

**AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK RUMPUT LAUT
Halimeda macroloba DARI PANTAI TELUK AWUR,
JEPARA, JAWA TENGAH**

Ahmad Fadhil Muzaki, Wilis Ari Setyati, Subagiyo, Rini Pramesti

*Departemen Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang
E-mail : AhmadFadhilMuzaky@gmail.com*

Received August 2018 Accepted September 2018

ABSTRAK

Antioksidan yang dihasilkan oleh tubuh berfungsi sebagai mekanisme perlindungan terhadap serangan radikal bebas memiliki jumlah yang terbatas. Antioksidan eksogen yang aman dan mudah diperoleh adalah antioksidan dari bahan alam seperti *Halimeda macroloba* yang mengandung senyawa bioaktif meliputi fenol, klorofil a dan b, serta karotenoid. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif eksploratif. *H. macroloba* diperoleh dari Pantai Teluk Awur - Jepara dicuci bersih dengan air tawar dan diblender. Sampel dimaserasi pada pelarut metanol, etil asetat, dan n-heksan, serta diuapkan dengan rotary evaporator. Aktivitas antioksidan ditentukan dari nilai IC_{50} . Nilai ini diperoleh dari persamaan kurva regresi linier pada nilai inhibisi yang terdeteksi dari nilai absorbansi DPPH murni terhadap pengaruh ekstrak *H. macroloba* yang diukur pada panjang gelombang 517 nm. Kadar total fenol diuji menggunakan larutan Folin-Ciocalteu dengan asam galat sebagai larutan standar yang diukur pada panjang gelombang 725 nm. Kadar klorofil a, b, dan karotenoid diukur pada panjang gelombang 663 nm, 646 nm, dan 470 nm. Hasil penelitian menunjukkan nilai IC_{50} ekstrak metanol sebesar 38,57 ppm, etil asetat 1567,27 ppm dan n-heksan 259,34 ppm. Kadar total fenol pada masing-masing ekstrak adalah 87,10; 140,78 dan 102,24 (mg GAE/g berat basah sampel), kadar klorofil a sebesar 25,56; 28,44 dan 0,41 (mg/g berat basah sampel), kadar klorofil b sebesar 42,10; 41,94 dan 0,61 (mg/g berat basah sampel), dan kadar karotenoid sebesar 97,92; 85,68 dan 2,34 (μ mol/g berat basah sampel). Nilai IC_{50} dari ekstrak metanol termasuk kategori aktivitas antioksidan sangat kuat sedangkan ekstrak etil asetat dan n-heksan termasuk kategori aktivitas antioksidan sangat lemah.

Kata kunci : *H. macroloba*, Antioksidan, DPPH

ABSTRACT

Antioxidant that produced by body that have a protect mechanism from free radicals attack which is totally infinity. Safe antioxidant exogenous and easily obtained is antioxidant from natural such as Halimeda macroloba that contains bioactive compound include phenol, chlorophylls a and b, and carotenoids. The method was used descriptively explorative. H. macroloba obtained from Teluk Awur Beach Jepara washed by freshwater and blended. Macerated sample singly on methanol, etil asetat, and n-heksan solvent, also evaporated with rotary evaporator. Antioxidant activity determined from value of IC₅₀. IC₅₀ obtained from linear regression curve equation from inhibisi value which detected by absorbance value of pure DPPH to extract Halimeda macroloba effect that measured by wave length 517 nm. Total phenol content tested by the Folin-Ciocalteu solution with gallic acid as standard and measured at a wavelength of 725 nm. The chlorophylls a and b, and carotenoids content were measured at a wavelength of 663 nm, 646 nm, and 470 nm. The results showed IC₅₀ value of extract methanol was 38,57 ppm, ethyl acetat was 1567,27 ppm and n-hexane was 259,34 ppm. Total phenol content in each extract were 87,10; 140,78 and 102,24 (mg GAE/g wet weight sample), chlorophyll a content were 25,56; 28,44 and 0,41 (mg/g wet weight sample), chlorophyll b content were 42,10; 41,94 and 0,61 (mg/g wet weight sample), and carotenoids content were 97,92; 85,68 and 2,34 (µmol/g wet weight sample). IC₅₀ value of methanol extracts categorized as very strong antioxidant activity, ethyl acetate and n-hexane extracts categorized as very weak antioxidant activity.

Keywords : *H. macroloba*, Antioxidant, DPPH

PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan senyawa kimia yang mempunyai satu atau lebih elektron tidak berpasangan yang dapat menyebabkan reaksi berantai (Badarinath *et al.*, 2010). Reaksi berantai ini terjadi di dalam tubuh melalui proses metabolisme sel normal, peradangan dan adanya reaksi antara besi logam transisi dalam tubuh (Sayuti & Yerina, 2015) serta terbentuk dari luar tubuh sebagai respons adanya sinar ultraviolet (UV), polusi lingkungan dan asap rokok (Wijaya, 1996). Radikal bebas didalam tubuh dapat menyebabkan pengerasan pembuluh jaringan, koroner, stroke, kanker, penyakit degeneratif seperti diabetes militus, inflamasi, arterosclerosis dan penuaan dini (Kang *et al.*, 2010).

Antioksidan adalah senyawa yang mampu menginaktivasi berkembangnya reaksi oksidasi dengan cara mencegah terbentuknya radikal bebas (Winarsi, 2007). Antioksidan secara endogen dihasilkan tubuh dan secara eksogen berasal dari makanan (Stahl & Sies, 2003). Berdasarkan sumbernya antioksidan eksogen dibagi dua yaitu antioksidan sintetik dan alami. Antioksidan sintetik memiliki batas penggunaan 0,02%

dari lemak dan kurang aman bagi kesehatan karena bersifat karsinogen jika digunakan berlebihan (Fitri, 2013). Antioksidan alami memiliki keuntungan yaitu aman karena tidak terkontaminasi zat kimia (Septiana & Asnani, 2013). Salah satu bahan alam yang dapat digunakan sebagai antioksidan adalah rumput laut (Nawaly *et al.*, 2013).

Halimeda mempunyai senyawa polifenol bromat sederhana, senyawa flavonoid dan katekin yang memiliki aktivitas antioksidan karena mempunyai gugus fenol. Salah satu jenis Halimeda yang memiliki senyawa tersebut yaitu *H. macroloba* (Hsieh *et al.*, 2002). Halimeda merupakan salah satu genus rumput laut dari divisi Chlorophyta yang berpotensi sebagai antioksidan alami. *H. tuna* yang diambil dari laut selatan India menunjukkan aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} 0,2 ppm (Devi *et al.*, 2011). *H. durvilae* dan *H. macroloba* dari Sulawesi Utara yang diekstrak dengan pelarut metanol 70% mempunyai nilai IC_{50} sebesar 64,63 ppm dan 57,73 ppm (Sanger *et al.*, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut *H. macroloba* kandungan total fenol, klorofil a dan b, serta karotenoid.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan adalah rumput laut jenis *Halimeda macroloba* yang diambil dari Pantai Teluk Awur, Jepara, Jawa Tengah.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan secara metode deskriptif eksploratif. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro dan Laboratorium Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi (BPIK), Semarang. Penelitian terdiri dari 6 tahap yaitu : (1). Pengambilan sampel, (2). Preparasi sampel, (3). Ekstraksi sampel, (4). Uji aktivitas antioksidan, (5). Penentuan kadar total fenol, (6). Penentuan kadar klorofil a dan b, serta karotenoid.

Pengambilan Sampel

Sampel diambil saat pantai dalam keadaan surut secara *purposive sampling* (Sugiyono, 2005). Sampel yang diperoleh dicuci menggunakan air tawar untuk menghilangkan kotoran dan epifit yang menempel yang selanjutnya ditiriskan menggunakan kain lalu disimpan dalam *coolbox* yang berisi es.

Preparasi Sampel

Kadar air dianalisis mengacu pada prosedur yang dilakukan Widayanti *et al.* (2013). Cawan kosong dipanaskan dalam oven selama 1

jam pada suhu 105 °C kemudian didinginkan dalam desikator selama 30 menit, lalu ditimbang hingga beratnya konstan. Sampel segar sebanyak 2 gram diletakkan dalam cawan dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100-105 °C selama 5 jam atau sampai beratnya konstan. Proses selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang. Kadar air dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(\text{Berat cawan+sampel basah}) - (\text{berat cawan+sampel kering})}{(\text{Berat cawan+sampel basah}) - (\text{Berat cawan kosong})} \times 100\%$$

Ekstraksi Sampel

Proses ekstraksi sampel menurut Andayani *et al.* (2008) yang telah dimodifikasi. Pada proses maserasi meliputi: perbandingan sampel dan pelarut serta waktu maserasi. Maserasi dilakukan secara tunggal, yaitu satu sampel menggunakan satu pelarut dengan kepolaran yang berbeda. Pelarut yang digunakan adalah metanol (polar), etil asetat (semi polar), dan n-heksan (*non*-polar). Hal ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antioksidan dari masing-masing pelarut. Sampel segar dibersihkan menggunakan air tawar kemudian diblender dan ditimbang sebanyak 50 gram untuk masing-masing pelarut. Proses selanjutnya dimasukan ke dalam botol gelas yang berisi pelarut 400 ml (perbandingan sampel dan pelarut 1:8) dan dimaserasi selama 24 jam pada suhu ruang ± 28 °C. Hasil maserasi disaring menggunakan kertas saring *Whatman* no. 42 sehingga diperoleh filtrat dan residu dari masing-masing pelarut. Residu dimaserasi kembali menggunakan pelarut baru selama 24 jam dan filtrat yang dihasilkan digabung kedalam botol yang sama dengan filtrat pertama. Filtrat dari setiap pelarut diuapkan dengan *rotary evaporator* pada suhu 40 °C sampai diperoleh ekstrak. Ekstrak yang dihasilkan dimasukkan ke dalam vial untuk dilakukan uji selanjutnya. Perhitungan rendemen menggunakan rumus:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Jumlah berat ekstrak berupa pasta (g)}}{\text{Jumlah berat awal (g)}} \times 100\%$$

Keterangan :

Berat ekstrak = (Berat vial + ekstrak) – berat vial kosong (g)

Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan berdasarkan pada kemampuan ekstrak dalam mereduksi DPPH (1,1 - *diphenyl* -2- *picrylhidrazyl*). Uji ini menggunakan metode spektrofotometri seperti yang dilakukan oleh Leong & Shui (2002); Miliuskas *et al.* (2004) yang telah dimodifikasi konsentrasinya. Konsentrasi ekstrak yang digunakan sebesar 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm. Hasil pengenceran ekstrak masing-masing diambil 1,5 ml dan ditambahkan 3 ml larutan DPPH 0,1 mM. Campuran reaksi dari larutan tersebut diinkubasi dalam ruang gelap selama 30 menit,

kemudian diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 517 nm.

Nilai presentase penghambat aktivitas radikal bebas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Penghambatan radikal bebas (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

Keterangan:

A = Absorbansi larutan DPPH

B = Absorbansi dari campuran larutan sampel dan DPPH

Nilai penghambat radikal bebas DPPH (%) digunakan untuk menentukan nilai IC_{50} . Nilai ini dihitung menggunakan persamaan regresi yang diperoleh dari hubungan antara konsentrasi sampel dengan presentase penghambatan radikal bebas (%).

Penentuan Kadar Total Fenol

Kadar total fenol diukur dengan metode yang mengacu pada Yangthong *et al.* (2009); Sharma *et al.* (2011) dalam Santoso *et al.* (2012). Ekstrak dengan berat 5 mg dilarutkan dalam 2 ml etanol p.a lalu ditambahkan 5 ml aquades dan 0,5 ml reagen Folin-Ciocalteu 50 %. Campuran diinkubasi selama 5 menit dan ditambahkan 1 ml Na_2CO_3 5 %. Larutan dihomogenkan lalu diinkubasi dalam kondisi gelap selama satu jam. Nilai absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 725 nm.

Asam galat yang digunakan sebagai standar dengan konsentrasi 0, 10, 20, 30, 40, 50 mg/l. Kurva kalibrasi asam galat digunakan untuk menentukan kadar senyawa fenol yang terkandung dalam sampel melalui persamaan regresi dan nilai total fenol dinyatakan dalam mg *Galic Acid Equivalent* (GAE)/ 1000 g ekstrak.

$$\text{Total fenol} = \frac{(a \times V) / 1000}{G}$$

Keterangan :

a = Konsentrasi asam galat dalam sampel uji

V = Volume total larutan uji (ml)

G = Berat ekstrak yang digunakan (g)

1000 = Faktor konversi terhadap volume total larutan (ml)

Penentuan Kadar Klorofil a dan b, serta Karotenoid

Pengukuran klorofil a, klorofil b dan karotenoid didasarkan pada Lichtenthaler (1987). Ekstrak metanol, etil asetat, dan n-heksan ditimbang, kemudian dilarutkan aseton p.a sesuai dengan konsentrasi (5 mg ekstrak /

5 mL aseton p.a). Masing – masing konsentrasi diukur absorbansinya pada panjang gelombang 646 nm, 663 nm, dan 470 nm.

Kadar klorofil dan karotenoid dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- i. Klorofil a mg/g sampel (Ca) = $12,21 \times A_{663} - 2,81 \times A_{646}$
- ii. Klorofil b mg/g sampel (Cb) = $20,13 \times A_{663} - 5,03 \times A_{646}$
- iii. Karotenoid $\mu\text{mol/g}$ sampel (Cx + c) =

$$\frac{(A_{470} + 0,114 \times A_{663} - 0,638 \times A_{646}) \times V \times 1000}{112,5 \times 0,1 \times 10}$$

Keterangan:

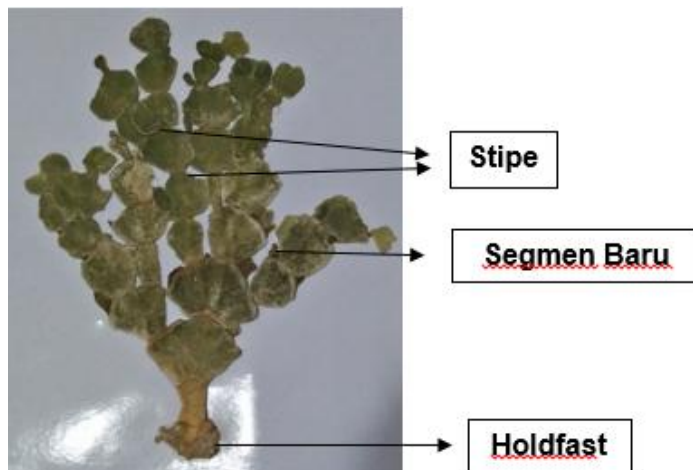
A663 = Nilai absorbansi panjang gelombang 663 nm

A664 = Nilai absorbansi panjang gelombang 646 nm

A470 = Nilai absorbansi panjang gelombang 470 nm

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri morfologi dari *Halimeda macroloba* (lihat Gambar 1) yaitu tumbuhan berbentuk talus berwarna hijau, segmen berbentuk kipas , lebar dan tebal. Bagian pinggirnya bergelombang, percabangan utama trichotomus, Holdfast berbentuk cakram dan seperti ubi (Atmadja *et al.* (1996).



Gambar 1. Bagian-bagian talus *H. macroloba*

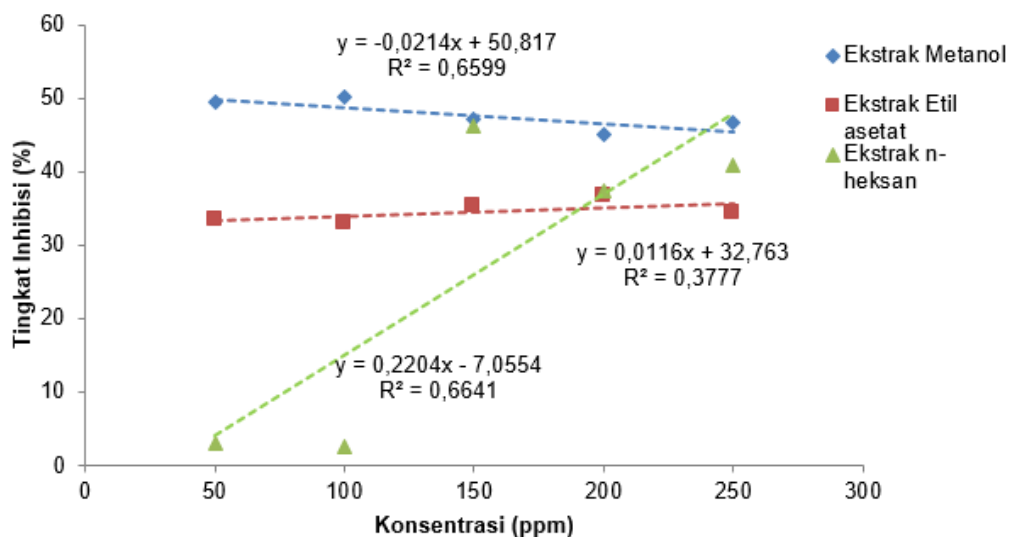
Sampel diekstraksi dalam keadaan segar, karena komponen aktif tidak tahan panas terhadap suhu tinggi selama pengeringan (Djapiala *et al.*, 2011). Sampel dimaserasi dengan pelarut metanol (polar), etil asetat (semi polar), dan n-heksan (*non-polar*). Hasil ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil ekstraksi *H. macroloba*

Pelarut	Bentuk	Warna	Berat Ekstrak (gr)	Rendemen Ekstrak (%)
Metanol	Padat	Hijau Pekat	0,17	0,34
Etil asetat	Pasta	Coklat	0,14	0,28
n-heksan	Cair	Kuningan Kuning	0,02	0,04

Hasil penelitian tentang rendemen tertinggi diperoleh ekstrak metanol yaitu 0,34 %, ekstrak etil asetat dan n-heksan secara berurutan yaitu 0,28 % dan 0,04 %. Nilai rendemen berkurang dengan menurunnya tingkat kepolaran. Hal ini diduga sampel memiliki senyawa bioaktif yang bersifat polar. Sarastani *et al.* (2002), menyatakan pelarut dapat melarutkan senyawa dengan kepolaran yang sama dan dapat mempengaruhi sifat fisiokimia ekstrak yang dihasilkan. Secara visual ekstrak metanol berwarna hijau pekat, ekstrak etil asetat berwarna coklat kekuningan, dan n-heksan berwarna kuning. Warna hijau pekat diduga menunjukkan banyaknya kandungan klorofil dibanding pigmen yang lain. Warna coklat kekuningan sampai kuning diduga menunjukkan adanya kandungan karotenoid.

Aktivitas antioksidan ekstrak *H. macroloba* ditentukan dari nilai IC_{50} yaitu besarnya konsentrasi larutan uji dalam meredam 50% aktivitas radikal bebas DPPH. Nilai IC_{50} dihitung dari persamaan regresi linier konsentrasi ekstrak terhadap tingkat inhibisi DPPH (Gambar 2.)



Gambar 2. Grafik Aktivitas Antioksidan Ekstrak *H. macroloba*

Hasil penentuan aktivitas antioksidan meliputi nilai IC₅₀, kadar totar fenol, klorofil a dan b, serta karotenoid ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai IC₅₀, kadar total fenol, klorofil a dan b, serta karotenoid ekstrak *H. maculoba*.

Parameter Uji Pelarut	Uji DPPH (IC ₅₀) (ppm)	Total Fenol (mg GAE/g)	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Karotenoid (µmol/g)
Metanol	38,57	87,10	25,56	42,10	97,92
Etil asetat	1567,27	140,78	28,44	41,94	85,68
n-heksan	259,34	102,24	0,41	0,61	2,34

Nilai IC₅₀ pada ekstrak metanol 38,57 ppm dan tergolong antioksidan yang sangat kuat, ekstrak etil asetat dan n-heksan berturut-turut memiliki nilai IC₅₀ sebesar 1567,27 ppm dan 259,34 ppm dan tergolong sangat lemah (Mardawati *et al.*, 2008). Ekstrak etil asetat dan n-heksan tergolong sangat lemah, hal ini diduga sampel yang diuji berupa ekstrak kasar. Ditambahkan Wikanta *et al.* (2005), ekstrak kasar diduga mengandung senyawa-senyawa lain seperti garam, mineral, dan nutrien-nutrien lain yang dapat menghambat kerja senyawa antioksidan tersebut. Budhiyanti *et al.* (2012), menyatakan aktivitas antioksidan dan total fenol dari suatu sampel dipengaruhi oleh tipe pelarut, metode ekstraksi, musim, lokasi, dan jenis spesies. Sedangkan (Wirakusumah, 2007; Ndhallala *et al.*, 2010) aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh senyawa bioaktif seperti senyawa fenol dan pigmen (klorofil dan karotenoid). Kadar total fenol tertinggi diperoleh ekstrak etil asetat sebesar 140,78 mg GAE/g berat basah sampel. Senyawa fenol terbanyak tidak selalu terdapat dalam ekstrak polar, namun tergantung dari struktur senyawa fenol sehingga senyawa ini dapat larut dalam pelarut semi polar maupun *non*-polar (Sheikh *et al.*, 2009). Lim *et al.* (2002), menyatakan korelasi antara kadar fenol dengan aktivitas antioksidan tidak selalu terjadi. Hal ini diduga terdapat senyawa lain dalam rumput laut yang dapat berperan dalam menyumbangkan aktivitas antioksidan. Rumput laut mengandung senyawa-senyawa lain seperti: agar-agar, porpiran, furcellaran, protein, lemak, kalsium, unsur mineral, klorofil dan karotenoid (Indriani & Sumiarsih, 1997).

Ekstrak etil asetat mengandung klorofil a yang tertinggi sebesar 28,44 mg/g berat basah sampel dan ekstrak metanol mengandung klorofil b tertinggi sebesar 42,10 mg/g berat basah sampel. Młodzińska (2009), klorofil a bersifat kurang polar, sedangkan klorofil b bersifat polar. Pigmen lain yang berfungsi sebagai antioksidan adalah karotenoid. Hasil

penelitian menunjukkan karotenoid terdapat disemua ekstrak pelarut baik polar, semi polar, dan *non*-polar. Ekstrak metanol mengandung karotenoid tertinggi sebesar 97,92 $\mu\text{mol/g}$ berat basah sampel. Ekstrak *H. macroloba* diduga mengandung jenis karotenoid berupa xantofil. Jenis ini mudah larut dalam metanol. Pelarut polar dapat melarutkan karotenoid pada kelompok xantofil, karena xantofil mengandung gugus hidroksil yang bersifat polar (Munifah & Likanta, 2006).

Berdasarkan hasil penelitian diduga senyawa karotenoid dan klorofil b berperan terhadap antioksidan karena aktivitas tertinggi diperoleh dari ekstrak metanol. Klorofil dapat mencegah proses oksidasi lipid dengan mekanisme pendonoran atom hidrogen, sehingga memutus rantai reaksi pembentukan radikal. Hidrogen yang didonorkan terletak pada gugus metal pada klorofil a atau gugus aldehid pada klorofil b (Marquez *et al.*, 2005). Karotenoid sebagai antioksidan mampu melindungi sel dan organisme dengan meniadakan aktivitas radikal bebas. Penghambatan radikal bebas oleh karotenoid terutama dilakukan oleh β -karoten. Reaksi karotenoid terhadap radikal bebas ditunjukkan oleh β -karoten yang bereaksi dengan radikal peroksil dapat mengakibatkan terbentuknya radikal ROO-Carotene (radikal ROO-CAR) dan terjadi delokasi elektron, sehingga elektron tersebar di seluruh struktur β -karoten. Radikal ROO-CAR yang bereaksi dengan radikal ROO-CAR dapat membentuk β -karoten netral (Burton & Inglood, 1984).

KESIMPULAN

Halimeda macroloba yang diambil dari Pantai Teluk Awur Jepara mempunyai aktivitas antioksidan yang sangat kuat pada ekstrak metanol dengan nilai IC_{50} sebesar 38,57 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, R., Lisawati, Y., dan Maimunah. 2008. Penentuan Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolat Total dan Likopen pada Buah Tomat (*Solanum lycopersicum* L). Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi, 13(1): 1-9 hlm.
- Atmadja, W.S., Kadi, A., Sulistijo, dan Satari, R. 1996. Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia. PUSLITBANG OSEANOGRAFI LIPI, Indonesia, iii-iv hlm.
- Badarinath, A.V., RAo, K.M., Chetty, C.M.S., and Ramkanth, S. 2010. A Review on In-Vitro Antioxidant Methods: Comparisons, Correlations and Considerations. International Journal of PharmTech Research, 2(2): 1276-1285 pp.
- Budhiyanti, S.A., S. Raharjo, D.W. Marseno, and I.Y.B. Lelana. 2012. Antioxidant Activity of Brown Algae Sargassum Species Extract

- from the Coastline of Java Island. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 7(3): 337–346 pp.
- Burton, W., and U. Inglod. 1984. β -Carotene: An Unusual Type of Lipid Antioxidant. Science, 224: 569-573 pp.
- Devi, G.K., K. Manivannan, G. Thirumaran, F.A.A. Rajathi, dan P. Anantharaman. 2011. In Vitro Antioxidant Activities of Selected Seaweeds from Southeast Coast of India. Journal of Tropical Medicine, 205-211 pp.
- Djapiala, F.Y., Lita, Montolalu, A.D.Y., dan Mentang, F. 2011. Kandungan Total Fenol dalam Rumput Laut *Caulerpa racemosa* yang Berpotensi sebagai Antioksidan. Unsrat.
- Fitri, N. 2013. *Butylated hydroxyanisole* sebagai Bahan Aditif Antioksidan pada Makanan dilihat dari Perspektif Kesehatan. Jurnal Kefarmasian Indonesia, 4(1): 41-50 hlm.
- Hsieh, Y.P., Suzuki, T., Wang, W., and Yoshie, Y. 2002. Compositional Difference of Phenolic Compounds between Two Seaweeds, *Halimeda* spp.. Journal of Tokyo University of Fisheries, 88: 21-24 pp.
- Indriani, H., dan Sumiarsih, E. 1997. Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Rumput Laut. Indonesia.
- Kang, C., Jin, B., Lee, H., Cha, M., Sohn, E., Moon, J., Park, C., Chun, S., Jung, E., Hong, J.S., Kim, J., and Kim, E. 2010. Brown algae *Eclonia cava attenuates* type 1 diabetes by activating AMPK and AKT signaling pathways. Journal of Food Chemistry and Toxicology, 48: 509–516 pp.
- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes Methods in Enzymology. Weinheim: Verlag Chemie.
- Lim, S.N., Cheung, P.C., Ooi, V.E., and Ang, P.O. 2002. Evaluation of Antioxidative Activity of Extracts from A Brown Seaweed, *Sargassum siliquastrum*. J. Agric Food Chem., 50(13): 3862-3866 pp.
- Mardawati, E., F. Fitry, dan M. Herlina. 2008. Kajian Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana* L) dalam Rangka Pemanfaatan Limbah Kulit Manggis di Kecamatan Puspahiang Kabupaten Tasikmalaya. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Padjajaran.

- Marquez, U.M.L., Barros, R.M.C., and Sinnecher, R.P. 2005. Antioxidant Activity of Chlorophylls and Their Derivates. Departement of Food and Experimental Nutrition. Brazil.
- Miliauskas, G., P.R. Venskutonis, and T.A. Van-Beek. 2004. Screening of Radical Scavenging Activity of Some Medical and Aromatic Plant Extracts. Food Chemistry, 85: 231-237 pp.
- Młodzińska, Ewa. 2009. Survey of Plant Pigments: Molecular and Environmental Determinants of Plant Colors. Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 51(1): 7-16 pp.
- Munifah, I., dan W. Likanta. 2006. Senyawa Antioksidan Karoten Bersumber dari Biota Laut. Jurnal squalen, 1(1): 1-5 hlm.
- Nawaly, H., Susanto, A.B., dan Uktolseja, L.A. 2013. Senyawa Bioaktif dari Rumput Laut sebagai Antioksidan. Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS, Solo.
- Ndhalala, A.R., M. Moyo, and J.V. Staden. 2010. Natural Antioxidants: Fascinating or Mythical Biomolecules ?. Molecules, 15: 6905-6930 pp.
- Santoso, J., S. Anwariyah, R.O. Rumiantin, A.P. Putri, N. Ukhty, and Y. Yoshie Stark. 2012. Phenol Content, Antioxidant Activity and Fibers profile of Four Tropical Seagrasses from Indonesia. Journal of Coastal Development, 15(2): 189-196 pp.
- Sarastani, D., S.T. Soekarto, T.R. Muchtadi, D. Fardiaz, dan A. Apriyantono. 2002. Aktivitas Antioksidan Ekstrak dan Fraksi Ekstrak Biji Antung (*Parinarium glaberrimum*). Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, 13(2): 149-156 hlm.
- Sayuti, K., dan Yenrina, R. 2015. Antioksidan Alami dan Sintetik. Andalas University Press, Padang, 112 hlm.
- Septiana, A.T., dan Asnani, A. 2013. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Sargassum duplicatum*. Jurnal Teknologi Pertanian, 14(2): 79-86 hlm.
- Sheikh, T.Z.B., C.L. Yong, and M.S. Lian. 2009. In Vitro Antioxidant Activity of The Hexane and Methanolic Extract of *Sargassum baccularia* and *Cladophora patentiramea*. Journal of Applied Science, 13(9): 2490-2493 pp.

- Stahl, W., and Sies, H. 2003. Antioxidant Activity of Carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*, 24: 345-351 pp.
- Sugiyono. 2005. *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Widayanti, N. P., Rita, W. S., dan Ciawi, Y. 2013. Pengaruh Konsentrasi Amonium Sulfat ((NH₄)₂SO₄) sebagai Sumber Nitrogen Terhadap Produksi Bioetanol Berbahan Baku *Gracilaria* sp.. Universitas Udayana, Bali.
- Wijaya, A. 1996. Radikal Bebas dan Parameter Status Antioksidan. *Forum Diagnosticum. Laboratorium Klinik Prodia*, 1: 1-12 hlm.
- Wikanta, T., H.D. Januar, dan M. Nursed. 2005. Uji Aktivitas Antioksidan, Toksisitas dan Sitoksisitas Ekstrak Alga Merah *Rhodymenia palmate*. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 11(4):41-49 hlm.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Kanisius, Yogyakarta.
- Wirakusumah, E.S. 2007. *202 Jus buah dan Sayuran*. Cetakan 1. Jakarta: Penebar Swadaya, vi: 186 hlm.
- Yangthong, M., N. Hutadilok-Towatana, and W. Phromkunthong. 2009. Antioxidant Activities of Four Edible Seaweeds from The Southern Coast of Thailand. *Plant Food Human Nutrition*, 64: 218-223 pp.