

KANDUNGAN MINERAL DAN LOGAM BERAT PADA BIOSALT RUMPUT LAUT *Padina* sp.

Nurdiana Riska¹, Sri Widodo Agung Suedy², Munifatul Izzati³.

¹ Sarjana Program studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Diponegoro.

^{2,3} Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro.

Corresponding author: ¹nurdianariska07@gmail.com, ³munifatul_izzati@yahoo.com

Abstract

Indonesian is an archipelago that has abundant biological resources, one of which is seaweed. Seaweed is widely used by the community as a standard cake chart, agar and herbal medicinal ingredients. One of the potential of seaweed can produce mineral salts (biosalt). One of the seaweed Biosalt which has not been widely used is from *Padina* sp. Biosalt *Padina* sp. contains minerals needed by the human body. The purpose of this study was to determine the amount of salt yield obtained from seaweed *Padina* sp. and knowing the quality of salt from *Padina* sp. in terms of the content of macromineral (Ca and Mg), Micromineral (Fe, Mn and Zn) and heavy metals (Cu and Pb). Sampling of *Padina* sp. Seaweed conducted in Teluk Awur, Jepara. Extraction biosalt *Padina* sp. carried out at BSF Plant Laboratory, Department of Biology, FSM, UNDIP. Testing with the ICP-OES tool was carried out in the Physical Chemistry laboratory of FMIPA UNNES. Data analysis was descriptive qualitative by comparing the salt content of "biosalt" seaweed with table salt (control). The results showed that the total yield of seaweed biosalt was 9.44 gr / 100 gr or 9.44%. As for that the mineral content of Ca, Mg, Fe, Mn, and Zn in biosalt *Padina* sp. higher than in table salt. On the other hand, heavy metals Cu and Pb in biosalt *Padina* sp. lower than table salt. This shows that salt obtained from seaweed *Padina* sp. safe for humans because they have high mineral content and heavy metal levels which are still below the threshold (<2.0 mg / gr)

Keywords: minerals, heavy metals, seaweed, biosalt.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim karena luas wilayah Indonesia sebagian besar adalah perairan. Menurut Alpharesy (2012), luas perairan laut Indonesia sebesar 5.8 juta km² serta garis pantai sepanjang 81.000 km. Salah satu sumber daya hayati perairan yaitu rumput laut. Rumput laut dapat digunakan sebagai bahan baku industri makanan, farmasi, kosmetik, pakan ternak, pupuk organik dan juga dapat digunakan sebagai bahan baku tekstil.

Potensi lain yang dapat digali dari rumput laut adalah sebagai sumber garam. Garam yang diambil dari tanaman ini disebut sebagai biosalt atau garam hayati. Biosalt memiliki kelebihan yaitu kandungan kalium

yang tinggi dan rendah natrium (Nurjanah, 2018). Menurut Polli *et al.* (2016), asupan natrium penting untuk mekanisme peningkatan tekanan darah. Tekanan darah meningkat karena adanya peningkatan volume plasma (cairan tubuh) yang berarti jantung harus memompa lebih giat sehingga tekanan darah naik. Oleh karena itu, perlu adanya garam alternatif yang diperoleh dari tanaman karena tanaman banyak mengandung kalium. Kalium sebagai pengganti natrium berfungsi untuk mengatasi hipertensi. Menurut Ando *et al.* (2010), pada manusia, kalium bersama-sama dengan natrium membantu menjaga tekanan osmotik dan keseimbangan asam basa.

Menurut Feng & Wen (2009), biosalt adalah garam yang dihasilkan dari bahan baku

biomassa (tanaman contohnya rumput laut). Seluruh proses produksinya tidak melibatkan zat-zat kimia yang ditambahkan dan sesuai dengan persyaratan dari garam rendah sodium dan garam mineral yang seimbang serta memiliki efek biologis yang bermanfaat bagi kesehatan manusia.

Biosalt dari penelitian ini menggunakan rumput laut *Padina* sp. Menurut Geraldino *et al.* (2005), *Padina* sp. merupakan rumput laut dari kelas *Phaeophyta* (rumput laut coklat) yang memiliki kemampuan menyerap kalsium sebagai materi penguat dan pertahanan tumbuhan.

Padina sp. memiliki kandungan senyawa aktif menurut Kusumaningrum *et al.* (2007), seperti *steroida*, *alkaloida*, senyawa *fenol* berupa *florotanin*, dan *triterpenoid* yang berfungsi sebagai antibakteri, antivirus, dan anti jamur. Menurut Kadi (2009), *Padina* sp. mengandung *alginat* dan *iodin* yang digunakan pada industri makanan, farmasi, kosmetik dan tekstil.

Padina sp. yang dijadikan *biosalt* mengandung mikro-makro elemen dan logam berat yang berasal dari lingkungan. Logam berat biasanya menimbulkan efek khusus pada makhluk hidup. Semua logam berat bersifat toksik yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Janouskova *et al.*, 2005).

Rumput laut banyak digunakan sebagai *biomonitor* untuk tingkat cemaran logam. Beberapa jenis rumput laut diketahui

mempunyai kemampuan tinggi dalam mengakumulasi logam sehingga dapat digunakan sebagai indikator logam berat di perairan (Sohrab *et al.*, 2011). Penelitian ini dilakukan selain menguji kandungan mineral Ca, Mg, Fe, Mn dan Zn serta logam berat Cu dan Pb pada *biosalt* rumput laut *Padina* sp. juga untuk mengetahui jumlah *rendemen* garam rumput laut yang dihasilkan dari ekstraksi garam secara dibilas dan direndam.

METODE PENELITIAN

Biosalt rumput laut *Padina* sp. dapat diperoleh dengan cara dibilas kemudian direndam dengan menggunakan pelarut air. Cara ini digunakan karena kemungkinan pada saat dibilas garam yang telah mengkristal dapat terlarut dalam air bilasan sedangkan dengan cara direndam bertujuan untuk mengoptimalkan perolehan garam yang didapat karena kemungkinan garam yang masih tertinggal dalam sel memerlukan waktu yang lebih lama untuk proses osmosis sehingga dapat keluar dengan optimal. Analisis data dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif.

Pengambilan Sampel

Sampel rumput laut *Padina* sp. diperoleh dari Teluk Awur, Jepara. Sampel *Padina* sp. diambil secara random dengan kondisi yang sudah siap panen (6-7 minggu). Sampel dikeringkan dibawah sinar matahari selanjutnya dibawa ke Laboratorium BSF

Tumbuhan FSM UNDIP untuk dilakukan *preparasi* sampel.

Ekstraksi Garam (*Biosalt*)

Rumput laut *Padina* sp. ditimbang 100 g, lalu dibilas dengan air 1 L selama 5 menit sambil diaduk. Pengadukan bertujuan agar garam yang menempel pada *thallus* ikut larut dalam air bilasan. Air disaring untuk memisahkan kotoran. Kemudian, air bilasan direbus sampai terbentuk endapan (kerak) selama 20 menit. Lalu kerak ditimbang (*rendemen* garam bilas). Kemudian, rumput laut *Padina* sp. yang sudah dibilas tadi direndam dengan air 1 L selama 24 jam. Air rendaman disaring dan direbus sampai terbentuk endapan (kerak) lalu ditimbang (*rendemen* garam rendam).

Analisis Mineral dan Logam Berat

Sebelum menganalisis sampel harus dilakukan *preparasi* dengan cara *destruksi* basah untuk mempermudah menganalisisnya dengan menggunakan alat ICP-OES. Langkah-langkah *destruksi* basah menurut Maria (2009) antara lain: sampel didalam gelas beaker ditambahkan 9 ml HCl pekat dan 3 ml asam nitrat pekat kemudian ditutup dengan kaca arloji; setelah itu dipanaskan di atas *hot plate*

30 menit hingga menguap dan mengering; 1 ml asam nitrat pekat diteteskan kemudian didinginkan; setelah dingin, aquades ditambahkan sedikit demi sedikit dan larutan dipindahkan ke dalam labu volumetrik 25 mL menggunakan corong kaca yang dilapisi kertas saring; larutan hasil *destruksi* yang telah dibuat, diamati serapannya dengan alat ICP-OES untuk menentukan kandungan kadar logam pada suatu senyawa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rerata *Rendemen biosalt* Rumput Laut *Padina* sp.

Berdasarkan data diatas diketahui bahwa nilai rerata dari *biosalt* yang diperoleh dengan cara dibilas lebih tinggi sebanyak 6.17 gram dibandingkan dengan metode direndam sebanyak 3.27 gram, sehingga total rerata *rendemen biosalt* yang didapatkan sebanyak 9.44 gram. Hasil rerata jumlah *rendemen* ekstraksi *biosalt Padina* sp. ditampilkan pada **tabel 1**.

Metode dibilas lebih banyak menghasilkan *rendemen* garam dibandingkan dengan direndam. Hal ini dikarenakan metode dibilas lebih efektif karena ada proses pengadukan, sehingga menimbulkan

Tabel 1. Perbandingan rerata *rendemen biosalt* rumput laut *Padina* sp.

No	Ulangan	Perlakuan		Total
		Metode Bilas (gram)	Metode Rendam (gram)	
1.	Ulangan 1	7.29	3.22	10.51
2.	Ulangan 2	4.78	3.10	7.88
3.	Ulangan 3	6.46	3.50	9.96
Total		18.53	9.82	28.35
Rata-rata		6.17	3.27	9.44

gerakan-gerakan yang membantu proses pelarutan garam. Semua garam yang menempel dipermukaan thallus rumput laut ikut larut dalam air bilasan. Selain itu, sisa garam yang masih ada dioptimalkan pengeluarannya dengan jalan perendaman selama 24 jam sehingga garam yang berada dalam sel rumput laut bisa keluar semua.

Garam secara dibilas lebih banyak dibandingkan dengan cara direndam karena garam yang berada dalam sel susah untuk keluar seluruhnya karena sifatnya yang *imobil* dan terikat dalam sel *Padina* sp. serta adanya tekanan turgor. Tekanan turgor adalah tekanan yang mendorong membran sel terhadap dinding sel pada tumbuhan. Menurut Silviana *et al.*(2009), penyerapan unsur hara oleh rumput laut menyebabkan pertumbuhan sel sehingga terjadi peningkatan hasil metabolisme primer dan sekunder dengan pembesaran sel dan penebalan dinding sel. Penebalan akan menyebabkan adanya tekanan internal dalam sel sehingga larutan dalam sel keluar. Hal ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan

metabolisme di dalam sel. Salah satu larutan yang mudah keluar adalah air. Keluarnya air dari dalam sel menyebabkan kandungan air di dalam sel menurun. Kadar air dalam tanaman mempunyai hubungan dengan tekanan turgor dalam jaringan tanaman. Sel tumbuhan mengandalkan tekanan ini untuk mempertahankan bentuknya. Selain itu, sebagian besar garam sudah keluar pada proses pembilasan di awal sehingga garam rendam beratnya sedikit dibandingkan dengan garam bilas.

2. Kandungan Mineral dan Logam Berat pada biosalt Rumput Laut *Padina* sp.

Hasil analisis uji kandungan mineral dan logam berat pada *biosalt* rumput laut *Padina* sp. ditampilkan pada **tabel 2**.

a. Makromineral Ca dan Mg

Berdasarkan penelitian (**tabel 2**) menunjukkan bahwa kandungan Ca dan Mg pada *biosalt* yang diekstrak dari rumput laut *Padina* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan garam *krosok*. Hal ini disebabkan karena rumput laut merupakan organisme hidup yang dapat menyerap mineral

Tabel 2. Perbedaan konsentrasi mineral dan logam berat pada *biosalt* rumput laut *Padina* sp. dan garam *krosok*.

Unsur	Konsentrasi (g/100g)	
	Garam <i>Krosok</i>	<i>Biosalt Padina</i> sp.
Makromineral	Ca	8,738
	Mg	36,99
Mikromineral	Fe	0,018
	Mn	0,061
	Zn	0,115
	Cu	0,438
Logam Berat	Pb	0,021
		0,013

masih lebih tinggi karena rumput laut dapat mengikat mineral-mineral tersebut dan diakumulasi dalam sel rumput laut *Padina* sp. tersebut, sedangkan pada garam *krosok* mineral tersebut tidak yang diperlukan untuk fungsi fisiologis dalam tubuhnya. Selain itu, mineral Ca dan Mg merupakan mineral makro yang diperlukan oleh tumbuhan dalam jumlah yang relatif banyak sehingga kadar Ca dan Mg dalam *biosalt* rumput laut *Padina* sp. tersebut tinggi. Hal tersebut dikarenakan garam rumput laut dapat mengakumulasi mineral di dalam selnya, sehingga pada saat ekstraksi, sel rumput laut tersebut sudah mati, jadi mineral yang ada didalam sel dapat keluar dengan mudah. Selain itu, mineral Ca dan Mg merupakan mineral makro yang dibutuhkan oleh rumput laut dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan hidup rumput laut tersebut. Mineral Ca merupakan unsur yang bersifat *imobil* yang mana unsur Ca tidak dapat ditranslokasikan atau berpindah tempat dengan mudah dari dalam sel, sedangkan Mg bersifat *mobil* yang mana unsur Mg dapat ditranslokasikan ke jaringan lain. Kandungan mineral Ca dan Mg pada garam *krosok* lebih rendah juga karena garam *krosok* yang berasal dari air laut mengandung ion-ion mineral yang bergerak bebas mengikuti arus sehingga ion-ion mineral itu tidak ada yang megakumulasi.

Menurut Sanjaya *et al.*(2012) sebagian besar Ca ada dalam vakuola tengah dan terikat

pada dinding sel. Kalsium bagi tumbuhan berperan dalam pembentukan dan stabilitas dinding sel serta permeabilitas membran. Garam yang mengandung Ca penting bagi tubuh manusia karena menurut Fitriyani *et al.*(2012), Ca merupakan nutrien esensial yang dibutuhkan tubuh dalam pembentukan tulang dan gigi. Kekurangan Ca menyebabkan abnormalitas metabolisme dan gangguan pertumbuhan. Namun, bila kelebihan Ca beresiko menyebabkan batu ginjal, kanker prostat, sulit buang air besar dan penumpukan Ca di pembuluh darah.

Mg pada tumbuhan lebih banyak dijumpai di dalam sel, khususnya di kloroplas. Hal ini sesuai dengan pendapat Sanjaya *et al.*(2012), bahwa Mg diperlukan untuk pembentukan klorofil. Selain pada tanaman, unsur Mg juga dibutuhkan manusia. Menurut Scilingmann *et al.* (2004), fungsi Mg pada manusia berperan penting dalam struktur dan fungsi tubuh. Menurut Karppanen *et al.* (2005), kekurangan Mg pada manusia mengakibatkan kurang nafsu makan, gangguan pertumbuhan dan gagal jantung.

b. Mikromineral (Fe, Mn, dan Zn)

Berdasarkan penelitian (**tabel 2**) menunjukkan bahwa pada *biosalt* rumput laut *Padina* sp., kandungan mikromineral berupa Fe, Mn dan Zn lebih tinggi dibandingkan dengan garam *krosok*. Hal tersebut dikarenakan karena Fe, Mn dan Zn merupakan mikromineral yang dibutuhkan oleh rumput

laut dalam jumlah kecil tetapi jika dibandingkan dengan garam *krosok* maka kadarnya ada yang mengikat dan bergerak bebas mengikuti arus sehingga kadarnya dalam air laut sedikit. Disamping itu, mineral Fe, Mn dan Zn merupakan unsur yang bersifat *imobil* yang mana unsur mineral tersebut tidak dapat ditranslokasikan ke jaringan yang lain.

Menurut Jovita (2017), Fe dalam tanaman terdapat dalam kloroplas. Menurut Effendi *et al.*(2015), Fe berperan penting dalam proses metabolisme tanaman meliputi fotosintesis, respirasi, dan penyusun utama protein sel. Defisiensi Fe menyebabkan berkurangnya jumlah dan ukuran kloroplas. Fe selain berfungsi bagi tanaman juga berfungsi bagi tubuh manusia. Menurut Arifin (2008), Fe dalam tubuh manusia berperan penting dalam reaksi biokimia seperti memproduksi sel darah merah untuk mengangkut oksigen ke seluruh jaringan tubuh.

Pada tumbuhan, Mn merupakan unsur esensial yang terdapat pada klorofil dan berfungsi dalam proses metabolisme. Menurut Stefanus *et al.*(2015), mineral Mn dibutuhkan dalam proses fotosintesis melalui pembentukan klorofil dan komponen beberapa enzim seperti enzim respirasi dan enzim sintesis protein. Dalam penelitian ini kandungan Mn dalam *biosalt* rumput laut *Padina* sp. memenuhi baku mutu sesuai PERMENKES 416/1990 yakni konsentrasi maksimum Mn adalah 0,5 mg/L. Menurut

Oktarianita (2017), dalam tubuh manusia, Mn diangkut melalui darah ke hati, ginjal, pankreas dan kelenjar endokrin. Efek kelebihan Mn terjadi di saluran pernapasan dan otak.

Menurut Santi *et al.*(2015), Zn dibutuhkan tanaman sebagai *kofaktor* enzim (*metalloenzim*), pembentukan auksin, protein, karbohidrat dan meningkatkan jumlah klorofil. Sedangkan menurut pendapat Sakyia (2016), Zn merupakan *mikronutrisi* untuk proses biokimia, fungsi *imunologi* dan klinis pada manusia. Zn mempercepat pembelahan sel dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Menurut Santi dkk. (2015), kelebihan Zn pada manusia menyebabkan disfungsi pada pertumbuhan dan sistem reproduksi.

c. Kandungan Logam Berat Cu dan Pb

Berdasarkan penelitian (**tabel 2**) didapatkan hasil bahwa logam berat Cu dan Pb pada *biosalt* rumput laut *Padina* sp. memiliki kadar yang lebih rendah dibandingkan dengan garam *krosok*. Hal ini dikarenakan garam *krosok* terbuat dari air laut yang mana sudah mengandung logam berat yang berasal dari lingkungan, sedangkan pada rumput laut *Padina* sp. logam berat dapat diakumulasi tetapi dalam kadar yang rendah. Hal itu karena tidak semua logam berat dapat diserap oleh tanaman dan ada kisaran konsentrasi tertentu yang masih dapat ditolerir oleh tanaman rumput laut. Hal ini sesuai dengan pendapat Ismarti (2017), terkait konsentrasi Cu dan Pb

pada tumbuhan yang masih dapat ditolerir adalah sekitar 0,1-10 ppm. Menurut Abidin *et al.*(2016), bahwa kemampuan beradaptasi dan mengakumulasi logam tidak dimiliki oleh semua tumbuhan.

Menurut Syafitri (2012), logam berat dapat melakukan penetrasi ke dalam sel rumput laut melalui seluruh permukaan talusnya dalam bentuk kation, anion, atau senyawa organik. Proses selanjutnya adalah absorpsi logam berat ke dalam talus makroalga yang terdiri dari tiga mekanisme yaitu transpor pasif (difusi), difusi terfasilitasi, dan transport aktif.

Menurut Abidin (2016), logam Cu diperlukan sebagai agen transfer hidrogen dalam fotosintesis dan berperan dalam pembentukan protein atau pembentukan organ makhluk hidup. Menurut Oktarianita (2017), Cu merupakan unsur esensial bagi manusia yang bila kekurangan dapat menghambat pertumbuhan dan pembentukan hemoglobin, tulang, kemandulan, depigmentasi pada rambut dan bulu, gangguan saluran pencernaan, syaraf otak dan tulang. Menurut Direktorat Jenderal Pengawas Obat dan Makanan no 03725/B/SK/VII/89 tentang batas maksimal cemaran logam berat tembaga (Cu) dalam makanan < 2,0 mg/kg, timbal (Pb) 0,1 – 10 mg/kg.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) No 01-7387-2009 tentang batas

4.

maksimum cemaran logam Pb yang diperbolehkan dalam tanaman laut beserta olahannya adalah 10 ppm atau 10 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa *Padina* sp. aman untuk dikonsumsi karena kandungan logam Cu dan Pb pada *biosalt* rumput laut *Padina* sp. masih berada dibawah ambang batas. Rumput laut yang terpapar logam pencemar mengalami penurunan berat molekul proteinya sehingga menurunkan laju pertumbuhan (Ryan, 2010). Eder *et al.* (2012) menyebutkan bahwa logam pencemar menyebabkan degenarasi tilakoid, khlorofil a dan protein. Menurut Widowati *et al.*(2008), dampak kelebihan Pb pada manusia bisa menghambat enzim pembentukan hemoglobin (Hb).

KESIMPULAN

1. Total *rendemen biosalt* yang diperoleh dari garam rumput laut *Padina* sp. sebesar 9.44 g/100g atau 9.44%.
2. Ditinjau dari kandungan mineral, *biosalt Padina* sp. memiliki kualitas lebih tinggi dibandingkan dengan garam *krosok* karena mempunyai kandungan makromineral (Ca dan Mg) serta mikromineral (Fe, Mn, dan Zn) lebih tinggi dibandingkan garam *krosok*.
3. Ditinjau dari kandungan logam berat Cu dan Pb lebih rendah dibandingkan dengan garam *krosok* sehingga aman untuk dikonsumsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin F, Werorilangi S, & Tambaru R. 2016. Biokonsentrasi fleshy macroalgae terhadap logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) di Pulau Bonebatang, Barranglombo, dan Lae-Lae Caddi. Makassar. *Jurnal Rumput Laut Indonesia JPUI-P2RL-UNHAS*, 1 (1): 8-16 ISSN: 2548-4494.
- Alpharesy MA, Anna Z, & Yustiati A. 2012. Analisis pendapatan dan pola pengeluaran rumah tangga nelayan buruh di wilayah Pesisir Kampak Kabupaten Bangka Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 3 (1): 11-16. ISSN: 2088-3137.
- Ando K, Matsui H, Fujita M, & Fujita I. 2010. Protective effect of dietary potassium against cardiovascular damage in salt-sensitive hypertension: possible role of antioxidant action. *Journal of nutrition*, 8(1): 59-63.
- Aprilia DD & IK Purwani. 2013. Pengaruh pemberian mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap akumulasi logam Timbal (Pb) pada tanaman *Euphorbia milii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2 (1).
- Arifin Z. 2008. Beberapa unsur mineral esensial mikrodalam sistem biologi dan metode analisisnya. *Balai Besar Penelitian Veteriner, Bogor. Jurnal Litbang Pertanian*, 27(3).
- Direktur Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan. 1989. Batas Maksimum Cemar Logam dalam Makanan. nomer : 03725/B/Sk/vii/89.
- Eder CS, Roberta de PM, Alexandra L, Marcelo M, Paulo AH, & Zenilda L B. 2012. Effects of cadmium on growth, photosynthetic pigments, photosynthetic performance, biochemical parameters and structure of chloroplasts in the agarophyte *Gracilaria domingensis* (Rhodophyta, Gracilariales). *American Journal of Plant Sciences*. ISSN: 1077-1084.
- Efendi E. 2015. Akumulasi logam Cu, Cd dan Pb pada meiofauna intertidal dan epifit di ekosistem lamun monotypic (*Enhalus Acoroides*) Teluk Lampung, Aquasains.
- Feng L & Wen L. 2009. The development and utilization of *Salicornia bigelovii*. *Journal of Salt and Chem-Ical Industry*. 38: 38 – 42.
- Geraldino P JL, Liao LM, & Boo SM. 2005. Morphological study of the marine algal genus *Padina* (Dictyotales, Phaeophyceae) from Southern Philippines: 3 Species New to Philippines. *Algae*, 20(2): 99-112.
- Ismarti I, Ramses R, Amalia F, & Suheryanto S. 2017. Studi kandungan logam berat pada tumbuhan dari Perairan Batam, Kepulauan Riau. *Jurnal Dimensi universitas Kepulauan Riau Batam*, (6)(1): 1. ISSN: 2085-9996.
- Janouskova M, Seddas P, Mrnka L, Van Tuinen D, Dvorackova A, Tollot M, & Gianinazzi-Pearson V. 2005. Development and activity of *Glomus intraradices* as affected by co-existence with *Glomus claroideum* in one root system. *Mycorrhiza*. 19:393–402.
- Jovita D. 2017. Analisis unsur makro (K, Ca, Mg), Mikro (Fe, Zn, Cu) pada lahan pertanian dengan metode *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrofotometry* (ICP-OES). *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Kadi A. 2009. Makroalgae di paparan terumbu karang Kepulauan Anambas. Pusat Penelitian Oseanolog-LIPI. *Jurnal Natur Indonesia* 12(1) : 49-53.
- Kusumaningrum I, Budihastuti R, & Sri H. 2007. Pengaruh perasan *Sargassum crassifolium* dengan konsentrasi yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max*(L) Merrill). *Jurnal anatomi dan fisiologi*, 15 (2).
- Maria S. 2009. Penentuan kadar logam besi (Fe) dalam tepung gandum dengan cara *destruksi* basah dan kering dengan AAS sesuai SNI. *Skripsi*. Medan.
- Nurjanah N, Abdullah A, & Nufus C. 2018. Karakteristik sediaan garam *Ulva lactuca* dari perairan sekotong Nusa

- Tenggara Barat bagi pasien hipertensi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1):109-117.
- Octarianita E. 2017. Analisis kandungan logam berat pada kerang di pasar gudang lelang dan PPI dengan Metode ICP – OES. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Polli R, Joice NAE, & Ivonny MS. 2016. Hubungan kadar *natrium* dengan tekanan darah pada remaja di Kecamatan Bolangitang Barat Kabupaten Bolaang Mongondow Utara. *Jurnal e-Biomedik (eBm)*, 4 (2).
- Ryan S. 2010. An investigation into the biochemical effects of heavy metal exposure on seaweeds. *Dissertation*. Waterford Institute of Technology.
- Sohrab Ali Dadolahi, & Alireza Nikvarz. 2011. Environmental Monitoring of Heavy Metals in Seaweed and Associated Sediment from the Strait of Hormuz, I.R. Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 3(6): 576-589.
- Standar Nasional Indonesia. 2009. Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan. SNI 01-7387- 2009. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Stevanus CT, Jamin Saputra, & Thomas Wijaya. 2015. Peran unsur mikro bagi tanaman karet. *Warta Per karetan*. (34) 1: 11-18.
- Syafitri E. 2012. Pertumbuhan, konsentrasi klorofil-a, dan struktur makroalga *Gracilaria Edulis* pada media mengandung Cu. *Thesis*. Bogor.
- Widowati W, Sastiono A, & Jusuf R. 2008. *Efek toksik logam: pencegahan dan penanggulangan pencemaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi.