

Komposisi Nutrisi dan Kandungan Pigmen Fotosintesis Tiga Spesies Alga Merah (*Rhodophyta* sp.) Hasil Budidaya

Salnida Yuniarti Lumbessy*, Dewi Nur'aeni Setyowati, Alis Mukhlis,
Dewi Putri Lestari, Fariq Azhar

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jl. Majapahit Nomor 62, Mataram 83125 Indonesia

*Corresponding author, e-mail: salnidayuniarti@unram.ac.id

ABSTRAK: Berbagai alga merah memiliki potensi nilai nutrisi dan biopigmen yang dapat dimanfaatkan untuk menambah nilai manfaat serta nilai jual rumput laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dan kandungan pigmen fotosintesis pada tiga spesies alga merah, yaitu *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosum* dan *Eucheuma striatum* yang dibudidayakan di Perairan Sreweh, Lombok Timur, NTB. Ketiga sampel tersebut diambil dalam bentuk segar dari hasil budidaya selama 42 hari. Sampel dianalisa komposisi nutrisi dengan menggunakan uji proksimat sedangkan pigmen fotosintesis diuji dengan menggunakan spektrofotometer. Hasil analisa menunjukkan bahwa *E. cottonii* mempunyai kandungan lemak (5,77%), serat (15,22%), karbohidrat (47,36%) dan pigmen fikoeritrin (42,88 mg/g) yang tertinggi. Alga merah *E. spinosum* mempunyai kadar air yang tertinggi (29,72%) dan alga merah *E. striatum* mempunyai kandungan protein (4,51%), abu (32,49%), klorofil a (30,41 mg/g) dan klorofil b (54,95 mg/g) yang tertinggi. Ketiga spesies alga merah ini mempunyai potensi sebagai sumber bahan pangan yang dapat meningkatkan nilai nutrisi dan kesehatan pada manusia maupun hewan sehingga dapat memberikan kontribusi sebagai sumber pangan fungsional.

Kata Kunci: Komposisi nutrisi; Pigmen Fotosintesis; Alga merah

Nutrient Composition and Photosynthetic Pigment Content of Three Red Algae (*Rhodophyta* sp.) Cultivated

ABSTRACT: Various red algae have potential nutritional and biopigment values that can be utilized to add value and sale value of seaweed. This study aims to determine the chemical composition and content of photosynthetic pigments in three species of red algae, namely *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosum* and *Eucheuma striatum* cultivated in Sreweh Waters, East Lombok, NTB. The three samples were taken in fresh form the cultivation for 42 days. The nutritional composition of the sample was analyzed using the proximate test while the photosynthetic pigments were tested using a spectrophotometer. The analysis showed that *E. cottonii* had the highest content of fat (5.77%), fiber (15.22%), carbohydrates (47.36%) and phicoerythrin pigment (42.88 mg / g). Red algae *E. spinosum* has the highest air content (29, 72%) and red algae *E. striatum* has protein content (4.51%), ash (32.49%), chlorophyll a (30.41 mg / g) and chlorophyll b (54.95 mg / g) the highest. These three species of red algae have potential as a source of food ingredients that can increase nutritional value and health in humans and animals, so that they can contribute as a source of functional food.

Keywords: Nutritional composition, Photosynthetic Pigments, Red Algae

PENDAHULUAN

Alga merah (*Rhodophyta*) merupakan kelompok rumput laut dengan jumlah spesies paling banyak, yaitu sekitar 4000 jenis (Lee, 2008). Alga merah termasuk jenis rumput laut berpotensi ekonomis tinggi, mengandung vitamin, mineral, serat, natrium, kalium, dan senyawa bioaktif yang berupa hasil metabolit sekunder, dan nutrisi yang paling penting adalah pigmen (Holdt and Kraan, 2011 ; Fretes *et al.*,2012). *Eucheuma* sp. merupakan salah satu spesies alga merah yang banyak

dibudidayakan dan bernilai ekonomis karena manfaat pikokoloidnya yang besar yaitu sebagai sumber karaginan dan agar serta teknik budidayanya yang relatif mudah dan murah.

Komposisi nutrisi pada rumput laut sangat bervariasi tergantung pada spesies, tingkat kedewasaan, kondisi lingkungan seperti, kualitas air laut dan cahaya (Ortiz *et al.*, 2006; Zawawi *et al.*, 2014.). Perubahan kondisi ekologi sangat mempengaruhi kandungan nutrisi pada rumput laut (Benjama dan Masniyom, 2012). Beberapa penelitian tentang kandungan nutrisi pada *Euचेuma sp.* yang diperoleh pada beberapa lokasi perairan di duniatelah dilakukan (Kumar and Kaladarn, 2007; Siddique *et al.*, 2013; Nurjannah *et al.*, 2017; Xiren dan Aminah, 2017; Diharmi dan Irasari, 2020; Lumbessy *et al.*, 2019). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kandungan nutrisi *Euचेuma sp* sangat bervariasi pada berbagai perairan walaupun merupakan spesies yang sama.

Selain kandungan nutrisi yang kaya, *Euचेuma sp.* juga kaya akan pigmen fotosintesis dan pigmen aksesoris lainnya, yaitu klorofil a, α -karoten, β -karoten, fikobilin, *neozanthin* dan *zeaxanthin*. (Bixler dan Porse 2011 ; Madhavarani dan Ramanibai, 2014). Klorofil dan fikoeittrin merupakan pigmen yang dapat dimanfaatkan sebagai produk pigmen alami yang berperan sebagai suplemen kesehatan. Beberapa penelitian tentang pigmen klorofil dan fikoeittrin pada rumput laut merah telah dilakukan (Reeta dan Kulandaivelu, 2000; Aguilera *et al.*, 2002; Gudrun dan Wincke, 2005; Lee, 2008; Merdekawati dan Susanto, 2009 ; Naguit dan Tisera, 2009; Sarojini dan Narayanan, 2009 ; Schmidt *et al.*, 2010 ; Vanitha dan Chandra, 2012). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa warna thallus yang bervariasi disebabkan karena adanya komposisi pigmen yang terdiri dari klorofil a, klorofil d dan fikobiliprotein. Komposisi pigmen pada rumput laut merah yang sangat bervariasi ini dapat menjadi salah satu peluang untuk usaha eksplorasi biopigmen rumput laut yang mampu menambah nilai manfaat serta nilai jual rumput laut.

Perairan Sreweh merupakan salah satu wilayah perairan di Indonesia yang sesuai untuk budidaya *Euचेuma sp.* Perairan Sreweh terletak di Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat (NTB). Beberapa jenis *Euचेuma sp.* yang sering dibudidayakan adalah *Euचेuma cottonii*, *Euचेuma spinosum* dan *Euचेuma striatum*. Belum banyak informasi mengenai kandungan nutrisi dan pigmen fotosintesis pada ketiga spesies yang dibudidayakan di Perairan Sreweh tersebut. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia dan kandungan pigmen fotosintesis pada tiga spesies alga merah yang dibudidayakan di Perairan Sreweh.

MATERI DAN METODE

Alga merah yang digunakan untuk penelitian ini terdiri atas tiga spesies, yaitu *Euचेuma cottonii*, *Euचेuma spinosum* dan *Euचेuma striatum*. Ketiga sampel tersebut diambil dalam bentuk segar dari hasil budidaya petani rumput laut selama 42 hari dengan metode *long line* di Perairan Sreweh, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat (NTB) pada bulan Oktober - November. Selanjutnya ketiga jenis alga merah tersebut dimasukkan dalam plastik polybag dan disimpan dalam es curai serta ditempatkan di *cool box*. Sampel segera dibawa ke laboratorium untuk dianalisa komposisi kimianya serta kandungan klorofil dan fikoeittrin.

Pengujian proksimat meliputi kadar air, kadar abu, protein, lemak kasar, serat kasar dan karbohidrat dilakukan berdasarkan metode standar (AOAC, 2006). Analisis kadar air dan kadar abu dengan menggunakan metode *Thermogravimetri*, analisis kadar protein menggunakan metode *Kjeldahl*, analisis kadar lemak dengan metode *soxhlet*. Sementara kadar karbohidrat dihitung dengan menggunakan metode *by difference*.

Pengukuran pigmen fotosintesis dilakukan dengan cara sampel alga merah dihaluskan dengan menggunakan blender kemudian ditimbang sebanyak 2 g dan digerus menggunakan mortar. Sampel ditambahkan 10 ml 100% acetone (untuk klorofil) dan 10 ml 0.1M buffer phospat (untuk fikoeittrin). Sampel dimasukkan dalam tabung reaksi kemudian disentrifuge dan disaring. Sampel hasil sentrifuge diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 664 nm dan 647nm untuk klorofil a serta 592, 564 and 455 nm untuk fikoeittrin.

Konsentrasi klorofil dihitung berdasarkan persamaan Stermann (1988) sedangkan konsentrasi fikoeittrin dihitung berdasarkan persamaan Beer dan Eshel (1985). Konsentrasi pigmen per gram rumput laut dihitung berdasarkan persamaan Naguit dan Tisera (2009).

Data proksimat serta pigmen klorofil dan fikoeritrin yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan dipresentasikan dalam nilai rata-rata dan standar deviasi (\pm SD) dalam bentuk Tabel atau Gambar. Data diolah menggunakan Microsoft exel secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alga atau rumput laut merupakan tumbuhan tingkat rendah yang tidak memiliki perbedaan susunan kerangka seperti akar, batang dan daun, keseluruhan bagian tubuh disebut *thallus* (Ferawati *et al.*, 2014). Secara taksonomi, alga/rumput laut termasuk dalam divisi *Thallophyta*. Sampel alga merah (*Rhodophyta*) yang digunakan dalam penelitian ini teridentifikasi sebagai *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosum* dan *Eucheuma striatum* (Gambar 1).



Gambar 1. Sampel Alga Merah (*Rhodophyta*) Hasil Budidaya di Perairan Sreweh

Secara morfologi terlihat bahwa ketiga spesies *Eucheuma* tersebut memiliki perbedaan pada warna dan bentuk *thallus*. Hal ini diduga karena dipengaruhi oleh kandungan pigmen pada *thallus* ketiga spesies tersebut. Lee (2008) menyatakan bahwa kenampakan warna talus yang bervariasi pada alga merah disebabkan adanya komposisi pigmen yang terdiri dari klorofil *a*, klorofil *d*, dan fikobiliprotein (R-fikosianin, allofikosianin serta fikoeritrin). Keseimbangan antara klorofil dan fikobiliprotein akan memberikan berbagai variasi warna pada *thallus* rumput laut mulai dari warna merah muda hingga keunguan (Aungtonya dan Liao, 2002).

Secara umum terlihat bahwa warna *thallus* alga merah *E. cottonii* dan *E. spinosum* tidak jauh berbeda, yaitu berwarna coklat kemerahan tetapi ukuran *thallus* alga merah *E. cottonii* lebih besar daripada *E. spinosum*. Sementara warna *thallus* *E. striatum* sangat berbeda dengan kedua sampel *Eucheuma* yang lainnya, yaitu lebih berwarna hijau dan percabangan *thallus*nya lebih kecil dibandingkan *E. cottonii* dan *E. spinosum*. Diduga bahwa habitat hidup spesies *E. Striatum* ketika di laut cenderung mendapatkan sinar matahari yang lebih tinggi sehingga warna *thallus*nya didominasi oleh pigmen klorofil yang memberikan warna hijau. Aungtonya and Liao (2002) menyatakan bahwa pada spesies rumput laut yang tumbuh di tempat yang mendapatkan intensitas cahaya matahari yang tinggi maka kandungan klorofilnya akan dominan dan menyebabkan rumput laut menjadi lebih hijau.

Karakteristik komposisi kimia dari ketiga spesies alga merah *E. cottonii*, *E. spinosum* dan *E. striatum* hasil budidaya di perairan Sreweh menunjukkan nilai yang bervariasi (Tabel 1.). Secara umum terlihat bahwa alga merah *E. cottonii* memiliki kandungan lemak, serat dan karbohidrat yang paling tinggi. Alga merah *E. spinosum* memiliki kadar air yang paling tinggi, dan *E. striatum* memiliki kandungan protein dan abu yang paling tinggi. Komposisi kimia ketiga spesies *Eucheuma* ini dapat bervariasi disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan yang meliputi suhu air, salinitas, cahaya dan nutrisi, jenis, letak geografis serta musim (Ratana-arporn dan Chirapart 2006 ; Khairy dan El-Shafay, 2013).

Tabel 1. menunjukkan bahwa rata-rata kandungan kadar air alga merah *E. cottonii*, *E. spinosum* dan *E. striatum* dari perairan Sreweh berkisar antara 15,94-29,72%. Semua alga merah yang digunakan pada penelitian ini berumur panen sekitar 42 hari. Menurut SNI 1992 kadar air maksimal rumput laut *Eucheuma sp* kering adalah 35%. Dengan demikian maka kadar air semua spesies *Eucheuma* yang diuji pada penelitian ini masih memenuhi standar mutu rumput laut

kering. Kadar air sangat berhubungan dengan mutu rumput laut. Sifat higroskopis pada rumput laut menyebabkan ketika penyimpanan pada tempat lembab dapat menyebabkan rumput laut cepat rusak apabila kadar airnya masih di atas 35%.

Tabel 1. Komposisi kimia alga merah *E. cottonii*, *E. spinosum* dan *E. striatum* dari perairan Sreweh, Lombok Timur, NTB

Spesies	Komposisi Kimia Proksimat (%) (berat kering)					
	Protein	Lemak	Serat	Abu	Air	Karbohidrat
<i>E. cottonii</i>	3,11±0,005	5,77±0,006	15,22±0,044	27,28±0,056	16,48±0,142	47,36±0,012
<i>E. spinosum</i>	3,40±0,001	3,58±0,0004	12,59±0,027	23,28±0,265	29,72±0,093	40,02±0,289
<i>E. striatum</i>	4,51±0,007	3,94±0,025	11,98±0,027	32,49±0,009	15,94±0,035	43,12±0,037

Kadar protein dari ketiga spesies *Euचेuma* pada penelitian ini berkisar antara 3,11–4,51%. Protein pada rumput laut meskipun hanya terdapat dalam jumlah yang kecil, namun memiliki keunggulan yaitu kandungan asam amino esensialnya yang tinggi, seperti lisin, fenilalanin, metionin, leusine dan valin (Ortiz *et al.* 2006) dan komposisi asam amino pada rumput laut lebih lengkap jika dibandingkan dengan tumbuhan terestrial. Protein juga dapat berperan dalam kemampuan fisika – kimia seperti pada WHC (*water holding capacity*) (Wong dan Cheung 2000).

Kandungan lemak dari rumput laut tidak terlalu tinggi jika dibandingkan dengan tumbuhan terestrial. Rata-rata kadar lemak dari ketiga spesies *Euचेuma* pada penelitian ini berkisar antara 3,58–5,77%. Menurut Khairy dan El-Shafay (2013) bahwa beberapa alga coklat, merah, dan hijau memiliki kadar lemak kurang dari 4% berdasarkan berat kering. Walaupun kandungan lemaknya kecil namun lemak pada alga merupakan sumber asam lemak ω-3, seperti asam eikosapentaenoik – EPA (C20:5ω3) dan asam dokosaheksaenoik -DHA (C20:6ω3) (Polat dan Ozogul, 2013). Asam lemak ini merupakan asam lemak esensial bagi tubuh manusia yang dapat berperan sebagai antioksidan (Mendis dan Kim, 2011).

Kandungan karbohidrat merupakan komposisi kimia yang paling tertinggi pada ketiga spesies *Euचेuma* pada penelitian ini yang berkisar antara 40,02–47,36%. Diharmi dan Irasari 2020 menyatakan bahwa karbohidrat pada alga merah mengandung polisakarida yang terdiri atas amilopektin glukukan (tepung floridea). Polisakarida pada rumput laut dapat berperan sebagai sumber serat yang baik bagi pencernaan manusia (*dietary fiber*) (Dawczynski *et al.*, 2007). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata kandungan serat dari ketiga spesies *Euचेuma* ini berkisar antara 11,98–15,22%. Kandungan serat kasar yang bervariasi sangat dipengaruhi oleh proses fotosintesis, pertumbuhan dan musim. Perubahan musim dapat menyebabkan perubahan kondisi lingkungan yang mempengaruhi proses fotosintesis dan penyerapan nutrisi (Siddique, 2013; Wong dan Cheung, 2000).

Kadar abu merupakan kandungan total mineral yang dikandung oleh suatu bahan. Ketiga spesies *Euचेuma* pada penelitian ini memiliki nilai kadar abu berkisar antara 23,28 – 32,49%. Nilai kadar abu ini sejalan dengan pernyataan Venugopal (2011) yang menyatakan bahwa mayoritas nilai nutrisi kadar abu yang ada di rumput laut adalah antara 8,4–43,6% berat kering. Kadar abu rumput laut cukup tinggi karena rumput laut mengandung mineral-mineral baik yang makro dan mikroserta trace elemen (Matanjun *et al.*, 2009; Mayer *et al.*, 2011)

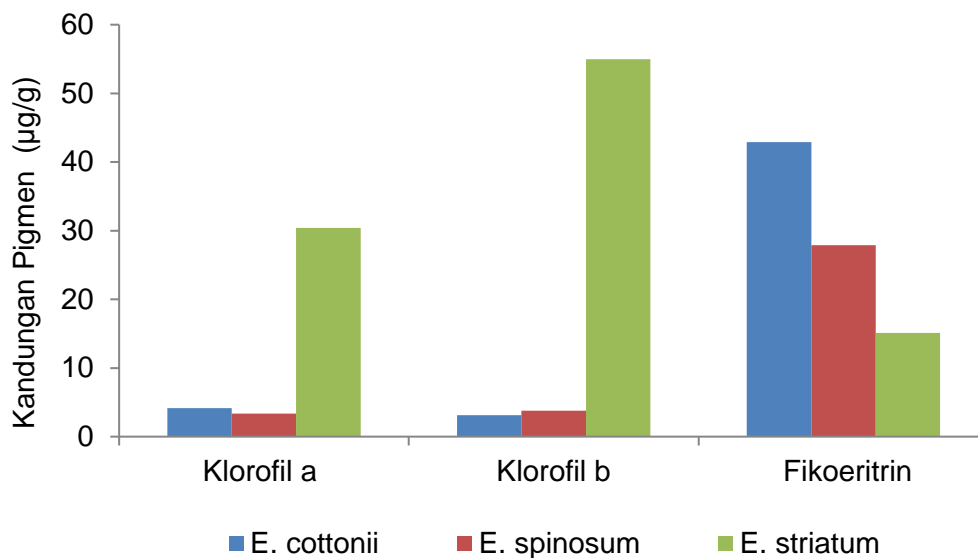
Hasil analisis kandungan pigmen klorofil dan fikokieritrin pada alga merah *E. cottonii*, *E. spinosum* dan *E. striatum* dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kandungan klorofil a pada alga merah berkisar antara 3,35–30,41 mg/g, klorofil b berkisar antara 3,13–54,95 mg/g dan fikokieritrin berkisar antara 15,11–42,88 mg/g (Tabel 2.). Alga merah *E. striatum* memberikan kandungan klorofil a dan b yang tertinggi, sementara alga merah *E. cottonii* memberikan kandungan pigmen fikokieritrin yang tertinggi (Gambar 2).

Perbedaan kandungan pigmen klorofil dan fikokieritrin pada ketiga spesies alga merah *Euचेuma* tersebut didukung oleh warna *thallus*nya secara morfologi. Warna *thallus* *E. cottonii* dan *E. spinosum* berwarna coklat kemerahan karena kandungan pigmen fikokieritrin yang lebih banyak, sementara warna *thallus* *E. striatum* lebih berwarna hijau karena kandungan pigmen klorofil yang lebih banyak (Gambar 1.). Lee (2008) menyatakan bahwa alga merah mempunyai kenampakan warna talus yang bervariasi. Warna talus yang bervariasi disebabkan adanya komposisi pigmen yang terdiri dari klorofil a, klorofil d, dan fikobiliprotein (R-fikosianin,

allofikosianin serta fikoeritrin). Fikoeritrin merupakan pigmen dominan pada alga merah dibandingkan dengan pigmen lainnya. Fikoeritrin dapat menutupi warna hijau dari klorofil dan warna biru dari fikosianin sehingga menyebabkan warna talus pada alga berwarna merah

Tabel 2. Klorofil a, Klorofil b dan Fikoeritrin Alga Merah *E. cottonii*, *E. spinosum* dan *E. striatum* dari Perairan Sreweh, Lombok Timur, NTB

Sampel	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Fikoeritrin (mg/g)
<i>E. cottonii</i>	4,15±0,83	3,13±2,41	42,88±2,55
<i>E. spinosum</i>	3,35±1,63	3,76±1,95	27,88±2,66
<i>E. striatum</i>	30,41±1,12	54,95±2,85	15,11±1,44



Gambar 2. Kandungan Pigmen Fotosintesis Alga Merah *E. cottonii*, *E. spinosum* dan *E. striatum* dari Perairan Sreweh, Lombok Timur, NTB

Pigmen klorofil pada alga merah tidak hanya berperan pada kenampakan warna *thallus* tetapi juga dapat mempengaruhi pertumbuhan alga melalui proses fotosintesis. Lumbessy *et al.*, (2018) menyatakan bahwa pertumbuhan rumput laut berhubungan dengan pigmen fotosintesis. Jika penyerapan cahaya yang dilakukan oleh klorofil a mencukupi maka proses fotosintesis akan berlangsung optimal sehingga pertumbuhan rumput laut dapat meningkat. Sementara itu fikoeritrin (PE) merupakan protein yang bekerja sebagai pigmen pelengkap pada algae merah dan alga biru-hijau yang berfungsi untuk membantu klorofil-a dalam menyerap cahaya pada proses fotosintesis. Cahaya yang diserap oleh fikoeritrin secara efisiensi dipindahkan ke fikosianin, kemudian ke allofikosianin, diteruskan ke allofikosianin B dan terakhir ke klorofil (Chakdar dan Pabbi, 2012; Pugalendren *et al.*, 2012).

Dewasa ini pemanfaatan pigmen klorofil dan fikoeritrin mulai dikembangkan sebagai produk pigmen alami yang berperan sebagai suplemen kesehatan. Klorofil yang diproduksi oleh beberapa spesies alga merah tidak hanya berpotensi untuk dikembangkan menjadi pewarna makanan yang aman bagi manusia, tetapi juga memiliki manfaat fungsional kesehatan yang penting, yaitu dapat digunakan sebagai bahan utama untuk terapi fotodinamik melawan kanker (Indriatmoko *et al.*, 20015). Sementara itu Pumas *et al.* (2012) menunjukkan bahwa fikoeritrin merupakan pigmen yang berguna bagi kesehatan. Berdasarkan hasil uji menggunakan metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) fikoeritrin berpotensi sebagai antioksidan. Pigmen tersebut dapat memperlambat bahkan menghambat oksidasi suatu zat, dapat melindungi sel dari dampak serangan radikal

bebas. Selain sebagai antioksidan juga berpotensi sebagai pewarna alami dan label fluoresensi yang dapat stabil pada suhu tinggi.

KESIMPULAN

Perbedaan spesies dapat mempengaruhi komposisi kimia dan pigmen fotosintesis pada berbagai alga merah hasil budidaya di laut. Alga merah *E. cottonii* memiliki kandungan lemak (5,77%), serat (15,22%), karbohidrat (47,36%) dan pigmen fikoeritrin (42,88 mg/g) yang paling tinggi. Alga merah *E. Spinosum* mempunyai kadar air yang tertinggi (29,72%), dan *E. striatum* memiliki kandungan protein (4,51%), abu (32,49%), klorofil a (30,41 mg/g) dan klorofil b (54,95 mg/g) yang paling tinggi

UCAAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh sumber dana DIPA BLU Skema Penelitian Peningkatan Kapasitas, Universitas Mataram Tahun Anggaran 2020 dengan nomor kontrak : 2730 / UN18.L1 / PP / 2020

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2006. Edisi Revisi. Edisi 18 2005. Official Methods of Analysis. Washington DC
- Aguilera, J., Bischof, K., Karsten, U., Hanelt, D. & Wiencke, C. 2002. Seasonal Variation in Ecophysiological Patterns in Macroalgae from an Arctic Fjord. II. Pigment Accumulation and Biochemical Defence Systems Against High Light Stress. *Marine Biology*, 140:1087-1095.
- Aungtonya, C. & Liao, L.M. 2002. Marine Flora (Algae and Seagrasses) in The Reference Collection of the Phuket Marine Biological Center, Thailand. *Phuket Marine Biological Center Research Bulletin*, 64:65-80
- Beer, S., & Eshel, A. 1985. Determining Phycoerythrin and Phycocyanin Concentrations in Aqueous Crude Extracts of Red Algae. *Marine and Freshwater Research*, 36:785-792
- Bixler, H.J. & Porse, H. 2011. A Decade of Change in the Seaweed Hydrocolloids Industry. *Journal of Applied Phycology*, 23(3):321-335.
- Chakdar, H., & Pabbi, S. 2012. Extraction and Purification of Phycoerythrin From *Anabaena variabilis* (CCC421). *Phykos*, 42(1):25-31.
- Dawczynski C., Schubert, R. & Jahreis, G. 2007. Amino Acid, Fatty Acid, and Dietary Fibre in Edible Seaweed Products. *Food chemistry*, 103:891-9. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.041
- de Fretes, H., Susanto, A.B., Limantara, L., Prasetyo, B., Heriyanto & Brotosudamo, T.H.P. 2011. Composition and Content of Pigment, Photostability and Thermostability Studies of Crude Pigment Extracts from Red, Brown and Green Varieties of Red Algae *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty. *Seminar ICONS*, Universitas Ma Chung, Malang.
- Diharmi, A. & Irasari, N. 2020. Characteristic of Carrageenan *Eucheuma cottonii* Collected from the Coast of Tanjung Medang Village and Jaga Island, Riau. *IOP conference Series : Earth and Environmental Science*. 404:012049.
- Ferawati, E., Widyartini, D.S. and Insan, I., 2014. Studi Komunitas Rumput Laut Pada Berbagai Substrat di Perairan Pantai Permisan Kabupaten Cilacap. *Scripta Biologica*, 1(1), pp.57-62.
- Gudrun, K. & Wincke, C. 2005. Photosynthesis, Photosynthetic Pigment and Mycosporine-Like Aminoacids After Exposure of the Marine Red Alga *Chondrus crispus* (Gigartinales, Rhodophyta) to Different Light Qualities. *Phycologia*, 44(1):95-102
- Holdt S.L., & Kraan, S. 2011. Bioactive Compounds in Seaweed: Functional Food Applications and Legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3):543-97. DOI: 10.1007/s10811-010-96 32-5
- Indriatmoko, H., Limantara, L. & Brotosudarmo, T.P., 2015. Composition of Photosynthetic Pigments in A Red Alga *Kappaphycus alvarezii* Cultivated in Different Depths. *Procedia Chemistry*, 14:193-201

- Kumar, V. & Kaladharan, P. 2007. Amino Acids in the Seaweeds as an Alternate Source of Protein for Animal Feed. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 49(1):35–40.
- Khairi, H.M. & El Shafay, S.M. 2013. Seasonal Variations in the Biochemical Composition of Some Common Seaweed Species from the Coast of Abu Qir Bay, Alexandria, Egypt. *Oceanologia*, 55(2):435–452. DOI: 10.5697/oc.55-2.435
- Lee, R.E. 2008. Phycology. Fourth Edition. Cambridge University Press. <http://www.cambridge.org/97805621864084>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2020.
- Lumbessy, S.Y., Andayani, S., Nursyam, H. & Firdaus, M. 2018. Concentration of Liquid PEs Media on The Growth and Photosynthetic Pigments of Seaweeds *Cottonii* Propagule (*Kappaphycus Alvarezii* Doty) Through Tissue Culture. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 3(75):133-144
- Lumbessy, S.Y., Andayani, S., Nursyam, H. & Firdaus, M. 2019. Biochemical Study of Amino Acid Profile of *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria Salicornia* Seaweeds from Gerupuk Waters, West Nusa Tenggara (NTB). *EurAsian Journal of Biosciences*, 13:303-307.
- Madhavarani, A & Ramanibai, R. 2014. In-vitro Antibacterial Activity of *Kappaphycus alvarezii* Extracts Collected from Mandapam Coast, Rameswaram, Tamil Nadu. *International Journal of Innovative Research in science, Engineering and Techhnology*, 3(1):2319–8753
- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M. & Muhammad, K. 2009. Nutrient Content of Tropical Edible Seaweeds, *Euचेuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera*, and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology*, 21(1):75–80.
- Mayer, A.M.S., Rodriguez, A.D., Berlinck, R.G.S. & Fusetani, N. 2011. Marine Compounds with Antibacterial, Anticoagulant, Antifungal, Anti-Inflammatory, Antimalarial, Antiprotozoal, Antituberculosis, and Antiviral Activities; Affecting the Immune and Nervous System, and Other Miscellaneous Mechanisms of Action. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 153:191–222.
- Mendis, E., & Kim, S.K. 2011. Present and Future Prospects of Seaweeds in Developing Functional Foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64:1-15
- Merdekawati, W. & Susanto, A.B. 2009. Kandungan dan Komposisi Pigmen Rumpuk Laut serta Potensinya untuk Kesehatan. *Squalen*, 4(2):41–47.
- Naguit, M.R.A. & Tisera, W.L. 2009. Pigment Analysis on *Euचेuma denticulatum* (Collins & Hervey) and *Kappaphycus alvarezii* (doty) Cultivars Cultured at Different Depths. *Threshold*, 4:29–37.
- Nurjanah, N.M., Anwar, E., Luthfiyana, N. & Hidayat, T., 2017. Identification of Bioactive Compounds of Seaweed *Sargassum sp.* and *Euचेuma cottonii* doty as a Raw Sunscreen Cream. *Proceedings of The Pakistan Academy of Sciences : B. Life and Environmental Sciences*. 54(4):311–318.
- Benjama, O. & Masniyom, P. 2012. Biochemical Composition and Physicochemical properties of two Red Seaweeds (*Gracilaria fisheri* and *G. tenuistipitata*) from the Pattani Bay in Southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 34(2):223-230.
- Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A. and Rios, A. 2006. Dietary Fiber, Amino Acid, Fatty Acid and Tocopherol Contents of the Edible Seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food chemistry*, 99(1):98–104. DOI : 10.1016/j.foodchem.2005.07.027
- Polat, S., & Ozogul, Y. 2009. Fatty Acid, Mineral and Proximate Composition of Some Seaweeds from the Northeastern Mediterranean Coast. *Italian Journal of Food Science*, 21(3):317-324.
- Pugalendren S., Sarangam, B. & Rengasamy, R. 2012. Extraction of R-Phycocerythrin from *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex Silva and Analyses of its Physico-Chemical Properties. *Journal of Academia and Industrial Research*, 1(7):407-411
- Pumas, C., Peerapornpisal, Y., Vacharapiyasophon, P., Leelapornpisid, P., Boonchum, W., Ishii, M. and Khanongnuch, C., 2012. Purification and characterization of a thermostable phycocerythrin from hot spring cyanobacterium *Leptolyngbya sp.* KC45. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(1):121-125.
- Ratana-arporn, P. & Chirapart, A 2006. Nutritional Evaluation of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. *Kasetsart Journal*, 40(Suppl.):75–83

- Reeta, J. & Kulandaivelu, G. 2000. Effect of Light Intensity on the Saturation of Photosynthesis in *Gracilaria* Species (Rhodophyta). *Seaweed Research Utilization*, 22(1&2):31-35
- Sarojini Y.K., and Narayanan, L. 2009. Influence of Environmental Factors on Variations in Distribution of Photosynthetic Pigments of Macro Algae. *Algal Biomass Resources and Utilization*:157-163
- Schmidt, E.C., Nunes, B.G., Maraschin, M. & Bouzon, Z.L. 2010. Effect of Ultraviolet-B Radiation on Growth, Photosynthetic Pigment, and Cell Biology of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) Macroalgae Brown Strain. *Photosynthetica*, 48(2):161-172.
- Siddique M.A.M., Khan, M.S.K. & Bhuiyan, M.K.A. 2013. Nutritional Composition and Amino Acid Profile of a Sub-Tropical Red Seaweed *Gelidium pusillum* Collected from St. Martin's Island, Bangladesh. *International Food Research Journal*, 20(5): 2287-92. DOI: 10.3153/jfscom.2013018
- SNI 01-2690. 1992. Rumput laut kering. Jakarta; Dewan standarisasi Nasional hal, 1-7.
- Sterman, T.N. 1988. Spectrophotometric and Fluorometric Chlorophyll Analysis. In: Lobban, S. C., D.J. Chapman and B. P. Kremer. *Experimental Phycology, A Laboratory Manual* Cambridge University Press. New York. Pp. 35-39.
- Vanitha, A. & Chandra, S. 2012. Studies on Photosynthetic Pigments of Some Red Algae of Covelong, Chennai (India). *International Journal of Current Science*, p149-154.
- Venugopal, V. 2011. Polysaccharides from Seaweed and Microalgae Marine Polysaccharides Food Applications. Boca Raton, USA: CRC Press.p.89-129.
- Wong K.H. & Cheung, P.C.K. 2000, Nutritional Evaluation of Some Subtropical Red and Green Seaweeds. Part I. Proximate Composition, Amino Acid Profiles and Some Physico-Chemical Properties. *Food Chemistry*, 71(4):475–482, DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00175-8.
- Xiren G.K, & Aminah, A. 2017. Proximate Composition And Total Amino Acid Composition of *Kappaphycus alvarezii* Found in the Waters of Langkawi and Sabah, Malaysia. *International Food Research Journal*, 24(3):1255-60.
- Zawawi M.H., Idris, M.H., Kamal, A.H.M. & King, W.S 2014. Seaweed Composition from Bintulu Coast of Sarawak, Malaysia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 17(8):1007-1014. DOI: 10.3923/pjbs.2014.1007.1014