

# Perancangan Sistem Pengukuran pH dan Temperatur Pada Bioreaktor Anaerob Tipe *Semi-Batch*

Dimas Prasetyo Oetomo dan Totok Soehartanto

Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*e-mail*: dimas131290@gmail.com

**Abstrak**—Proses pada bioreaktor dapat dilakukan secara aerob yaitu menggunakan bantuan oksigen dan anaerob yaitu tidak menggunakan bantuan oksigen. Pada penelitian ini dilakukan fermentasi enceng gondok untuk menghasilkan biogas menggunakan bioreaktor anaerob tipe semi-batch. Enceng gondok memiliki rasio C/N sebesar 22.5 – 35.84% yang merupakan komposisi optimum untuk ekstraksi biogas. Kinerja dari bioreaktor dalam produksi biogas dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti pH dan temperatur. Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem pengukuran besaran pH dan temperatur secara online sehingga memudahkan dalam pengambilan data. Bahan yang digunakan pada proses fermentasi adalah campuran enceng gondok yang telah dicincang dan dicampur air dengan dua komposisi penambahan berbeda untuk dibandingkan. Pada Bioreaktor1 digunakan komposisi enceng gondok dan air sebesar 1:3 dan pada bioreaktor 2 digunakan komposisi enceng gondok dan air sebesar 0,75: 1,25. Hasil penelitian menyebutkan bahwa bioreaktor 2 dengan komposisi enceng gondok dan air sebesar 0,75: 1,25 menghasilkan biogas lebih aktif dibandingkan dengan bioreaktor 1 dengan komposisi enceng gondok dan air sebesar 1 : 3. Hal tersebut diketahui dari hasil pengukuran selama 76 hari. Dari hasil pengukuran juga diketahui bahwa penurunan nilai COD pada bioreaktor 2 lebih besar dari pada bioreaktor 1.

**Kata Kunci**—Bioreaktor Anaerob *Semi-Batch*, Enceng Gondok, Sistem Pengukuran

## I. PENDAHULUAN

**B**IOREAKTOR anaerob beroperasi tanpa menggunakan oksigen. Proses fermentasi didalam bioreaktor dapat digunakan dalam pembuatan biogas. Sistem fermentasi pada bioreaktor dibagi menjadi tiga macam yaitu *batch*, kontinyu dan *semi-batch*. Penelitian sebelumnya<sup>[1]</sup> dilakukan fermentasi secara batch menggunakan limbah cair tahu dan enceng gondok sebagai bahan baku pembuatan biogas. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan volume biogas optimal terjadi pada fermentasi limbah tahu dengan enceng gondok yang telah dicincang. Berdasarkan penelitian tersebut maka dilakukan penelitian menggunakan enceng gondok yang dicincang dengan sistem fermentasi *semi-batch*. Pada sistem *batch* pemberian substrat (enceng gondok) hanya dilakukan sekali saja dan dibiarkan hingga biogas tidak diproduksi oleh bioreaktor. Penggunaan sistem fermentasi *semi-batch* dapat menghasilkan volume biogas yang lebih banyak dari sistem

*batch* karena dilakukan penambahan substrat beberapa kali sebagai nutrisi untuk bakteri.

Enceng Gondok (*Eicchornia crassipes*) merupakan salah satu bahan organik yang baik untuk produksi biogas karena memiliki rasio C/N 22.5 - 35.84 % yang merupakan komposisi optimum untuk ekstraksi biogas<sup>[1]</sup>.

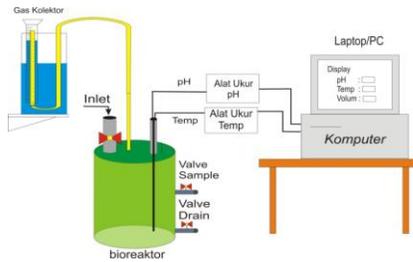
Kinerja bioreaktor dipengaruhi oleh bakteri yang hidup di dalam bioreaktor. Bakteri tersebut sangat sensitif terhadap perubahan besaran fisis seperti pH dan temperatur. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah sistem pengukuran untuk dapat mengetahui setiap perubahan pH dan temperatur pada bioreaktor tersebut.

Pada penelitian sebelumnya<sup>[1]</sup> sistem pengukuran masih dilakukan secara offline yaitu alat ukur pH dan temperatur tidak terhubung langsung dengan komputer. Hal ini tidak efektif karena hasil pengukuran masih harus dimasukkan ke komputer secara manual. Oleh karena itu, agar dapat lebih efektif dirancanglah sebuah sistem pengukuran secara online dimana pada saat pengukuran besaran pH dan temperatur yang dapat direkam secara langsung kedalam komputer sehingga data penelitian bisa langsung dilakukan analisis.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Alur Penelitian

Perancangan sistem pengukuran besaran pH dan temperatur pada bioreaktor anaerob tipe *semi-batch* memiliki beberapa tahap. Tahap pertama adalah pemahaman konsep tentang bioreaktor anaerob dan sistem pengukurannya, kemudian karakteristik dari enceng gondok sebagai bahan organik yang akan difermentasi untuk produksi biogas. Pemahaman konsep didapat melalui studi literature dari beberapa referensi yaitu makalah seminar, buku dan jurnal penelitian. Tahap selanjutnya dilakukan perancangan dan pembuatan bioreaktor anaerob yang kemudian dilanjutkan dengan pengujian fungsi dari bioreaktor tersebut. Setelah berhasil lolos uji maka dilanjutkan dengan melakukan perancangan sistem pengukuran besaran pH dan temperature. Rancangan sistem pengukuran tersebut kemudian direalisasikan sehingga dapat diuji dan digunakan pada bioreaktor. Tahap Ketiga adalah tahap persiapan bahan baku berupa ekstrak enceng gondok dan ekstrak kotoran sapi yang akan dicampur didalam bioreaktor. Setelah persiapan bahan baku sudah selesai maka tahap selanjutnya adalah tahap pengopreasian bioreaktor. Pada tahap ini dimulailah proses



Gambar 1. Desain Sistem Pengukuran Bioreaktor



Gambar 2. Sistem Pengukuran pH dan Temperatur

fermentasi enceng gondok menjadi biogas. Tahap ini merupakan tahap yang penting sehingga perlu dilakukan pengukuran setiap hari. Tahap terakhir yang dikerjakan adalah tahap analisa data dan penulisan buku laporan. Pada tahap ini data berupa pH, temperatur dan volume biogas hasil pengukuran kemudian dianalisa untuk diketahui kinerja dari bioreaktor tersebut.

### B. Perancangan Sistem Pengukuran Anaerob Type Semi-Batch

Dalam perancangan sistem pengukuran terdapat beberapa alat yang digunakan untuk mengukur kinerja dari bioreaktor diantaranya adalah alat ukur pH, alat ukur temperatur dan sebuah komputer untuk keperluan perekaman data secara online. Pengukuran besaran pH dan temperatur digunakan sensor yang dihubungkan ke pemroses sinyal yang dibuat dari mikrokontroller arduino dan dihubungkan ke komputer. Untuk pembacaan dan perekaman nilai besaran pH dan temperatur pada komputer dibuat software interface dengan menggunakan pemrograman visual basic 6.0. berikut merupakan gambar sistem pengukuran pada penelitian ini.

### C. Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan baku untuk produksi biogas berupa bahan baku untuk proses *seeding* dan proses pemberian nutrisi.

#### 1) Bahan Baku Seeding

Bahan baku untuk proses *seeding* terbuat dari kotoran sapi yang diencerkan dengan air dengan perbandingan 1:1 yang kemudian disaring untuk didapatkan ekstraknya. Volume ekstrak kotoran sapi yang digunakan adalah 1/3 volume bioreaktor. Karena volume bioreaktor yang digunakan adalah 18 liter maka volume dari ekstrak kotoran sapi adalah 6 liter. Ekstrak kotoran sapi selanjutnya dicampur dengan enceng gondok yang telah dicincang dengan diameter  $\pm 1$  cm sebanyak 2 liter (1/3 dari volume ekstrak kotoran sapi).

#### 2) Bahan Baku Substrat

Substrat yang digunakan adalah campuran enceng gondok yang telah dicincang dengan diameter  $\pm 1$  cm yang dicampur dengan air. Terdapat dua komposisi substrat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu komposisi pertama sebesar 1:3 untuk bioreaktor 1 dan komposisi kedua sebesar 0,75 : 1,25 untuk bioreaktor 2.

### D. Tahap Pengoperasian Bioreaktor dan Pengambilan Data

Pengoperasian Bioreaktor dan sistem pengukuran dilakukan setelah bahan baku untuk proses *seeding* dan substrat untuk nutrisi telah siap.

#### 1) Pengoperasian Bioreaktor

Tahap pengoperasian bioreaktor meliputi tahap *seeding* dan penambahan substrat.

- *Tahap Seeding*

Tahap *seeding* adalah tahap pembibitan bakteri pembusuk pada bioreaktor. Pembibitan bakteri dilakukan dengan memasukkan bahan baku untuk *seeding* ke dalam bioreaktor. Bahan baku didiamkan beberapa hari hingga timbul bakteri pembusuk, hal ini ditandai dengan adanya biogas yang terbentuk.

- *Tahap Penambahan Substrat*

Setelah timbul bakteri pembusuk dalam bioreaktor. Tahap selanjutnya adalah proses pemasukan substrat pada bioreaktor yang berfungsi sebagai nutrisi untuk bakteri. Proses penambahan substrat ke dalam bioreaktor dilakukan secara bertahap (*semi-batch*) yaitu pada saat setiap kadar COD dan BOD dari cairan di dalam bioreaktor telah berkurang. Penambahan ini akan dilakukan secara berkala hingga volume cairan di dalam bioreaktor penuh.

#### 2) Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan selama 76 hari (selama bioreaktor beroperasi) secara berturut-turut. Pengambilan data meliputi data besaran pH dan temperatur harian dari cairan di dalam bioreaktor 1 dan bioreaktor 2 serta volume biogas yang dihasilkan kedua bioreaktor tersebut.

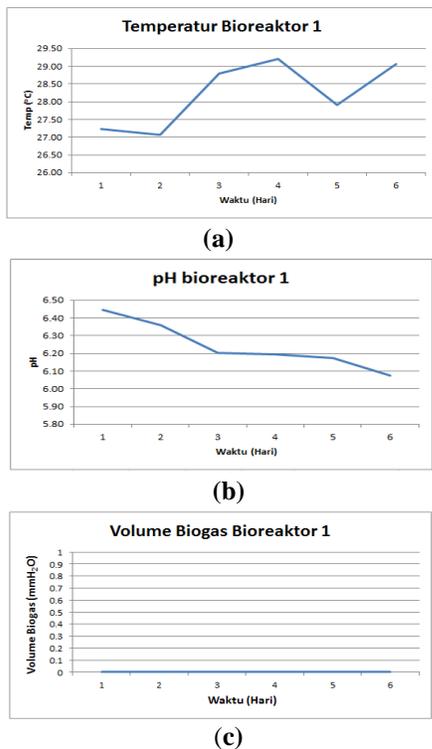
Pengambilan data dilakukan dengan cara memasukkan probe sensor ke dalam cairan didalam bioreaktor melalui lubang khusus (lubang kedap udara). Probe sensor tersebut terhubung dengan alat ukur yang dihubungkan ke komputer. Komputer akan menampilkan data hasil pengukuran ke software HMI (*Human Machine Interface*) dan menyimpannya.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengukuran Pada Bioreaktor 1

#### 1) Setelah Tahap Seeding

Pada **gambar 3(a)** terlihat bahwa *trendline* temperatur rata-rata harian pada bioreaktor 1 menunjukkan tidak stabil dimana pada hari ke-2 hingga hari ke-4 temperatur meningkat dari 27°C - 29,1 °C lalu pada hari ke-5 turun menjadi 28,8 °C dan pada hari ke-6 naik menjadi 29 °C.



Gambar 3. Grafik hubungan antara: (a) temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) volume biogas setelah proses *seeding* pada bioreaktor 1

Pada **gambar 3(b)** terlihat bahwa dari hari ke-1 hingga hari ke-6 nilai rata-rata pH harian mengalami penurunan secara terus-menerus.

Pada **gambar 3(c)** dengan kondisi perubahan temperatur dan pH tersebut pada hari ke-1 sampai dengan hari ke-6, tidak adan volume biogas yang dihasilkan. Hal itu bisa dikarenakan volume bahan *seeding* belum cukup untuk memproduksi biogas sehingga dilakukan penambahan substrat pada bioreaktor 1 yaitu pada hari ke-7

2) Setelah Penambahan Substrat Kesatu

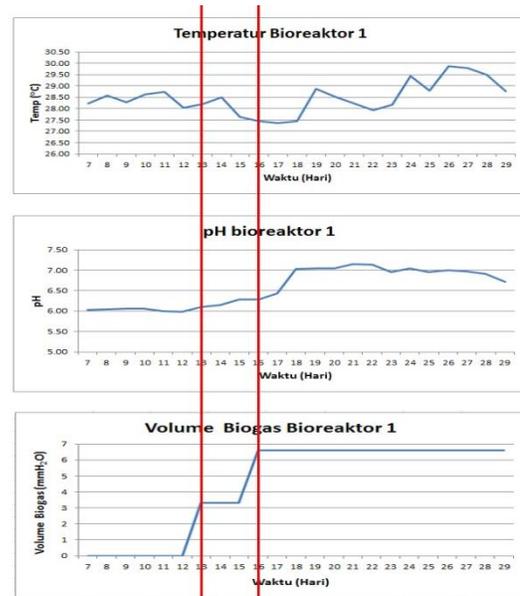
Penambahan substrat kesatu pada bioreaktor 1 dilakukan pada hari ke 7 dengan volume penambahan 1 liter (0,25 liter enceng gondok + 0,75 liter air) .

Pada **gambar 4**, garis merah berada pada hari ke-13 dan hari ke-16. Garis merah ini menunjukkan hubungan antara peningkatan volume biogas dengan pH dan temperatur saat itu. Biogas mulai dihasilkan pada hari ke-13 dengan volume 3,3 mmH<sub>2</sub>O dimana kondisi tersebut terjadi pada pH 6,22 dan pada temperatur 28,2°C. Kemudian pada hari ke-16 menunjukkan terjadi peningkatan volume biogas sebesar 3,3 mmH<sub>2</sub>O yang terjadi pada pH 6,28 dan temperatur 27,43 °C . Pada hari berikutnya tidak terjadi peningkatan volume biogas, hal itu bisa dikarenakan produksi biogas yang dihasilkan dari penambahan substrat kesatu sudah maksimal.

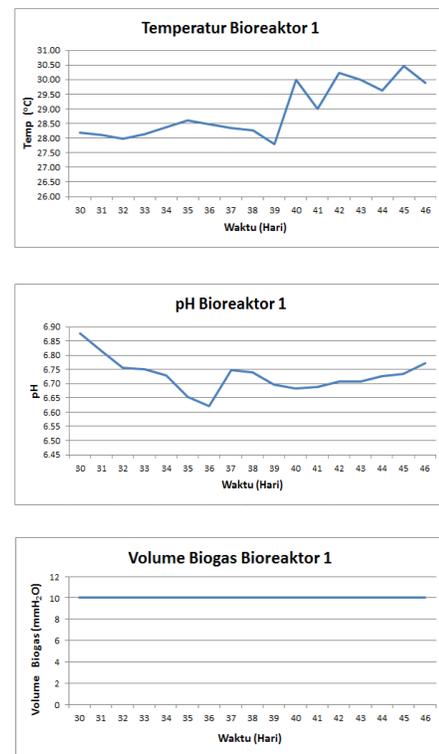
Karena tidak terjadi peningkatan volume biogas hingga hari ke-29 maka dilakukan penambahan substrat kedua yaitu pada hari ke-30.

3) Setelah Penambahan Substrat Kedua

Penambahan substrat kedua sebanyak 3,5 liter (0,875 liter enceng gondok + 2,625 liter air). Pada **gambar 5**, *trendline*



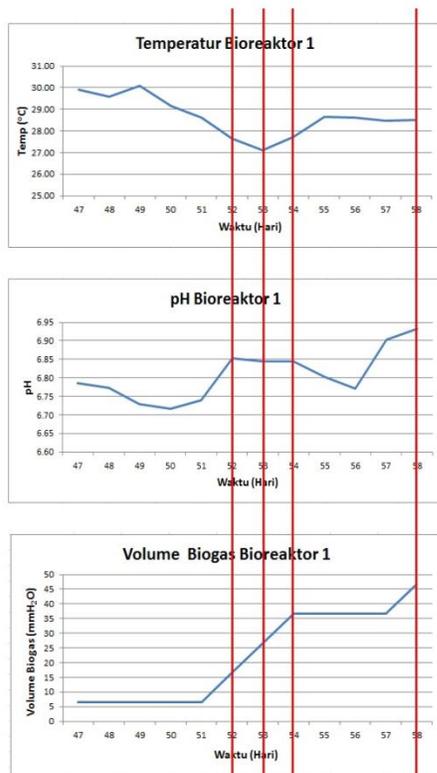
Gambar 4 Grafik hubungan antara: (a) Temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) Volume biogas setelah penambahan substrat kesatu pada bioreaktor 1



Gambar 5 Grafik hubungan antara: (a) temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) volume biogas saat setelah penambahan substrat kedua pada bioreaktor 1

temperatur mengalami kenaikan dan penurunan pada hari ke-30 hingga hari ke-39 tidak terlalu besar dan berada pada rentang 27.75 °C hingga 28.5 °C.

Kenaikan temperatur terjadi pada hari ke-40 yaitu dari 28.0 °C ke 30°C dan berada pada puncaknya yaitu hari ke-45 pada 30,5 °C. Kemudian untuk *trendline* pH mengalami penurunan dari hari ke-30 hingga hari ke-36 dengan pH minimum sebesar



Gambar 6 Grafik hubungan antara: (a) Temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) Volume biogas setelah penambahan substrat ketiga pada bioreaktor 1

6.62. kemudian pada hari ke-37 dan hari ke-38 terjadi kenaikan nilai pH menjadi 6.75 dan turun pada hari ke-39. Setelah mengalami penurunan, pH mulai naik namun tidak besar yaitu pada hari ke-40 hingga hari ke-46. Perubahan pH dan temperatur pada penambahan substrat kedua tidak menimbulkan peningkatan volume biogas pada dari hari ke-30 hingga ke-46. Sehingga pada hari ke-47 dilakukan penambahan substrat yang ketiga.

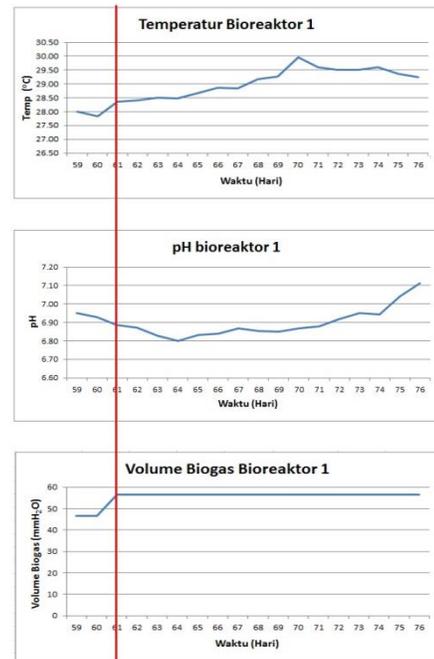
4) Setelah Penambahan Substrat Ketiga

Penambahan substrat ketiga dengan volume penambahan 3,5 liter (0,875 liter enceng gondok + 2,625 liter air) .

Pada **gambar 6**, garis merah menunjukkan hubungan antara peningkatan volume biogas dengan pH, dan temperatur pada saat itu. Garis pertama menunjukkan peningkatan volume biogas terjadi pada hari ke-52 dengan peningkatan volume sebesar 10 mmH<sub>2</sub>O, kondisi tersebut terjadi pada pH 6,85 dan pada temperatur 27,63°C. Kemudian pada hari ke-53 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 10 mmH<sub>2</sub>O, kondisi tersebut terjadi pada pH 6.84 dan temperatur 27,10 °C . Pada hari ke-54 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 10 mmH<sub>2</sub>O, kondisi tersebut terjadi pada pH 6,84 dan temperatur 27,73 °C. Kemudian pada hari ke-58 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 10 mmH<sub>2</sub>O, kondisi tersebut terjadi pada pH 6,93 dan temperatur 28,5 °C.

5) Setelah Penambahan Substrat Keempat

Penambahan substrat keempat pada bioreaktor 1 dilakukan pada hari ke-59 dengan volume penambahan 3,5 liter (0,875 liter enceng gondok + 2,625 liter air).



Gambar 7 Grafik hubungan antara: (a) Temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) volume biogas saat setelah penambahan substrat keempat pada bioreaktor 1

Pada **gambar 7**, garis merah yang berada pada hari ke-61. menunjukkan peningkatan volume biogas sebesar 10 mmH<sub>2</sub>O, kondisi tersebut terjadi pada pH 6,93 dan pada temperatur 28.7 °C. Karena volume total dari bioreaktor sudah mencapai maksimum yaitu 18 liter maka tidak dilakukan penambahan substrat lagi.

B. Pengukuran Pada Bioreaktor 2

1) Setelah Tahap Seeding

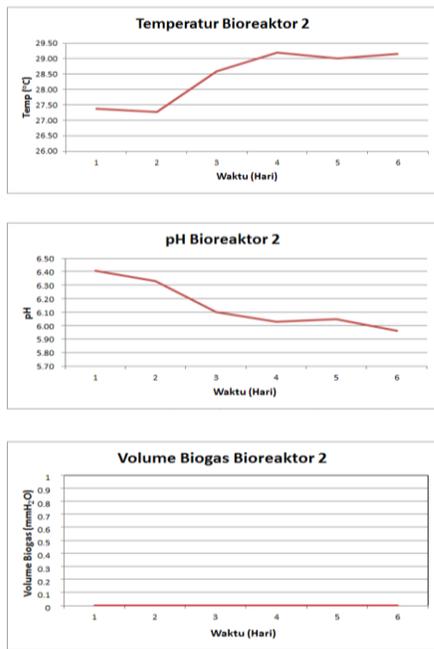
Pada **gambar 8** terlihat *trendline* temperatur terjadi penurunan dari hari ke-1 ke hari ke-2 kemudian meningkat hingga puncaknya pada hari ke-4 yaitu 29.2 °C. Pada hari ke-5 *trendline* turun dan naik pada hari ke-6. Sedangkan *trendline* pH mengalami penurunan dari hari ke-1 hingga ke-6 dengan nilai minimum 5.97. Pada tahap *seeding* ini masih belum terbentuk biogas. Hal itu bisa dikarenakan volume bahan *seeding* belum cukup untuk memproduksi biogas sehingga dilakukan penambahan substrat kesatu pada bioreaktor 2 pada hari ke-7.

2) Setelah Penambahan Substrat Kesatu

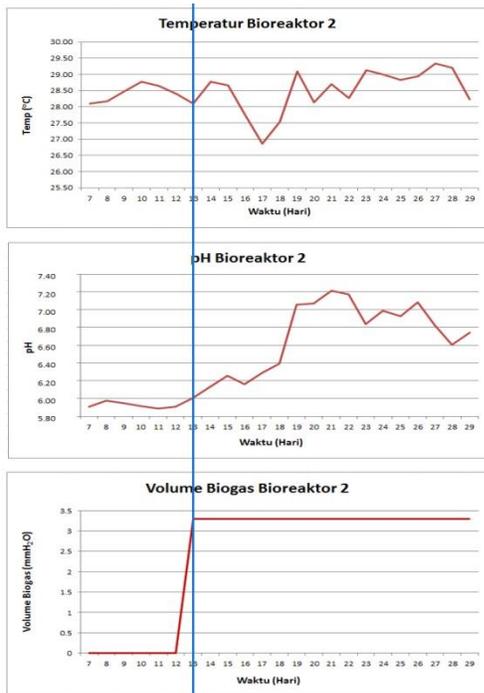
Penambahan kesatu dengan volume penambahan 1 liter (0,375 liter enceng gondok + 0,625 liter air). Pada **gambar 9**, garis biru pada hari ke-13 menunjukkan peningkatan volume biogas yang dihasilkan pada bioreaktor 2 dengan volume 3,3 mmH<sub>2</sub>O, kondisi tersebut terjadi pada pH 6 dan temperatur 28,10 °C.

3) Setelah Penambahan Substrat Kedua

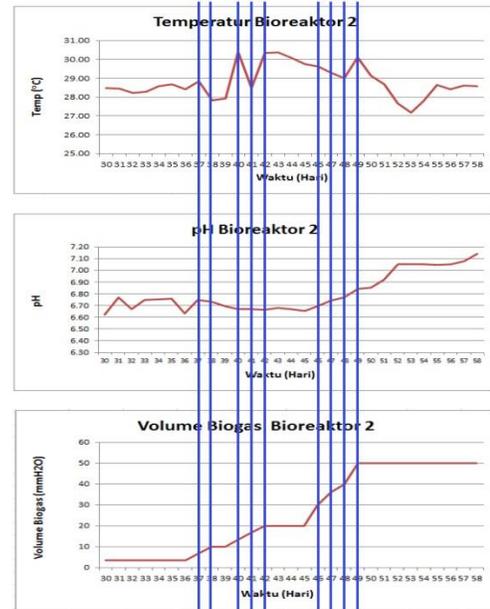
Penambahan substrat kedua pada bioreaktor 2 dilakukan pada hari ke-7 dengan volume penambahan 3,5 liter (1,3125 liter enceng gondok + 2,1875 liter air). Pada **gambar 10**, garis pada hari ke-37 menunjukkan peningkatan volume biogas sebesar 3,3 mmH<sub>2</sub>O pada saat pH 6,75 dan temperatur 28.83 °C.



Gambar 8 Grafik hubungan antara: (a) Temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) Volume biogas setelah proses seeding pada bioreaktor 2



Gambar 9 Grafik hubungan antara: (a) Temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) Volume biogas setelah penambahan substrat kesatu pada bioreaktor 2



Gambar 10 Grafik hubungan antara: (a) Temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) Volume biogas saat setelah penambahan substrat kedua pada Bioreaktor 2

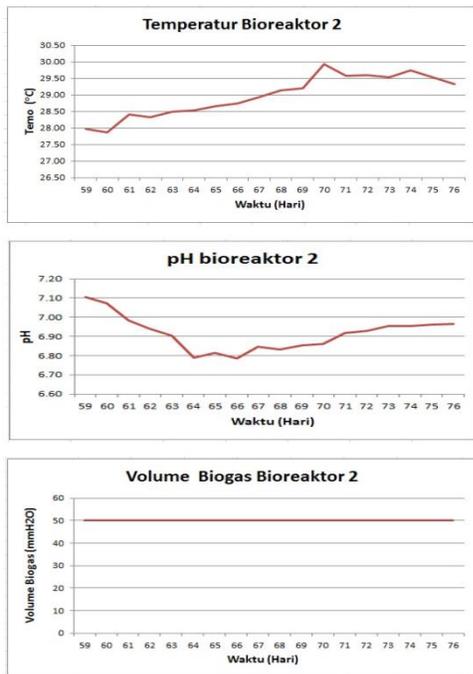
Pada hari ke-38 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 3,4 mmH<sub>2</sub>O pada saat pH 6,73 dan temperatur 27,83 °C. Pada hari ke-40 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 3,3 mmH<sub>2</sub>O pada pH 6,62 dan temperatur 30,40 °C. Pada hari ke-41 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 3,3 mmH<sub>2</sub>O pada pH 6,77 dan temperatur 28,47 °C. Pada hari ke-42 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 3,3 mmH<sub>2</sub>O terjadi pada pH 6,66 dan temperatur 30,33 °C. Pada hari ke-46 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 10 mmH<sub>2</sub>O saat pH 6,69 dan temperatur 29,63 °C. Pada hari ke-47 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 3,3 mmH<sub>2</sub>O pada pH 6,74 dan temperatur 29,63 °C. Pada hari ke-48 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 3,3 mmH<sub>2</sub>O terjadi pada pH 6,74 dan temperatur 29,3 °C. Pada hari ke-49 terjadi peningkatan volume biogas sebesar 10 mmH<sub>2</sub>O pada pH bioreaktor 6.84 dan temperatur 30,25 °C.

4) Setelah Penambahan Substrat Ketiga

Pada gambar 11, trendline temperatur naik pada hari ke-59 dengan temperatur awal 28°C hingga hari ke-70 dengan temperatur akhir 30°C dan trendline pH turun pada hari ke-50 hingga hari ke-64 dari 7,10 menjadi 6,8. Kemudian cenderung stabil pada hari ke-64 hingga hari ke-67. Kenaikan maupun penurunan temperatur dan pH pada bioreaktor saat penambahan ketiga tidak mengakibatkan terjadi peningkatan volume biogas hingga hari ke-76.

C. Data COD

Data COD yang diambil dari sample substrat pada masing-masing bioreaktor.



Gambar 11 Grafik hubungan antara: (a) Temperatur rata-rata harian, (b) pH rata-rata harian dan (c) Volume biogas setelah penambahan substrat ketiga pada bioreaktor 2

Tabel 1.

Kondisi pada kedua bioreaktor saat pengambilan pengujian sample COD.

Parameter	Pengambilan Pertama		Pengambilan Kedua		Pengambilan Ketiga	
	Bio1	Bio 2	Bio1	Bio 2	Bio1	Bio 2
Retention Time	1	1	28	28	56	56
Temperatur	27,23°C	27,37°C	29,50°C	29,20°C	28,60°C	28,40°C
pH	6,45	6,41	6,91	6,61	6,87	6,6
Volume						
Bioreaktor	6 liter	6 liter	10.5 liter	10.5 liter	14 liter	14 liter
			3.3		36.6	50
Volume Biogas	-	-	mmH2O	6.6 mmH2O	mmH2O	mmH2O
COD	23866	27603	11810	5598	2476	3104

Pada **tabel 1** ditunjukkan kondisi kedua bioreaktor saat pengambilan sample COD. Pada tabel tersebut nilai COD pada kedua bioreaktor semakin lama semakin menurun. Hal tersebut dikarenakan proses fermentasi yang merubah bahan organik yang terkandung dalam substrat pada bioreaktor berubah menjadi biogas.

Dari hasil pengukuran diketahui bahwa penurunan COD pada bioreaktor 2 lebih besar dari pada bioreactor 1. Besarnya penurunan nilai COD bioreaktr 2 adalah 24499 (90,56%) dan bioreactor 1 adalah 21390 (89,62 %). Dengan ini dapat dikatakan bahwa bioreaktor 2 memiliki kinerja lebih bagus dari pada bioreaktor 1<sup>[2]</sup>. Hal itu didukung dengan volume biogas

yang dihasilkan pada bioreaktor 2 lebih banyak dibandingkan bioreactor 1.

#### IV. KESIMPULAN

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian ini:

1. Telah berhasil dibuat sebuah sistem pengukuran besaran pH dan temperatur bioreaktor anaerob untuk dua buah bioreaktor secara on-line.
2. Bioreaktor dengan komposisi penambahan enceng gondok dan air sebesar 1:3 aktif berproduksi biogas pada hari 52 hingga ke 58 (setelah penambahan ketiga) dengan range pH 6.62 hingga 6.77 dan Temperatur 27,73 hingga 28,83°C.
3. Bioreaktor dengan komposisi penambahan enceng gondok dan air sebesar 0,75 : 1,25 Aktif memproduksi biogas pada hari 37 hingga ke 49 (setelah penambahan kedua) dengan range pH sebesar 6,66 hingga 6,84 dan Temperatur 27,83 hingga 30,33°C.
4. Bioreaktor dengan komposisi penambahan 0,75 : 1,25 memiliki kinerja lebih baik dari pada bioreaktor dengan komposisi penambahan 1:3. Hal tersebut ditunjukkan dari waktu untuk mencapai produksi biogas maksimal lebih cepat pada komposisi 0,75: 1,25 yaitu setelah penambahan kedua dibandingkan dengan komposisi 1:3 yang diproduksi setelah penambahan ketiga.
5. Penurunan nilai COD pada bioreaktor dengan komposisi penambahan 0,75:1,25 lebih besar yaitu sebesar 90,56 % dibandingkan dengan penurunan nilai COD pada komposisi 1:3 yaitu 89,52% . Hal tersebut menunjukkan bahwa kinerja bioreaktor dengan komposisi penambahan 0,75: 1,25 lebih baik dibandingkan dengan komposisi penambahan 1:3.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Utami, Ardhaningtyas Riza.(2012). ” Analisa Ekstraksi Biogas Dari Limbah Cair Tahu Dengan Menggunakan Bioreaktor Anaerobik Berbahan Aditif Eceng Gondok.ITS,Surabaya
- [2] Zakaria, I.A.(2008).” *Relationship between Methane Production and Chemical Oxygen Demand (COD) in Anaerobic Digestion of Food Waste*”.Universiti Sains Malaysiam Malaysia