

KEANEKARAGAMAN RUMPUT LAUT DI PANTAI SAYANG HEULANG DAN POTENSINYA SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL

Siti Nutri¹, Maria Dyah Nur Meinita² dan Romanus Edy Prabowo³

¹ Program Pasca Sarjana Program Studi Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

² Jurusan Perikanan dan Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman

³ Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the seaweed diversity on Sayang Heulang Beach and its potential as raw material for bioethanol. This study is expected to provide information on the types and diversity of the seaweed on the Sayang Heulang beach, as well as its potential for producing bioethanol. Based on the research findings, the diversity on the Sayang Heulang beach is categorized as moderate. There are twenty (20) types of seaweed in Sayang Heulang Beach, which are classified into three divisions, Rhodophyta (9 types), Chlorophyta (6 types), and Phaeophyta (5 types). Each of the types has the potential to produce bioethanol. *Rhodimenia palmata* is the most potential for it produces 1.73% (g/g) of bioethanol. Optimizing the process of hydrolysis and fermentation, and selecting appropriate microorganisms lead to higher bioethanol production.

Keywords: seaweed, sayang heulang, diversity, bioethanol

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terhadap bahan bakar semakin meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah populasinya di dunia. Bahan bakar yang biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan ini berasal dari bahan bakar berbasis fosil. Namun, ketergantungan manusia terhadap bahan bakar berbasis fosil dalam beberapa dekade terakhir menimbulkan beberapa permasalahan. Permasalahan tersebut antara lain semakin berkurangnya cadangan fosil di dunia dan adanya efek negatif pada lingkungan akibat limbah yang dihasilkan dari bahan bakar berbasis fosil. Limbah dari bahan bakar berbasis fosil ini berkontribusi dalam akumulasi gas rumah kaca di atmosfer yang merupakan salah satu penyebab terjadinya pemanasan global (Edwards *et al*, 2003., Hossain *et al*, 2008).

Adanya permasalahan tersebut mendesak kita untuk melakukan pencarian alternatif sumber bahan bakar lain. Salah satu sumber bahan bakar yang menarik untuk diteliti adalah bioetanol (Zinoviev *et al*, 2010). Bioetanol merupakan bahan bakar yang berasal dari bahan hayati. Bioetanol ini memiliki banyak kelebihan, antara lain limbah yang dihasilkan dari bahan bakar berbasis hayati tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, selain itu bahan bakar yang berasal dari bahan hayati juga merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui. Sehingga bahan bakar ini

dapat digunakan dalam waktu yang lama (Corro dan Ayala 2008; Kang *et al*, 2012). Contoh bahan baku yang telah diteliti dapat menghasilkan bioetanol adalah jagung (Zhao dan Xia, 2010) dan tebu (Wu *et al*, 2011). Namun pemanfaatan jagung dan tebu sebagai bahan baku bioetanol memiliki banyak kekurangan, yaitu adanya keterbatasan lahan di daratan serta adanya persaingan dengan stok pangan. Sehingga diperlukan sumber bioetanol lain yang lebih potensial dijadikan sebagai sumber bioetanol. Sumber bioetanol yang direkomendasikan ini berupa rumput laut (Yanagisawa *et al*, 2011), karena rumput laut memiliki banyak kelebihan, antara lain rumput laut tidak berpengaruh terhadap stok pangan, memiliki kandungan gula kompleks yang tinggi, tidak memiliki lignin dan memiliki kandungan biomassa yang besar (Adams *et al*, 2009; Meinita *et al*, 2012). Selain beberapa hal tersebut, keberadaan rumput laut di Indonesia juga sangat melimpah, dimana terdapat 782 jenis rumput laut yang telah berhasil teridentifikasi (Anggadiredja *et al*, 2008).

MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel dan analisis keanekaragaman

Sampel rumput laut di Pantai Sayang Heulang, Jawa Barat yang terletak pada koordinat 7.67° LS dan 107.69° BT di

ambil dengan menggunakan metode survei dan di lakukan pengukuran faktor-faktor lingkungan berupa suhu, salinitas dan derajat keasaman (pH) air laut. Berbagai jenis rumput laut yang diperoleh tersebut kemudian diidentifikasi dengan menggunakan buku kunci identifikasi Cribb (1996), Kadi (1996) dan Lee (2008). Setelah diketahui setiap jenis rumput laut yang diperoleh kemudian dilakukan analisis keanekaragaman dengan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon (H) dan indeks *evenness* Pielou (E)

Analisis Kadar Karbohidrat

Rumput laut yang diperoleh dari hasil pengambilan sampel kemudian di cuci dengan menggunakan air tawar dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari. Setelah rumput laut kering kemudian ditumbuk dengan menggunakan mortar dan di analisis kadar karbohidratnya dengan metode fenol-asam sulfat (Kochert 1978).

Analisis Bioetanol dari Rumput Laut

Analisis kandungan bioetanol dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

a. Preparasi sampel

Rumput laut yang diambil dari Pantai Sayang Heulang dibilas dalam air suling untuk menghilangkan garam, kemudian dikeringkan dengan menggunakan paparan sinar matahari sampai kering sempurna. Rumput laut yang telah kering tersebut kemudian ditumbuk hingga halus dengan menggunakan mortal sampai berbentuk serbuk.

b. Hidrolisis asam

Hidrolisis asam dilakukan di dalam botol berukuran 12 ml. Sampel yang terdiri dari 0.1 g serbuk rumput laut, kemudian dimasukkan ke dalam botol berukuran 12 ml dan ditambah 10 ml 0.2 M H_2SO_4 . Sampel tersebut kemudian diautoklaf pada suhu $121^{\circ}C$ selama 15 menit. Setelah sampel dikeluarkan dari autoklaf, kemudian residu dipisahkan dari cairannya dengan sentrifus. Cairan sampel (ekstrak) hasil hidrolisis asam ini dianalisis untuk mengetahui kandungan galaktosa dan difermentasi untuk mengetahui produksi bioetanol.

c. Fermentasi

Dalam proses fermentasi membutuhkan *S. cerevisie* komersial dengan medium dasar. Medium dasar pada proses fermentasi ini terdiri dari 0.02% $(NH_4)_2SO_4$ dan 0.006% NaH_2PO_4 dan dinetralisir pada pH 5. Kemudian medium dasar sebanyak 2 ml ditambahkan ke dalam 1 ml sampel hasil hidrolisis asam dan diinkubasi menggunakan inkubator pengocok pada suhu $30^{\circ}C$ dengan kecepatan 120 rpm (Prescott dan Dun 1959). Setelah 72 jam difermentasi, kemudian sampel hasil fermentasi dideteksi kandungan bioetanolnya dengan menggunakan GC.

d. Determinasi galaktosa dan bioetanol

Kadar gula tereduksi diukur menggunakan metode dinitrosalicilyc acid (DNS) (Chaplin, 1986) dengan menggunakan bantuan alat berupa Spektrofotometer UV-Vis Unicam S625. Monosakarida dalam bentuk galaktosa diukur dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan kolom IOA Alltech 1.000 (7,8 mm ID x 30 cm), dilengkapi dengan detektor indeks bias yang dipertahankan pada suhu $60^{\circ}C$ dengan fase gerak menggunakan 2,5 mM sulfuric acid pada kecepatan 0,3ml/min. Sedangkan pengukuran kadar bioetanol diperoleh dengan menggunakan *Gas Chromatography* (Agilent Model 6890 N, USA) dengan kolom 2B-WAX (Agilent Technologies, USA), menggunakan injeksi sampel sebanyak 2 μL dengan temperatur oven minimum $35^{\circ}C$ dan maksimum temperatur oven sebesar $250^{\circ}C$.

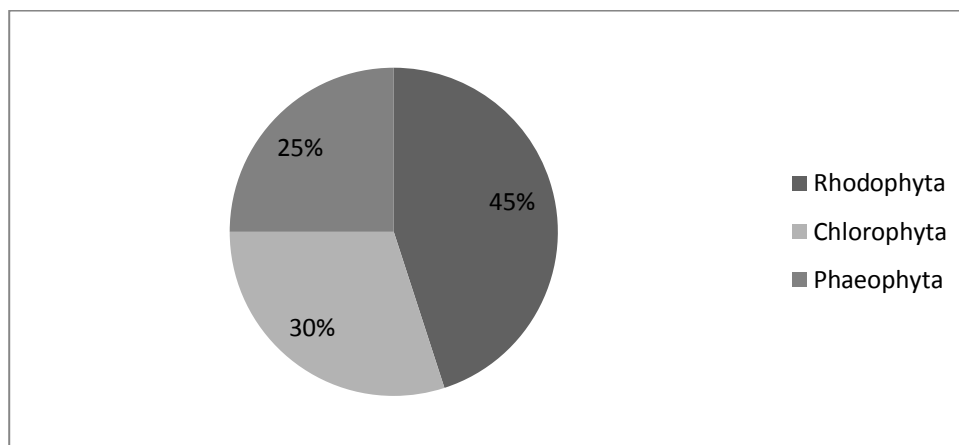
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Keanekaragaman Rumput Laut

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan diperoleh hasil bahwa di Pantai Sayang Heulang, Garut, Jawa Barat ditemukan 20 jenis rumput laut. Jenis rumput yang ditemukan tersebut meliputi tiga divisi, yaitu divisi rumput laut merah (Rhodophyta), rumput laut hijau (Chlorophyta) dan rumput laut coklat (Phaeophyta). Rumput laut yang tergolong ke dalam divisi Rhodophyta terdiri dari sembilan jenis, yaitu *Gracilaria coronopifolia*, *Gelidiella acerrosa*, *Amphiroa fragilissima*,

Gigartina affinis, *Acanthophora spicifera*, *Acanthophora muscoides*, *Rhodymenia palmata*, *Galaxaura subfruticulosa*, dan *Gracilaria arcuata*. Rumput laut selanjutnya yang tergolong kedalam divisi Chlorophyta terdiri dari enam jenis, yaitu *Ulva fasciata*, *Bornetella nitida*, *Ulva reticulata*,

Chaetomorpha antenina, *Valoniopsis pachynema*, dan *Chaetomorpha crassa*. Sedangkan rumput laut yang tergolong dalam divisi Phaeophyta terdiri dari lima jenis, yaitu *Turbinaria conoides*, *Sargassum polycystum*, *Sargassum duplicatum*, *Padinaaustralis*, dan *Dictyopterus* sp.



Gambar 4. Komposisi Rumput Laut di Pantai Sayang Heulang Berdasarkan Divisi

Tabel.3. Nilai Indeks Keanekaragaman Shannon (H') dan Indeks *Evenness* Pielou (E) Rumput Laut di Pantai Sayang Heulang, Garut, Jawa Barat

No.	Jenis Indeks	Nilai
1.	Indeks Keanekaragaman Shannon	1.021
2.	Indeks <i>Evenness</i> Pielou	0.341

Berdasarkan analisis keanekaragaman menggunakan indeks keanekaragaman Shannon (H') dan indeks *evenness* Pielou (E), diperoleh nilai indeks keanekaragaman dan *evenness* sebesar 1.021 dan 0.341. Nilai tersebut bermakna bahwa keberadaan rumput laut di Pantai Sayang Heulang memiliki keanekaragaman yang masuk ke dalam kriteria keanekaragaman sedang dengan pemerataan antar jenis rendah.

Setelah dilakukan indentifikasi dan analisis keanekaragaman terhadap 20 jenis rumput laut yang ditemukan di Pantai Sayang Heulang, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian berbagai komponen biokimia setiap jenis rumput laut untuk mengetahui potensinya sebagai bahan baku bioetanol. Berikut merupakan data kadar karbohidrat, kadar galaktosa dan kadar bioetanol pada setiap sampel rumput laut yang diperoleh di Pantai Sayang Heulang, Garut.

B. Produksi Bioetanol Rumput Laut

Tabel 4. Kadar Karbohidrat, Gula Tereduksi, Galaktosa dan Bioetanol pada 20 Jenis Rumput Laut yang Ditemukan di Pantai Sayang Heulang, Garut, Jawa Barat

No.	Jenis Rumput Laut	Kandungan Serbuk Rumput Laut	Kandungan Setelah Hidrolisis dan Fermantasi		
		Karbohidrat % (g/g)	Gula Tereduksi % (g/g)	Galaktosa % (g/g)	Bioetanol yang dihasilkan % (g/g)
Rhodophyta					
1.	<i>Gracilariacoronopifolia</i>	22.59±0.58	7.22±0.12	3.29±0.16	0.10±0.00
2.	<i>Gelidiellaacerosa</i>	45.06±0.46	7.25±0.08	3.33±0.03	0.12±0.02

3.	<i>Amphiroafragilissima</i>	26.40±2.99	7.25±0.12	4.40±0.25	0.92±0.15
4.	<i>Gigartinaaffinis</i>	38.25±1.08	5.20±0.02	0.28±0.01	0.20±0.00
5.	<i>Acanthophoraspicifera</i>	44.58±1.17	7.23±0.27	1.28±0.04	0.16±0.02
6.	<i>Acanthophoramuscoides</i>	23.19±4.83	7.20±0.15	2.35±0.01	0.23±0.03
7.	<i>Rhodymeniapalmata</i>	46.98±0.09	16.43±0.32	7.06±0.34	1.73 ±0.05
8.	<i>Galaxaurasubfruticulosa</i>	26.30±0.42	3.28±0.15	0.54±0.07	0.21±0.00
9.	<i>Gracilariaarcuata</i>	46.97±0.83	7.13±0.08	2.32±0.02	0.24±0.00
Chlorophyta					
10.	<i>Ulva fasciata</i>	45.63±0.47	1.82±0.12	0.15±0.01	0.19±0.00
11.	<i>Bornetellanitida</i>	11.26±1.50	7.10±0.14	1.59±0.04	0.19±0.00
12.	<i>Ulvareticulata</i>	46.80±0.55	7.12±0.12	2.27±0.07	0.31±0.01
13.	<i>Chaetomorpha antenina</i>	42.52±1.15	7.13±0.17	0.35±0.11	0.08±0.00
14.	<i>Valoniopsis pachynema</i>	45.14±0.97	7.20±0.17	1.34±0.10	0.21±0.02
15.	<i>Chaetomorpha crassa</i>	35.36±0.73	7.02±0.13	0.89±0.06	0.01±0.03
Phaeophyta					
16.	<i>Turbinariaconoides</i>	10.63±0.50	7.02±0.12	0.61±0.09	0.14±0.00
17.	<i>Sargassumpolycystum</i>	11.95±0.66	7.05±0.14	0.53±0.01	0.19±0.00
18.	<i>Sargassum duplicatum</i>	14.07±0.20	7.03±0.15	0.63±0.03	0.16±0.01
19.	<i>Padinaaustralis</i>	14.50±2.14	6.02±0.16	0.33±0.05	0.20±0.00
20.	<i>Dictyopteris sp.</i>	36.97±0.33	7.00±0.09	0.77±0.04	0.11±0.02

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa *Rhodymeniapalmata* merupakan jenis yang paling potensial sebagai bahan baku bioetanol. Hal ini dikarenakan *R. palmata* memiliki kadar karbohidrat, gula tereduksi, galaktosa dan kadar bioetanol tertinggi jika dibandingkan dengan 19 jenis rumput laut yang lain, yaitu sebesar 46.98% (g/g), 16.43% (g/g), 7.06% (g/g), 1.73% (g/g). Nilai ini bermakna bahwa di dalam setiap gram serbuk *R. palmata* terdapat karbohidrat sebanyak 0.47 gram, gula tereduksi 0.16 gram, galaktosa 0.07 gram dan etanol sebesar 0.02 gram.

DISKUSI

Nilai indeks keanekaragaman rumput laut yang masuk ke dalam kriteria sedang dan sedikitnya jumlah jenis rumput laut yang ditemukan di Pantai Sayang Heulang disebabkan karena waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada akhir musim penghujan, yaitu pada bulan April. Pengaruh waktu pengambilan sampel rumput laut dipertegas oleh penelitian Satheesh dan Wesley (2012) yang dilakukan di India, dimana keberadaan rumput laut di pantai India bagian tenggara paling melimpah diperoleh pada musim sebelum penghujan (Juni-September) dan musim penghujan (Oktober-Januari). Sedangkan keberadaan

rumpun laut yang paling sedikit diperoleh pada akhir musim penghujan (Februari-Mei). Faktor lain yang menjadi penyebab nilai keanekaragaman rumput laut di Pantai Sayang Heulang tergolong sedang adalah karena adanya kesamaan jenis substrat di pantai tersebut. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Handayani dan Kadi (2007) yang melakukan penelitian di Sulawesi Utara dan Yaqin *et al* (2011) yang melakukan penelitian di Sulawesi Selatan dengan tiga jenis substrat berhasil memperoleh 30 dan 31 jenis rumput laut. serta yang melakukan.

Selain keanekaragaman rumput laut yang tergolong sedang, kadar karbohidrat *R. palmata* tergolong rendah jika dibandingkan rumput laut lain seperti *Gelidium amansii* yang hidup di Huiquan Bay, China yang memiliki kadar karbohidrat sebesar 72.6% (g/g) (Wi *et al*, 2009), *Eucheuma* spp. di Sabah, Malaysia (Goh dan Lee, 2010) yang memiliki kadar karbohidrat sebesar 70% (g/g) dan *Kappaphycus alvarezii* di Papua yang memiliki kadar karbohidrat sebesar 78,3% (g/g) (Meinita *et al*, 2011). Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan di Pantai Sayang Heulang yang kurang sesuai untuk pertumbuhan *R. palmata*. Sebagaimana diketahui bahwa *R. palmata* merupakan salah satu jenis rumput laut merah yang memiliki habitat hidup di perairan dingin seperti di Kanada dengan

kondisi temperatur perairan berkisar antara 6^oC-17^oC (Critchley dan Ohno, 1998., Guiry dan Guiry 2011). Kurang sesuainya kondisi lingkungan di Pantai Sayang Heulang untuk pertumbuhan *R. palmata* menyebabkan pertumbuhan *R. palmata* tidak maksimal yang pada akhirnya berpengaruh pada biomassa dan kandungan karbohidrat pada *R. palmata*.

Kadar *R. palmata* selanjutnya yang tergolong rendah jika di bandingkan jenis yang lain adalah kadar gula tereduksi, galaktosa dan bioetanol. Kadar gula tereduksi, galaktosa dan bioetanol *R. palmata* ini lebih rendah jika dibandingkan dengan jenis rumput laut *K. alvarezii* di Takalar, yang memiliki kandungan gula tereduksi sebesar 40.4% (g/g), kadar galaktosa sebesar 24.7% (g/g) dan kadar bioetanol sebesar 1.9% (g/g) (Meinita, *et al* 2011). Hal ini disebabkan tidak adanya proses optimalisasi dalam proses hidrolisis dan proses fermentasi.

Hidrolisis merupakan suatu proses pemecahan karbohidrat menjadi gula-gula sederhana baik menggunakan enzim maupun menggunakan asam. Contoh penelitian mengenai optimalisasi proses hidrolisis dilakukan oleh Yanagasiwa *et al* (2011), Wi *et al* (2009), Dawei *et al* (2011) dan Meinita *et al* (2011). Proses optimalisasi proses hidrolisis dilakukan oleh Yanagasiwa *et al* (2011) dengan membandingkan proses hidrolisis menggunakan katalis berupa enzim dan proses hidrolisis menggunakan katalis berupa perpaduan enzim dan asam. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hidrolisis menggunakan katalis berupa enzim dan asam merupakan proses paling optimal dalam menghasilkan hasil hidrolisis. Hasil hidrolisis berupa glukosa yang dihasilkan dari jenis rumput laut *U. pertusa* dan *A. crassifolia* sebesar 7.9% (g/g) dan 12.3% (g/g). Sedangkan jenis rumput laut *G. Elegans* menghasilkan glukosa sebesar 7,1% (g/g) dan galaktosa sebesar 5.3% (g/g). Penelitian selanjutnya yang bertujuan untuk mengetahui kondisi hidrolisis yang paling optimal adalah penelitian Wi *et al* (2009). Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hidrolisis enzim tanpa penambahan NaClO₂ (sodium klorit) dan hidrolisis enzim dengan penambahan NaClO₂. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan NaClO₂ pada proses hidrolisis enzim dapat meningkatkan hasil hidrolisis berupa kadar glukosa *G. amansii* dari 20% menjadi 70%. menunjukkan bahwa *P. angophorae* merupakan mikroorganisme yang dapat

Pengoptimalan proses hidrolisis juga dilakukan oleh Dawei *et al* (2011) dan Meinita *et al* (2011). Pengoptimalan proses hidrolisis ini dilakukan menggunakan katalis hidrolisis berupa asam dengan jenis dan konsentrasi asam yang berbeda-beda. Jenis asam yang digunakan oleh Dawei *et al* (2011) berupa H₂SO₄, HCl, H₃PO₄, dan C₄H₄O₄ (maleic acid). Berdasarkan hasil penelitian ini, hidrolisis *Enteromorpha* sp. menggunakan H₂SO₄ dengan konsentrasi 18% yang dilakukan selama 60 menit pada suhu 121 ^oC menghasilkan kadar gula tereduksi dan glukosa tertinggi, yaitu 48.6% (g/g) dan 17.5% (g/g). Sedangkan jenis asam yang digunakan oleh Meinita *et al* (2011) berupa H₂SO₄ dan HCl. Berdasarkan hasil penelitian ini, hidrolisis *K. alvarezii* dengan menggunakan H₂SO₄ dengan konsentrasi 0,2 M yang dilakukan selama 15 menit pada suhu 130 ^oC, menghasilkan kadar galaktosa tertinggi sebesar 23,9% (g/g).

Fermentasi merupakan proses pemecahan gula-gula sederhana dari hasil hidrolisis dengan bantuan mikroorganisme. Contoh penelitian yang mengacu pada proses optimalisasi fermentasi adalah penelitian Meinita *et al* (2011), Horn (2000) dan Dien *et al* (2003). Penelitian Meinita *et al* (2011) bertujuan untuk mengoptimalkan proses fermentasi dengan cara meminimalisir zat penghambat proses fermentasi yang berupa 5-Hydroxymethylfurfural and levulinic acid. Proses penghambatan tersebut dilakukan dengan penambahan arang pada media fermentasi. Hasil dari penambahan arang tersebut menunjukkan adanya peningkatan kadar etanol yang dihasilkan oleh rumput laut jenis *K. alvarezii* yang memiliki habitat hidup di Karimun Jawa. Peningkatan kadar etanol tersebut sebesar 0,7%, dimana etanol yang dihasilkan sebelum penambahan arang dan setelah penambahan arang pada media fermentasi sebesar 4% (g/g) dan 4,47% (g/g).

Selain penambahan arang, optimalisasi proses fermentasi juga dapat dilakukan dengan pengoptimalan mikroorganisme sebagai pengubah gula-gula sederhana menjadi etanol. proses pengoptimalan ini dilakukan oleh Horn (2000). Horn membandingkan proses fermentasi rumput laut *L. hyperborea* menggunakan *Zymobacter palmae* versus *Pichia angophorae*. Hasil penelitian ini

menghasilkan bioetanol lebih tinggi pada rumput laut jenis *L. hyperborea*. Etanol yang dihasilkan tersebut sebesar 0.43 % (g/g).

Penelitian optimalisasi proses fermentasi dengan membandingkan berbagai mikroorganisme juga dilakukan oleh Dien *et al* (2011). Mikroorganisme yang dibandingkan di penelitian ini berupa *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca* dan *Zymomonas mobilis*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *K. oxytoca* M5A1(pLOI555) merupakan mikroorganisme paling optimal dalam menghasilkan bioetanol dari biomassa. Bioetanol yang dihasilkan oleh *K. oxytoca* M5A1(pLOI555) sebesar 0,96 g/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M. J., Gallagher J. A., Donnison I.S. 2009. Fermentation study on *Saccharina latissima* for bioethanol production considering variable pre-treatments. *J Appl Phycol* (21):569-574
- Anggadiredja, T. J., Zatinika A., Purwoto H., Istini S. 2008. Rumput laut. Penerbit Swadaya. Jakarta
- Caplin, MF. 1986. Monosaccharide. In: Chaplin MF, Kennedy JF (eds) *Carbohydrate analysis: a practical approach*. IRC Press. Oxford, pp 1-36.
- Corro, G. and Ayala E. 2008. Bioethanol and diesel/bioethanol blends emissions abatement. *Fuel* 87: 3537-3542
- Cribb, B. A. 1996. *Seaweed of Queensland*. National Library of Australia
- Critchley, T. A., Ohno M. 1998. *Seaweed resources of the world*. Japan international cooperation agency
- Dawei, F., Haiyan, L., Peng, J., Song, Q. 2011. Optimization of dilute acid hydrolysis of *Enteromorpha*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 29 (6): 1243-1248.
- Dien, S. B., Cotta M. A., Jeffries T. W. 2003. Bacteria engineered for fuel ethanol production: current status. *Appl Microbiol Biotechnol* (63): 258–266
- Edwards, D. R., Smith R. K., Zhang J., M. Y. 2003. Models to predict emissions of health-damaging pollutants and global warming contributions of residential fuel/stove combinations in China. *Chemosphere* (50): 201–215.
- Goh, C.S., Lee K.T. 2010. A visionary and conceptual macroalgae-based third-generation bioethanol (TGB) biorefinery in Sabah, Malaysia as an underlay for renewable and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (14): 842–848.
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. 2011. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Available from: <http://www.algaebase.org>. Accessed Feb 20, 2012.
- Handayani, T., Kadi A. 2007. Keanekaragaman dan biomassa algae di perairan Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* (33):199 - 211
- Horn, S. J. 2000. *Bioenergy from brown seaweeds*. Norwegian University of Science and Technology NTNU. Norway
- Hossain, S, Salleh A, Boyce A. N, Chowdhury P, Naquiddin M. 2008. Biodiesel Fuel Production from Algae as Renewable Energy. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 4 (3):250-254
- Kadi, A. 1996. *Mengenal jenis-jenis rumput laut Indonesia*. Puslitbang oseanografi-LIPI. Jakarta
- Kang, K. E., Jeong, G. T., Park D.H. 2012. Pretreatment of rapeseed straw by sodium hydroxide. *Bioprocess Biosyst Eng* 35: 705-713.
- Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol-sulfuric acid method. In: Hellebust JA, Craigie JS (eds) *Handbook of phycological method, Physiological and biochemical methods*. Cambridge University Press, Cambridge (2): 95-97
- Lee, Y. 2008. *Marine algae of Jeju*. Departement of botany. Cheju National University, Jeju, Korea 2008
- Meinita, N. D. M., Jeong, GT., Hong, YK. 2011. Comparison of sulfuric and hydrochloric acids as catalysts in hydrolysis of *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *Bioprocess Biosyst Eng*. DOI 10.1007/s00449-011-0609-9
- Meinita, N. D. M., Jeong, GT., Hong, YK. 2011. Detoxification of acidic

- catalyzed hydrolysate of *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *Bioprocess Biosyst Eng.* DOI 10.1007/s00449-011-0608-x.
- Meinita, N. D. M., Kang, JY., Jeong, GT., Koo, H. M., Park, S. M., Hong, YK. 2012. Bioethanol production from the acid hydrolysate of carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (cottonii). *J Appl Phycol.* DOI 10.1007/s10811-011-9705-0.
- Prescott, S. C. and Dun, C. G. 1959. *Industrial microbiology.* McGraw-Hill, New York
- Satheesh, S., Wesley G. S. 2012. Diversity and distribution of seaweeds in the Kudankulam coastal waters, South-Eastern coast of India. *Biodiversity Journal*, 3 (1): 79-84.
- Wi, G. S., Kim J. H., Mahadevan S., Yang J. H., Bae J. H. 2009. The potential value of the seaweed Ceylon moss (*Gelidium amansii*) as an alternative bioenergy resource. *Bioresource Technology* (100): 6658–6660.
- Wu, L., Arakane, M., Ike, M., Wada, M., Takai, T., Tokuyasu, K., Gau, M. 2011. Low temperature alkali pretreatment for improving enzymatic digestibility of sweet sorghum bagasse for ethanol production. *Bioresource Technology* (102): 4793–4799.
- Yanagisawa, M., Nakamura. K., Ariga. O., Nakasaki K. 2011. Production of high concentrations of bioethanol from seaweeds that contain easily hydrolyzable polysaccharides. *ProcessBiochemistry.* (48): 2111-2118.
- Yaqin, K., Burhanuddin I., Samad W. 2011. Biodiversity of seaweed and their metal contents from littoral zone of South Sulawesi waters. seminar International Kelautan, Universitas Udayana Bali.
- Zhao, J and Xia, L. 2010. Ethanol production from corn stover hemicellulosic hydrolysate using immobilized recombinant yeast cells. *Biochemical Engineering Journal* 49: 28-32.
- Zinoviev, S., Fornasiero P., M-Iler-Langer F., Kaltschmitt M., Das P., Centi G., Bertero N., Miertus S. 2010. Next-Generation Biofuels: Survey of Emerging Technologies and Sustainability Issues. *ChemSusChem* (3): 1106 – 1133.

Budidaya, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi untuk distributor dan Kabupaten/Kota untuk toko/depo;

- Penerbitan rekomendasi impor oleh Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, serta
- Pelaporan oleh pelaku usaha serta rekapitulasi dan evaluasi oleh tim pengendali OIKB pusat.

(2) Pendekatan lapangan, Pengendalian OIKB melalui pendekatan lapangan terdiri atas:

- Surveillance oleh Tim pengendali OIKB pusat,
- Monitoring oleh Tim pengendali OIKB pusat dan daerah,
- Pengendalian OIKB yang masuk dan keluar wilayah Indonesia dan peredaran antar daerah oleh Pusat Karantina Ikan, serta
- Tindaklanjut terhadap pelanggaran aturan oleh Direktorat Jenderal Pengawasan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan (PSDKP).

Pelaksanaan pengendalian OIKB oleh pihak terkait mengacu kepada Perencanaan Tahunan Pengendalian Obat Ikan Nasional (PETAPOIKNAS) yang disusun dan disosialisasikan setiap tahun oleh Tim Pengendali OIKB Pusat dan daerah, PSDKP dan Pusat Karantina Ikan.

1) Pengembangan Pedoman, Standar dan Peraturan

Untuk mengharmoniskan pelaksanaan pengelolaan kesehatan ikan dan lingkungan oleh seluruh pihak terkait maka disusun pedoman dan standar. Sedangkan aturan dibuat untuk mengatur kegiatan dan peran serta keterlibatan pihak terkait dalam pengelolaan kesehatan ikan dan lingkungan. Penyediaan pedoman dan aturan tersebut antara lain:

- Pengendalian penyakit ikan, seperti penetapan daerah wabah;
- Pengendalian kualitas lingkungan budidaya, seperti penentuan batas effluent;
- Pengendalian obat ikan, seperti pelarangan zat aktif tertentu, pendaftaran dan izin usaha obat ikan;

- Pengendalian residu, seperti baku mutu residu pada produk perikanan budidaya, metode pengujian;
- Standardisasi kesehatan ikan dan lingkungan, seperti SNI;
- Standardisasi laboratorium kesehatan ikan dan lingkungan.
- Sosialisasi dan pembinaan pedoman dan aturan.

2) Pembuatan dan penyebarluasan Publikasi

Untuk menyebarluaskan informasi, teknologi dan program terkait pengelolaan kesehatan ikan dan lingkungan kepada pembudidaya dan seluruh pelaku usaha terkait maka Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan menerbitkan beberapa publikasi, diantaranya:

(1) Buku Saku Penyakit Ikan
Buku ini berisi tentang berbagai hal terkait penyakit ikan yang ada Indonesia, yaitu: penyebab, bio ekologi patogen, gejala klinis, diagnosa dan pengendaliannya.

(2) Buku Saku Lingkungan Budidaya
Buku ini berisi tentang berbagai hal terkait parameter utama (parameter fisika, kimia dan biologi) lingkungan budidaya, yaitu: metode pengukuran, lokasi dan frekuensi.

(3) Buku Indeks Obat Ikan (INOI)
Sistematika penulisan buku ini berupa indeks yang mengurut merk OIKB menurut abjad sehingga memudahkan pengguna buku untuk menemukan data dan informasi tentang merk OIKB yang diinginkan. Data dan informasi yang disampaikan adalah merk, produsen, komposisi, indikasi, dosis, metode pemberian, kemasan, volume per kemasan dan nomor pendaftaran. Disamping itu juga ditambahkan informasi lain seperti alamat perusahaan produsen, importir dan distributor; alamat dinas kelautan dan perikanan, alamat Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya, alamat Unit Pelaksana Teknis Karantina Ikan, serta aturan terkait OIKB.

- (4) Poster dan leaflet, terkait: pengendalian penyakit ikan; pengendalian lingkungan budidaya; pemakaian OIK dalam budidaya ikan, dan lain-lain.

3) Pengembangan Kerjasama dengan instansi dan lembaga terkait baik dalam maupun luar negeri

Dalam pelaksanaan pengelolaan kesehatan ikan dan lingkungan, Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan bekerjasama dengan lembaga atau instansi terkait, seperti: Badan Riset Kelautan dan Perikanan (BRKP), perguruan tinggi, Pusat Karantina Ikan, Ditjen PSDKP, LIPI, BPPT, Ditjen Bea dan Cukai serta swasta dan asosiasi pelaku usaha. Kerjasama dengan BRKP, perguruan tinggi, LIPI dan BPPT dalam hal pengembangan metode uji dan diagnosa penyakit ikan, menemukan teknik pengendalian penyakit ikan seperti pengembangan vaksin, immunostimulan, immunomodulator dan obat ikan lainnya, serta kajian kondisi lingkungan lokasi perikanan budidaya dan upaya pengendaliannya. Kerjasama dengan Pusat Karantina Ikan dan Bea Cukai dalam hal pengendalian keluar masuknya ikan dan media pembawa penyakit ikan serta OIKB dari dan ke luar wilayah Indonesia. Sedangkan kerjasama dengan asosiasi dan pelaku usaha dalam segala terkait pengelolaan kesehatan ikan dan lingkungan, seperti: penyebarluasan informasi dan kebijakan.

Kerjasama dengan lembaga luar negeri dalam hal pengembangan metode, pelaporan kasus penyakit ke OIE dan pengendalian kasus wabah yang luar biasa seperti KHV dengan FAO. Laporan kasus penyakit yang rutin disampaikan ke OIE adalah *quarterly report*. Data yang disampaikan pada laporan tersebut adalah jenis penyakit yang menyerang dan daerah sebaran di wilayah Indonesia hasil monitoring dinas provinsi, Unit Pelaksana Teknis Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya dan Pusat Karantina Ikan. Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan juga aktif pada pertemuan regional dan internasional, seperti: NACA, SEAFDEC dan CODEX Alimentarius. Disamping itu terkait pemenuhan persyaratan perdagangan produk perikanan dengan Uni Eropa, Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan juga bekerjasama dan aktif

pada setiap pertemuan dan pelatihan yang diadakan Uni Eropa dan negara anggotanya seperti Belanda.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Keberhasilan kegiatan pembudidayaan ikan dalam mencapai target produksi perikanan budidaya sangat ditentukan oleh efektivitas dan keberhasilan kegiatan pengelolaan kesehatan ikan dan lingkungan. Untuk itu kegiatan tersebut perlu mendapat perhatian dan dukungan yang lebih besar dari seluruh pihak terkait (pemerintah termasuk aparat penegak hukum dan aturan, pembudidaya, swasta dan pelaku usaha). Peningkatan kegiatan sosialisasi/apresiasi, pelatihan, penyuluhan dan pendampingan kepada petugas dinas, pelaku usaha dan pembudidaya dapat meningkatkan pelaksanaannya dilapangan. Aturan terkait pengelolaan kesehatan ikan dan lingkungan masih terus dikembangkan sesuai dengan perkembangan dan isu global terutama pelarangan penggunaan zat aktif tertentu dalam pembudidayaan ikan, hal ini dilakukan untuk meningkatkan keberterimaan produk perikanan budidaya pada pasar Internasional.

Saran

- Setiap pelaku usaha perikanan budidaya perlu ditingkatkan pemahaman dan keterampilannya dalam pengendalian penyakit ikan dan penurunan mutu lingkungan budidaya.
- Untuk efektivitas pengendalian penyakit ikan dan penurunan mutu lingkungan budidaya maka penegakan aturan terkait kesehatan ikan dan lingkungan perlu ditingkatkan dan diikuti dengan sosialisasi dan pembinaan yang memadai kepada seluruh *stakeholders*.

DAFTAR PUSTAKA

- Annonim. 2003. Fish Health Management Policy. Oregon Departemen of Fish and Wild.

-----, 2006. Pedoman Penyusunan AMDAL. Media Pressindo. Yogyakarta.

-----, 2006. Rencana Strategi Perikanan Budidaya. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Jakarta.

Boyd, C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Company. Birmingham.

Bowser, P. R and Joseph K. Buttner. 1993. General Fish Health Management. NRAC Bulletin No. 111-1993 – University of Massachusetts. Massachusetts.

Floyd, R. F. 2005. Introduction to Fish Health Management. IFAS Extension of University of Florida. Gainesville.

Schnick, R. A., F. P. Meyer and D. L. Gray. 1989. A Guide to Approved Chemicals in Fish Production and Fishery Resource Management. Cooperative Extension Service University of Arkansas. Arkansas.

