

# Implementasi Estimator Kecepatan Pertumbuhan Mikroorganisme pada Bioreaktor *Anaerob*

Dewinta Ria Wardhani, Ronny Dwi Noriyati, dan Totok Soehartanto  
Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
E-mail: riewintha89@yahoo.com

**Abstrak**—Mikroba memiliki peranan yang sangat penting dalam produktivitas biogas pada pengolahan limbah bahan organik khususnya kotoran ternak pada bioreaktor *anaerob*, dimana dalam pengolahannya bakteri dipengaruhi oleh nutrisi, pH dan temperatur. Sehingga akan mempengaruhi produk biogas yang dihasilkan. Agar mendapatkan hasil biogas yang diharapkan maka diperlukan sebuah monitoring kecepatan pertumbuhan mikroorganisme. Namun saat ini belum ada alat untuk memonitoring secara langsung sehingga diperlukan sebuah estimator untuk memprediksi pertumbuhan mikroorganisme, untuk memprediksi pertumbuhan mikroorganisme berdasarkan parameter pH dan volume yang diukur. Estimator bekerja berdasarkan model matematis dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan arsitektur *Backpropagation* dengan metode *Lavenberg Marquardt*. Estimator yang telah dihasilkan secara *offline* memiliki input berupa pH dan volume yang dianalogikan melalui tegangan dari potensiometer. Pada penelitian kali ini akan di implementasikan estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme ( $\mu$ ) secara *online* pada bioreaktor *anaerob* yang digunakan untuk mengekstrak kotoran ternak. Dari pengukuran secara *online* dan *offline* didapatkan nilai  $\mu$  terbaik pada pengukuran secara *online* yaitu 7,5 pada pH 7,45 dan volume 0,05 l sedangkan nilai  $\mu$  terbaik pada simulasi 7,3092 pada pH 5,47 dan volume 0,0106 l.

**Kata Kunci** – Estimator,  $\mu$ , JST, bioreaktor *anaerob*

## I. PENDAHULUAN

LIMBAH organik yang selama ini dibuang dapat membuat polusi udara, penyakit, serta lingkungan yang tercemar, dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Salah satu energi alternatif yang sederhana dan cocok untuk bahan bakar maupun menjadi kebutuhan lain adalah biogas. Biogas memiliki kandungan energi yang kurang lebih sama dengan bahan bakar fosil [1]. Biogas sangat cocok sebagai pengganti Bahan Bakar Minyak karena didalam biogas mengandung 75% gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Untuk menghasilkan biogas perlu proses fermentasi *anaerob* dimana dalam proses ini menggunakan bakteri *methanogenesis*, dimana pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya nilai pH, temperatur dan nutrisi. Mikroorganisme berkembang biak dengan kondisi tertentu (pH, nutrisi, dan temperature stabil) maka akan berdampak pada volume biogas yang dihasilkan.

Dalam pembuatan bioreaktor *anaerob* peran pertumbuhan mikroorganisme sangat berpengaruh, terutama terhadap hasil

biogas, dimana parameter untuk mengindikasikan adanya pertumbuhan mikroorganisme ini salah satunya berasal dari pH. Saat ini estimator yang ada masih sebatas simulasi kecepatan pertumbuhan mikroorganisme saja dan belum di implementasikan secara *online* [2]. Estimator merupakan alat untuk memprediksi suatu nilai berdasarkan parameter yang diukur. Dalam tugas akhir ini parameter yang diamati ialah nilai pH pada saat pengukuran serta volume biogas yang dihasilkan oleh bioreaktor *anaerob*. Sehingga koefisien kecepatan pertumbuhan mikroorganisme ( $\mu$ ) dipengaruhi oleh nilai pH serta volume yang dihasilkan. Hubungan antara kecepatan pertumbuhan mikroorganisme dengan parameter yang mempengaruhinya dapat dimodelkan melalui Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

Implementasi estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme berbasis JST pada bioreaktor *anaerob* secara *online* perlu dilakukan guna mengetahui kinerjanya, sehingga perlu dilakukan implementasi secara *online* pada kondisi bioreaktor dengan kondisi yang sama [3].

Permasalahan pada tugas akhir ini adalah bagaimana kinerja estimator kecepatan pertumbuhan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST) jika diaplikasikan secara *online* pada bioreaktor *anaerob*. Sedangkan tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui kinerja estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST) jika diaplikasikan secara *online* pada bioreaktor *anaerob*.

## II. DASAR TEORI

### II.1 Bioreaktor *Anaerob*

Bioreaktor *anaerob* adalah reaktor yang banyak dipergunakan untuk mengekstrak biogas yang dihasilkan dari pembusukan bahan-bahan organik oleh bakteri pada kondisi *anaerob* (tanpa ada oksigen bebas) dengan bermacam – macam bahan limbah organik cair atau padat maupun dari kotoran ternak, limbah pertanian maupun sampah organik. Dalam proses pembuatan biogas dengan proses *anaerob* gas yang dihasilkan berupa gas metan sekitar 75% [1]. Pada proses *anaerob* ini mempunyai beberapa tahapan yaitu hidrolisis, acidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Pada tahap hidrolisis, bahan-bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan

rantai yang lebih pendek [4]. Sedangkan pada tahap pengasaman bakteri menghasilkan asam yang berfungsi untuk mengubah senyawa dari tahapan hidrolisis menjadi asam asetat. Dan tahapan terakhir yaitu tahapan metanogenesis merupakan tahap pembentukan gas metan ( $\text{CH}_4$ ) yang dihasilkan oleh bakteri *methanogenesis*.

### II.2.1 Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan indikator tingkat derajat keasaman suatu larutan. pH juga dapat menentukan kehidupan suatu makhluk dimana tingkat kehidupannya berbeda – beda sesuai dengan lingkungan. Parameter kestabilan bioreaktor *anaerob* sangat dipengaruhi oleh besaran pH. pH yang kurang dari 5 dan lebih dari 7,4 dalam bioreaktor akan mengalami pengurasan (*washout*), dengan kata lain mikroorganisme akan mengalami kematian. Untuk pH 5 sampai 6,7 mikroorganisme berada pada kondisi kurang stabil pada kondisi ini mikroorganisme dapat berkembang apabila diberi penambahan substrat, bisa juga tidak tetapi hasil biogas akan kurang maksimal. Sedangkan kondisi mikroorganisme stabil berada pada pH 6,7 sampai 7,4 dimana kondisi ini mikroorganisme berada pada kondisi optimal, sehingga akan menghasilkan biogas yang optimal pula.

Nilai parameter kinetika laju pertumbuhan mikroorganisme ( $\mu$ ) yang merupakan salah satu indikator akan dipengaruhi oleh nilai laju alir biogas, temperatur, pH dan konsentrasi senyawa organik [4]. Pertumbuhan mikroorganisme dapat diketahui apabila terdapat nilai koefisien dari kecepatan pertumbuhan atau yang disebut  $\mu$  ( $\mu$ ). Untuk menentukan nilai dari koefisien pertumbuhan mikroorganisme ( $\mu$ ) ini menggunakan pendekatan yaitu berupa estimasi. Penentuan estimasi ini menggunakan parameter yang terukur salah satunya yaitu pH dan juga volume biogas yang dihasilkan. Pertumbuhan mikroba dapat diketahui dengan menggunakan grafik pH dan volume biogas yang diproduksi, sebagai fungsi dari *retention time*.

### II.2.2 Temperatur

Produksi gas sangat bagus yaitu pada kisaran mesofilik, antara suhu  $25^\circ\text{C}$  dan  $30^\circ\text{C}$ . Gas metana dapat diproduksi pada tiga range suhu sesuai dengan bakteri yang ada. Bakteri *psychrophilic*  $0 - 7^\circ\text{C}$ , bakteri *mesophilic* pada suhu  $13 - 40^\circ\text{C}$  sedangkan *thermophilic* pada suhu  $55 - 60^\circ\text{C}$ . Suhu yang optimal untuk digester adalah suhu  $30 - 35^\circ\text{C}$ , kisaran temperatur ini merupakan kondisi terbaik untuk pertumbuhan bakteri dan produksi metana di dalam digester dengan lama proses yang pendek [4]. Pengukuran suhu biogas pada umumnya berlangsung di pagi hari, siang dan sore hari, tergantung juga daripada kebutuhan maupun dari eksperimen yang dilakukan. Suhu dari biogas ini bergantung pada lingkungan sekitar karena dapat mempengaruhi aktifitas mikroba sehingga akan berpengaruh pula pada biogas yang dihasilkan. Khususnya bakteri metan sebagai penghasil gas metan ( $\text{CH}_4$ ), parameter volume biogas total didapatkan dari parameter salah satunya pH, suhu dan tekanan biogas [5].

Laju pertumbuhan mikroorganisme sebagai fungsi temperatur, jika diketahui suatu konsentrasi mikroorganisme dalam suatu substrat pada bioreaktor *anaerob*, maka kecepatan pertumbuhan mikroorganisme dapat ditentukan dengan menggunakan Hukum Arrhenius, dimana:

$$\mu = A e^{(E_a/RT)}$$

Jika diintegrasikan akan menghasilkan :

$$\ln \mu = (-\Delta E_a/R) (1/T) + \ln A$$

dimana :

R : konstanta gas

T : suhu pertumbuhan

A : konstanta Arrhenius

$E_a$  : Energi aktifitas

### II.2.3 Produksi Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada bahan organik dimana bahan ini dapat terurai secara alami pada kondisi *anaerobic*. Biogas terdiri dari gas metana ( $\text{CH}_4$ ) sekitar  $50 - 70\%$ , gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sekitar  $30 - 40\%$ , Hidrogen sekitar  $5 - 10\%$  [2]. Biogas memiliki berat sekitar  $20\%$  lebih ringan dibanding udara, dengan suhu pembakaran mencapai  $650 - 750^\circ\text{C}$ . Biogas ini dapat dihasilkan oleh limbah cair maupun padat dari bahan organik apa saja.

Kotoran hewan khususnya kotoran sapi merupakan salah satu limbah organik yang dapat menghasilkan biogas karena memiliki kadar C/N ratio sekitar 24. Untuk pengolahannya kotoran sapi memerlukan penambahan air. Penambahan air dengan kotoran sapi berbanding  $1 : 1$  j kotoran sapi tersebut masih segar. Jika kering maka penambahan air bisa berbanding  $1 : 1,25 - 2$ . Partikel yang mengendap akan menghambat gas yang dihasilkan oleh mikroorganisme. Gas yang dihasilkan oleh kotoran sapi berkisar antara  $0,023 - 0,040 \text{ m}^3$  (dihasilkan per Kg kotoran) [2]. Untuk lebih cepat menghasilkan biogas maka campuran kotoran sapi disaring terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam digester (lihat Tabel 1).

Volume biogas merupakan hasil dari proses pembuatan ekstraksi bahan organik, dimana biogas juga berhubungan dengan pertumbuhan mikroorganisme ( $\mu$ ). Karena volume dihasilkan oleh bakteri penghasil biogas yang berkembang biak apabila mendapatkan nutrisi yang tercukupi. Apabila volume yang dihasilkan banyak maka terdapat pertumbuhan mikroorganisme berjalan dengan baik, begitu juga sebaliknya.

Kecepatan pertumbuhan mikroorganisme pada digester bioreaktor *anaerob* terjadi secara eksponensial, dimana dinyatakan di dalam persamaan [6].

$$\mu x = dx/dt$$

dimana kerapatan mikroorganisme ( $x$ ) meningkat dengan:

$$x = x_0 X e^{\mu t}$$

Sedangkan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme yang berpengaruh terhadap temperatur dapat diketahui dengan menggunakan hukum Gay-Lussac, yaitu volume gas pada tekanan tetap.

$$V_{t1} = V_t \left( 1 + \frac{26 - t}{273} \right)$$

Dimana

$V_{t1}$  : volume gas pada tekanan tetap (l)

$V_t$  : volume gas pada temperatur tetap (l)

26 : temperatur gas tetap ( $^\circ\text{C}$ )

t : temperatur gas terukur ( $^\circ\text{C}$ )

Table 1.  
Rasio C/N Dari Beberapa Bahan Organik [2]

Bahan	Rasio C/N
Kotoran bebek	8
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran kerbau/sapi	24

$\frac{1}{273}$  : volume sembarang gas dengan massa tertentu pada

tekanan konstan akan bertambah  $\frac{1}{273}$  bagian dari volumenya untuk kenaikan suhu sebesar  $1^\circ\text{C}$ .

## II.2 Estimator Kecepatan Pertumbuhan Mikroorganisme pada Bioreaktor Anaerob

Pada proses bioreaktor *anaerob* terdapat 3 proses yaitu proses fisika, proses kimia dan proses biologi, sehingga proses yang terjadi di dalam bioreaktor anaerob merupakan proses yang sangat kompleks dan *non-linear*. Untuk itu monitoring kondisi mikroorganisme sangat penting dilakukan, dalam membuat bioreaktor ekstraksi kotoran ternak tidak dilengkapi dengan adanya sistem yang dapat memonitor secara *online* kondisi mikroba didalam bioreaktor. Untuk mengaplikasikan proses pengolahan limbah organik tersebut diperlukan sebuah estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme ( $\mu$ ) secara *online*. Saat ini estimator kecepatan pertumbuhan masih berupa simulasi. Estimator pertumbuhan mikroorganisme dapat berupa model matematis sebagai fungsi kondisi operasi bioreaktor, dalam hal ini berupa besaran fisis pH dan volume biogas yang diproduksi. Dengan termonitornya nilai pH dalam reaktor secara *online* dan kemudian dimodelkan dalam bentuk matematis maka, kecepatan pertumbuhan mikroorganisme dapat diketahui kondisinya. Sebab kecepatan pertumbuhan mikroorganisme ( $\mu$ ) dapat diketahui berdasarkan pasangan data input dari nilai pH yang terukur dan volume  $\text{CH}_4$ . Dari data pasangan input – output ini, maka dapat dilakukan pemodelan dalam bentuk Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Jaringan Syaraf Tiruan disini berfungsi untuk mengestimasi nilai input pH dan volume dengan output  $\mu$ .

## II.3 LabView

*LabView* adalah sebuah bahasa pemrograman yang ditetapkan oleh standart industri untuk aplikasi pengujian, pengukuran, dan otomasi. Sebuah perkembangan pada pemrograman dengan ikon gambar dan grafik dimana pengguna dapat menggunakan untuk mendesain suatu sistem menyerupai bentuk aslinya, dan dapat melakukan pengamatan dengan hasil yang maksimal serta dapat mengontrol suatu aplikasi *programmable*. Salah satu aplikasi yang dapat digunakan dalam *LabView* ini adalah untuk mengestimasi keadaan berdasarkan model matematis yang dihitung melalui JST. Estimasi yang dilakukan pada program *LabView* ini salah satunya untuk memprediksi keadaan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme berdasarkan pengukuran nilai pH dan volume yang diproduksi.

Adapun jalur komunikasi untuk implementasi dari estimator ini ialah data pengukuran (pH dan volume biogas) yang terukur kemudian diolah melalui data akuisisi (DAQ) agar

keluaran sensor dapat dibaca oleh komputer pada *software LabView* dan terlihat pada display. Didalam *software LabView* memasukkan nilai data training yang didapatkan melalui Jaringan Syaraf Tiruan dan model matematis yang telah diperoleh sehingga nilai output  $\mu$  dapat diketahui.

## III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian kali ini akan dibuat suatu implementasi kecepatan pertumbuhan mikroorganisme secara *online*, dengan metodologi seperti yang ditunjukkan pada *flow chart* dalam Gambar 1.

### III.1 Desain Estimator

Dalam pembuatan estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme pertama – tama akan dilakukan desain yang persis 80% dengan desain pembuatan, kondisi, dan pemilihan bahan yang sama, agar pengukuran pH dan volumenya dapat sama persis dengan hasil pengukuran pada TA sebelumnya [3]. Pada pembuatan biogas ini terdapat tabung bioreaktor dimana salah satu pengukurannya yaitu di desain secara *online* yang menggunakan tampilan pada *LabView*.

Desain implementasi estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme ini (lihat Gambar 2) terdiri dari tabung bioreaktor, gas kolektor, dengan input pH meter sebagai alat ukur pH dan volume yang diamati terlebih dahulu baru di *entry* melalui *keyboard* kedalam *software LabView*. Kedua parameter ini harus diinput agar kondisi mikroorganisme dapat muncul.

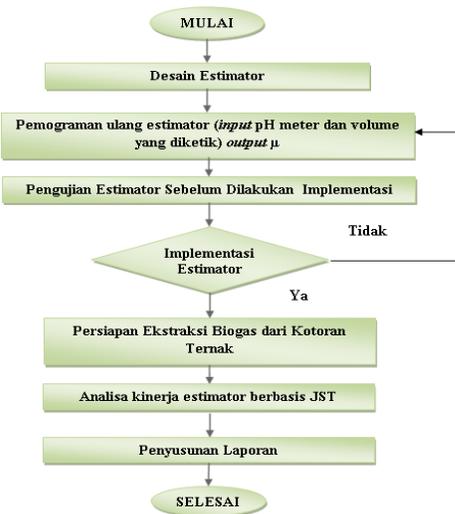
#### III.1.1 Desain Tabung Bioreaktor

Desain plant bioreaktor yang diukur secara *online* ini terdiri dari tabung berbahan PVC putih dengan ukuran panjang tabung adalah 38,4 cm, diameter luar yaitu 16,8 cm dan diameter dalam 15 cm dengan tebal pipa 0,9 cm (lihat Gambar 3). Tabung ini menggunakan tutup berupa akrilik bewarna bening dimana pada bagian atas terdapat dua buah masukan yaitu lingkaran untuk selang menuju gas kolektor, dan klep untuk pengukuran pH. Pada tutup akrilik bagian bawah untuk keluaran dan masuknya substrat dihubungkan menggunakan pipa sebesar  $\frac{1}{2}$  inch.

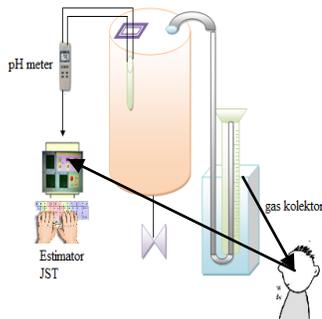
#### III.1.3 Perancangan Softsensor

Perancangan ini merupakan blok diagram perancangan softsensor, dimana terdapat 2 variabel input berupa pH dan volume biogas dari data pengukuran (lihat Gambar 4). Kemudian diolah kedalam *softsensor*, dalam *softsensor* ini terdapat model JST yang telah dilakukan sehingga dapat memunculkan nilai output berupa  $\mu$  dan kondisi mikroorganisme. Setelah dilakukan perhitungan pada *softsensor* maka dapat dilihat hasil pengujianya.

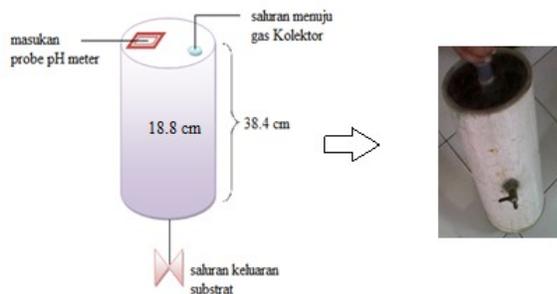
Untuk pemodelan pada JST ini menggunakan arsitektur *Backpropagation* (lihat Gambar 5) dengan algoritma training *Lavenberg Marquardt*. Struktur pada JST ini memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih layar tersembunyi dengan jumlah input sebanyak 2 yaitu pH dan volume gas metan dan jumlah output sebanyak satu yaitu pertumbuhan mikroorganisme (nilai  $\mu$ ).



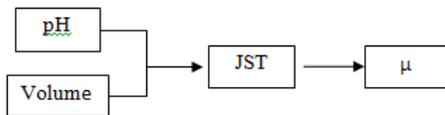
Gambar. 1. Diagram alir penelitian



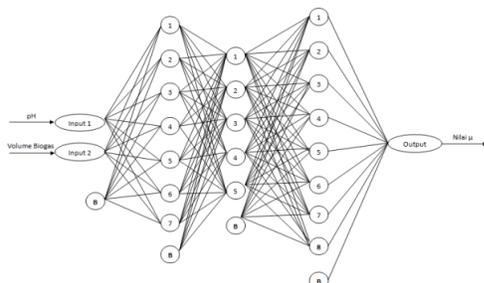
Gambar. 2. Desain Estimator secara online



Gambar. 3. Desain tabung bioreaktor dan realisasi



Gambar. 4. Blok diagram perancangan softsensor



Gambar .5. Arsitektur JST dengan struktur backpropagation



Gambar. 6. Implementasi Estimator Pengukuran pada Bioreaktor Secara Online

Penyusunan JST ini menggunakan pasangan data pH dan volume dari tugas akhir sebelumnya [3]. Dengan pasangan data tersebut maka hubungan antara pH dan volume terhadap pertumbuhan mikroorganisme dapat diketahui dengan melakukan *scaling* data dengan tujuan agar data yang didapatkan dapat diproses saat berjalannya proses *training* dengan mengubahnya menjadi range 0 (min) sampai 1 (max). Setelah itu dilakukan proses skoring nilai  $\mu$  tersebut.

Fungsi aktivasi yang digunakan pada struktur ini menggunakan tangen hiperbolik/signoid biner. Sedangkan layer pada output menggunakan fungsi aktivasi purelin atau linear, alasan menggunakan 2 fungsi aktivasi tersebut dikarenakan data yang digunakan “tidak linear” maka menggunakan fungsi aktivasi tangen hiperbolik/signoid biner. Sedangkan untuk fungsi aktivasi linear sengaja digunakan pada layar output dengan tujuan supaya diperoleh nilai MSE yang terkecil.

### III.2 Implementasi Estimator pada Bioreaktor Anaerob

Langkah selanjutnya adalah menguji estimator dengan menggunakan pH meter yang disambung secara *online* dan mengetik nilai volume yang diamati terlebih dahulu kedalam software *LabView*. Untuk melakukan percobaan estimator pada tabung bioreaktor secara *online* (lihat Gambar 6) adalah dengan mengukur nilai pH pada tabung bioreaktor yang berisi substrat dari sari kotoran ternak (sapi) dan menyambungkan pada software *LabView* dengan menggunakan port to serial dan db9 sebagai komunikasi data antara pH meter sehingga dapat muncul pada tampilan *LabView*. Setelah nilai pH dan tampilan pada *LabViews* sama, maka tahap selanjutnya *entry* data volume biogas untuk monitoring kecepatan pertumbuhan mikroorganisme.

Cara melakukan pengukuran secara *online* dengan pH meter yang diukur langsung pada tabung dan juga disambungkan pada software *LabView*. Sedangkan untuk volume biogas diperoleh dari pengamatan dan diketik menggunakan *keyboard*.

III.5 Persiapan Percobaan Ekstraksi Biogas Kotoran Ternak Dari Bioreaktor Anaerob

Setelah pengujian alat pH meter dan software *LabView* sebagai tampilannya maka langkah berikutnya adalah membuat percobaan untuk mengekstraksi kotoran ternak sapi sebagai bahan baku utama pembuatan biogas. Kotoran ternak sapi yang digunakan adalah yang masih basah kemudian di campur dengan air dengan perbandingan 1:1, setelah itu disaring dan dimasukkan dalam tabung digester. Untuk biogas kotoran sapi ini tidak perlu tambahan katalis karena kotoran sapi memiliki kandungan pertumbuhan mikroba khususnya bakteri *anaerob* yang sangat tinggi dari pada bahan lainnya.

Langkah pertama yang dilakukan untuk melakukan percobaan ini adalah mempersiapkan tabung biogas, tabung yang digunakan yaitu tabung yang terbuat dari PVC. Tabung yang pertama digunakan untuk mengetahui nilai kecepatan pertumbuhan mikroba dengan menggunakan software *LabView*.

Ekstraksi untuk pembuatan biogas pertama – tama yaitu menyiapkan bahan berupa kotoran sapi dan air kemudian mencampur kotoran ternak tersebut dengan air, perbandingan 1:1 campuran kotoran ternak dengan air ini diaduk sampai partikel – partikel kotoran sapi tersebut menyatu dan larut dengan air (lihat Gambar 7).

Setelah pengadukan dilakukan pengukuran pH sebelum memasukan kedalam bioreaktor. Hal ini sangat penting karena mikroba yang akan tumbuh didalam tabung terjadi diantara pH 6 sampai 7. Nilai pH pada substrat saat pencampuran adalah 6.04 yang berarti pH tersebut netral (lihat Gambar 8).

Susbrat yang dimasukan sebelumnya disaring terlebih dahulu, karena biogas terbentuk dari sari kotoran sapi dan air saja, penyaringan ini berfungsi agar mikroorganisme dapat tumbuh dengan cepat, daripada pembuatan biogas dengan tidak menyaring terlebih dahulu, proses dapat dilihat pada gambar 3.15. Pengisian substrat pada tabung hanya sekitar 80% atau 3/4 saja.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV. 1 Kinerja Estimator Secara Simulasi

Pada tugas akhir sebelumnya [2] telah dirancang sebuah estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme dalam bentuk simulasi, dimana estimator ini pengukuran nilai pH dan volume biogas di analogikan dengan tegangan dari potensiometer. Dalam simulasi estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme ini potensiometer yang digunakan ada dua buah. Potensio pertama sebagai masukan nilai pH dan potensiometer kedua sebagai masukan nilai volume biogas. Kedua masukan input tersebut selanjutnya diteruskan ke data akuisisi (DAQ) yang berupa mikrokontroler.

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui bahwa keadaan mikroorganisme yang terdapat pada keadaan tersebut masih tidak stabil. Sehingga dapat dikatakan prediksi kemunculan mikroorganisme dalam bioreaktor kecil, bila dilihat dalam keadaan yang sebenarnya maka didalam reaktor keadaan kotoran ternak masih dalam keadaan asam oleh karena itu produksi gas CH<sub>4</sub> sedikit.



Gambar. 7. Pengadukan substrat



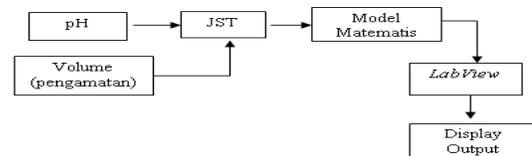
Gambar. 8. Nilai pH pada saat pengukuran dan pemasukan substrat



Gambar. 9. Tampilan simulasi pada LabView

Tabel 2. Pengukuran dengan Analogi Tegangan [2]

No.	Vout potensio meter (V)	pH	Volume biogas (mm <sup>3</sup> )	Miu (μ)
1	0.23	5.04	0	1.26
2	0.58	5.07	0.001	1.762
3	1.37	5.09	0	1.585
4	1.65	5.1	0	1.65
5	1.96	5.11	0.0005	1.8685
6	2.04	5.13	0.001	2.152
7	2.34	5.18	0.0015	2.6305
8	2.57	5.2	0.002	2.914
9	2.94	5.24	0.0057	4.3099
10	3.03	5.32	0.0078	5.4746
11	3.43	5.4	0.0084	6.1788
12	3.69	5.44	0.011	7.237
13	3.92	5.47	0.0106	7.3092
14	4.04	5.4	0.0082	6.1174
15	4.53	5.36	0.0065	5.3355
16	4.71	5.16	0.0057	3.7899
17	4.93	5.1	0.0019	2.2333
18	5	5.07	0	1.28



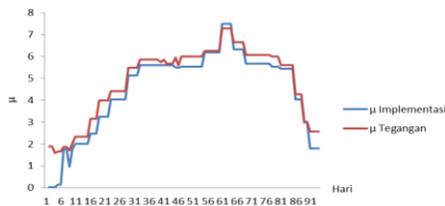
Gambar. 10. Blok diagram estimator *real plant*

Tabel 3.  
Pengukuran secara *real plant*

pH	Volume	$\mu$
	Metan (l)	
6.05	0	0.0231
6.04	0	0.023
6	0	0.022
6.09	0	0.956
6.11	0	1.786
6.15	0.007	1.999
6.19	0.01	2.47
6.21	0.0015	3.255
6.26	0.02	4.04
6.35	0.027	5.139
6.49	0.03	5.61
7.32	0.04	6.18
7.45	0.05	7.5
7.42	0.047	6.33
6.87	0.035	5.52
6.37	0.02	4.03
6.27	0.01	2.98
6.1	0	1.789



Gambar. 11. Data online dengan kondisi mikroorganisme stabil



Gambar. 12. Grafik perbandingan nilai  $\mu$  pengukuran dengan estimator

Dengan menggunakan analogi dari potensiometer sebagai besaran pH dan volume pada penelitian sebelumnya [2] yang menggunakan range pH 5,1 – 5,5 sebagai analogi tegangan 0 – 5 Volt DC. Dan untuk volume dengan range 0–254 Liter dianalogikan dengan tegangan 0–5 Volt DC. Maka didapatkan data pengukuran seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

#### IV.2 Kinerja Estimator Secara Real Plant

Untuk menghasilkan nilai  $\mu$  pada estimator berbasis JST ini terdapat dua buah input yaitu pH yang diukur serta volume yang dihasilkan oleh bioreaktor *anaerob* (lihat Gambar 10). Pada sensor pH sudah terdapat rangkaian DAQ sehingga data yang terukur dapat dihubungkan ke tampilan *LabView* dengan menggunakan komunikasi serial. Sedangkan input volume diketik melalui *keyboard*, dimana pada *LabView* sudah terdapat ikon untuk setting tampilan volume.

#### IV. PEMBAHASAN

Hasil pengukuran dari nilai  $\mu$  pada simulasi estimator dapat diketahui bahwa pada range pH 5,1 – 5,5 dan volume dengan

range 0 – 0,012 diperoleh hasil grafik seperti pada gambar 4.26 grafik dengan warna merah, sedangkan pada pengukuran nilai pH pada range 6,05 – 7,45 dan volume dengan range 0 – 0,05 secara *online* diperoleh grafik dengan warna biru. Dari Gambar 4.26 Grafik terlihat bahwa plot grafik nilai  $\mu$  yang dihasilkan oleh pengukuran dengan estimator tidak jauh beda, berdasarkan pola grafiknya nilai  $\mu$  pada saat pengukuran dengan nilai  $\mu$  estimator memiliki kesamaan yaitu berbentuk plot grafik parabolic. Nilai  $\mu$  yang dihasilkan pada saat pengukuran pada *real plant* yaitu 7,5 pada pengukuran pH 7,45 dengan hasil volume 0,05l lebih tinggi kecepatan pertumbuhan dibanding dengan nilai kecepatan  $\mu$  pada estimator, yaitu 7,3092 dengan nilai pH 5,47 dan nilai volume 0,0106ml<sup>3</sup>. nilai karena hasil pengukuran sebelumnya range pH serta volumenya lebih kecil daripada pengukuran secara langsung, dengan melihat dari grafik nilai kecepatan pertumbuhan mikroorganisme atau  $\mu$  pada pengukuran *online* lebih stabil (lihat Gambar 11-12).

#### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan percobaan serta penelitian tugas akhir maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dihasilkan sebuah Implementasi estimator kecepatan pertumbuhan mikroorganisme pada bioreaktor *anaerob* secara *online*.
2. Nilai  $\mu$  pada percobaan secara *online* dihasilkan dari pemodelan JST
3. Nilai  $\mu$  terbaik dihasilkan pada saat pengukuran *online* sekitar 7,5 dengan pada pengukuran pH 7,45 dan hasil volume sebesar 0,05 l. Sedangkan pada simulasi nilai  $\mu$  terbaik sekitar 7,3092 dengan nilai pH 5,47 dan volume sebanyak 0,0106 l.
4. Terdapat 3 kondisi dimana pada kondisi ini merupakan pertumbuhan mikroorganisme mulai dari tidak stabil, kurang stabil, sampai stabil. Dengan nilai pH 6,05 sampai 6,23 adalah kondisi mikroorganisme tidak stabil. Dengan nilai pH 6,24 sampai 7,28 adalah kondisi dimana mikroorganisme kurang stabil. Dengan pH 7,30 sampai 7,45 adalah kondisi dimana mikroorganisme stabil.
5. Kondisi serupa dilakukan juga untuk Volume CH<sub>4</sub> dilakukan dengan 3 kondisi yaitu kondisi tidak stabil dengan nilai volume 0 sampai 0.01 l, kondisi kurang stabil dengan nilai 0.015 l sampai 0.02 l, dan kondisi stabil dengan nilai 0.03 sampai 0.05 l.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Wahyuni, Sri. “Biogas”.Penebar Swadaya. Jakarta. 2009  
 [2] Sasongko, Wahyu., 2011. “Perancangan Sistem Monitoring KoefisienKecepatan Pertumbuhan Mikroorganisme Pada Bioreaktor Anaerob Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
 [3] Ngafif, A. Rancang Bangun Sistem Monitoring Bioreaktor Anaerob Secara Online Dengan Menggunakan *Visual Basic*. 2009, Surabaya  
 [4] Suyitno. 2010. Teknologi Biogas. Yogyakarta: Graha Ilmu.  
 [5] Trisno Saputra et al. “Produksi Biogas dari Campuran Feses Sapi dan Ampas Tebu dengan Rasio C/N”. Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada. Juni 2010.  
 [6] Schlegel, HG. “Mikrobiologi Umum Edisike 6”, Universitas Gajah Mada, 1994