

## **PRODUKSI BIOGAS DARI RUMPUT LAUT *Sargassum sp.***

*Biogas Production from Seaweeds *Sargassum sp.**

**Jai Murjani<sup>1)</sup>, R. Marwita Sari Putri<sup>1)</sup>, Yulia Oktavia<sup>1)</sup>, Aidil Fadli Ilhamdy<sup>1\*)</sup>**

<sup>1)</sup>*Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali haji*

Korespondensi: [aidilfadliilhamdy@gmail.com](mailto:aidilfadliilhamdy@gmail.com)

Diterima : 16 Februari 2020; Disetujui : 28 Maret 2020

### **ABSTRACT**

Biogas production is done using the raw material of *Sargassum Sp.* Based on the results of the characteristic testing obtained the protein value of 11.23%, fat content 0.86%, water content 13.93%, ash content of 13.74%, and C/N ratio of 51.96%. Biogas production is divided into 2 phases namely batch method 1:1, 1:2, and Method Digester 1:1, 1:2. The COD value calculation is done before the biogas production process to determine the amount of oxygen needed to oxidize organic substances, which is 640,785.6 ml/L. The test results of CH<sub>4</sub> methane gas and CO<sub>2</sub> carbon dioxide in the 1:1 treatment are CH<sub>4</sub> 177525.17 ppm, CO<sub>2</sub> 124651.0033 ppm, and 1:2 CH<sub>4</sub> 300338.46 ppm, CO<sub>2</sub> 247525.3367 ppm. The value of pH measurements during the biogas production process 1:1 is 6-7 with a temperature value of 28-40 °C 1:2 which is 6-7 and the temperature value is 27-32°C.

Keywords: *Sargassum sp.*, Biogas, Metan Gas.

### **ABSTRAK**

Produksi biogas dilakukan menggunakan bahan baku *Sargassum Sp.* Berdasarkan hasil pengujian karakteristik didapat nilai protein 11,23%, kadar lemak 0,86%, kadar air 13,93%, kadar abu 13,74%, dan rasio C/N 51,96%. Produksi biogas dibagi menjadi 2 tahap yaitu metode batch 1:1, 1:2, dan metode digester 1:1, 1:2. Penghitungan nilai COD dilakukan sebelum proses produksi biogas untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik, yaitu sebesar 640,785.6 ml/l. Hasil pengujian gas metan CH<sub>4</sub> dan karbondioksida CO<sub>2</sub> pada perlakuan 1:1 yaitu CH<sub>4</sub> 177525.17ppm, CO<sub>2</sub> 124651.0033 ppm, dan 1:2 CH<sub>4</sub> 300338.46 ppm, CO<sub>2</sub> 247525.3367 ppm. Nilai pengukuran pH selama proses produksi biogas 1:1 yaitu 6-7 dengan nilai suhu 28-40 °C 1:2 yaitu 6-7 dan nilai suhu yaitu 27-32°C.

Kata kunci: *Sargassum sp.*, Biogas, Gas Metan.

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi yang besar terhadap sumber daya laut, salah satunya adalah rumput laut. Rumput laut yang belum banyak dimanfaatkan adalah alga cokelat (*Phaeophyceae*). Alga cokelat (*Phaeophyceae*) merupakan salah satu makroalga yang paling banyak tumbuh di perairan Indonesia. Rumput laut coklat dimanfaatkan sebagai sumber alternatif untuk farmasi atau kosmetik dan dimanfaatkan sebagai sumber bioenergi.

Jumlah penduduk Indonesia selama dua puluh lima tahun mendatang terus meningkat yaitu dari 238,5 juta pada tahun 2010 menjadi 305,6 juta pada tahun 2035 (Badan Pusat Statistik 2010-2035). Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat, dengan ekspansi bidang industri menyebabkan peningkatan permintaan energi. Meskipun Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun krisis ekonomi, berkurangnya cadangan minyak dan turunnya kualitas lingkungan menyebabkan Indonesia mulai memanfaatkan sumber-sumber energi alternatif.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka diperlukan upaya-upaya untuk menjadikan *Sargassum sp.* sebagai biogas yang terbarukan sehingga tidak ketergantungan terhadap bahan bakar dari fosil. Demikian pula, teknologi tersebut harus dapat meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan serta menghindari terjadinya pemanasan global dan perusakan lapisan ozon. Salah satunya adalah melalui penerapan teknologi pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak dari fosil.

Menurut Manteu (2018) *Sargassum sp.* mengandung karbohidrat (53,66%), protein (3,65%), lemak (0,50%), air (17,69%), abu (24,51%), serat kasar (6,52%). Selain itu juga mengandung polisakarida lain yaitu selulosa yang berkisar antara 23,97-35,22 % (Saputra *et al.*, 2012). Rumput laut juga memiliki nilai rasio C:N 20:1 hingga 30:1 yang termasuk dalam kategori baik untuk menjadi bahan baku biogas, sedangkan pada kotoran sapi memiliki rasio 16,6%-25% (Sutresna 2019).

Semakin meningkatnya kebutuhan energi maka pemerintah membuat sebuah kebijakan untuk meningkatkan peran energi terbarukan yang tertuang dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional. Tujuan dari kebijakan ini adalah terwujudnya bauran energi yang optimal pada tahun 2025 yaitu energi minyak bumi menjadi kurang dari 20 %, *biofuel* dan energi baru terbarukan masing-masing sebesar 5%.

## BAHAN DAN METODE

### Proses Karakterisasi Rumput Laut (*Sargassum sp.*)

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut *Sargassum sp.* yang telah dikeringkan dan dilakukan pengujian yang meliputi protein, kadar lemak, kadar air, serat kasar, kadar abu, rasio C/N, dan nilai COD.

### Pembuatan Substrat

Substrat dibuat dengan cara masing-masing *Sargassum sp.* kering direndam air. Setelah itu ditiriskan lalu dicampur air dengan perbandingan rumput laut dan air sebesar 1:2 kemudian dihaluskan dengan blender dan dianalisis COD. Substrat yang

dapat digunakan dalam proses aklimatisasi dan penelitian utama dengan metode batch (Hendra, 2017). Pada metode *batch* pemasukan substrat dilakukan hanya satu kali selama periode dekomposisi, sehingga dapat diketahui jumlah biogas dan waktu yang diperlukan dari substrat tersebut (Oetomo dan Soehartanto, 2013).

### **Pembuatan Starter dan Proses Aklimatisasi**

Proses yang digunakan adalah rumen sapi yang berasal dari bioreactor penghasil biogas yang sudah beroperasi. Starter yang di jadikan sebagai perlakuan yang dibuat dari kotoran sapi dan air volume 1:1 dan 1:2. Volume perlakuan starter 1:1 dengan starter sebanyak 14 liter, setelah itu pada perlakuan 1:2, dengan starter sebanyak 15 liter. Hal ini diikuti dengan pengeluaran *slurry* dari digester dengan jumlah volume yang sama. Perlakuan yang sama selama proses pembuatan starter dan aklimatisasi (Hendra, 2017).

### **Produksi Biogas Sistem Batch**

Proses anaerobik pada produksi biogas adalah proses perubahan senyawa organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Dekomposisi anaerobik metode batch dilakukan dengan cara mengeluarkan *slurry* dari dalam digester sebanyak setengah dari volume kerja 1:1 dan 1:2 (Hendra, 2017).

### **Analisis Data**

Data yang diperoleh dari penelitian ini diolah secara deskriptif. Hasil pengujian dari *optical density* kemudian dihitung menggunakan aplikasi microsoft excel untuk menentukan nilai akselerasi (AOAC 2005).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakteristik Bahan Baku**

Analisis pengujian proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan kimia yang terkandung pada jenis rumput laut *sargassum sp.* yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan biogas.

Sedangkan pada penelitian Gazali *et al.* (2018) dengan rumput laut yang sama yaitu 2,53%. Pada hasil uji rumput laut *sargassum sp.* di Tabel 1. dapat dilihat bahwa memiliki perbedaan yang nyata seperti pada pengujian protein dan kadar abu yang dihasilkan. Hasil pengujian protein yang dilakukan pada *sargassum sp.* dalam penelitian ini yaitu 11,23%.

Bahan makanan sumber lemak dapat berasal dari tumbuh tumbuhan yang disebut lemak nabati, sedangkan sumber lemak dari hewan disebut dengan lemak hewani. Makroalga laut mengandung sangat sedikit lemak. Hasil pengujian kadar lemak dalam penelitian ini yaitu 0,86%, sedangkan pada penelitian Gazali *et al.* (2018) 0,79%.

Berdasarkan Tabel 1, menunjukkan bahwa kadar air pada penelitian ini lebih tinggi yaitu 13,93%, sedangkan penelitian dengan rumput laut yang sama Gazali *et al.* (2018) 10,54%. Perbedaan ini diduga karena semakin tebal bahan, transfer massa dan panas pada bahan akan semakin sulit. Menurut Neelamathi dan Kannan (2016) menyatakan bahwa kandungan serat yang terdiri dari rumput laut memiliki polisakarida larut air, sehingga memiliki peranan penting dalam modifikasi metabolisme lipid dalam tubuh manusia.

Tabel 1. Hasil uji proksimat rumput laut *Sargassum* sp.

Uji	Hasil	Pembandingan	Referensi	Satuan
Protein	11,23	2,53	Gazali <i>et al.</i> (2018)	% b.b
Kadar Lemak	0,86	0,79	Gazali <i>et al.</i> (2018)	% b.b
Kadar Air	13,93	10,54	Gazali <i>et al.</i> (2018)	% b.b
Serat Kasar	8,28	4,80	Matanjon <i>et al.</i> (2009)	% b.b
Kadar Abu	13,74	52,74	Gazali <i>et al.</i> (2018)	% b.b
Rasio C:N	51,96	-	-	-
COD	640.785.6	-	g.L <sup>-1</sup>	g.L <sup>-1</sup>

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan serat pada sargassum sp. yaitu 8,28%, lebih tinggi dari pada penelitian Matanjon *et al.* (2009) 4,80%. Berdasarkan pada Tabel 1. dapat dilihat Pengujian kadar abu dilakukan untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat pada bahan baku sargassum sp. Hasil pengujian didapatkan nilai kadar abu sebesar 13,74%, berbeda dengan penelitian Gazali *et al.* (2018) yaitu 52,74%. Pada hasil penelitian ini nilai kadar abu lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang diduga karena kandungan mineral yang berbeda. Kandungan kadar abu yang tinggi pada makroalga laut di pengaruhi oleh adanya mineral seperti Na, Ca, K dan Mg (Yuniarti *et al.* 2013; Yulius *et al.* 2016).

Berdasarkan hasil uji biogas dari rumput laut *sargasum* sp dapat dilihat pada Tabel 1. Bahwa rasio carbon dan nitrogen (C/N) akan sangat mempengaruhi terhadap pertumbuhan bakteri pengurai untuk menghasilkan biogas. Berdasarkan hasil pengujian dari penelitian ini rasio C/N didapatkan sebesar 51,96. Hasil rasio C/N didapatkan lebih besar dari pada nilai optimum yaitu 20:1 dan 30:1, maka biogas yang dihasilkan diduga tidak optimum. Sedangkan standar rasio C/N yang optimum pada pengomposon yaitu 30-40%

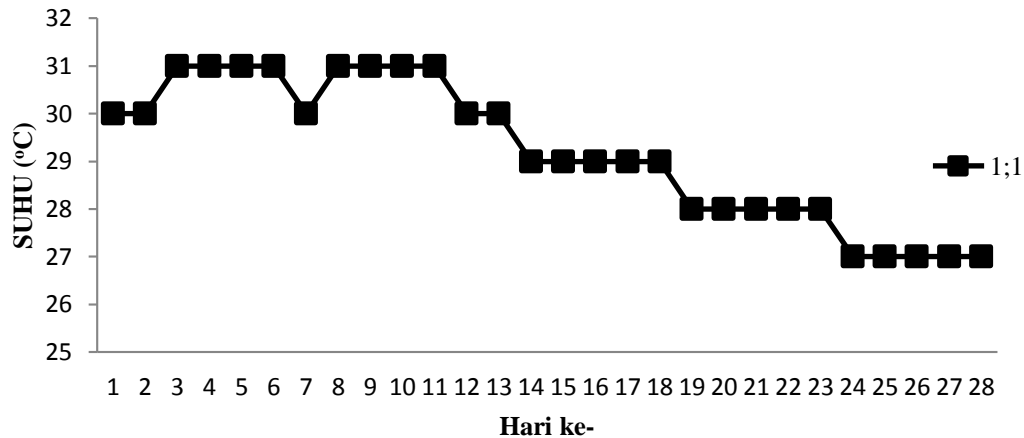
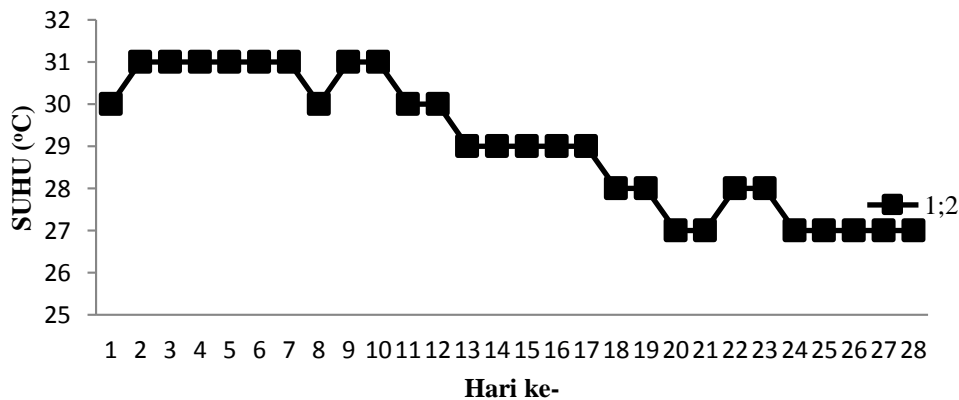
(Ismayana *et al.* 2012). Rasio C/N yang optimum untuk proses biodegradasi berkisar 30-40 (Dioha *et al.* 2013)

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan dapat teroksidasi melalui bahan kimia dan didegradasi biologi. Perhitungan COD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Berdasarkan dari pengujian yang dilakukan pada rumput laut sargassum sp. didapatkan hasil 640,785.6 mg/l atau 1:1 dan 1:2 untuk proses penambahan saat aklimatisasi.

### Produksi Biogas Metode Batch

Produksi biogas metode batch dilakukan didalam *Erlenmeyer* dengan nilai pengujian COD 640,785.6. Pada proses anaerobik dengan metode *batch* dan semi kontinyu dapat menghasilkan gas dalam waktu 30-60 hari (Novita. 2016). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan sampel rumput laut yang telah dihaluskan dan *Aquades* yang bertujuan sebagai perbandingan produksi biogas menggunakan metode *gester*. Dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.

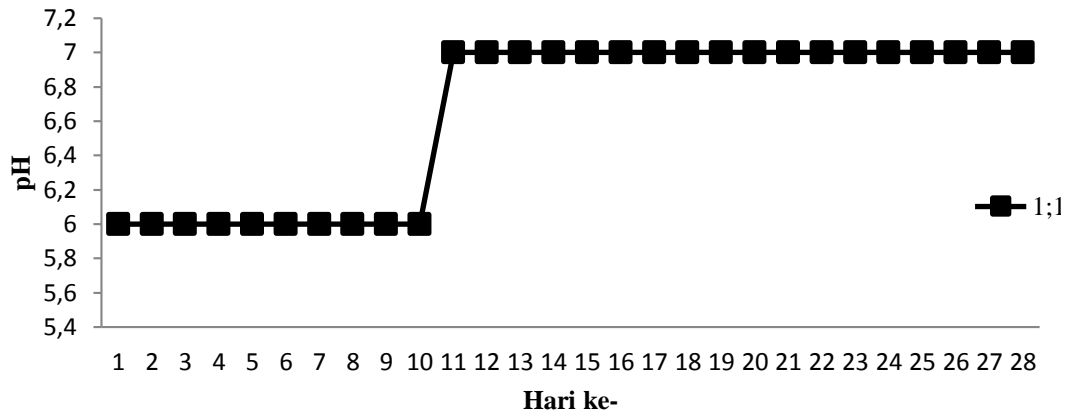
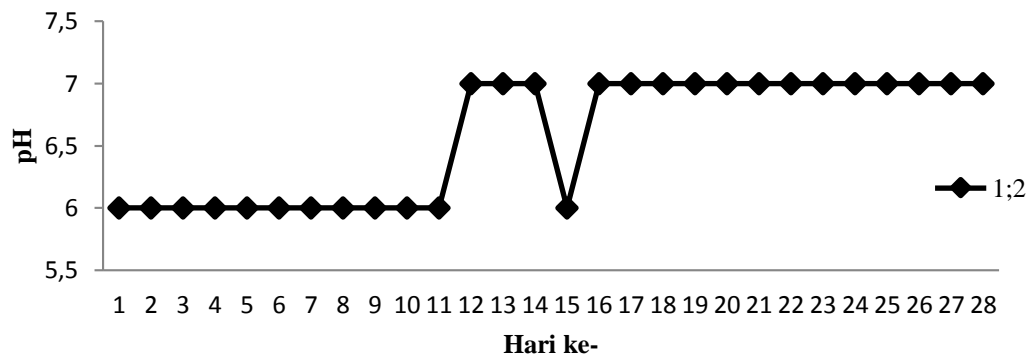
Suhu memiliki peranan penting dalam proses fermentasi untuk kandungan biogas yang diperoleh, Berdasarkan pada Gambar 7 dan 8 dapat dilihat Pengujian suhu pada

Gambar 7. Grafik Suhu metode *Batch* 1:1.Gambar 8. Grafik Suhu metode *Batch* 1:2.

perbandingan 1:1 dan 1:2 berkisar antara 27-31°C dan cenderung berfluktuasi. Hari pertama pengujian hingga hari ke-11 suhu meningkat pada angka tertinggi yaitu 31°C. Pada fase ini, terjadi proses metanogenesis sehingga menyebabkan suhu meningkat. Metanogenesis terjadi akibat bakteri metanogen mengkonversi asam asetat dan melepaskan energi panas sehingga menyebabkan perubahan suhu. Menurut Kaparaju (2006), mikroorganisme didalam substrat akan dipengaruhi oleh temperatur, semakin tinggi temperatur maka aktivitas mikroorganisme akan semakin meningkat. Selain itu, suhu berpengaruh terhadap mikroorganisme pengurai dalam proses

fermentasi anaerob, (Yahya, 2017). Penurunan suhu diakibatkan oleh aktivitas mikroorganism, dimana energi hasil metabolisme mikroorganisme berupa kalor yang mempengaruhi suhu pada gester didalam produksi biogas (Sarwono *et al.* 2018). Selain suhu juga kondisi perubahan pH, pH merupakan pembatas laju reaksi keseluruhan dari proses degradasi anaerobik (Taherzadeh dan Karimi, 2008). Gmbar hasil pengujian pH pada penelitian ini disajikan pada Gambar 9 dan 10.

pH atau derajat keasaman merupakan faktor pendukung dari pertumbuhan mikroba pada pembentukan biogas. Hasil penelitian ini didukung oleh pendapat

Gambar 9. Grafik pH metode *Batch* 1:1.Gambar 10. Grafik pH metode *Batch* 1:2.

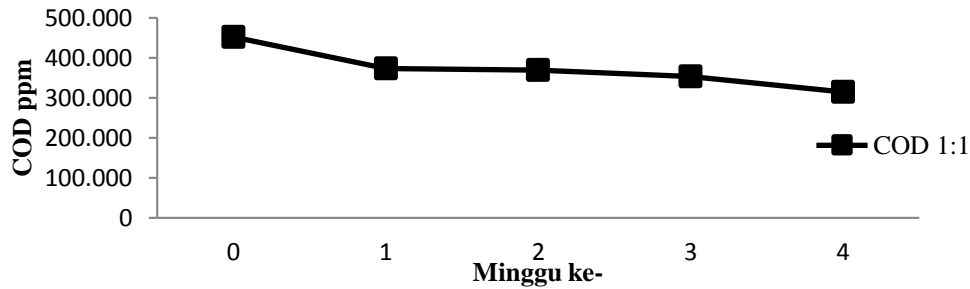
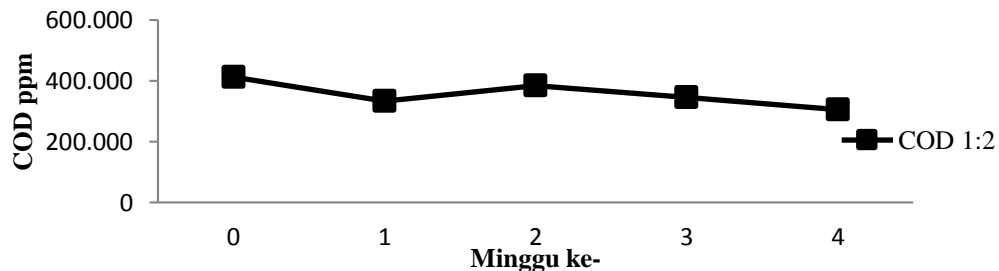
Budiyono (2013), bahwa nilai pH di bawah 6 aktivitas bakteri metan akan mulai terganggu dan bila mencapai 5,5 aktivitas bakterial akan terhenti. Selanjutnya, nilai derajat keasaman pada 1:1 dan 1:2 meningkat pada nilai 7, sedangkan pada penelitian Krisye *et al.* (2016) nilai rentang pH pada produksi biogas metode *batch* berkisar 6,3-7,1. Fase ini disebut juga alkalinisasi yaitu kenaikan pH sehingga menjadi basa.

### Produksi Biogas Pada Gester

Gester adalah biorektor yang digunakan untuk produksi biogas, dalam penelitian ini gester yang digunakan ialah tabung yang terbuat dari gallon air. Produksi biogas memerlukan bahan baku utama yaitu

rumput laut sargassum sp. dengan penambahan feses sapi. Proses produksi dilakukan dengan 2 perbandingan, yaitu 1:1 dan 1:2. Selama produksi biogas dilakukan, pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD) diamati dan disajikan pada Gambar 11 dan 12.

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan hasil gas yang diperoleh pada gester, Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan setiap minggunya dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12. Hasil pengujian COD pada grafik 1:1 dan 1:2 menunjukkan penurunan selama produksi biogas berlangsung. Pengujian COD 1:1 pada minggu ke-0 yaitu sebesar 640.785.6 mg/l hingga Minggu ke-4 yaitu 314,496 mg/l, sedangkan pada pengujian 1:2

Gambar 11. Grafik *Chemical Oxygen Demand* (COD) Batch 1 :1Gambar 12. Grafik *Chemical Oxygen Demand* (COD) Batch 1 :2

minggu ke-0 yaitu 640.785.6 mg/l hingga minggu ke-4 sebesar 306,633.6 mg/l. Penurunan nilai COD ditandai baik dengan meningkatnya produksi biogas didalam gester. Penurunan ini menunjukkan bahwa senyawa-senyawa organik mampu teroksidasi dengan baik secara kimiawi. Menurut Kresnawaty *et al.*, (2008), indikator hidrolisis telah terjadi dapat ditandai dengan penurunan nilai COD selama produksi biogas. Hal ini dikarenakan adanya penguraian senyawa organik, dimana protein dihidrolisis menjadi asam-asam amino, yang berfungsi mempercepat perubahan bahan organik menjadi turun (Haryati, 2006).

Selain itu, peningkatan nilai COD juga dialami dalam proses ini, dikarenakan mikroorganisme didalam gester mulai mengalami fase kematian (Avlenda, 2009). Apabila nilai COD mengalami kenaikan maka pembentukan biogas akan terhambat dikarenakan proses fermentasi dan

hidrolisis akan terhambat sehingga akan mempengaruhi produksi biogas. Biodegradasi anaerobik dapat dilihat dari perubahan nilai COD (Nuradhisthana *et al.*, 2013) Selama pengujian COD berlangsung pengujian suhu juga di sajikan pada Gambar 13 dan 14.

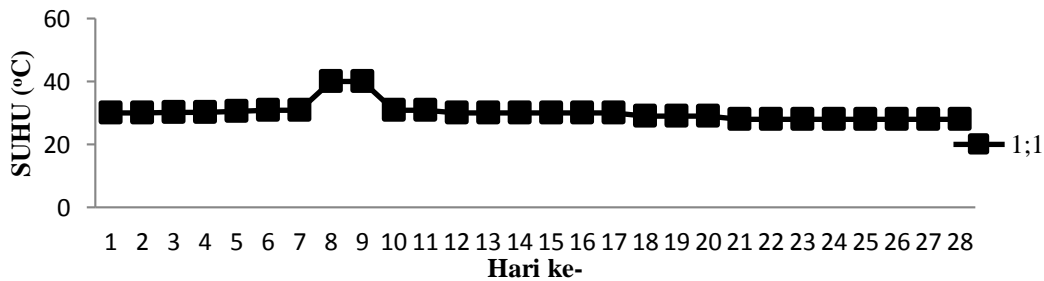
Pengujian suhu dalam gester dapat dilihat pada gambar 13 dan 14 perbandingan 1:1 dan 1:2. Suhu pada pengujian 1:1 berkisar antara 28-40 °C, sedangkan pengujian 1:2 menunjukkan angka 27-32 °C. Suhu 1:1 pada hari ke-1 hingga ke-7 dan perbandingan 1:2 hari ke-1 sampai ke-3 mengalami proses adaptasi terhadap lingkungan, sehingga terjadi peningkatan. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai suhu pada perbandingan 1:1 yaitu 40 °C, sedangkan pengujian 1:2 berkisar antara 31-32 °C.

Perubahan suhu yang berfluktuasi akan sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Pengujian suhu 1:1 mengalami

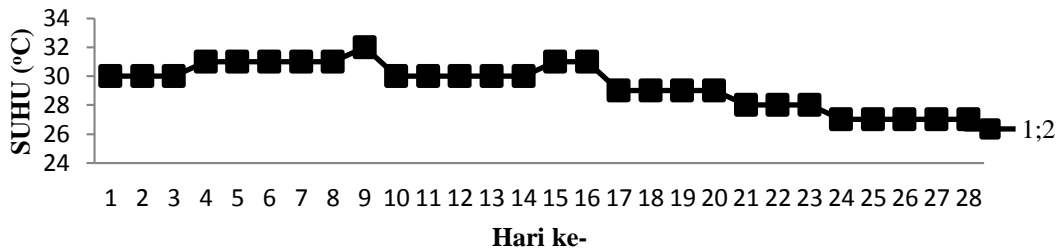
penurunan pada hari ke-18 hingga ke-28 yaitu 29 °C-28 °C, sedangkan pada perbandingan 1:2 mengalami penurunan 29 °C-27 °C hari ke-17 hingga ke-28. Suhu akan berpengaruh terhadap proses pembentukan biogas pada suhu tinggi atau *psychrophilic* 0 – 7 °C, bakteri *mesophilic* pada suhu 13 – 40 °C sedangkan

*thermophilic* pada suhu 55 – 60 °C, (Wardhani *et al.* 2013).

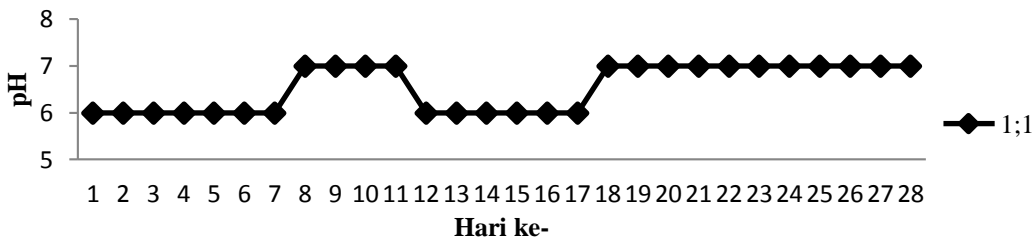
Pengukuran pH ditunjukkan pada gambar 15 dan 16 yang diamati selama 28 hari. Nilai pengujian pH 1:1 dan 1:2 menunjukkan angka 6-7. Menurut Oktiana *et al.* (2015), nilai pH selama proses produksi biogas berkisar antara 6,93-7,28.



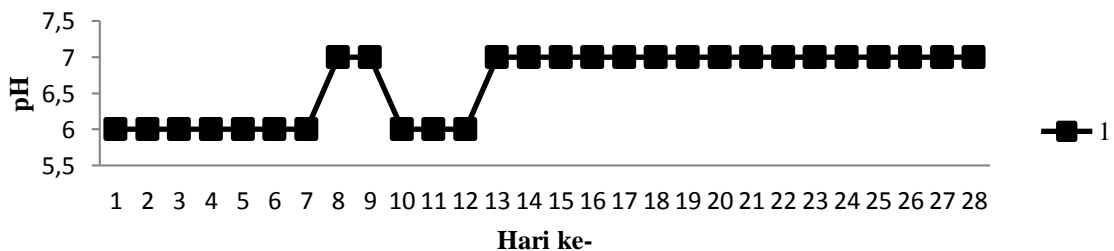
Gambar 13. Grafik Suhu Batch 1:1



Gambar 14. Grafik Suhu Batch 1:2



Gambar 13. Grafik pH Batch 1:1



Gambar 13. Grafik Suhu Batch 1:2



Tabel 2. Hasil pengujian gas kromatografi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>

No	Perbandingan	Konsentrasi	
		CH <sub>4</sub> (PPM)	CO <sub>2</sub> (PPM)
1	1:1	177525.17	124651.0033
2	1:2	300338.46	247525.3367

Apabila nilai pH dibawah 6, aktivitas bakteri dalam gester mulai terganggu dan akan mengalami kematian. Derajat keasaman optimum pada kehidupan mikroorganisme pH normal 6-7 (Yuwono dan Soehartanto, 2013). Selain itu, apabila nilai pH terlalu tinggi atau dalam kondisi basa kuat akan mempengaruhi proses fermentasi dikarenakan bakteri tidak mampu bertahan pada pH tinggi. Nilai pH di atas 7-8,5 akan menghasilkan dampak negatif dalam proses pembuatan biogas dalam gester dikarenakan pertumbuhan bakteri metanogen, sehingga dapat mengurangi laju pembentukan biogas dalam gester (Gita khaerunnisa dan Ika rahmawati, 2013).

#### **Produksi Gas Metan (CH<sub>4</sub>) dan CO<sub>2</sub> pada Rumput Laut *Sargassum* sp.**

Produksi biogas dilakukan didalam gester menggunakan rumput laut *sargassum* sp. untuk menghasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) dan (CO<sub>2</sub>). Pengujian gas yang dilakukan dengan menggunakan gas kromatografi dari perbandingan 1:1, CH<sub>4</sub> menunjukkan angka 177525.17 ppm, dan 1:2 sebesar 300338.46 ppm. Produksi gas CO<sub>2</sub> perbandingan 1:1 yaitu sebesar 124651.0033 ppm, sedangkan pada hasil 1:2 yaitu 247525.3367 ppm.

Peningkatan gas metana akan di ikuti dengan penurunan nilai gas karbondioksida. Kedua unsur yang berperan penting didalam biogas yaitu gas metan atau CH<sub>4</sub>, jika CH<sub>4</sub> tinggi akan

berpengaruh pada biogas untuk mendapatkan nilai kalor yang lebih tinggi, sebaliknya, jika CO<sub>2</sub> yang tinggi maka akan mengakibatkan nilai kalor biogas tersebut rendah (Ritonga dan Masrukhil, 2017). Nilai produksi biogas tertinggi dihasilkan pada produksi gester 1:2, hal ini dikarenakan jumlah substrat pada perbandingan 1:2 lebih banyak dari pada 1:1. Sedangkan untuk mendapatkan nilai konsentrasi, minimal 45% agar dapat nyala api (Ihsan *et al.* 2013). Hasil pengujian gas kromatografi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> disajikan dalam Tabel 2.

#### **KESIMPULAN**

*Sargasum* sp. merupakan alga coklat yang berada diwilayah pesisir pantai dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas dengan menggunakan metode Batch dalam skala kecil, berdasar penelitian yang dilakukan maka hasil pengujian karakteristik rumput laut *sargassum* sp. kandungan nilai protein sebesar 11,23%, kadar lemak 0,86%, kadar air 13,93%, serat kasar 8,28%, kadar abu 13,74%, dan rasio C/N 51,96%. Produksi biogas dilakukan didalam gester dengan perbandingan 1:1 dan 1:2, selama 28 hari. Hasil pengujian dari produksi biogas 1:1 didapatkan nilai pengukuran COD minggu ke-0 sebesar 640.785.6 ml/l hingga minggu ke-4 sebesar 314.496 ml/l dengan nilai pH berkisar 6-7 dan suhu 28-40°C. Perbandingan 1:2 berdasarkan nilai

pengukuran COD minggu ke-0 640.785.6 ml/l dan hingga minggu ke-4 306.633,6 ml/l dengan nilai pH 6-7 dan suhu 27-32°C. Hasil pengujian dari produksi biogas cukup baik yang ditandai dengan penurunan nilai COD yang diamati selama 28 hari. Hasil pengujian gas kromatografi pada produksi biogas 1:1 CH<sub>4</sub> 177525.17 ppm, CO<sub>2</sub> 124651.0033 ppm, dan 1:2 CH<sub>4</sub> 300338.46 ppm, CO<sub>2</sub> 247525.3367 ppm.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik Indonesia 2010-2035. Perhitungan jumlah penduduk.
- Avlenda, E. 2009. *Penggunaan Tanaman Kangkung (Ipomoea aquatica) forks, dan Genjer (Limnocharis flava (L) Buch) Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. Bandung* : Tesis Pascasarjana Biologi Institut Teknologi Bandung.
- Budiyono., Pratiwi, M.E dan Sinar, I.N. 2013. Pengaruh Metode Fermentasi, Komposisi Umpan, pH Awal dan Variasi Pengenceran Terhadap Produksi Biogas dari Vinasse. *Jurnal Penelitian Kimia*. 9 (2): 1-12.
- Dioha, I., Ikeme, C., Nafi'u, T., Soba, N., Yusuf, M. 2013. Effect of Carbon to Nitrogen Ratio on Biogs Production. *International Research Journal of Natural Sciences*. 1: 1-10.
- Gazali, M., Nurjannah, Zmani, N.P. 2018. Eksplorasi senyawa bioaktif alga cokelat *sargassum sp.* Agardh sebagai antioksidan dari Pesisir Barat Aceh. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21 (1):167-178.
- Haryati, T. 2006. Biogas Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Wartazoa*. 6 (3): 160-169.
- Hendra. 2017. Pengaruh Salinitas Terhadap Produksi dan Komposisi Biogas Makroalga Laut. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Ismayana, A., Indrasti, N.S., Suprihatin, Maddu, A., Fredy, A. 2012. Faktor Rasio C/N Awal dan Laju Aerasi pada Proses *Co-Composting Bagasse* dan Blotong. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 22 (3): 173-179.
- Kaparaju, P. 2006. *Effect of Temperature and Active Biogas Process on Passive Separation of Digested Manure. Journal Bioresources Technology. Australian Government Publishing Service*.
- Khaerunnisa, G., Rahmawati, I. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap Produksi Biogas dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (VINASSE). *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2 (3):1-7.
- Kresnawaty, I., Susanti, I., Siswanto, dan Panji, T. 2008. Optimasi produksi Biogas dari Limbah *Lateks Cair* Paket dengan Penambahan Logam. *Jurnal Menara Perkebunan*. 76 (1): 23-25.
- Krisye, Kawaroe, M., Hasanudin, U. 2016. Biodegradasi Anaerobik Makroalga *Ulva sp.* untuk Menghasilkan Biogas dengan Metode *Batch*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 1(1): 57-65.
- Manteu, S.H., Nurjanah, Nurhayati, T. 2018. Karakteristik Rumpun Laut Coklat (*Sargassum Polycystum* dan *Padina Minor*) dari Perairan Pohuwato. Provinsi Gorontalo. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(3): 396-405.

- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N. M. Muhammad, K. 2009. *Nutrient Content Of Tropical Edible Seaweeds, Eucheuma Cottonii, Caulerpa Lentillifera and Sargassum Polycystum. Journal Application Phycology.* 21: 75-80.
- Neelamathi, E., Kanna, R. 2016. *Screening and Characterization Of Bioactive Compounds Of Turbinaria Ornate From the Gulf Of Mannar, India. Journal Agricultural and Environmental Science.* 16 (2): 243-251.
- Novita, E. 2016. *Biodegradability Simulation of Coffee Wastewater Using Instant Coffee. Agriculture and Agricultural Science Procedia.* 9: 217-229.
- Nuradhisthana, A., Wirasanti, D., Hadiyanto, A. 2012. *Pengolahan Limbah Ciri Laboratorium Mikrobiologi Industri Menggunakan Lumpur Aktif Aerobik dan Anaerobik. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri.* 1: 40-45.
- Oetomo, D.P., dan Soehartanto, T. 2013. *Perancangan Sistem Pengukuran pH dan Temperatur pada Bioreaktor Anaerob Tipe Seme-Batch. Jurnal Teknik ITS.* 2: 396-401.
- Oktiana, T. D., Santoso, J., Kawaroe, M. 2015. *Alga Hijau (Ulva sp.) Sebagai Bahan Baku Produksi Biogas. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis,* 7(1): 191-203.
- Sarwono, E., Subekti, F., Widarti, B.N. 2018. *Pengaruh Variasi Campuran Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) dan Isi Rumen Sapi Terhadap Produksi Biogas: 1-10.*
- Sutresna, I., K., B. Nindhia. T., G., T. Surata, I., W. 2019. *Biogas Dengan Sargasum sp, Variasi Kotoran Sapid dan Lumpur Magrove dalam Digester. Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA.* 8(10): 1-3.
- Taherzadeh, M.J., dan Karimi, K. 2008. *Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: a Review. International Journal of Molecular Sciences.* (9): 1621-1652.
- Yahya, Y., Tamrin, Triyono, S. 2017. *Produksi Biogas dari Campuran Kotoran Ayam, Kotoran Sapi, dan Rumput Gajah Mini Pennisetum Purpureum Mott dengan Sistem Batch. Jurnal Teknik Pertanian Lampung.* 6 (3): 151-160.
- Yuniarti. D.W., Sulistiyati, T.D., Suprayitno, E., 2013. *Pengaruh Suhu Pengeringan Vakum terhadap Kualitas Serbuk Albumi Ikan Gabus (Ophiocephalus Striatus) Student jurnal universitas Brawijaya.* 1(1):1-9.
- Yuwono, C.W dan Soehartanto, W. 2013. *Perancangan Sistem Pengaduk pada Bioreaktor Batch untuk Meningkatkan Produksi Biogas. Jurnal Teknik Pomits.* 2 (1): 2301-9271.
- Wardhani, D.R., Noriyati, R.D dan Soehartanto, T. 2013. *Implementasi Estimator Kecepatan Pertumbuhan Mikroorganisme pada Bioreaktor Anaerob. Jurnal Teknik Pomits.* 2 (1) 2301-9271.