RUMPUT LAUT : ANTIOKSIDAN ALAMI PENANGKAL RADIKAL BEBAS

Oleh
Rany Dwimayasanti¹⁾

ABSTRACT

SEAWEED: NATURAL ANTIOXIDANT FREE RADICAL ANTIDOTE. *Free radicals are the result of various complex chemical processes in the body, in form of oxidation process, cell metabolism, UV irradiation, environmental pollution such as cigarette smoke, and other pollutants. The effects of free radicals can be prevented by addition of antioxidants endogenously from outside the body. Seaweed is one source of natural antioxidants that is safe for the body. Seaweed contains bioactive compounds that are able to prevent free radicals such as carotenoids, phenols, vitamins and minerals.*

PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, dalam dunia kesehatan banyak membahas mengenai radikal bebas. Hal ini didasari karena sebagian besar penyakit diawali oleh adanya reaksi oksidasi yang berlebihan di dalam tubuh. Radikal bebas atau yang biasa disebut oksidan merupakan suatu senyawa yang mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada bagian orbit luarnya. Adanya elektron yang tidak berpasangan itulah yang mengakibatkan senyawa tersebut sangat reaktif untuk mencari pasangannya dengan cara mengikat elektron molekul yang berada disekitarnya (Sayuti & Yenrina, 2015). Radikal bebas tersebut dapat mengoksidasi asam nukleat, protein,

lemak, bahkan DNA dan menginisiasi timbulnya penyakit degeneratif (Leong & Shui, 2001). Percival (1998) menambahkan bahwa kemampuan radikal sangat berbahaya, karena menyerang sel-sel tubuh yang sehat dan menyebabkan kerusakan dalam struktur dan fungsi.

Menurut Bhaigyabati *et al.* (2011), pembentukan radikal bebas terjadi melalui proses metabolisme, hasil penyinaran UV, polusi lingkungan seperti asap rokok, zat kimiawi dalam makanan dan polutan lain (Gambar 1). Dampak reaksi dari senyawa radikal bebas bermacam-macam dan bahkan sering dihubungkan dengan berbagai peristiwa fisiologis misalnya peradangan, penuaan, dan penyebab kanker.

¹⁾ Loka Konservasi Biota Laut Tual LIPI

Gambar 1. Pembentukan radikal bebas (Nurrofiq, 2012).

Pencegahan kerusakan akibat radikal bebas pada tubuh manusia dapat dilakukan dengan menghasilkan antioksidan secara endogen dalam sistem pertahanan tubuh. Akan tetapi, kadar antioksidan yang ada tidak mampu melawan radikal bebas penyebab penyakit, salah satunya adalah karena stress oksidatif (Halliwell, 1992). Untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan tambahan antioksidan dari luar tubuh. Makalah ini akan membahas secara singkat peran rumput laut sebagai antioksidan alami.

MENGENAL ANTIOKSIDAN

Antioksidan didefinisikan sebagai zat yang dapat menunda atau mencegah

terjadinya reaksi autooksidasi radikal bebas dalam oksidasi lipid (Kochhar & Rossell, 1990). Cara kerja dari antioksidan yaitu dengan mendonorkan satu elektronnya ke senyawa yang bersifat oksidan, sehingga aktivitas senyawa oksidan tersebut dapat dihambat (Sayuti & Yenrina, 2015). Menurut Meydani *et al.* (1995), keseimbangan dari oksidan dan antioksidan sangat penting. Hal ini berkaitan langsung dengan fungsi sistem imunitas tubuh. Senyawa asam lemak tak jenuh merupakan komponen terbesar yang menyusun membran sel, yang diketahui sangat sensitif terhadap perubahan keseimbangan oksidan-antioksidan. Oleh karena itu, sel imun memerlukan antioksidan dalam jumlah yang lebih besar.

Berdasarkan sumbernya, antioksidan dapat dibedakan menjadi dua yaitu antioksidan sintetis dan antioksidan alami (Sunarni, 2005). *Butylated Hydroxyanisole* (BHA), *Butylated Hydroxytoluene* (BHT) dan *Tert-Butyl Hydroquinone* (TBHQ) merupakan jenis antioksidan sintetis yang sering digunakan (Ito *et al.*, 1986). Antioksidan sintetis saat ini belum bisa dipastikan keamanannya, seperti BHA. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa BHA dapat memberikan dampak negatif pada penggunaannya. Ito *et al.* (1983) dalam penelitiannya, melaporkan bahwa pada hewan percobaan tikus F344, dengan pemberian 2% BHA menghasilkan tingginya kejadian *papilloma* dan *squamous cell carcinoma* pada *forestomach* yang merupakan bagian terdepan dari perut. Williams (1986) menambahkan bahwa BHA mempunyai efek pada sistem membran, memblokir pertukaran antara hepatosit dengan sel epitel. Hasil ini menunjukkan BHA merupakan karsinogen epigenetik yang bersifat *promoting effect*. Saat ini BPOM telah membatasi penggunaan BHA, BHT dan TBHQ. BPOM (2013) telah menentukan bahwa asupan harian yang diijinkan (*Acceptable Daily Intake/ ADI*) untuk BHA yaitu sebesar 0–0,5 mg/kg berat badan, BHT sebesar 0–0,3 mg/kg berat badan dan TBHQ sebesar 0–0,7 mg/kg berat badan. Dilihat dari pernyataan tersebut, maka disarankan untuk lebih memilih penggunaan antioksidan alami. Salah satu sumber antioksidan alami adalah rumput laut.

Rumput laut merupakan salah satu sumber antioksidan, karena mengandung senyawa bioaktif seperti karotenoid, fenol, vitamin dan mineral (Nawaly *et al.*, 2013; Nurrofiq, 2012). Menurut Deval *et al.* (2001), rumput laut merupakan salah satu organisme laut yang berperan dalam siklus rantai makanan sebagai produser primer. Rumput laut memproduksi berbagai senyawa yang terdiri dari senyawa primer yang bersifat esensial bagi proses metabolisme sel seperti fitokoloid, vitamin, asam lemak tak jenuh (UFA) dan karbohidrat.

SUMBER ANTIOKSIDAN RUMPUT LAUT

Salah satu senyawa primer esensial adalah karotenoid. Karotenoid menunjukkan aktivitas biologis sebagai antioksidan, memengaruhi regulasi pertumbuhan sel dan memodulasi ekspresi gen, serta respon kekebalan tubuh. Pada manusia, reaksi oksidasi didorong oleh oksigen reaktif yang jika tidak dinonaktifkan oleh karotenoid maka akan menyebabkan kerusakan protein dan mutasi DNA, sehingga dapat menyebabkan penyakit kardiovaskuler, beberapa jenis kanker, penyakit degeneratif dan penuaan dini (Rao & Rao, 2007). Salah satu penghasil karotenoid terbesar adalah rumput laut (Tamat *et al.*, 2007).

Rumput laut hijau secara umum mengandung senyawa klorofil a dan klorofil b serta senyawa karoten yang dapat berfungsi sebagai antioksidan. Umumnya, senyawa kimia yang

dihasilkan oleh jenis rumput laut hijau adalah senyawa terpenoid (Tamat *et al.*, 2007). Burtin (2003) menambahkan bahwa karotenoid utama yang ada dalam rumput laut hijau antara lain β -karoten, lutein, violaxanthin, antheraxanthin, zeaxanthin dan neoxanthin. Rumput laut coklat sangat kaya akan karotenoid terutama fucoxanthin, β -karoten, dan violaxanthin, sedangkan pada rumput laut merah, karotenoid utama yang ada di dalamnya antara lain β -karoten dan α -karoten. Dari semua jenis baik rumput laut hijau, coklat maupun merah, masing-masing mempunyai kandungan β -karoten.

Menurut Limantara & Rahayu dalam Darmawati *et al.* (2016), karotenoid mampu melindungi sel dan organisme dari kerusakan oksidatif yang disebabkan

oleh radikal bebas yang dihasilkan oleh tubuh pada waktu metabolisme, cahaya matahari, radiasi, dan bahan tercemar. Perlindungan tersebut terjadi karena karotenoid mempunyai kemampuan dalam menghilangkan aktivitas radikal bebas. Penghambatan radikal bebas oleh karotenoid dilakukan oleh β -karoten. Mekanisme kerja karotenoid berupa β -karoten yaitu bereaksi dengan radikal peroksil, sehingga terbentuk radikal ROO-Carotene dan terjadi delokalisasi elektron. Hal ini menyebabkan elektron tersebar di seluruh struktur β -karoten. β -karoten netral terbentuk apabila radikal ROO-Carotene bereaksi dengan radikal ROOR-Carotene (Burton & Ingold, 1984).

Gambar 2. Mekanisme β -karoten mereduksi radikal bebas (Burton & Ingold, 1984).

Fenol merupakan senyawa yang memiliki gugus hidroksi dan berkemampuan mendonorkan hidrogennya, sehingga terstabilkan oleh resonansi yang terdapat pada struktur fenolik, selanjutnya senyawa ini dapat berfungsi sebagai antioksidan. Kadar total fenolik berbanding lurus dengan aktivitas antioksidan, sehingga semakin tinggi kadar fenolik, maka aktivitas antioksidannya semakin tinggi (Firdaus dalam Cahyaningrum *et al.*, 2016). Parameter yang digunakan untuk menunjukkan aktivitas antioksidan adalah IC_{50} (*Inhibition Concentration*). IC_{50} merupakan konsentrasi suatu zat antioksidan yang dapat memberikan persen penghambatan 50%. Aktivitas antioksidan yang tinggi dapat dilihat dengan nilai IC_{50} yang rendah (Brand-Williams *et al.*, 1995; Molyneux, 2004).

Rumput laut coklat memiliki total fenolik lebih tinggi dibandingkan dengan rumput laut merah (Matanjun *et al.*, 2008). Jenis komponen fenolik yang banyak dijumpai pada rumput laut coklat adalah phlorotanin yang berkisar antara 0,74–5,06% (Samee *et al.*, 2009). Li *et al.* (2009) menambahkan bahwa total antioksidan dari phlorotanin

memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dari vitamin E sebagai kontrol secara *in vitro*. Besarnya aktivitas antioksidan total dari setiap jenis sangat tergantung dari kekhususan struktur yang dimiliki. Menurut Rajauria *et al.* (2016), kandungan polifenol pada rumput laut bervariasi sesuai dengan musim, waktu panen, letak geografis dan jenis spesies rumput laut. Yanuarti *et al.* (2017) menambahkan bahwa jenis rumput laut dan jenis pelarut yang berbeda akan memberikan perbedaan jumlah senyawa fenolik. Perbedaan tersebut juga dapat memengaruhi kemampuan untuk meredam radikal bebas.

Vitamin yang memiliki fungsi sebagai antioksidan adalah vitamin A (β -karoten), C (asam askorbat) dan E (α -tokoferol). Beberapa jenis rumput laut yang mengandung vitamin A, C dan E antara lain *Eucheumma cottonii* (Maharany *et al.*, 2017; Yanuarti *et al.*, 2017; Luthfiyana *et al.*, 2016), *Sargassum* sp. (Luthfiyana *et al.*, 2016; Garcia-Casal *et al.*, 2009), *Padina australis* (Maharany *et al.*, 2017), *Ulva lactuca* (Garcia-Casal *et al.*, 2009), *Polysiphonia fucoides* (Farvin & Jacobsen, 2013), *Phorphyra purpurea* (Garcia-Casal *et al.*, 2009).

Gambar 3. Penangkapan radikal bebas oleh fenol (Pramesti *et al.*, 2017).

APLIKASI ANTIOKSIDAN DARI RUMPUT LAUT

Penambahan ekstrak rumput laut sebagai antioksidan sering digunakan di kalangan industri dan farmasi (O'Sullivan *et al.*, 2014). Contoh produk yang ditambahkan ekstrak rumput laut sebagai antioksidan, diantaranya yaitu krim tabir surya dan minyak ikan. Menurut Wijesinghe & Jeon (2011), radiasi UV merupakan salah satu penyebab kerusakan kulit yang sangat diperhatikan dalam industri kosmetik. Inovasi pengembangan pembuatan kosmetik seperti krim tabir surya dengan penambahan rumput laut sebagai antioksidan ditujukan untuk mempertahankan kelembaban dan kelembutan kulit, memberikan nutrisi serta mencegah penuaan dini (Sastrawidana, 2016). Rumput laut merah mengandung senyawa antioksidan yang dapat menghambat penetrasi sinar UV yang kuat ke dalam jaringan atau sel (Misonou *et al.*, 2003). Luthfiyana *et al.* (2016) dalam penelitiannya, melaporkan bahwa *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum* sp. dengan perbandingan 1:1 memiliki aktivitas antioksidan yang kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 83,4 $\mu\text{g/mL}$. Suatu senyawa dikatakan memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat jika nilai IC_{50} <50 $\mu\text{g/mL}$, kuat jika nilai IC_{50} 50-100 $\mu\text{g/mL}$, sedang jika IC_{50} 100-150 $\mu\text{g/mL}$, dan lemah jika IC_{50} 150-200 $\mu\text{g/mL}$ (Molyneux, 2004).

Efektivitas sediaan krim tabir surya didasarkan pada penentuan nilai *Sun Protection Factor* (SPF) dalam melindungi kulit (Stanfield, 2003). Damogalad *et al.* (2013) menambahkan

bahwa kemampuan krim tabir surya dalam melindungi kulit dibagi menjadi beberapa kategori, diantaranya proteksi minimal (2–4), proteksi sedang (4–6), proteksi ekstra (6–8), proteksi maksimal (8–15), dan proteksi ultra (>15). Pada hasil penelitian Yanuarti *et al.* (2017) menjelaskan bahwa ekstrak etil asetat *Eucheuma cottonii* yang ditambahkan kedalam krim tabir surya memiliki kemampuan proteksi maksimal dalam melindungi kulit. Nilai SPF yang dihasilkan sebesar 8,8. Selain *Eucheuma cottonii*, *Turbinaria conoides* dalam penelitian Yanuarti *et al.* (2017) juga memiliki kemampuan proteksi ultra dalam melindungi kulit. Nilai SPF yang dihasilkan sebesar 16,7.

Minyak ikan termasuk produk perikanan yang mempunyai asam lemak tak jenuh tinggi yang rentan terhadap oksidasi. Penghambatan oksidasi pada minyak dilakukan dengan penambahan antioksidan. Menurut Khamidinal *et al.* (2007), antioksidan memiliki energi aktivasi yang rendah untuk melepaskan satu atom hidrogen ke radikal lemak, sehingga tahap oksidasi lebih lanjut dapat dicegah. Pada penelitian Arbi *et al.* (2016) menjelaskan bahwa *Ulva lactuca* yang termasuk dalam kategori *Chlorophyceae* mampu menghambat oksidasi pada minyak ikan dengan kadar konsentrasi 0,1%. Uji aktivitas antioksidan pada ekstrak *Ulva lactuca* dilakukan dengan metode DPPH diperoleh hasil IC_{50} sebesar 60,975 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak *Ulva lactuca* tergolong kuat, sesuai dengan pendapat Ulfa *et al.* (2014), bahwa suatu

bahan dikatakan mempunyai aktivitas antioksidan kuat jika mempunyai nilai IC_{50} sebesar 50–100 ppm.

Selain *Ulva lactuca*, pada penelitian Prabowo *et al.* (2013) menjelaskan bahwa *Sargassum* sp. termasuk rumput laut cokelat yang memiliki senyawa antioksidan yang mampu menghambat oksidasi pada minyak ikan. Penggunaan ekstrak etanol *Sargassum* sp. 1% mampu memberikan proses penghambatan oksidasi emulsi minyak ikan. Adapun penelitian Santoso *et al.* (2004) mengenai emulsi minyak, antioksidan pada ekstrak metanol *Sargassum* sp. mampu menurunkan oksidasi yang terjadi pada emulsi minyak ikan dengan nilai peroksida 59,1 meq/kg dibandingkan dengan kontrol 308,5 meq/kg selama penyimpanan 24 jam pada suhu 50°C. Pengukuran nilai peroksida pada dasarnya untuk mengukur kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada tahap awal reaksi oksidasi lemak. Bilangan peroksida yang tinggi mengindikasikan lemak atau minyak sudah mengalami oksidasi (Raharjo, 2006).

CARA KERJA ANTIOKSIDAN DARI RUMPUT LAUT

Reaksi oksidasi terjadi ketika reaksi tersebut menghasilkan radikal bebas (OH), tanpa adanya antioksidan, maka kehadiran radikal bebas ini akan menyerang molekul-molekul lain disekitarnya. Hasil reaksi ini akan menghasilkan radikal bebas yang lain yang siap mengikat molekul lainnya,

sehingga akan terbentuk reaksi berantai yang sangat berbahaya. Berbeda halnya apabila terdapat antioksidan. Radikal bebas akan segera bereaksi dengan antioksidan membentuk suatu molekul yang stabil dan tidak berbahaya (Khaira, 2010).

Reaksi tanpa adanya antioksidan :

Produk + Radikal bebas yang lain

Reaksi dengan adanya antioksidan :

Produk yang stabil

Antioksidan cenderung bereaksi dengan radikal bebas terlebih dahulu dibandingkan dengan molekul lain, karena sifat dari antioksidan adalah mudah teroksidasi atau bersifat reduktor kuat dibanding dengan molekul lain. Oleh karena itu, keefektifan antioksidan bergantung dari seberapa kuat daya oksidasinya dibanding dengan molekul lain. Semakin mudah teroksidasi maka semakin efektif antioksidan tersebut (Khaira, 2010).

PENUTUP

Banyaknya radikal bebas dan kurangnya antioksidan merupakan dua hal yang dapat menyebabkan stress oksidatif. Langkah untuk mengurangi stress oksidatif yaitu dengan memperbanyak antioksidan. Senyawa karotenoid, fenol, vitamin dan mineral merupakan senyawa bioaktif yang terdapat didalam rumput laut yang memiliki kontribusi terhadap aktivitas antioksidan. Senyawa yang terdapat didalam rumput laut tersebut

memiliki kemampuan untuk melindungi sel terhadap radikal bebas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbi, B., W. F. Ma'ruf dan Romadhon. 2016. Aktivitas senyawa bioaktif selada laut (*Uva lactuca*) sebagai antioksidan pada minyak ikan. *Saintek Perikanan* 12 (1):12-18.
- Bhaigyabati, T., T. Kirithika, J. Ramya, and K. Usha. 2011. Phytochemical constituents and antioxidant activity of various extracts of Corn Silk (*Zea mays* L). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 2 (4): 986-993.
- BPOM. 2013. *Batas maksimum penggunaan bahan tambahan pangan antioksidan*. Peraturan Kepala BPOM No 38: 37 hlm.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss u-Technol.* 28 (1): 25-30.
- Burtin, P. 2003. Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 2 (4): 498-503.
- Burton, G. W. and K. U. Ingold. 1984. β -karoten: an unusual type of lipid antioxidant. *Science* 224: 569-573.
- Cahyaningrum, K., A. Husni, dan S. A. Budhiyanti. 2016. Aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut coklat (*Sargassum polycystum*). *Agritech* 36 (2): 137-144.
- Damogalad, V., H. J. Edy, dan H. S. Supriati. 2013. Formulasi krim tabir surya ekstrak kulit nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dan uji in vitro nilai sun protecting factor (SPF). *Pharmacon, J. Ilmiah Farmasi UNSRAT* 2 (2): 12-16.
- Darmawati, A. Niartiningsih, R. Syamsuddin, dan J. Jompa. 2016. Analisis kandungan karotenoid rumput laut *Caulerpa* sp. yang dibudidayakan di berbagai jarak dan kedalaman. *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, UNMAS Denpasar: 196-201.
- Deval, A. G., G. Palatas, A. Basilio, A. Cabello, J. Gorrochategui, I. Suay, F. Vicente, E. Portillo, M. J. Del Rio, G. G. Reina and F. Pelaez. 2001. Screening of antimicrobial activities in red, green and brown macroalgae from Gran Canaria (Canary Islands, Spain). *Int Microbiologi* 4: 35-40.
- Halliwell, B. 1992. Reactive oxygen species and the central nervous system. *Journal of Neurochemistry* 59:1609-1623.
- Houghton, P. J. and A. Raman. 1998.

- Laboratory Handbook for The Fractination of Natural Extracts*. Chapman and Hall, London: 199 pp.
- Ito, N., S. Fukushima, A. Hagiwara, M. Shibata and T. Ogiso. 1983. Carcinogenecity of butylated hydroxyanisole in F344 rats. *Journal Natl. Cancer Inst.* 70 (2): 343-352.
- Ito, N., M. Hirose, S. Fukushima., H. Tsuda, T. Shirai, and M. Tatematsu. 1986. Studies on antioxidants: their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. *Food Chemistry Toxic* 24 (10/11): 1071-1082.
- Khamidinal, H. Ngatidjo dan Mudasir. 2007. Pengaruh antioksidan terhadap kerusakan asam lemak omega-3 pada proses pengolahan ikan Tongkol. *Kaunia* 3 (2): 119-138.
- Kim, O. S. 2005. Radical scavenging capacity and antioxidant activity of the E vitamer fraction in rice bran. *Journal of Food Science* 70 (3): 208-213
- Kochhar, S. P. and J. B. Rossell. 1990. Detection, estimation and evaluation of antioxidants in food systems. In: Hudson B.J.F. (eds) *Food Antioxidants*. Elsevier Applied Food Science Series. Springer, Dordrecht 19-64 pp.
- Leong, L. P. and G. Shui. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry* 76: 69-75.
- Luthfiyana, N., Nurjanah, M. Nurimala, E. Anwar, dan T. Hidayat. 2016. Rasio bubur rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum* sp. sebagai formula krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 19 (3): 183-195.
- Maharany, F., Nurjanah, R. Suwandi, E. Anwar, dan T. Hidayat. Kandungan senyawa bioaktif rumput laut *Padina australis* dan *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 20 (1): 10-17.
- Matanjan, P., S. Mohamed, N. M. Mustapha, K. Muhammad and C. H. Ming. 2008. Antioxidant activities and phenolic content of eight species of seaweeds from North Borneo. *Journal Appl. Phycol.* 20: 367-373.
- Misonou, T., J. Saitoh, S. Oshiba, Y. Tokitomo, M. Maegawa, Y. Inoue, H. Hori, and T. Sakurai. 2003. UV-ab-sorbing substance in red alga *Porphyra yezoensis* (Bangiales, Rhodophyta) block thymine photodimer production. *Mar.*

- Biotechnol.* 5: 194-200.
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 26 (2): 211-219.
- Nurrofiq, M. 2012. Pengertian Antioksidan dan Radikal Bebas. <http://www.diwarta.com/2012/03/29/pengertian-antioksidan-dan-radikal-bebas.html>. Diakses pada tanggal 15 Maret 2018.
- O'Sullivan, A. M., Y. C. O'Callaghan, M. N. O'Grady, D. S. Waldron, T. J. Smyth, N. M. O'Brien and J. P. Kerry. 2014. An examination of the potential of seaweed extracts as functional ingredients in milk. *International Journal of Dairy Technology* 67 (2): 182-193.
- Percival, M. 1998. Antioxidants. *Clinic Nutrition Insights. Advanced Nutrition Publications, Inc* 31:1-4.
- Prabowo, A., S. A. Budhiyanti, dan A. Husni. 2013. Ekstrak *Sargassum* sp. sebagai antioksidan dalam sistem emulsi minyak ikan selama penyimpanan pada suhu kamar. *JPB Perikanan* 8 (1): 143-150.
- Raharjo, S. 2006. *Kerusakan oksidatif pada makanan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta: 157 hlm.
- Rajauria, G., B. Foley, and N. Abu-Ghannam. 2016. Identification and characterization of phenolic antioxidant compounds from brown irish seaweed *Himanthalia elongate* using LC-DAD-ESI-MS/MS. *Journal Innovative Food Science and Emerging Technologies* 37: 261-268.
- Rao, A. V. and L. G. Rao. 2007. Carotenoids and Human Health. *Pharmac. Res.* 55: 207-216.
- Samee, H., Z. X. Lin, H. Lin, J. Khalid and Y. C. Guo. 2009. Anti-allergic effects of ethanol extracts from brown seaweeds. *Journal of Zhejiang University Science B* 10 (2): 147-153.
- Santoso, J., Y. Yoshie-Stark, and T. Suzuki. 2004. Antioxidant activity of methanol extracts from Indonesian seaweeds in an oil emulsion model. *Fisheries Science* 70: 183-188.
- Sastrawidana, I. D. K. 2016. Pemanfaatan ekstrak rumput laut sebagai bahan aktif dalam pembuatan hand body lotion. *Seminar Nasional Pengembangan Kepada Masyarakat* 104-107.
- Sayuti, K. dan R. Yenrina. 2015. *Antioksidan, alami dan sintetik*. Andalas University Press, Padang: 104 hlm.
- Stanfield, J. W. 2003. Sun protectants: enhancing product

- functionality. In: Schueller, R. and P. Romanowski (eds) *Multifunctional cosmetics*. Marcell Dekker Inc. New York 145-150 pp.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 1989. *Analisis untuk bahan makanan dan pertanian*. Liberty, Yogyakarta: 172 hlm.
- Sunarni, T. 2005. Aktivitas antioksidan penangkap radikal bebas beberapa kecambah dari biji tanaman familia *Papilionaceae*. *Journal Farmasi Indonesia* 2: 53-61.
- Supriyono, A. Aktivitas antioksidan beberapa spesies rumput laut dari Pulau Sumba. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* 9 (1): 34-38.
- Tamat, S. R., T. Wikanta dan L. S. Maulina. 2007. Aktivitas antioksidan dan toksisitas senyawa bioaktif dari ekstrak rumput laut hijau *Ulva reticulate* Forsskal. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia* 5 (1): 31-36.
- Ulfa, F., A. D. Anggo, dan Romadhon. 2014. Uji potensi aktivitas antioksidan dengan metode ekstraksi bertingkat pada lamun Dugong (*Thalasia hemprichii*) di perairan Jepara. *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan* 3 (3): 32-39.
- WHO. 1998. *Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition (Second Edition)*. Sun Fung, Cina: 341p.
- Wijesinghe, W. and Y. J. Jeon. 2011. Biological activities and potential cosmeceutical applications of bioactive components from brown seaweeds: a review. *Phytochem Rev.* 10 (3): 431-443.
- Williams, G. M. 1986. Epigenetic promoting effects of butlated hydroxyanisole. *Food Chem. Toxicol* 24 (10-11): 1163-1166.
- Yanuarti, R., Nurjanah, E, Anwar, dan G. Pratama. 2017. Kandungan senyawa penangkal sinar ultra violet dari ekstrak rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Turbinaria canoides*. *Biosfera* 34 (2): 51-58.
- Yanuarti, R., Nurjanah, E. Anwar, dan T. Hidayat. 2017. Profil fenolik dan aktivitas Antioksidan dari ekstrak rumput laut. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 20 (2): 230-237.