang fluktuatif berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan, perlu pertimbangan lebih lanjut untuk mengembangkan potensi antioksidan *E. spinosum*. Misalnya, kualitas perairan lokasi budidaya *E. spinosum* harus yang sesuai dengan parameter optimal untuk pertumbuhan *E. spinosum* dan terhindar dari zat pencemar, hama, atau predator yang menyerang *E. spinosum*. Hal lain yang perlu dipertimbangkan meliputi pemilihan metode ekstraksi yang lebih efisien yang mampu menyerap lebih banyak ekstrak dan senyawa bioaktif. Adapun jenis rumput laut hasil budidaya perairan Indonesia lainnya yang umumnya memiliki potensi sebagai kosmetik meliputi *Eucheuma cottonii*^{71–73}, *Sargassum sp.*^{73–76}, dan *Caulerpa sp.*^{131,132}, sebagai bahan antioksidan. *E. spinosum* hasil budidaya perairan Indonesia mampu

bersaing dengan jenis-jenis rumput laut tersebut dan bisa dilakukan riset lanjutan mengenai potensi antioksidan yang terkandung.

Pada **Tabel 7**, diambil data *E. spinosum* yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dari **Tabel 3**. Jika dibandingkan dengan spesies satu genusnya, *E. cottonii*, aktivitas antioksidan *E. spinosum* lebih tinggi, karena ditemukan aktivitas antioksidan tertinggi pada *E. cottonii* dengan nilai IC_{50} sebesar 127,75 $\mu\text{g/ml}$. Berbeda kasusnya dengan spesies alga merah lain, *Gracilaria sp.*, ditemukan memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC_{50} sebesar $13,603 \pm 0,413 \mu\text{g/ml}$ yang menjadikan *E. spinosum* memiliki aktivitas antioksidan yang jauh lebih lemah. Adapun spesies alga hijau yang memiliki kemampuan aktivitas antioksidan yang setara dengan *E. spinosum*, yaitu *Valoniopsis pachynema* dan *Chlorococcum humicola* yang diambil dari Pesisir Tamil Nadu, India Selatan. Sementara itu, jika dibandingkan dengan spesies lain yang terdapat pada **Tabel 7**, *E. spinosum* memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dari beberapa spesies alga lain. Hal ini mampu membuktikan bahwa *E. spinosum* yang dihasilkan di perairan Indonesia mampu bersaing dengan jenis alga lainnya sebagai penghasil senyawa antioksidan.

Potensi E. spinosum sebagai antibakteri

Dalam industri kosmetik, penggunaan senyawa antibakteri sebagai bahan aktif dalam produk kosmetik memiliki tujuan untuk mencegah kulit dari infeksi bakteri yang menyerang kulit, seperti *Cutibacterium acnes* (sebelumnya diketahui sebagai *Propionibacterium acnes*) yang merupakan bakteri penyebab inflamasi jerawat¹³³. Bakteri lain dalam mikrobioma kulit manusia yang juga berperan dalam pembentukan jerawat adalah *Staphylococcus epidermidis* dan *Staphylococcus aureus*¹³⁴. Beberapa data uji antibakteri *E. spinosum* yang telah dilakukan dimuat dalam **Tabel 4**. Pada studi yang dilakukan Safitri *et al.* (2018), ekstrak etanolik *E. spinosum* menghasilkan kemampuan antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* yang paling optimal pada konsentrasi ekstrak 15% dengan diameter zona hambat sebesar 16,3 mm²¹. Perhitungan *minimum inhibitory concentration* (MIC) dilakukan untuk melihat adanya pertumbuhan bakteri pada ekstrak selama 24 jam, dan dihasilkan unit pembentukan koloni (CFU) bakteri sebanyak 0 dan tingkat kekeruhan bakteri sangat jernih pada konsentrasi ekstrak 15%.

Senyawa antibakteri juga sering digunakan dalam produksi kosmetik sebagai bahan pengawet produk agar terhindar dari kontaminasi bakteri. Produk kosmetik seringkali mengandung air dan nutrisi yang mampu mendukung mikroorganisme untuk tumbuh di dalam produk¹³⁵, sehingga menyebabkan kualitas produk menurun dan menimbulkan masalah kulit yang lebih serius. Adapun bahan pengawet yang biasa digunakan dalam industri kosmetik meliputi *methylisothiazolinone*, *iodopropynyl butylcarbamate*, *ethylhexylglycerin*, *methylparaben*, dan *phenoxyethanol*¹³⁶. Namun, beberapa bahan memiliki dampak yang buruk terhadap kesehatan, seperti paraben yang mengganggu hormon reproduktif manusia dengan aktivitas estrogeniknya¹³⁷. Sesuai regulasi dari Direksi Kosmetik Eropa dan FDA, konsentrasi maksimum paraben

dalam kosmetik adalah 0,4% sebagai ester Tunggal, dan 0,8% sebagai ester campuran¹³⁸. Penggunaan bahan pengawet yang lebih aman, seperti bahan natural, menjadi solusi untuk pengawetan produk kosmetik. Data uji antibakteri *E. spinosum* terhadap bakteri kontaminan tercantum dalam **Tabel 4**. Perbedaan hasil uji pada beberapa studi disebabkan karena jenis bakteri uji, metode ekstraksi sampel, dan lokasi sampel didapatkan. Pada **Tabel 4**, dapat disimpulkan bahwa ekstrak *E. spinosum* memiliki aktivitas antibakteri yang lebih kuat terhadap bakteri gram positif. Hal ini ditunjukkan pada konsentrasi 15%, ekstrak *E. spinosum* memiliki aktivitas antibakteri sedang terhadap *S. aureus*. Sementara pada uji terhadap bakteri *Vibrio alginolyticus*, konsentrasi 12,5% masih menunjukkan aktivitas yang lemah. Studi yang dilakukan Maulana *et al.* (2021) menguji ekstrak *E. spinosum* yang diekstrak dengan heksan, etil asetat, dan metanol terhadap bakteri *Staphylococcus mutans* dan *Shigella dysenteriae*²⁹. Hasil yang didapat adalah hanya ekstrak etil asetat yang mampu menghambat kedua spesies bakteri. Hasil TLC yang dilakukan menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat mengandung senyawa flavonoid golongan flavon.

Senyawa yang terlibat dalam aktivitas antibakteri pada *E. spinosum* adalah flavonoid, triterpenoid, dan polifenol²⁵. Senyawa golongan flavonoid dalam *E. spinosum* yang memiliki aktivitas antibakteri, di antaranya 2,7- *naphthyridine* dan 2- *phenylethylamine*²⁵. Kedua golongan flavonoid tersebut menghasilkan senyawa kompleks bersama protein ekstraseluler, lalu merusak membran sel bakteri dan kemudian senyawa interseluler akan dikeluarkan, mengakibatkan kematian pada sel bakteri¹³⁹. Senyawa triterpenoid meliputi cartilagineol, obtusol, dan elatol, menimbulkan reaksi bersamaan dengan porin (protein transmembran) pada membran terluar dinding sel bakteri, terjadi pembentukan ikatan polimer sehingga mengakibatkan porin rusak. Kerusakan pada porin ini mengurangi permeabilitas pada membran sel bakteri, sehingga bakteri mengalami kekurangan nutrisi¹⁴⁰. Sementara polifenol menghambat aktivitas enzim protease yang terdapat pada protein transport bakteri, dan merusak fungsi materi genetik¹⁴¹. Studi lainnya yang menyelidiki aktivitas antibakteri pada *E. spinosum*, salah satunya adalah studi yang dilakukan oleh Akib *et al.* (2019) menggunakan ekstrak metanolik *E. spinosum* sebagai sabun cuci tangan antiseptik²⁵. Riset yang dilakukan Damongilala *et al.* (2023) menghasilkan kelompok metoksi yang terkandung pada *E. spinosum*, 3-(3-methoxyphenyl) propanal, menunjukkan adanya potensi antimikroba sekaligus antioksidan²⁶.

Kemampuan antibakteri *E. spinosum* masih terbilang cukup rendah jika dibandingkan dengan spesies rumput laut lain. Kemampuan *E. spinosum* dalam menghambat bakteri *S. aureus* pada studi yang dilakukan Safitri *et al.* (2018) hanya menghasilkan zona hambat yang berada di kelas antibakteri “sedang” dengan konsentrasi 15%²¹. Jika dibandingkan dengan alga cokelat *Padina australis*, kemampuan ekstrak etil asetat *Padina australis* mampu menghambat bakteri *S. aureus* sebesar 12.25 ± 0.60 mm dengan konsentrasi 5%¹⁴². Namun, aktivitas antibakteri *E. spinosum* menunjukkan hasil yang potensial jika diuji pada bakteri *S. mutans* dan *Shigella dysenteriae* pada studi yang dilakukan Maulana *et al.*, 2021²⁹. Pada

konsentrasi 0,002%, aktivitas antibakteri *E. spinosum* pada kedua bakteri tersebut sudah melebihi aktivitas antibakteri pada *S. aureus* yang terdapat pada studi Safitri *et al.* (2018) dengan konsentrasi 1%²¹. Kemungkinan aktivitas antibakteri pada *E. spinosum* efektif sebagai bahan pengawet pada produk kosmetik, bukan sebagai bahan aktif. Disarankan untuk melakukan uji antibakteri *E. spinosum* terhadap bakteri penyebab penyakit kulit lainnya, seperti *Cutibacterium acnes* yang menyebabkan jerawat.

Potensi E. spinosum sebagai UV Filter

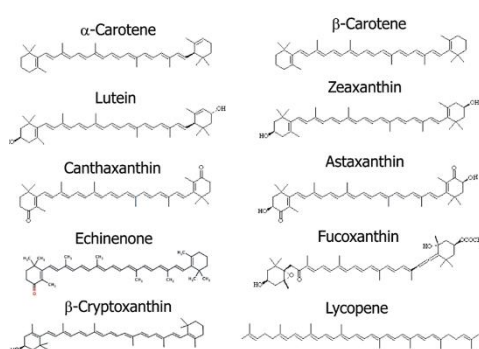
Senyawa fotoprotektif adalah senyawa yang mampu melindungi sel dari kerusakan akibat paparan sinar matahari. Beberapa bahan tabir surya yang umum digunakan di industri kosmetik dapat menimbulkan dampak negatif pada kulit manusia, seperti yang dilaporkan oleh DiNardo & Downs (2018) yang menyatakan bahwa bahan aktif *UV Filter* dapat menimbulkan dermatitis kontak pada kulit manusia¹⁴³. Bahan aktif tabir surya yang menjadi penyebab utama reaksi alergi dan dermatitis pada kulit adalah *oxybenzone*^{144–146}. Selain dari segi kesehatan kulit, senyawa fotoprotektif konvensional juga mampu menimbulkan masalah yang fatal bagi ekosistem perairan. Dilaporkan pada tahun 2016, terdapat buangan produk tabir surya sebanyak 14.000 ton, dengan 10% kandungannya *oxybenzone*, terbuang menuju area terumbu karang tiap tahunnya¹⁴⁷. Zat berbahaya ini mampu mempercepat laju siklus virus litik yang terdapat pada terumbu karang, dan berakibat pada keadaan stress yang mampu mematikan hewan karang¹⁴⁸.

Senyawa fotoprotektif alami menjadi solusi untuk permasalahan kulit dan sedang banyak dilakukan pengembangan untuk menjadi produk. Senyawa fotoprotektif alami juga dapat terkandung dalam *E. spinosum* dan berpotensi untuk dijadikan produk kosmetik seperti *sunscreen*. Senyawa fotoprotektif pada alga merupakan hasil produksi dari mekanisme pertahanan alga terhadap radiasi sinar matahari untuk menghindari sel dari kerusakan oksidatif akibat dari produksi ROS dan menahan radiasi sinar matahari saat melakukan fotosintesis¹⁴⁹. *E. spinosum* sebagai kelompok *Rhodophyta* mengandung pigmen karotenoid yang memiliki kapasitas sebagai pelindung dari sinar yang berlebihan. Flavonoid juga berpotensi menghalangi radiasi berbahaya dengan menyerap sinar matahari di spektrum ultraviolet (100–400 nm), juga memiliki sifat antioksidan dan memodulasi beberapa jalur pensinyalan pada sel¹⁵⁰. Spektrum serapan UV dari flavonoid memiliki dua puncak absorpsi maksimum, satu antara 240 nm hingga 280 nm dan yang lainnya pada 300 nm hingga 500nm, sehingga dapat digunakan dalam formulasi sebagai penangkal radiasi UVA dan UVB¹⁵¹.

Senyawa fotoprotektif lain yang kemungkinan terkandung dalam *E. spinosum* adalah *Mycosporine like Amino Acids* (MAA) yang biasa ditemukan di kebanyakan spesies alga merah. Kisaran serapan ultravioletnya bervariasi dari 310 hingga 362 nm, dan dicirikan oleh koefisien kepunahan molar yang tinggi, biasanya berkisar antara 28.100 dan 50.000 M⁻¹ cm⁻¹^{152,153}. MAA adalah senyawa yang mengandung asam

amino pada strukturnya, yang telah terbukti memiliki aktivitas fotoprotektif¹⁵⁴. MAA memiliki keunggulan sebagai senyawa fotoprotektif yang cukup stabil^{155–157}. Meski begitu, MAA memiliki beberapa faktor yang dapat mengganggu fotostabilitasnya. Di antaranya adalah, radiasi ultraviolet berlebihan, pH yang terlalu asam atau basa, peningkatan suhu (>60 C), dan agen pengoksidasi^{158,159}.

Pigmen yang terkandung pada rumput laut juga memiliki potensi sebagai bahan kosmetik karena peran besarnya dalam sistem pertahanan alga sebagai senyawa fotoprotektif. Mekanisme pertahanan pigmen adalah dengan mencegah pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang disebabkan oleh sinar Ultraviolet (UV) dan faktor abiotik lainnya^{160,161}. Studi yang dilakukan oleh Zepeda *et al.* (2020) membuktikan adanya korelasi antara intensitas cahaya dan banyaknya pigmen yang dihasilkan alga, dimana semakin banyak intensitas cahaya maka semakin banyak biosintesis pigmen yang dihasilkan¹⁶². Salah satu pigmen dominan yang dapat dihasilkan oleh *Rhodophyta* adalah fikobiliprotein. Pigmen fikobiliprotein (PBP) merupakan kelompok senyawa protein makromolekuler yang terikat secara kovalen dengan tetrapirrol rantai terbuka bernama fikobilin¹⁶³. Beberapa studi telah membuktikan bahwa fikobiliprotein memiliki beberapa bioaktivitas, di antaranya adalah antioksidan, antiviral, antitumor, penambah imunitas, dan antiinflamasi^{164–167}. Pigmen lain yang banyak ditemukan pada alga merah adalah karotenoid. Karotenoid berperan sebagai pigmen aksesori pada fase terang fotosintesis dan juga memiliki kemampuan fotoproteksi terhadap organ fotosintesis lainnya dengan cara menyerap ROS dan radikal bebas lainnya¹⁶⁸. Karotenoid dibagi menjadi dua kelompok besar; i) Xanthophyl, mengandung oksigen sebagai kelompok fungsional, meliputi astaxanthin, zeaxanthin, dan lutein; ii) Karoten, yang hanya mengandung rantai hidrokarbon tanpa kelompok fungsional, meliputi α -karoten dan likopen¹⁸¹. Di bidang kosmetik, karoten berpotensi menjadi senyawa fotoprotektif dengan cara menyerap ROS dan radikal bebas akibat sinar matahari^{170,171}. Beberapa jenis karotenoid yang dapat ditemukan pada banyak jenis tumbuhan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Struktur kimia beberapa jenis karotenoid.

Sumber :<https://www.eurofinsus.com>

Studi kandungan karotenoid pada rumput laut *E. spinosum* sudah pernah dilakukan pada studi milik Damongilala *et al.* (2013), yang diambil dari perairan Arakan, Sulawesi Utara³¹. Pada studi tersebut, dilakukan perbandingan kandungan karoten dan

aktivitas antioksidan pada sampel *E. spinosum* dan *E. cottonii*. Dari perbandingan tersebut, sampel segar *E. spinosum* yang diekstrak menggunakan metanol 60% mampu menghasilkan senyawa karoten yang cukup tinggi, dan aktivitas antioksidan paling tinggi di antara sampel segar dan kering *E. cottonii*, juga sampel kering *E. spinosum*. Sementara itu, studi mengenai pigmen lain dan bioaktivitasnya yang terkandung dalam *E. spinosum* masih belum banyak dilakukan.

Belum banyak studi mengenai kandungan fotoprotektif pada *E. spinosum*. Sebuah studi yang dilakukan Pakki *et al.* (2018) menguji kekuatan fotoprotektif ekstrak n-heksan *E. spinosum* dan *E. cottonii* dengan menghitung persentase transmisi eritema dan transmisi pigmentasi¹⁵. Kedua spesies yang diuji menunjukkan kategori proteksi *total sunblock*, dibuktikan dengan nilai persentase transmisi eritema <1% dan transmisi pigmentasi 3-40%, yang berarti kedua spesies termasuk dalam kategori proteksi yang paling kuat. Namun, ekstrak *E. cottonii* diyakini memiliki kekuatan proteksi yang lebih tinggi, karena menghasilkan nilai persentase yang lebih rendah dari ekstrak *E. spinosum*. Sementara itu, belum banyak ditemukan studi kekuatan fotoprotektif *E. spinosum* berdasarkan nilai *sun protection factor* (SPF).

Potensi E. spinosum sebagai anti-tyrosinase

Tyrosinase adalah enzim utama yang berperan dalam biosintesis pigmen melanin pada kulit dan rambut^{172,173}. Melanin berfungsi untuk melindungi kulit dari radiasi sinar UV, namun paparan sinar matahari yang berlebihan dapat berdampak pada produksi melanin yang tidak biasa dan menyebabkan hiperpigmentasi seperti bintik-bintik hitam pada kulit¹⁷². Inhibisi *tyrosinase* dapat mencegah pembentukan *tyrosinase* berlebihan, sehingga digunakan dalam industri kosmetik sebagai bahan pencerah kulit^{172,174}. Khatulistiani *et al.* (2020) menyelidiki lima spesies alga merah dari Binuanggeun, Jawa Barat, meliputi *Eucheuma sp.*, *Eucheuma spinosum*, *Gelidium sp.*, *Halymenia sp.*, *Rhodopeltis sp.*¹⁸. Uji anti *tyrosinase* dilakukan terhadap L-DOPA dan dihasilkan persentase anti-*tyrosinase* pada *E. spinosum* sebesar 36.71±3.81%. Hasil ini tidak lebih unggul dibanding spesies lainnya, karena persentase yang dihasilkan *E. spinosum* lebih rendah dari keempat spesies lainnya. Aktivitas anti-*tyrosinase* tertinggi terdapat pada *Eucheuma sp.* dengan persentase sebesar 41.36±3.80%. Meski begitu, perbedaan hasil persentase tiap spesies tidak begitu signifikan.

Potensi E. spinosum sebagai bahan pelembab kulit

Pelembab kulit menjadi salah satu produk perawatan kulit yang paling diminati konsumen. Salah satu senyawa yang dihasilkan tumbuhan yang bisa dimanfaatkan sebagai agen pelembab kulit adalah senyawa golongan alkaloid¹⁷⁵⁻¹⁷⁷. Senyawa alkaloid mengandung banyak gugus hidroksil, karboksil, dan senyawa polar yang mampu melembabkan kulit dengan cara membentuk ikatan hidrogen dengan air¹⁷⁸. Senyawa alkaloid banyak dijumpai pada *E. spinosum*. Namun, studi mengenai fungsi senyawa alkaloid sebagai bahan pelembab pada *E. spinosum* masih sangat terbatas dan perlu dikembangkan lebih lanjut mengenai potensi *iota-carrageenan* dari *E. spinosum* sebagai agen pelembab kulit.

E. spinosum juga mampu memproduksi karaginan yang melimpah. Untuk studi potensi karaginan dari *E. spinosum* sebagai agen pelembab kulit pun masih terbatas dan belum banyak diketahui khasiatnya. Namun, karaginan jenis lain sudah pernah diuji kemampuannya sebagai bahan pelembab. Patel *et al.* (2020) menyatakan bahwa karaginan dari alga merah *Chondrus crispus* dapat menjadi agen penyerap air pada kulit untuk meregulasi kelembaban kulit meskipun di cuaca yang panas, serta memberikan efek menenangkan pada kulit¹⁷⁹. Karaginan memiliki kemampuan untuk mengikat air dan pada aplikasinya dalam produk kosmetik, karaginan menahan hidrasi kulit dengan mengunci kelembaban atau menahan air agar tetap terjaga di kulit¹⁸⁰. *E. spinosum* sangat berpotensi untuk menjadi penghasil karaginan pelembab kulit dan perlu dilakukan studi lanjutan mengenai fungsi karaginan *E. spinosum* sebagai pelembab kulit. Selain itu, pigmen xanthophyl pada alga merah juga berpotensi menjadi pelembab yang dapat meningkatkan hidrasi pada lapisan kulit *stratum corneum*. Perawatan dari xanthophyl yang dapat meningkatkan hidrasi kulit merupakan pengaruh dari penetrasi lutein dan zeaxanthin ke dalam membran korneosit dan lipid interseluler^{181,182}.

Potensi E. spinosum sebagai pencegah penuaan dini (anti-aging)

Penuaan pada kulit merupakan kondisi penurunan fungsi sel pada kulit secara progresif yang berujung kepada kematian sel¹⁸³. Faktor yang mampu mempengaruhi proses penuaan pada kulit meliputi faktor internal yang merupakan pengaruh dari genetik¹⁸⁴, dan faktor eksternal seperti paparan sinar UV dari matahari yang disebut sebagai *photo-aging* atau penuaan prematur¹⁸⁵. Enzim kolagenase merupakan salah satu enzim yang mempercepat proses penuaan dengan cara menurunkan jumlah kolagen pada kulit yang berujung pada kulit terlihat kendur¹⁸⁶. Enzim lain yang juga berperan dalam proses penuaan adalah elastase yang mendegradasi elastin pada kulit, sehingga berdampak pada kerutan kulit wajah¹⁸⁶. Beberapa senyawa yang dapat ditemukan dalam *E. spinosum* yang berpotensi mampu mencegah penuaan dini di antaranya adalah polisakarida dari karaginan dan senyawa fenolik. Wang *et al.* (2018) menguji kemampuan polisakarida tersulfas dari *Hizikia fusiforme* mampu menghambat aktivitas kolagenase dan elastase dengan meregulasi *pathway* NF- κ B, AP-1, dan MAPK dalam sel HDF yang diradiasi UV B¹⁸⁷. Ryu *et al.* (2009) menguji kemampuan senyawa fenolik dari ekstrak etanolik alga merah *Corallina pilulifera* yang mampu menghambat enzim kolagenase, MMP 2,9, pada sel fibroblas kulit yang diradiasi sinar UV¹⁸⁸. Karaginan dan senyawa fenolik yang dapat dihasilkan *E. spinosum* sangat melimpah dan dapat berpotensi dijadikan sebagai *anti-aging* pada produk kosmetik.

Potensi E. spinosum sebagai bahan pembentuk gel dan pengental pada produk kosmetik

Rumput laut *E. spinosum* banyak digunakan sebagai penghasil karaginan. Selain berpotensi sebagai bahan aktif dalam produk pelembab kulit dan *anti-aging*, karaginan sudah terlebih dahulu digunakan sebagai bahan pendukung suatu produk kosmetik. Di bidang kosmetik, karaginan banyak digunakan sebagai pengental produk dan agen

pembentuk lapisan¹⁸⁹(189). Karaginan terbagi atas beberapa tipe berdasarkan struktur molekulnya, beberapa di antaranya adalah *kappa* (κ), *iota* (i) dan *lambda* (λ) *carrageenan*¹⁸⁹. κ -*carrageenan* dan i -*carrageenan* memiliki fungsi sebagai agen pembentuk gel, sementara λ -*carrageenan* hanya bisa digunakan sebagai agen pengental^{190,191}. Rumput laut *E. spinosum* merupakan salah satu rumput laut penghasil i -*carrageenan* terbanyak, i -*carrageenan* cenderung menghasilkan gel yang lebih elastis dengan histeresis lebih rendah dibandingkan dengan κ -*carrageenan*^{189,192}. Penggunaan karaginan dalam industri kosmetik biasa diaplikasikan sebagai pengental produk dan stabilisator^{189,193}. Fransiska *et al.* (2021) melakukan uji *lotion* pelembab dengan menambahkan karaginan¹⁹³. Pengujian tersebut menghasilkan *lotion* yang paling optimal dengan kandungan campuran κ -*carrageenan* (0.2%) dan i -*carrageenan* (0,1%). Dengan penambahan i -*carrageenan* sebesar 0,1%, dihasilkan tekstur yang ringan namun tidak encer, tekstur homogen, berwarna putih, dan tidak ada perubahan bau.

Kesimpulan

Banyak studi yang menggunakan *E. spinosum* lokal untuk menguji potensi kandungan senyawa metabolit sekunder dan bioaktivitasnya. Rumput laut *E. spinosum* yang dikenal sebagai penghasil karaginan, ternyata mampu menghasilkan senyawa metabolit sekunder lain seperti flavonoid, alkaloid, terpenoid, fenol, dan sebagainya. Potensinya sebagai kosmetik juga sangat menjanjikan bagi industri kecantikan di Indonesia yang akan selalu meningkat permintaannya, sehingga menjadikan *E. spinosum* lokal layak untuk diuji lebih lanjut mengenai potensinya sebagai kosmetik. Dengan banyaknya uji yang dilakukan terhadap *E. spinosum* hasil budidaya Indonesia, diharapkan bahwa *E. spinosum* lokal mampu berkompetisi dengan spesies alga lainnya.

Daftar Pustaka

1. Lixandru MG. Advertising for natural beauty products: The shift in cosmetic industry. *Eur Sci J*. 2017;7881:6–13.
2. Matea Matic, Barbara Puh. Consumers' Purchase Intentions Towards Natural Cosmetics. *Ekon Vjesn - Rev Contemp Business, Entrep Econ Issues* [Internet]. 2016;29(1):53–64. Available from: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/ekonomski-vjesnik/article/view/3689>
3. Ahmad SNB, Omar AB, Rose R Bin. Influence of Personal Values on Generation Z's Purchase Intention for Natural Beauty Products. *Adv Glob Bus Res*. 2015;12(1):436–45.
4. Draelos ZD. Evidence-Based Procedural Dermatology. *Evidence-Based Proced Dermatol*. 2019;
5. Wang HMD, Chen CC, Huynh P, Chang JS. Exploring the potential of using algae in cosmetics. *Bioresour Technol*. 2015 May 1;184:355–62.

6. Bouanati T, Colson E, Moins S, Cabrera JC, Eeckhaut I, Raquez JM, et al. Microwave-assisted depolymerization of carrageenans from *Kappaphycus alvarezii* and *Eucheuma spinosum*: Controlled and green production of oligosaccharides from the algae biomass. *Algal Res.* 2020;51(August).
7. Diharmi A, Fardiaz D, Andarwulan N. Chemical and Minerals Composition of Dried Seaweed *Eucheuma spinosum* Collected from Indonesia Coastal Sea Regions. *Int J Ocean Oceanogr.* 2019;13(1):65–71.
8. Sofiana MSJ, Aritonang AB, Safitri I, Helena S, Nurdiansyah SI, Risko, et al. Proximate, Phytochemicals, Total phenolic content and antioxidant activity of ethanolic extract of *Eucheuma spinosum* seaweed. *Syst Rev Pharm.* 2020;11(8):228–32.
9. Lumbessy SY, Setyowati DNA, Mukhlis A, Lestari DP, Azhar F. Komposisi nutrisi dan kandungan pigmen fotosintesis tiga spesies alga merah (*Rhodophyta* sp.) hasil budidaya. *J Mar Res.* 2020;9(4):431–8.
10. Ridwan M, Tantu G, Zainuddin H. Analisis Kualitas Keragaman Rumput Laut Jenis *Eucheuma Spinosum* Pada Ekosistem Yang Berbeda Di Perairan Tomia, Kabupaten Wakatobi, Provinsi Sulawesi Tenggara. *J Aquac Environ.* 2019;1(2):39–45.
11. Arisandi A, Farid A, Wulandari RA, Muktisari RD. Uji Efektifitas Iodium yang Berasal dari Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*) Terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Juv Ilm Kelaut dan Perikan.* 2023;4(4):351–8.
12. Wahid AR, Ittiqo DH, Hati MP, Safwan S, Nopianti MS, Karim SW. Physical Stability of Gel of Red Algae (*Eucheuma spinosum*) Extract and Evaluation of its Antioxidant effect. *Res J Pharm Technol [Internet].* 2023;16(10):4729–36. Available from: <http://dx.doi.org/10.52711/0974-360X.2023.00768>
13. Effendi I, Prayogi MR, Mulyadi A. Antibacterial activity of *Eucheuma spinosum* extract against *Vibrio alginolyticus* and *Aeromonas hydrophila*. *AACL Bioflux.* 2023;16(2):1105–13.
14. Cut Bidara Panita Umar, Anatje J Pattipeilohy, Wa Yatmi Wali. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Rumput Laut Merah (*Eucheuma Spinosum*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia Coli* Dengan Menggunakan Metode Difusi Sumuran. *J Ris Rumpun Ilmu Kedokt.* 2023;1(1):46–51.
15. Pakki E, Murdifin M, Wijoyo N, Sumarheni S. Study of sunscreen and antioxidant activity of combination extracts from the red algae *Eucheuma cottonii* and *Eucheuma spinosum*. *Drug Invent Today.* 2018;10(9):1827–30.
16. Rismayanti NLPM, Husni A. Antioxidant activity of methanolic extract of *Eucheuma spinosum* extracted using a microwave. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2021;763(1).

17. Muawanah, Ahmad A, Natsir H. Antioxidant activity and toxicity polysaccharide extract from red algae *Eucheuma spinosum* and *Eucheuma cottonii*. *Mar Chim Acta*. 2016;17(2):15–23.
18. Khatulistiani TS, Noviendri D, Munifah I, Melanie S. Bioactivities of red seaweed extracts from Banten, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2019;404(1).
19. Podungge A, Damongilala LJ, Mewengkang HW. Kandungan Antioksidan Pada Rumput Laut *Eucheuma Spinosum* Yang Diekstrak Dengan Metanol Dan Etanol. *Media Teknol Has Perikan*. 2018;6(1):1.
20. Inayah N, Masruri M. Free-Radical Scavenging Activity (FRSA) of Secondary Metabolite Extracted from Indonesian *Eucheuma spinosum*. *Alchemy*. 2021;9(1):1–6.
21. Safitri A, Srihardyastutie A, Roosdiana A, Sutrisno S. Antibacterial Activity and Phytochemical Analysis of Edible Seaweed *Eucheuma spinosum* Against *Staphylococcus aureus*. *J Pure Appl Chem Res*. 2018;7(3):308–15.
22. Matanjon P, Mohamed S, Mustapha NM, Muhammad K, Ming CH. Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from north Borneo. *J Appl Phycol* [Internet]. 2008;20(4):367–73. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9264-6>
23. Balasubramaniam V, Lee JC, Noh MFM, Ahmad S, Brownlee IA, Ismail A. Alpha-amylase, antioxidant, and anti-inflammatory activities of *Eucheuma denticulatum* (N.L. Burman) F.S. Collins and Hervey. *J Appl Phycol* [Internet]. 2016;28(3):1965–74. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0690-6>
24. Sari NI, Diharmi A, Sidauruk SW, Sinurat FM. Identifikasi Komponen Bioaktif dan Aktivitas Ekstrak Rumput Laut Merah (*Eucheuma spinosum*). *J Teknol dan Ind Pertan Indones*. 2022;14(1):9–15.
25. Akib NI, Triwatami M, Putri AEP. Aktivitas Antibakteri Sabun Cuci Tangan yang Mengandung Ekstrak Metanol Rumput Laut *Eucheuma spinosum*. *Medula*. 2019;7(1):50–61.
26. Damongilala LJ, Dotulong V, Apriyanti E, Kurnia D. Antioxidant and Antibacterial Activities of the Tropical Red Alga *Eucheuma spinosum*: In Silico Study. *Nat Prod Commun* [Internet]. 2023 Jul 1;18(7):1934578X231187467. Available from: <https://doi.org/10.1177/1934578X231187467>
27. Putri T, Arsianti A, Subroto PAM, Lesmana E. Phytochemical analysis and antioxidant activity of marine algae *Eucheuma Sp*. *AIP Conf Proc* [Internet]. 2019 Apr 9;2092(1):30016. Available from: <https://doi.org/10.1063/1.5096720>
28. Zainuddin EN. Antibacterial Potential of Marine Algae Collected From South Sulawesi Coast Against Human Pathogens. 2010;(October):115–27.

29. Maulana IT, Safira R, Aprianti I, Syafnir L, Kodir RA. Antibacterial compound from *Euchema spinosum* originated from Tasikmalaya West Java against pathogen bacteria with TLC-bioautography Antibacterial compound from *Euchema spinosum* originated from Tasikmalaya West Java against pathogen bacteria with TLC-bioau. 2022;(October 2021).
30. Abdillah AA, Alamsjah MA, Sugijanto NEN. Antioxidant properties from seaweeds *Kappaphycus alvarezii*, *Euchema spinosum* and *Sargasum* sp. using different solvent. IOP Conf Ser Earth Environ Sci [Internet]. 2021;679(1):12034. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/679/1/012034>
31. Damongilala LJ, Widjanarko SB, Zubaidah E, Runtuwene MRJ. Antioxidant Activity Against Methanol Extraction of *Euclidean cottonii* and *E . spinosum* Collected From North Sulawesi Waters , Indonesia. 2013;17:7–14.
32. Jeane Damongilala L, Wewengkang DS, Losung F, Ekawati Tallei T. Phytochemical and Antioxidant Activities of <i>Euclidean spinosum</i> <i>as Natural Functional Food from North Sulawesi Waters, Indonesia. Pakistan J Biol Sci PJBS [Internet]. 2021;24(1):132–8. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/33683039>
33. Farah Nurshahida MS, Nazikussabah Z, Subramaniam S, Wan Faizal WI, Nurul Aini MA. Physicochemical, Physical Characteristics and Antioxidant Activities of Three Edible Red Seaweeds (*Kappaphycus alvarezii*, *Euclidean spinosum* and *Euclidean striatum*) from Sabah, Malaysia. IOP Conf Ser Mater Sci Eng [Internet]. 2020;991(1):12048. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012048>
34. Subroto PAM, Arsianti A, Putri T, Lesmana E. Phytochemical analysis and anticancer activity of seaweed *Euclidean* Sp. against colon HCT-116 cells. AIP Conf Proc [Internet]. 2019 Apr 9;2092(1):30015. Available from: <https://doi.org/10.1063/1.5096719>
35. Arsianti A. Phytochemical Constituent and Antioxidant Activity Evaluation of Red Seaweed *Euclidean* sp . Phytochemical Constituent and Antioxidant Activity Evaluation of Red Seaweed. 2023;2(1).
36. Sari BL, Susanti N, Sutanto S. Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Fraksi Etanol Alga Merah *Euclidean spinosum*. Pharm Sci Res. 2015;2(2):59–68.
37. Purnamasari LS, Sutanto AH, Angelita K, Made N, Setyarini A. Relasi Konsumen dengan Produk Kecantikan serta Pengaruhnya terhadap Purchase Intention. 2022;6(4):2874–81.

38. Agustini MP, Komariah K, Mulia Z F. Analisis Interaksi Sosial Konten Marketing Dan Influencer Marketing Terhadap Minat Beli Produk Kosmetik (Survey Pada Konsumen Produk Dear Me Beauty Di Kota Sukabumi). *Manag Stud Entrep J* [Internet]. 2022 Jul 24;3(3 SE-Articles):1601–10. Available from: <https://yrpipku.com/journal/index.php/msej/article/view/647>
39. Ferdinand M, Ciptono WS. Indonesia's Cosmetics Industry Attractiveness, Competitiveness and Critical Success Factor Analysis. *J Manaj Teor dan Terap | J Theory Appl Manag*. 2022;15(2):209–23.
40. Fauziyah S, Karneli O. Pengaruh Brand Trust dan Brand Equity terhadap Loyalitas Konsumen pada Produk Kosmetik Wardah (Survey Konsumen pada PT. Paragon Technology And Innovation Cabang Pekanbaru). *J Online Mhs Fak Ilmu Sos dan Ilmu Polit Univ Riau*. 2016;3(2):1–9.
41. Mulyani T, Ramdan AM, Samsudin A. Mengukur Loyalitas Konsumen Melalui Ekuitas Merek Pada Produk Kosmetik. *J EKOBIS DEWANTARA*; Vol 3 No 2 J EKOBIS DEWANTARA [Internet]. 2020; Available from: <https://jurnalfe.ustjogja.ac.id/index.php/ekobis/article/view/1753>
42. Chinna D, Soegoto AS, Woran D, Produk AK, Merek C, Pengaruhnya DANH, et al. Manado Analysis of Product Quality, Brand Image, and Price Influence on Consumer Loyalty on Wardah Cosmetic Products In Manado City. *Jurnal EMBA* Vol . 10 No . 3 April 2022 , Hal . 295-306. 2022;10(3):295–308.
43. Pangastuti J, Prastiti E. Pengaruh Kualitas Produk Dan Harga Terhadap Keputusan Pembelian Produk Kosmetik Wardah Pada Counter Wardah Di Borobudur Kediri. 2019;2:69–84.
44. Astuti AR, Sudarusman E. Pengaruh Kualitas Produk, Harga, dan Citra Merek terhadap Loyalitas Pelanggan Kosmetik Natural Nusantara di Gunungkidul. *Telaah Bisnis*; Vol 20, No 1 Juli 2019 DO - 1035917/tb.v20i1181 [Internet]. 2021 Jan 3; Available from: <https://journal.stimykp.n.ac.id/index.php/tb/article/view/181>
45. Hakim BN, Purwoko B. Tinjauan Pustaka Strategi Peran Strategi Pemasaran. 2019;3(3):261–78.
46. Irmayanti S, Annisa IT. *Jurnal Ilmiah Manajemen dan Bisnis (JIMBI)* Peran Mediasi Citra Merek terhadap Keputusan Pembelian Kosmetik Merek Lokal pada Wanita Urban The Role of Brand Image Mediation on Purchase Decisions for Local Brand Cosmetics in Urban Women. 2023;4(1):106–16.
47. Tilaar K, Mulyana A, Komaladewi R, Saefullah K. Uncertain Supply Chain Management Exploratory analysis of natural cosmetic products purchase intention : Evidence from Jakarta ,. 2023;11:1635–44.

48. Munerah S, Koay KY, Thambiah S. Factors influencing non-green consumers' purchase intention: A partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM) approach. *J Clean Prod* [Internet]. 2021;280:124192. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620342372>
49. Rubin CB, Brod B. Natural Does Not Mean Safe—The Dirt on Clean Beauty Products. *JAMA Dermatology* [Internet]. 2019 Dec 1;155(12):1344–5. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2019.2724>
50. Suyanto N, Pramono S. The Effect of Green Brand Image in Building Green Brand Equity through Green Brand Trust in Cosmetics and Body Care Company The Body Shop Indonesia. *Holist J Manag Res* [Internet]. 2020 Nov 19;5(2 SE-). Available from: <https://holistic.ubb.ac.id/index.php/holistic/article/view/1861>
51. Pratiwi DD. Factors Affecting Green Purchase Behavior of Cosmetic Products Among Millennial Consumers in Indonesia. *Relev J Manag Bus*. 2020;3(2):126–35.
52. Mutiara A, Famiola M, Valendia IAS, Raihana J. Understanding the Antecedents of Green Cosmetics Purchase Among Indonesian Consumers. *J Bus Manag Rev*. 2023;4(7):510–23.
53. Pillai S. Profiling Green Consumers based on their purchase behaviour. *Int J Information, Bus Manag*. 2013;5(3):15.
54. Romadon Y. Pengaruh Green Marketing Terhadap Brand Image dan Struktur Keputusan Pembelian (Survei pada Followers Account Twitter @ PertaminaIND Pengguna Bahan Bakar Ramah lingkungan Pertamina Series). 2014;15(1).
55. Wilson N, Theodorus E, Tan PH. Analysis of Factors Influencing Green Purchase Behavior: A Case Study of The Cosmetics Industry in Indonesia. 2018 Jun 5;2:453.
56. Soerjanatamihardja KA, Fachira I. Study of Perception and Attitude Towards Green Marketing of Indonesian Cosmetics Consumers. 2017;6(1):160–72.
57. Kurnia SN, Mayangsari L. Barriers in Purchasing Green Cosmetic Products Among Indonesian Women. *Malaysian J Soc Sci Humanit* [Internet]. 2020 Aug 2;5(8 SE-Articles). Available from: <https://msocialsciences.com/index.php/mjssh/article/view/465>
58. Hoang HT, Moon J-Y, Lee Y-C. Natural Antioxidants from Plant Extracts in Skincare Cosmetics: Recent Applications, Challenges and Perspectives. Vol. 8, *Cosmetics*. 2021.
59. Ribeiro AS, Estanqueiro M, Oliveira MB, Sousa Lobo JM. Main Benefits and Applicability of Plant Extracts in Skin Care Products. Vol. 2, *Cosmetics*. 2015. p. 48–65.

60. Fowler JF, Woolery-Lloyd H, Waldorf H, Saini R. Innovations in natural ingredients and their use in skin care. *J Drugs Dermatol* [Internet]. 2010;9(6 Suppl):S72-81; quiz s82-3. Available from: <http://europepmc.org/abstract/MED/20626172>
61. Michalak M. Plant Extracts as Skin Care and Therapeutic Agents. Vol. 24, *International Journal of Molecular Sciences*. 2023.
62. Velázquez-Martínez V, Valles-Rosales D, Rodríguez-Urbe L, Laguna-Camacho JR, López-Calderón HD, Delgado E. Effect of Different Extraction Methods and Geographical Origins on the Total Phenolic Yield, Composition, and Antimicrobial Activity of Sugarcane Bagasse Extracts [Internet]. Vol. 9, *Frontiers in Nutrition* . 2022. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2022.834557>
63. Alara OR, Abdurahman NH, Ukaegbu CI. Extraction of phenolic compounds: A review. *Curr Res Food Sci* [Internet]. 2021;4:200–14. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665927121000241>
64. Kalasariya HS, Yadav VK, Yadav KK, Tirth V, Algahtani A, Islam S, et al. Seaweed-Based Molecules and Their Potential Biological Activities: An Eco-Sustainable Cosmetics. Vol. 26, *Molecules*. 2021.
65. Geraldes V, Pinto E. Mycosporine-Like Amino Acids (MAAs): Biology, Chemistry and Identification Features. Vol. 14, *Pharmaceuticals*. 2021.
66. Kageyama H, Waditee-Sirisattha R. Antioxidative, Anti-Inflammatory, and Anti-Aging Properties of Mycosporine-Like Amino Acids: Molecular and Cellular Mechanisms in the Protection of Skin-Aging. Vol. 17, *Marine Drugs*. 2019.
67. Figueroa FL. Mycosporine-Like Amino Acids from Marine Resource. Vol. 19, *Marine Drugs*. 2021.
68. López-Hortas L, Flórez-Fernández N, Torres MD, Ferreira-Anta T, Casas MP, Balboa EM, et al. Applying Seaweed Compounds in Cosmetics, Cosmeceuticals and Nutricosmetics. Vol. 19, *Marine Drugs*. 2021.
69. Rajauria G. In-Vitro Antioxidant Properties of Lipophilic Antioxidant Compounds from 3 Brown Seaweed. Vol. 8, *Antioxidants*. 2019.
70. Maharany F, Nurjanah, Suwandi R, Anwar E, Hidayat T. Kandungan Senyawa Bioaktif Rumput Laut *Padina australis* dan *Eucheuma cottonii* Sebagai Bahan Baku Krim Tabir Surya. 2017;20(1).
71. Nosa SP, Karnila R, Diharmi A. Potensi Kappa Karaginan Rumput Laut (*Eucheuma Cottonii*) Sebagai Antioksidan Dan Inhibitor Enzim α -Glukosidase The Potential Of Kappa Carrageenan Seaweed (*Eucheuma Cottonii*) as an Antioxidant and α -Glucosidase Enzyme Inhibitor. *Berk Perikan TERUBUK*. 2020;48(2):1–10.

72. Syafitri T, Hafiludin, Chandra AB. Pemanfaatan Ekstrak Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Dari Perairan Sumenep Sebagai Antioksidan. *J Kelaut*. 2022;15(2):160–8.
73. Nurjanah, Ramli RL, Jacob AM, Seulalae AV. Bubur Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*) dan Cokelat (*Sargassum* sp .) Physicochemical and Antioxidant Characteristics of Body Scrub From Combination of. *J Stand*. 2021;23(3):227–40.
74. Cahyaningrum K, Husni A, Budhiyanti SA. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut Cokelat. *J Mar Res*. 2016;36(2):137–44.
75. Sinurat E, Suryaningrum D. Aktivitas Antioksidan dan Sifat Sensori Teh Rumput Laut *Sargassum* sp . Berdasarkan Variasi Lama Perendaman. *Inst Pertan Bogor*. 2019;22:581–8.
76. Arifianti AE, Anwar E, Nurjanah. Aktivitas Penghambat Tirosinase dan Antioksidan Serbuk Rumput Laut dari *Sargassum plagyphyllum* Segar dan Kering. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 2017;20(3):488–93.
77. Trijuliamos Manalu R, Asrida Sipayung E. Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Rumput Laut Terhadap *Propionibacterium Acnes* Dan *Aspergillus Niger* Antimicrobial Activity Test of Ethanol Extract of *Gracilaria Verrucosa* Against *Propionibacterium Acnes* and *Aspergillus Niger*. *JournalStikeskendalAcId* [Internet]. 2020;9(2):101–6. Available from: <http://www.journal.stikeskendal.ac.id/index.php/far/article/view/923>
78. Nadiya I, Haryati S, Surilayani D, Hasanah AN, Serang K, Serang K. Karakteristik Pemanfaatan Ekstrak Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) dan Teh Hijau (*Camellia sinensis*) Sebagai Sediaan Hydrating Toner. 2023;13:157–68.
79. Yuliana. Pengaruh Perendaman *Eucheuma spinosum* J. Agardh Dalam Larutan Pupuk Provasoli's Enrich Seawater Terhadap Laju Pertumbuhan Secara In Vitro. digilib.unhas.ac.id. 2013;
80. Sarita IDAADS, Subrata IM, Sumaryani NP, Rai IGA. Identifikasi Jenis Rumput Laut yang terdapat pada Ekosistem Alami Perairan Nusa Penida. *J Edukasi Mat dan Sains*. 2021;10(1):141–54.
81. Sunarpi, Ghazali M, Nikmatullah A, Lim PE, Phang SM. Diversity and distribution of natural populations of *Eucheuma* J. Agardh and *Kappaphycus* Doty in Nusa Tenggara Barat, Indonesia. *Malaysian J Sci*. 2013;32(SPEC. ISS.):127–40.
82. Noor JW. Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama; 2006.
83. Hilmi Farnani Y, Cokrowati N, Farida N. Pengaruh Kedalaman Tanam Terhadap Pertumbuhan *Eucheuma spinosum* Pada Budidaya dengan Metode Rawai. *J Kelaut*. 2011;4(2):176–86.

84. Ali L, Khan AL, Al-Kharusi L, Hussain J, Al-Harrasi A. New α -Glucosidase Inhibitory Triterpenic Acid from Marine Macro Green Alga *Codium dwarkense* Boergs. Vol. 13, *Marine Drugs*. 2015. p. 4344–56.
85. Rajamani K, Balasubramanian T, Thirugnanasambandan SS. Bioassay-guided isolation of triterpene from brown alga *Padina boergesenii* possess anti-inflammatory and anti-angiogenic potential with kinetic inhibition of β -carotene linoleate system. *LWT* [Internet]. 2018;93:549–55. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643818303165>
86. Yarkent Ç, Oncel SS. Recent Progress in Microalgal Squalene Production and Its Cosmetic Application. *Biotechnol Bioprocess Eng*. 2022;27(3):295–305.
87. Tran TVA, Nguyen VM, Nguyen TAN, Nguyen DHT, Tran DH, Bui TPT, et al. New triterpene sulfates from Vietnamese red alga *Tricleocarpa fragilis* and their α -glucosidase inhibitory activity. *J Asian Nat Prod Res* [Internet]. 2021 Jul 15;23(8):754–63. Available from: <https://doi.org/10.1080/10286020.2020.1783658>
88. Komala PTH, Husni A. Extraction Temperature Affect on Methanolic Extract Antioxidant Activity of *Eucheuma spinosum*. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 2021;24(1):1–10.
89. Yanuarti R, Nurjanah N, Anwar E, Hidayat T. Profile of Phenolic and Antioxidants Activity from Seaweed Extract *Turbinaria conoides* and *Eucheuma cottonii*. *J Pengolah Has Perikan Indones*. 2017;20(2):230.
90. Aydin B. Antioxidant Properties of Some Macroalgae. 2022;31(02):2145–52.
91. De La Fuente G, Fontana M, Asnaghi V, Chiantore M, Mirata S, Salis A, et al. The Remarkable Antioxidant and Anti-Inflammatory Potential of the Extracts of the Brown Alga *Cystoseira amentacea* var. *stricta*. Vol. 19, *Marine Drugs*. 2021.
92. Messyasz B, Michalak I, Łęska B, Schroeder G, Górka B, Korzeniowska K, et al. Valuable natural products from marine and freshwater macroalgae obtained from supercritical fluid extracts. *J Appl Phycol* [Internet]. 2018;30(1):591–603. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1257-5>
93. Korzeniowska K, Łęska B, Wieczorek PP. Isolation and determination of phenolic compounds from freshwater *Cladophora glomerata*. *Algal Res* [Internet]. 2020;48:101912. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926420300072>
94. Heffernan N, Smyth TJ, FitzGerald RJ, Soler-Vila A, Brunton N. Antioxidant activity and phenolic content of pressurised liquid and solid–liquid extracts from four Irish origin macroalgae. *Int J Food Sci Technol* [Internet]. 2014 Jul 1;49(7):1765–72. Available from: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12512>

95. Allahgholi L, Sardari RRR, Hakvåg S, Ara KZG, Kristjansdottir T, Aasen IM, et al. Composition analysis and minimal treatments to solubilize polysaccharides from the brown seaweed *Laminaria digitata* for microbial growth of thermophiles. *J Appl Phycol* [Internet]. 2020;32(3):1933–47. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02103-6>
96. Kesinkaya HB, Deveci E, Güneş E, Okudan EŞ, Akköz C, Gümüş NE, et al. Chemical Composition, In Vitro Antimicrobial and Antioxidant Activities of Marine Macroalgae *Codium fragile* (Suringar) Hariot TT - Deniz Makroalgi *Codium fragile* (Suringar) Hariot 'in Kimyasal Bileşimi, In-Vitro Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktiviteleri. *Commagene J Biol* [Internet]. 2022;6(1):94–104. Available from: <https://doi.org/10.31594/commagene.1084336>
97. Setyorini D, Aanisah R, Machmudah S, Winardi S, Wahyudiono, Kanda H, et al. Extraction of Phytochemical Compounds from *Eucheuma cottonii* and *Gracilaria* sp using Supercritical CO₂ Followed by Subcritical Water. *MATEC Web Conf*. 2018;156:4–9.
98. Fabrowska J, Messyas B, Szyling J, Walkowiak J, Łęska B. Isolation of chlorophylls and carotenoids from freshwater algae using different extraction methods. *Phycol Res* [Internet]. 2018 Jan 1;66(1):52–7. Available from: <https://doi.org/10.1111/pre.12191>
99. Nutautaitė M, Racevičiūtė-Stupelienė A, Bliznikas S, Jonuškienė I, Karosienė J, Koreivienė J, et al. Evaluation of Phenolic Compounds and Pigments in Freshwater *Cladophora glomerata* Biomass from Various Lithuanian Rivers as a Potential Future Raw Material for Biotechnology. Vol. 14, *Water*. 2022.
100. Farasat N, Sheidai M, Riahi H, Koohdar F. Study of morphological, anatomical characteristics and metabolic assay of some *Ulva* species (sea lettuce) in the coastal waters of the Persian Gulf, Iran. *Nov Biol Reper*. 2022 Dec 1;9:222–35.
101. Etemadian Y, Shabanpour B, Ghaemi V, Kordjazi M. Compare the Chlorophyll Amount in Three Brown Algae Species of the Persian Gulf by Using Three Solvents and Applying Two Formulas Compare the Chlorophyll Amount in Three Brown Algae Species of the Persian Gulf by Using Three Solvents and Applying Two Form. 2017;(November).
102. Ismail MM, El Zokm GM, Miranda Lopez JM. Nutritional, bioactive compounds content, and antioxidant activity of brown seaweeds from the Red Sea. *Front Nutr*. 2023;10(July).
103. Halliwell B. Food-derived antioxidants. Evaluating their importance in food and in vivo. *Food Sci Agric Chem*. 1999;1:67–109.

104. WRESDIYATI T, HARTANTA ANSB, ASTAWAN M. The Effect of Seaweed *Eucheuma cottonii* on Superoxide Dismutase (SOD) Liver of Hypercholesterolemic Rats. HAYATI J Biosci [Internet]. 2008;15(3):105–10. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301916302777>
105. Chakraborty K, Joseph D. Antioxidant Potential and Phenolic Compounds of Brown Seaweeds *Turbinaria conoides* and *Turbinaria ornata* (Class: Phaeophyceae). J Aquat Food Prod Technol [Internet]. 2016 Nov 16;25(8):1249–65. Available from: <https://doi.org/10.1080/10498850.2015.1054540>
106. BLOIS MS. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. Nature [Internet]. 1958;181(4617):1199–200. Available from: <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
107. Rocha-Guzmán NE, González-Laredo RF, Ibarra-Pérez FJ, Nava-Berúmen CA, Gallegos-Infante J-A. Effect of pressure cooking on the antioxidant activity of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Food Chem [Internet]. 2007;100(1):31–5. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605007776>
108. Nenadis N, Wang L-F, Tsimidou MZ, Zhang H-Y. Radical Scavenging Potential of Phenolic Compounds Encountered in *O. europaea* Products as Indicated by Calculation of Bond Dissociation Enthalpy and Ionization Potential Values. J Agric Food Chem [Internet]. 2005 Jan 1;53(2):295–9. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf048776x>
109. Masek A, Chrzescijanska E, Latos M, Zaborski M. Influence of hydroxyl substitution on flavanone antioxidants properties. Food Chem [Internet]. 2017;215:501–7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461631216X>
110. Zhao F, Zhang Q, Yan Y, Jia H, Zhao X, Li X, et al. Antioxidant constituents of chrysanthemum ‘jinsidaju’ cultivated in Kaifeng. Fitoterapia [Internet]. 2019;134:39–43. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X18321695>
111. Puente-Garza CA, Espinosa-Leal CA, García-Lara S. Steroidal Saponin and Flavonol Content and Antioxidant Activity during Sporophyte Development of Maguey (*Agave salmiana*). Plant Foods Hum Nutr [Internet]. 2018;73(4):287–94. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0684-z>
112. Siddiqui T, Zia MK, Ali SS, Rehman AA, Ahsan H, Khan FH. Reactive oxygen species and anti-proteinases. Arch Physiol Biochem [Internet]. 2016 Jan 1;122(1):1–7. Available from: <https://doi.org/10.3109/13813455.2015.1115525>

113. Harbeoui H, Bettaieb Rebey I, Ouerghemmi I, Aidi Wannes W, Zemni H, Zoghalmi N, et al. Biochemical characterization and antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oils from nine Tunisian varieties. *J Food Biochem* [Internet]. 2018 Oct 1;42(5):e12595. Available from: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12595>
114. Morais T, Cotas J, Pacheco D, Pereira L. Seaweeds Compounds: An Ecosustainable Source of Cosmetic Ingredients? Vol. 8, *Cosmetics*. 2021.
115. Alseekh S, Perez de Souza L, Benina M, Fernie AR. The style and substance of plant flavonoid decoration; towards defining both structure and function. *Phytochemistry* [Internet]. 2020;174:112347. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942219307058>
116. Tungmunthum D, Tanaka N, Uehara A, Iwashina T. Flavonoids Profile, Taxonomic Data, History of Cosmetic Uses, Anti-Oxidant and Anti-Aging Potential of *Alpinia galanga* (L.) Willd. Vol. 7, *Cosmetics*. 2020.
117. Teo BSX, Gan RY, Abdul Aziz S, Sirirak T, Mohd Asmani MF, Yusuf E. In vitro evaluation of antioxidant and antibacterial activities of *Eucheuma cottonii* extract and its in vivo evaluation of the wound-healing activity in mice. *J Cosmet Dermatol* [Internet]. 2021 Mar 1;20(3):993–1001. Available from: <https://doi.org/10.1111/jocd.13624>
118. Sari M, Sofiana J, Safitri I, Helena S, Sciences N, Tanjungpura U, et al. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities from Ethanol Extract of *Eucheuma cottonii* from Lemukutan Island Waters West Kalimantan. 2021;17(4):247–53.
119. Hidayati JR, Karlina I, Ningsih DPN, Wijaya A, Bahry MS. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Tropical Red Algae *Gracilaria* sp. from Bintan Island, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* [Internet]. 2023;1148(1):12004. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1148/1/012004>
120. Sasadara MM V, Wirawan IGP. Effect of extraction solvent on total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Bulung Sangu* (*Gracilaria* sp.) Seaweed. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* [Internet]. 2021;712(1):12005. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/712/1/012005>
121. Basir A, Desniar, Ristyanti WK, Tarman K. Physical treatments to induce the antibacterial and antioxidant activities of green algae *Halimeda* sp. from Seribu Islands, North Jakarta, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* [Internet]. 2020;414(1):12002. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/414/1/012002>
122. Kavitha K, Mahalakshmi K, Manam VK. In vitro antioxidant activity of methanolic extract of green alga *Valoniopsis pachynema*. *World J Pharm Sci*. 2015;
123. K. Kavitha KM and, Mana VK. Free radical scavenging activity of methanolic extract of green alga *Valoniopsis pachynema*. *World J Pharm Sci*. 2015;

124. Kavitha J, Palani S. Phytochemical Screening, GC-MS Analysis and Antioxidant Activity of Marine Algae *Chlorococcum Humicola*. *WORLD J Pharm Pharm Sci*. 2016;5(6):1154–67.
125. Uma R, Sivasubramanian V, Devaraj SN. Evaluation of in vitro antioxidant activities and antiproliferative activity of green microalgae , *Desmococcus olivaceus* and *Chlorococcum humicola*. 2011;2(3):82–93.
126. Moheimanian N, Firuzi O, Sohrabipour J, Jassbi AR. Assessment of Phenolic Contents and Antibacterial, Cytotoxic, and Antioxidant Activities of Five Brown Algae from the Persian Gulf. *Iran J Sci Technol Trans A Sci* [Internet]. 2021;45(6):1869–77. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40995-021-01187-0>
127. Bhuyar P, Sundararaju S, Rahim MHA, Unpaprom Y, Maniam GP, Govindan N. Antioxidative study of polysaccharides extracted from red (*Kappaphycus alvarezii*), green (*Kappaphycus striatus*) and brown (*Padina gymnospora*) marine macroalgae/seaweed. *SN Appl Sci* [Internet]. 2021;3(4):485. Available from: <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04477-9>
128. Junopia AC, Natsir H, Dali S. Effectiveness of Brown Algae (*Padina australis*) Extract as Antioxidant Agent. *J Phys Conf Ser* [Internet]. 2020;1463(1):12012. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1463/1/012012>
129. Sami FJ, Soekamto NH. Antioxidant Activity , Toxicity Effect and Phytochemical Screening of Some Brown Algae *Padina australis* Extracts from Dutungan Island of South Sulawesi Indonesia. 2020;03(05):16–21.
130. Sanger G, Wonggo D, Montolalu LADY, Dotulong V. Pigments constituents, phenolic content and antioxidant activity of brown seaweed *Sargassum* sp. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* [Internet]. 2022;1033(1):12057. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1033/1/012057>
131. Marraskuranto E, Nursid M, Utami S, Setyaningsih I, Tarman K. Kandungan Fitokimia , Potensi Antibakteri dan Antioksidan Hasil Ekstraksi *Caulerpa racemosa* dengan Pelarut Berbeda HASIL EKSTRAKSI *Caulerpa racemosa* DENGAN PELARUT BERBEDA Phytochemical Content , Antibacterial , and Antioxidant Potency of *Caulerpa racemos*. 2021;(June).
132. Astuti NA, Cokrowati N, Mukhlis A. Cultivation of Seagrapes (*Caulerpa lentillifera*) in Controlled Containers with the Addition of Different Doses of Fertilizers. 2021;2(1):1–6.
133. Lam M, Hu A, Fleming P, Lynde CW. The Impact of Acne Treatment on Skin Bacterial Microbiota: A Systematic Review. *J Cutan Med Surg* [Internet]. 2021 Aug 15;26(1):93–7. Available from: <https://doi.org/10.1177/12034754211037994>

134. Claudel J-P, Auffret N, Leccia M-T, Poli F, Corvec S, Dréno B. *Staphylococcus epidermidis: A Potential New Player in the Physiopathology of Acne?* *Dermatology* [Internet]. 2019 May 21;235(4):287–94. Available from: <https://doi.org/10.1159/000499858>
135. Cui SM, Li T, Wang Q, He KK, Zheng YM, Liang HY, et al. *Antibacterial Effects of Schisandra chinensis Extract on Escherichia coli and its Applications in Cosmetic.* *Curr Microbiol* [Internet]. 2020;77(5):865–74. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00284-019-01813-6>
136. Wang Q, Cui S, Zhou L, He K, Song L, Liang H, et al. *Effect of cosmetic chemical preservatives on resident flora isolated from healthy facial skin.* *J Cosmet Dermatol* [Internet]. 2019 Apr 1;18(2):652–8. Available from: <https://doi.org/10.1111/jocd.12822>
137. Saatci C, Erdem Y, Bayramov R, Akalın H, Tascioglu N, Ozkul Y. *Effect of sodium benzoate on DNA breakage, micronucleus formation and mitotic index in peripheral blood of pregnant rats and their newborns.* *Biotechnol Biotechnol Equip* [Internet]. 2016 Nov 1;30(6):1179–83. Available from: <https://doi.org/10.1080/13102818.2016.1224979>
138. Matwiejczuk N, Galicka A, Brzóska MM. *Review of the safety of application of cosmetic products containing parabens.* *J Appl Toxicol.* 2020;40(1):176–210.
139. Nuria MC, Faizatun A, Sumantri. *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Daun Jarak Pagar (Jatropha curcas L) Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus ATCC 25923, Escherichia coli ATCC 25922, dan Salmonella typhi ATCC 1408.* *MEDIAGRO.* 2009;5(2):26–37.
140. Murphy CM. *Plant Products as Antimicrobial Agents.* *Clin Microbiol Rev* [Internet]. 1999 Oct 1;12(4):564–82. Available from: <https://doi.org/10.1128/cmr.12.4.564>
141. Masduki I. *Efek antibakteri ekstrak biji pinang (Areca catechu) terhadap S. aureus dan E. coli.* *Cermin Dunia Kedokt.* 1996;109(2).
142. Klomjit A, Praiboon J, Tiengrim S, Chirapart A, Thamlikitkul V. *Phytochemical composition and antibacterial activity of brown seaweed, padina australis against human pathogenic bacteria.* *J Fish Environ.* 2021;45(1):8–22.
143. DiNardo JC, Downs CA. *Dermatological and environmental toxicological impact of the sunscreen ingredient oxybenzone/benzophenone-3.* *J Cosmet Dermatol.* 2018;17(1):15–9.
144. Warshaw EM, Buonomo M, DeKoven JG, Pratt MD, Reeder MJ, Silverberg JI, et al. *Importance of Supplemental Patch Testing Beyond a Screening Series for Patients With Dermatitis: The North American Contact Dermatitis Group Experience.* *JAMA Dermatology* [Internet]. 2021 Dec 1;157(12):1456–65. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2021.4314>

145. Verhulst L, Goossens A. Cosmetic components causing contact urticaria: a review and update. *Contact Dermatitis*. 2016;75(6):333–44.
146. Heurung AR, Raju SI, Warshaw EM. Adverse Reactions to Sunscreen Agents: Epidemiology, Responsible Irritants and Allergens, Clinical Characteristics, and Management. *Dermatitis* [Internet]. 2014 Dec 1;25(6):289–326. Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1097/DER.0000000000000079>
147. Downs CA, Kramarsky-Winter E, Segal R, Fauth J, Knutson S, Bronstein O, et al. Toxicopathological Effects of the Sunscreen UV Filter, Oxybenzone (Benzophenone-3), on Coral Planulae and Cultured Primary Cells and Its Environmental Contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. *Arch Environ Contam Toxicol* [Internet]. 2016;70(2):265–88. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0227-7>
148. Roberto D, Lucia B, Cinzia C, Donato G, Elisabetta D, Paola A, et al. Sunscreens Cause Coral Bleaching by Promoting Viral Infections. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2008 Apr 1;116(4):441–7. Available from: <https://doi.org/10.1289/ehp.10966>
149. Amador-Castro F, Rodriguez-Martinez V, Carrillo-Nieves D. Robust natural ultraviolet filters from marine ecosystems for the formulation of environmental friendlier bio-sunscreens. *Sci Total Environ*. 2020;749:141576.
150. Nunes AR, Vieira ÍGP, Queiroz DB, Leal ALAB, Maia Morais S, Muniz DF, et al. Use of Flavonoids and Cinnamates, the Main Photoprotectors with Natural Origin. *Adv Pharmacol Pharm Sci* [Internet]. 2018 Jan 1;2018(1):5341487. Available from: <https://doi.org/10.1155/2018/5341487>
151. Mansuri R, Diwan A, Kumar H, Dangwal K, Yadav D, Mansuri R, et al. Potential of Natural Compounds as Sunscreen Agents. 2021;15(29):47–56.
152. Derikvand P, Llewellyn CA, Purton S. Cyanobacterial metabolites as a source of sunscreens and moisturizers: a comparison with current synthetic compounds. *Eur J Phycol* [Internet]. 2017 Jan 2;52(1):43–56. Available from: <https://doi.org/10.1080/09670262.2016.1214882>
153. Rastogi RP, Sonani RR, Madamwar D. Chapter 2 - UV Photoprotectants From Algae—Synthesis and Bio-Functionalities. In: Rastogi RP, Madamwar D, Pandey ABT-AGC, editors. Amsterdam: Elsevier; 2017. p. 17–38. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444637840000023>
154. Singh DK, Pathak J, Pandey A, Singh V, Ahmed H, Rajneesh, et al. Chapter 15 - Ultraviolet-screening compound mycosporine-like amino acids in cyanobacteria: biosynthesis, functions, and applications. In: Singh PK, Kumar A, Singh VK, Shrivastava AKBT-A in CB, editors. Academic Press; 2020. p. 219–33. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128193112000152>

155. Rosic NN. Mycosporine-Like Amino Acids: Making the Foundation for Organic Personalised Sunscreens. Vol. 17, *Marine Drugs*. 2019.
156. Shick JM, Dunlap WC. Mycosporine-like amino acids and related Gadusols: biosynthesis, accumulation, and UV-protective functions in aquatic organisms. *Annu Rev Physiol*. 2002;64:223–262.
157. Wada N, Sakamoto T, Matsugo S. Mycosporine-Like Amino Acids and Their Derivatives as Natural Antioxidants. Vol. 4, *Antioxidants*. 2015. p. 603–46.
158. Rastogi RP, Sonani RR, Madamwar D, Incharoensakdi A. Characterization and antioxidant functions of mycosporine-like amino acids in the cyanobacterium *Nostoc* sp. R76DM. *Algal Res* [Internet]. 2016;16:110–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926416300819>
159. Whitehead K, Hedges JI. Photodegradation and photosensitization of mycosporine-like amino acids. *J Photochem Photobiol B Biol* [Internet]. 2005;80(2):115–21. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1011134405000679>
160. Zubia M, Freile-Pelegrín Y, Robledo D. Photosynthesis, pigment composition and antioxidant defences in the red alga *Gracilariopsis tenuifrons* (Gracilariiales, Rhodophyta) under environmental stress. *J Appl Phycol* [Internet]. 2014;26(5):2001–10. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0325-3>
161. Álvarez-Gómez F, Korbee N, Figueroa FL. Effects of UV Radiation on Photosynthesis, Antioxidant Capacity and the Accumulation of Bioactive Compounds in *Gracilariopsis longissima*, *Hydropuntia cornea* and *Halopithys incurva* (Rhodophyta). *J Phycol* [Internet]. 2019 Dec 1;55(6):1258–73. Available from: <https://doi.org/10.1111/jpy.12899>
162. Zepeda E, Freile-Pelegrín Y, Robledo D. Nutraceutical assessment of *Solieria filiformis* and *Gracilaria cornea* (Rhodophyta) under light quality modulation in culture. *J Appl Phycol* [Internet]. 2020;32(4):2363–73. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10811-019-02023-0>
163. Apt KE, Collier JL, Grossman AR. Evolution of the Phycobiliproteins. *J Mol Biol* [Internet]. 1995;248(1):79–96. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022283685702033>
164. Pan-utai W, Iamtham S. Extraction, purification and antioxidant activity of phycobiliprotein from *Arthrospira platensis*. *Process Biochem* [Internet]. 2019;82:189–98. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511319302612>
165. Braune S, Krüger-Genge A, Kammerer S, Jung F, Küpper J-H. Phycocyanin from *Arthrospira platensis* as Potential Anti-Cancer Drug: Review of In Vitro and In Vivo Studies. Vol. 11, *Life*. 2021.

166. Ismail GA, El-Sheekh MM, Samy RM, Gheda SF. Antimicrobial, Antioxidant, and Antiviral Activities of Biosynthesized Silver Nanoparticles by Phycobiliprotein Crude Extract of the Cyanobacteria *Spirulina platensis* and *Nostoc linckia*. *Bionanoscience* [Internet]. 2021;11(2):355–70. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12668-021-00828-3>
167. Qiang X, Wang L, Niu J, Gong X, Wang G. Phycobiliprotein as fluorescent probe and photosensitizer: A systematic review. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2021;193:1910–7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014181302102420X>
168. Murthy KNC, Vanitha A, Rajesha J, Swamy MM, Sowmya PR, Ravishankar GA. In vivo antioxidant activity of carotenoids from *Dunaliella salina* — a green microalga. *Life Sci* [Internet]. 2005;76(12):1381–90. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0024320504009099>
169. Saini RK, Keum Y-S. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chem* [Internet]. 2018;240:90–103. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617312529>
170. Stahl W, Heinrich U, Jungmann H, Sies H, Tronnier H. Carotenoids and carotenoids plus vitamin E protect against ultraviolet light-induced erythema in humans¹²³. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2000;71(3):795–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916523070739>
171. Baswan SM, Klosner AE, Weir C, Salter-Venzon D, Gellenbeck KW, Leverett J, et al. Role of ingestible carotenoids in skin protection: A review of clinical evidence. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* [Internet]. 2021 Nov 1;37(6):490–504. Available from: <https://doi.org/10.1111/phpp.12690>
172. Minsat L, Peyrot C, Brunissen F, Renault J-H, Allais F. Synthesis of Biobased Phloretin Analogues: An Access to Antioxidant and Anti-Tyrosinase Compounds for Cosmetic Applications. Vol. 10, *Antioxidants*. 2021.
173. Li J, Feng L, Liu L, Wang F, Ouyang L, Zhang L, et al. Recent advances in the design and discovery of synthetic tyrosinase inhibitors. *Eur J Med Chem* [Internet]. 2021;224:113744. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0223523421005936>
174. Lall N, Kishore N. Are plants used for skin care in South Africa fully explored? *J Ethnopharmacol* [Internet]. 2014;153(1):61–84. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874114001342>
175. Wang Q, Lu J, Jin Z, Chen K, Zhao M, Sun Y. Study on the Structure and Skin Moisturizing Properties of Hyaluronic Acid Viscose Fiber Seamless Knitted Fabric for Autumn and Winter. Vol. 15, *Materials*. 2022.

176. Lourith N, Pungprom S, Kanlayavattanakul M. Formulation and efficacy evaluation of the safe and efficient moisturizing snow mushroom hand sanitizer. *J Cosmet Dermatol* [Internet]. 2021 Feb 1;20(2):554–60. Available from: <https://doi.org/10.1111/jocd.13543>
177. Marseglia A, Licari A, Agostinis F, Barcella A, Bonamonte D, Puviani M, et al. Local rhamnosoft, ceramides and L-isoleucine in atopic eczema: a randomized, placebo controlled trial. *Pediatr Allergy Immunol* [Internet]. 2014 May 1;25(3):271–5. Available from: <https://doi.org/10.1111/pai.12185>
178. Lu Y, Zhang W, Zhou L, Xiong Y, Liu Q, Shi X, et al. The moisturizing effect of *Capparis spinosa* fruit extract targeting filaggrin synthesis and degradation. *J Cosmet Dermatol* [Internet]. 2023 Feb 1;22(2):651–60. Available from: <https://doi.org/10.1111/jocd.15461>
179. Patel NB, Tailor V, Rabadi M, Jain A. Role of marine macroalgae in Skin hydration and photoprotection benefits: A review Role of marine macroalgae in Skin hydration and photoprotection benefits : A review. 2020;(September).
180. Shafie MH, Kamal ML, Zulkiflee FF, Hasan S, Uyup NH, Abdullah S, et al. Application of Carrageenan extract from red seaweed (Rhodophyta) in cosmetic products: A review. *J Indian Chem Soc* [Internet]. 2022;99(9):100613. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0019452222002758>
181. Fitzpatrick RE, Rostan EF. Double-Blind, Half-Face Study Comparing Topical Vitamin C and Vehicle for Rejuvenation of Photodamage. *Dermatologic Surg* [Internet]. 2002;28(3). Available from: https://journals.lww.com/dermatologicsurgery/fulltext/2002/03000/double_blind_half_face_study_comparing_topical.7.aspx
182. Morganti P, Bruno C, Guarneri F, Cardillo A, Del Ciotto P, Valenzano F. Role of topical and nutritional supplement to modify the oxidative stress*. *Int J Cosmet Sci* [Internet]. 2002 Dec 1;24(6):331–9. Available from: <https://doi.org/10.1046/j.1467-2494.2002.00159.x>
183. Cao L, Lee SG, Lim KT, Kim H-R. Potential Anti-Aging Substances Derived from Seaweeds. Vol. 18, *Marine Drugs*. 2020.
184. Makrantonaki E, Adjaye J, Herwig R, Brink TC, Groth D, Hultschig C, et al. Age-specific hormonal decline is accompanied by transcriptional changes in human sebocytes in vitro. *Aging Cell* [Internet]. 2006 Aug 1;5(4):331–44. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1474-9726.2006.00223.x>
185. Pientaweeratch S, Panapisal V, Tansirikongkol A. Antioxidant, anti-collagenase and anti-elastase activities of *Phyllanthus emblica*, *Manilkara zapota* and silymarin: an in vitro comparative study for anti-aging applications. *Pharm Biol* [Internet]. 2016 Sep 1;54(9):1865–72. Available from: <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1133658>

186. Jesumani V, Du H, Aslam M, Pei P, Huang N. Potential Use of Seaweed Bioactive Compounds in Skincare—A Review. Vol. 17, *Marine Drugs*. 2019.
187. Wang L, Lee W, Oh JY, Cui YR, Ryu B, Jeon Y-J. Protective Effect of Sulfated Polysaccharides from Celluclast-Assisted Extract of *Hizikia fusiforme* Against Ultraviolet B-Induced Skin Damage by Regulating NF- κ B, AP-1, and MAPKs Signaling Pathways In Vitro in Human Dermal Fibroblasts. Vol. 16, *Marine Drugs*. 2018.
188. Ryu B, Qian Z-J, Kim M-M, Nam KW, Kim S-K. Anti-photoaging activity and inhibition of matrix metalloproteinase (MMP) by marine red alga, *Corallina pilulifera* methanol extract. *Radiat Phys Chem* [Internet]. 2009;78(2):98–105. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969806X08002260>
189. Tarman K, Sadi U, Santoso J, Hardjito L. Carrageenan and its Enzymatic Extraction. In: *Encyclopedia of Marine Biotechnology* [Internet]. 2020. p. 147–59. Available from: <https://doi.org/10.1002/9781119143802.ch7>
190. Campo VL, Kawano DF, Silva DB da, Carvalho I. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review. *Carbohydr Polym* [Internet]. 2009;77(2):167–80. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861709000459>
191. Mehta AS, Mody KH, Iyer A, Ghosh PK. Preparation of semi-refined κ -carrageenan: Recycling of alkali solution and recovery of alkali from spent liquor. 2008;15(January):45–52.
192. Zia KM, Tabasum S, Nasif M, Sultan N, Aslam N, Noreen A, et al. A review on synthesis, properties and applications of natural polymer based carrageenan blends and composites. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2017;96:282–301. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813016313873>
193. Fransiska D, Darmawan M, Sinurat E, Sedayu BB, Wardhana YW, Herdiana Y, et al. Characteristics of Oil in Water (o/w) Type Lotions Incorporated with Kappa/Iota Carrageenan. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* [Internet]. 2021;715(1):12050. Available from: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/715/1/012050>

