



## **Karakterisasi Bakteri Penghasil Gas Metana pada Rumput Laut Jenis *Eucheuma cottonii***

M.Indra Fatoni, Melki, Fitri Agustriani

Program Studi Ilmu Kelautan FMIPA, Universitas Sriwijaya, Indralaya, indonesia

Received 22 October 2011; received in revised form 28 November 2011;  
accepted 28 December 2011

---

### **ABSTRACT**

This study aims to determine the pressure of methane gas produced by the seaweed *Eucheuma cottonii* and characterization of methane-producing bacteria learn in the process of making biogas from *Eucheuma cottonii* seaweed species. Laboratory scale research conducted in July-August 2010. The material used is seaweed *Eucheuma cottonii* 5 kg and 10 kg of sediment taken from the coastal waters Kalianda, Lampung province. Making biogas and methane gas pressure calculations performed at the Laboratory of Marine Biology Department of Marine Science Sriwijaya University and characterization of bacteria carried in the Great Hall of the Public Health Laboratory Palembang. Measurement of methane gas pressure using a manometer and characterization of bacteria through the three stages of colony morphology, cell morphology and physiology with test observations of biochemical reactions. The results showed that the seaweed *Eucheuma cottonii* can produce methane gas with a maximum pressure of 14.90 psi on day 24. From the results obtained by characterization of the bacteria bacillus-shaped bacteria that are gram-negative group. In tests of biochemical reactions that function to see the metabolic activity of bacteria showed positive results in the motility test, glucose, maltose, indole, TSIA ( $H_2S$ ), red methil, citrat simmon's, lysine decar and shown negative results in tests of lactose, mannitol, sucrose, urea, voges proskauers and ornithine decar.

Key words : seaweed, *Eucheuma cottonii*, methane, bacteria, characterization of bacteria.

---

### **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tekanan gas metana yang dihasilkan rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dan mengetahui karakterisasi bakteri penghasil gas metana dalam proses pembuatan biogas dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Penelitian skala laboratorium ini dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 2010. Bahan yang digunakan adalah rumput laut *Eucheuma cottonii* 5 kg dan sedimen pantai 10 kg yang diambil dari perairan Kalianda, provinsi Lampung. Pembuatan biogas dan perhitungan tekanan gas metana dilakukan di Laboratorium Biologi Laut Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Sriwijaya serta karakterisasi bakteri dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Palembang. Pengukuran tekanan gas metana dengan menggunakan alat manometer dan karakterisasi bakteri melalui 3 tahap yaitu morfologi koloni, morfologi sel dan pengamatan fisiologi dengan uji reaksi biokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumput laut *Eucheuma cottonii* dapat menghasilkan gas metana dengan tekanan maksimal 14,90 psi pada hari ke 24. Dari hasil karakterisasi bakteri didapatkan bakteri berbentuk basil yang merupakan kelompok dari gram negatif. Pada uji reaksi biokimia yang berfungsi untuk melihat aktivitas metabolisme bakteri menunjukkan hasil positif pada uji motilitas, glukosa, maltosa, indol, TSIA ( $H_2S$ ), methil red, simmon's citrat, lysine decar dan hasil negatif ditunjukkan pada uji laktosa, manitol, sukrosa, urea, voges proskauers serta ornithine decar.

Kata kunci : Rumput laut, *Eucheuma cottonii*, gas metana, bakteri, karakterisasi bakteri

## I. PENDAHULUAN

Sejak lahirnya revolusi industri, bahan bakar minyak (fosil) menjadi komiditi yang sangat vital dalam bidang industri. Bahkan dalam beberapa dekade terakhir, kebutuhan terhadap bahan bakar minyak semakin meningkat tajam. Akibatnya para produsen bahan bakar minyak dituntut untuk meningkatkan jumlah produksinya. Peningkatan produksi minyak bumi tidak selamanya dapat dilakukan, semakin banyak minyak bumi diproduksi maka cadangan minyak bumi yang tersedia akan semakin menipis mengakibatkan harga minyak semakin mahal. Selain meningkatnya harga minyak bumi dunia, penggunaan minyak bumi dalam jumlah yang besar dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer. Gas karbondioksidanya tersebut merupakan salah satu dari gas rumah kaca yang memiliki kemampuan untuk menyerap panas matahari dan melepaskannya kembali ke bumi dalam bentuk energi panas, sehingga suhu bumi mengalami peningkatan atau lebih dikenal dengan istilah *global warming* (Utama, 2010).

Solusi untuk mengatasi *global warming* yaitu dengan cara menciptakan sumber energi yang ramah lingkungan dan terbuat dari bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan. Salah satu jenis bioenergi adalah biogas. Da Silva (1979), menjelaskan bahwa biogas dapat dihasilkan dari berbagai macam bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, limbah kertas dan makanan, tanaman air, eceng gondok, alga berfilamen dan rumput laut.

*Ulva lactuca* dan *Laminaria* adalah jenis rumput laut yang terbukti menghasilkan biogas dalam skala yang besar di negara Jepang. Gas metana yang dihasilkan adalah sebanyak  $17 \text{ m}^3/\text{ton}$  yang dapat digunakan untuk pembangkit listrik (Matsui et al, 2006 dalam Susanto, A. B & Yudhistira, R. A, 2009). Di Indonesia pembuatan biogas dari rumput laut telah

dilakukan oleh Saputra (2010), dengan menggunakan rumput laut jenis *Sargassum duplicatum* dan *caulerpa raemosa*. Kedua jenis rumput laut ini dapat menghasilkan gas metana yang bermanfaat sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak.

*Eucheuma cottonii* merupakan jenis rumput laut yang banyak dijumpai di perairan Indonesia. Sejauh ini, *Eucheuma cottonii* banyak digunakan sebagai pemanis, pengental, bahan dasar karagenan, campuran sayur dan bahan obat dalam industri farmasi namun belum dimanfaatkan penghasil biogas. Menurut Mundo (2011), komoditas unggulan produksi rumput laut *Eucheuma cottonii* di Indonesia terus mengalami peningkatan yang signifikan. Pada tahun 2004 produksinya mencapai 397.964 ton meningkat menjadi 886.383 ton pada tahun 2005 dan pada tahun-tahun berikutnya juga mengalami kenaikan menjadi : 1.341.141 ton (2006), 1.485.654 ton (2007), 1.937.591 ton (2008), 2.574.000 ton (2009) dan 3.082.113 (2010).

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui tekanan gas metana yang dihasilkan dari 5 Kg rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* .dan mengetahui karakterisasi bakteri penghasil gas metana dalam proses pembuatan biogas dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*.

## II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juli - Agustus 2010. Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dan sedimen diambil dari perairan Kalianda. Pembuatan biogas dan pengukuran gas metana dilakukan di Laboratorium Dasar Ilmu Kelautan serta karakterisasi bakteri dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Palembang.

Alat yang digunakan meliputi Coolbox, Sekop, Derigen, Digester, Galon air 19 liter, Timbangan, Manometer, Blender, Selang/pipa, Konektor T, Isolasi dan ban, Lem pipa, Pisau dan gunting, Amplas, Stop kran, Lem lilin, Glue gun,

Mistar, Papan, Paku, Kompor gas, Anaerobik GasPak, Inkubator, Autoclaf, Petri disc, Pipet tetes, Tabung reaksi, Jarum ose, Lambu bunsen dan Mikroskop. Bahan yang digunakan meliputi *Eucheuma cottonii* 5 Kg, Sedimen pantai 10 Kg, Air laut 10 Liter, Pupuk NPK 1 Kg, Kapur 1 Kg dan media Nutrien Agar darah.

Alur kerja dalam penelitian ini sebagai berikut :

### 1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini telah dilakukan dengan menggunakan rumput laut *Eucheuma cottonii* 75 Kg dan sedimen 150 Kg, tetapi mengalami kegagalan dikarenakan adanya kebocoran pada digester yang dipakai, lalu penelitian ini diteruskan dengan menggunakan *Eucheuma cottonii* 5 Kg dan sedimen 10 Kg, tetapi dalam karakterisasi bakteri tetap menggunakan sampel *Eucheuma cottonii* 75 kg dikarenakan tekanan gas metana dihasilkan pada proses fermentasi.

### 2. Pengambilan *Eucheuma Cottonii* dan Sedimen Pantai

Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* diambil sebanyak 5 Kg dari perairan Kalianda, dan masukkan ke dalam coolbox untuk menjaga kesegarannya maka rumput laut diberi air laut. Sedimen pantai diambil sebanyak 10 Kg dengan menggunakan sekop. Sedimen ini digunakan sebagai media penyemai yaitu sebagai sumber mikroorganisme yang nantinya akan membentuk gas metana dalam proses fermentasi anaerob.

### 3. Penyiapan Digester

Digester adalah alat yang digunakan untuk proses fermentasi anaerob, dibuat dari galon air berukuran 19 liter dan pipa parallon. Jenis digester yang digunakan ini merupakan digester jenis *continous load digester*.

### 4. Pembuatan Starter dan Isian

Starter dibuat dari material penyemai (*seeding*) yang terbuat dari

campuran sedimen pantai ditambah dengan rumput laut *Eucheuma cottonii* yang telah dihaluskan dengan perbandingan 2:1, yang nantinya akan menghasilkan gas metana (Susanto, A. B & Yudhistira, R. A, 2009).

Dalam digester agar pH tidak menjadi asam perlu ditambahkan kapur sebanyak 1 Kg di dalam digester yang berfungsi untuk menetralkan pH karena bakteri pembentuk metan nyaman pada lingkungan dengan pH netral atau pada kisaran 6-8. Pupuk sebagai nutrien untuk pertumbuhan bakteria metanogenik. Nutrien yang dibutuhkan oleh bakteri metanogenik adalah C, N, P. Nutrien C diperoleh dari kandungan karbohidrat rumput laut *Eucheuma cottonii*, sedangkan untuk memenuhi nutrien N dan P perlu ditambahkan pupuk NPK sebanyak 1 Kg.

### 5. Pengukuran tekanan gas metana

Pengukuran tekanan gas metana dilakukan dengan menggunakan alat manometer yang berfungsi untuk melihat apakah terjadi kenaikan atau penurunan tekanan gas metana.

### 6. Karakterisasi Bakteri

Karakterisasi bakteri terdiri dari tiga tahap yaitu karakterisasi morfologi koloni, morfologi sel dan pengamatan fisiologi dengan reaksi biokimia. Pengamatan morfologi koloni meliputi bentuk, warna, tepian dan elevasi. Pengamatan morfologi sel dilakukan dengan uji gram positif dan negatif. Sedangkan pengamatan fisiologi dengan reaksi biokimia meliputi uji motilitas, fermentasi karbohidrat, uji indol, uji TSIA ( $H_2S$ ), uji methyl red, uji voges proskauer, uji hidrolisis urea, uji sitrat, uji lysine decar dan uji ornithine decar.

### 7. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif yaitu dengan memberikan gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data tekanan dari alat ukur manometer. Untuk mengetahui hasil

tekanan biogas dari rumput laut *Eucheuma cottonii* yang dihasilkan akan dicari dengan menggunakan rumus tekanan yang mengacu pada Beckwith *et al.*, (1993) dan untuk mencari tekanan gas rata-rata serta kenaikan gas perhari dengan menggunakan trendline ( $y = a + bx$ ).

Rumus mencari tekanan

$$h = \frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g}$$

$$p_1 - p_2 = h \cdot \rho \cdot g$$

$$p_1 = h \cdot \rho \cdot g + p_2$$

Dimana

- $p_1$  : Tekanan pada tabung 1 (psi)
- $p_2$  : Tekanan pada tabung 2 (atm)
- $h$  : Jarak ketinggian antara  $h_1$  dan  $h_2$  (cm)
- $g$  : Percepatan gravitasi 10 ( $m/s^2$ )
- $\rho$  (air) : Berat jenis air ( $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ )

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

*Eucheuma cottonii* merupakan rumput laut dari kelompok alga merah, umumnya hidup di daerah pasang surut, merekat pada substrat didasar perairan berupa karang mati, karang hidup atau cangkang molluska. Ciri-ciri dari *Eucheuma cottonii* yaitu thallus berbentuk bulat, berwarna hijau, percabangannya tidak teratur dan memiliki duri yang lembut.

#### 2. Pengukuran Tekanan Gas Metana *Eucheuma Cottonii*

Pembuatan biogas dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* 5 Kg dan sedimen 10 Kg dapat menghasilkan tekanan gas metana sebesar 14,90 Psi. Gas baru dihasilkan pada hari ke 7 sebesar 14,77 Psi setelah starter dimasukkan dalam digester dan tekanan tertinggi dihasilkan pada hari ke 24 sebesar 14,90 Psi. Setelah hari ke 24

kandungan gas yang dihasilkan relatif stabil. Ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Saputra (2010), rumput laut jenis *Sargassum duplicatum* dan *Caulerpa racemosa* mulai berproduksi pada hari ke 6 setelah dimasukan ke dalam digester yaitu sebesar 14,78 Psi dan 14,75 Psi sedangkan angka tertinggi didapatkan pada pengukuran di hari ke 24 yaitu sebesar 15,53 Psi dan pada rumput laut jenis *Caulerpa racemosa* angka tertinggi diperoleh pada hari ke 22 sebesar 15,42 Psi.

Perbedaan gas yang dihasilkan disebabkan karena kandungan karbohidrat yang dimiliki oleh rumput laut jenis *Sargassum duplicatum* dan *Caulerpa racemosa* lebih tinggi daripada rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*. Menurut Erawati (2009), biogas terbentuk pada hari ke 4 – 5 sesudah biodigester terisi penuh dan mencapai puncak pada hari ke 20 – 25. Biogas yang dihasilkan oleh biodigester sebagian besar terdiri dari 50 – 70% metana ( $CH_4$ ), 30 – 40% karbondioksida ( $CO_2$ ) dan gas lainnya dalam jumlah kecil. Dengan kata lain Biogas adalah gas mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara).

#### 3. Karakterisasi bakteri Penghasil Gas Metana

##### Karakteristik morfologi koloni

Berdasarkan hasil pengamatan morfologi koloni isolat bakteri penghasil biogas dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* diketahui bahwa bentuk koloni adalah basil, berwarna kuning, memiliki tepian lembut dan tingkat elevasinya tinggi.

##### Karakteristik Morfologi Sel

Hasil pewarnaan gram dari sampel *Eucheuma cottonii* penghasil gas metana jenis menunjukan bahwa bakteri merupakan kelompok dari gram negatif.

### **Uji Fisiologis dengan Reaksi Biokimia**

Setelah diperoleh koloni bakteri yang terpisah, dapat dilakukan berbagai uji biokimia. Uji biokimia didasarkan pada berbagai hasil metabolisme yang disebabkan oleh daya kerja enzim (Lay, 1994). Dari hasil uji biokimia dapat diketahui aktivitas metabolisme isolat bakteri penghasil gas metana dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dalam media pengujian. Uji reaksi biokimia meliputi :

#### **Uji Motilitas**

Menunjukkan bakteri bersifat motil, hal ini diketahui dari adanya pergerakan yang ditandai oleh pelebaran pada daerah bekas tusukan pada media dan menimbulkan busa.

Menurut Salle (1982), pergerakan bakteri berhubungan dengan organel pergerakan yang disebut flagela. Adanya flagela bukan berarti bahwa bakteri selalu bergerak, tetapi itu menandakan adanya kemampuan bakteri untuk bergerak.

#### **Uji Fermentasi Karbohidrat**

Pada uji ini digunakan 5 jenis karbohidrat yaitu glukosa, laktosa, manitol, maltosa dan sukrosa. Hasil yang didapat menunjukkan pada glukosa dan maltosa isolat bakteri bersifat positif karena warna pada media yang digunakan berubah dari hijau menjadi kuning yang disebabkan karena isolat bakteri berhasil memecahkan gula-gula dalam larutan sedangkan pada uji laktosa, manitol dan sukrosa isolat bakteri bersifat negatif karena tidak terjadi perubahan warna pada media.

Kemampuan memfermentasikan berbagai karbohidrat yang dihasilkan merupakan ciri yang sangat berguna dalam identifikasi mikroorganisme. Hasil akhir fermentasi karbohidrat ditentukan oleh sifat mikroba pada media biakan yang digunakan serta faktor lingkungan antara lain suhu dan pH (Lay, 1994).

#### **Uji Indol**

Hasil pengamatan dari uji indol bersifat positif karena terjadi pembentukan warna merah pada permukaan media. Hal ini mengindikasikan bahwa isolat bakteri penghasil biogas dari *Eucheuma cottonii* memiliki enzim *tryptophan* sehingga mampu mendegradasi asam amino *tryptophan*.

#### **Uji TSIA (H<sub>2</sub>S)**

Hasil pengamatan pada uji TSIA bersifat positif karena isolat bakteri mampu membentuk hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) yang ditandai dengan terbentuknya warna hitam pada bagian bawah media. Pembentukan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) menunjukkan adanya penguraian asam amino yang mengandung sulfur.

#### **Uji Hidrolisis Urea**

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan pada uji ini isolat bakteri bersifat negatif karena tidak menghasilkan warna ungu pada media, hal ini mengindikasikan bahwa isolat tersebut tidak memiliki enzim urease. Urease adalah enzim yang memecah nitrogen dan ikatan karbon dalam senyawa amida seperti urea dan membentuk produk akhir amonia. Adanya amonia akan membentuk lingkungan menjadi alkali yang dapat menyebabkan pH media menjadi basa sehingga terjadi perubahan dari warna kuning berubah menjadi warna ungu (Cappuccino & Sherman, 1987).

#### **Uji Methyl Red**

Pada uji Methyl Red isolat bakteri memperlihatkan hasil yang positif karena menghasilkan warna merah pada media, hal ini mengindikasikan bahwa isolat bakteri menghasilkan asam dengan konsentrasi yang tinggi setelah ditetesi methyl red. Penambahan indikator pH methyl red dapat menunjukkan adanya perubahan pH menjadi asam. Methyl red

berwarna merah pada lingkungan dengan pH 4,4 dan berwarna kuning pada lingkungan dengan pH 6,2. Menurut Lay (1994), beberapa bakteri memfermentasikan glukosa dan menghasilkan berbagai produk yang bersifat asam dengan konsentrasi yang besar sehingga akan menurunkan pH media pertumbuhannya menjadi 5,0 atau lebih rendah.

#### **Uji Voges Proskauers**

Pada uji ini menunjukkan hasil yang negatif dimana pada uji ini tidak terbentuk warna merah setelah ditetesi reagen barrit A dan barrit B. Menurut Lay (1994) uji ini digunakan untuk mengidentifikasi mikroorganisme yang melakukan fermentasi 2,3 butanadiol. Bila bakteri memfermentasikan karbohidrat menjadi 2,3 butanadiol sebagai produk utama, akan terjadi penumpukan bahan tersebut dalam media pertumbuhan.

#### **Uji Citrat**

Pada uji citrat ini isolat bakteri menunjukkan hasil yang positif karena terjadi perubahan warna media dari hijau menjadi biru. Hal ini menandakan isolat mampu menggunakan citrat sebagai satu-satunya sumber karbon. Uji ini menggunakan media *Simon's Citrat* (SC), perubahan warna terjadi karena didalam media *Simon's Citrat* terdapat indikator pH yaitu *brom thymol blue*. Menurut Lay (1994), bila mikroorganisme mampu menguraikan sitrat, maka asam akan dihilangkan dari medium biakan, sehingga menyebabkan pH menjadi basa dan mengubah warna medium dari hijau menjadi biru.

#### **Uji Lisyne Decar**

Hasil pengamatan uji lisyne decar menunjukkan isolat bakteri bersifat positif disebabkan adanya perubahan warna pada media tumbuh dari warna kuning menjadi warna ungu. Lisyne decar merupakan proses penguraian gugus karboksil dari suatu molekul organik. Proses decarboksilasi lisin dapat diketahui dengan

menumbuhkan mikroorganisme dalam biakan yang mengandung lisin, karbohidrat yang dapat diperlakukan (glukosa) dan indikator pH untuk melihat perubahan pH. Lazimnya indikator pH yang digunakan adalah *Brom Cresol Purple* (BCP). Bersifat positif bila medium berwarna ungu dan bersifat negatif bila medium berwarna kuning (Alexander et al, 2004).

#### **Uji Ornithine Decar**

Hasil pengamatan pada uji ornithine decar menunjukkan isolat bakteri bersifat negatif karena tidak mengalami perubahan warna pada medium (tetap berwarna kuning). Ornithine Decar merupakan proses penguraian gugus oritina dari suatu molekul organik. Uji ini bersifat positif bila berwarna ungu dan bersifat negatif bila berwarna kuning (Alexander et al, 2004).

#### **IV. KESIMPULAN**

Rumput laut *Eucheuma cottonii* 5 Kg dapat menghasilkan biogas dengan tekanan 14,90 Psi pada hari ke 24 dan hasil karakterisasi yang terdapat dalam proses pembuatan biogas dari rumput laut *Eucheuma cottonii* merupakan kelompok dari gram negatif yang berbentuk basil.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Alexander, S. K. Strete. D and Niles, M. J. 2004. *Laboratory Exercises In Organismal and Molecular Microbiology*. The Mc Graw-Hill Companies, Inc. New York.
- Beckwith. Thomas, G. Roy, D. Marangoni, John, H. V & Lienhard. 1993. "Pengukuran Tekanan Rendah". *Pengukuran Tekanan Rendah*. Pengukuran Mekanikal (Fifth ed). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Reading, MA : Addison-Wesley. pp. 591-595. ISBN 0-201-56947-7. hlm. 591-595 ISBN 0-201-56947-7.
- Cappuccino, J. G and Sherman, N. 1992. *Microbiology a Laboratory Manual*.

- The Benja min/Cummings Publish. USA . 458 hlm.
- Da Silva, E. J. 1979. *Biogas Generation: Development, Problems and Tasks-an Overview*. www.unu.edu. Diakses pada 29 April 2010.
- Erawati, T. 2009. Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif. Www.petra. Ac.id/science/applied/biogas98/biogas2.htm. Diakses pada 17 Februari 2011.
- Lay, B. W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 168 hlm.
- Mudho, Y. 2011. *Produksi Rumput Laut Lampaui Target*. <http://www.kkp.go.Id/index.php/archive/s/c/34/3934/produksi-rumput-laut-lampaui-target>. Diakses pada 03 maret 2011.
- Saputra, A. 2010. *Pembuatan Biogas Dari Rumput laut Jenis Sargassum duplicatum dan Caulerpa racemosa Sebagai Bahan Energi Alternatif (Skripsi)*. Indralaya. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
- Salle, A. J. 1973. *Fundamental Principal of Bacteriology*. Seventh Edition. McGraw-Hill. New Delhi. 1057 hlm.
- Susanto, A. B dan Yudhistira, R. A. 2009. *Rumput Laut dan Biogas Sebagai Alternatif Bahan Bakar*. Navila Idea, Yogyakarta, 80 hlm.