

Perancangan Sistem Pengaduk Pada Bioreaktor *Batch* untuk Meningkatkan Produksi Biogas

Candrika Widiartanti Yuwono dan Totok Soehartanto

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: totokstf@yahoo.com

Abstrak—Proses *anaerob* merupakan proses fermentasi dimana memiliki proses yang berlangsung cukup lama. Dan pada bioreaktor *anaerob* sistem *batch*, diduga terdapat indikasi pada penurunan jumlah produksi *biogas*, yang disebabkan karena terjadi pengendapan atau pemisahan antara limbah cair dengan padatnya. Untuk itu muncul upaya untuk melakukan sistem pengadukan agar terjadi homogenitas dan bisa menyerupai seperti kondisi awal, sehingga diharapkan dapat memperpanjang masa produksi *biogas*. Adapun pengadukan merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada kehidupan mikroba. Dan pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sistem pengaduk yang digerakkan oleh sebuah motor dimana menggunakan *timer* dan pengatur kecepatan. Desain disesuaikan dengan substrat yang digunakan yaitu limbah cair tahu dan eceng gondok, yang mengalami pengendapan sehingga pada pengaduk memiliki *blade* yang diletakkan di dasar dalam bioreaktor. Sistem pengadukan dilakukan pada saat nilai pH yang diamati tiap harinya mengalami penurunan, yaitu pada hari ke-24 pH bernilai 6,49. Dan pada pengukuran berikutnya ditunjukkan dengan pH bernilai 6,89. Pengadukan dilakukan secara pelan dengan putaran 170 rpm selama 2 x 1 menit. Hasil daripada jumlah produksi *biogas* yang dihasilkan bisa dibandingkan antara bioreaktor *batch* tidak berpengaduk dengan bioreaktor *batch* berpengaduk, dimana berturut-turut memiliki jumlah *volume* 467 mL (25 hari) dan 873 mL (31 hari).

Kata Kunci—bioreaktor *anaerob*, *batch*, pengaduk, homogen

I. PENDAHULUAN

PADA dasarnya bioreaktor *anaerob* merupakan suatu proses yang terdapat kegiatan dari mikroorganisme dimana digunakan untuk menghasilkan biogas. Pada proses ini anaerob ini memiliki proses yang berlangsung cukup lama, yang terdiri dari tiga tahap atau fase yang harus dilewati. Fase pertama yaitu dimulai dari hidrolisis saat proses penguraian, kemudian asedogenesis saat-saat untuk fermentasi atau pengasaman serta fase terakhir yaitu metanogenesis saat-saat pembentukan gas metan. Dan untuk mendapatkan hasil biogas yang optimal proses berlangsung dalam kurun waktu paling sedikit kurang lebih selama dua minggu. Lamanya proses yang berlangsung inilah yang menyebabkan terjadinya pengendapan atau terbentuknya *sludge*, sehingga pada bioreaktor ini dilengkapi dengan saluran pembuangan pada bagian bawah tangki. Pemisahan yang terjadi ini memiliki dampak pada produktifitas biogas nantinya. Dan pada penelitian ini akan dicoba proses pengadukan yang dilakukan secara manual berdasarkan variabel pH. Variabel pH ini jelas sangat berpengaruh pada populasi mikroorganisme yang ada pada bioreaktor anaerob ini. Yang dimana menurut Wahyuni 2009,

variabel pH merupakan faktor yang memfasilitasi dan menghambat pada saat berlangsungnya proses. Untuk itu perlu dilakukan perancangan bioreaktor *batch* yang dilengkapi dengan agitator atau pengaduk. Dimana diperlukan sebuah sistem pengendali untuk mengatur waktu dan kecepatan pengadukan secara manual hingga menjadi homogen. Sistem pengaturan ini menggunakan *timer*, *counter* dan PWM (*pulse with modulation*) pada *minimum system microcontroller*. Diharapkan dari perancangan sistem pengendalian ini dapat diketahui dan dianalisa pada pengadukan substrat di dalam bioreaktor *anaerob* tipe *batch* sehingga bisa meningkatkan produksi biogas.

II. TEORI PENUNJANG

2.1 Proses Anaerob

Proses anaerob merupakan proses penguraian bahan organik oleh bakteri anaerob dimana proses penguraian ini terjadi saat tidak adanya oksigen. Proses ini biasanya digunakan di industri makanan seperti pabrik tempe, pabrik tahu, dan lain sebagainya. Adapun pada proses ini memiliki tiga tahapan proses [2].

2.1.1 Tahap hidrolisis

Tahap pertama yaitu hidrolisis, merupakan proses awal pada proses ini yaitu proses terjadinya penguraian bahan organik yang kompleks menjadi sederhana atau mudah terurai. Bahan organik terurai ini bisa langsung digunakan pada bakteri selanjutnya yaitu bakteri asidogenik. Adapun produk akhir dari tahapan hidrolisis ini berupa monosakarida, asam lemak, asam amino, purin dan primidin, serta bahan – bahan organik yang sulit terurai [3]. Meskipun begitu hasil dari produk ini tidak berpengaruh pada nilai karakteristik limbah.

2.1.2 Tahap Pengasaman

Tahap kedua yaitu tahap pengasaman dimana terbentuknya bakteri asidogenik, yang dimana tahapan ini menghasilkan produk utama berupa asetat. Pada tahap pengasaman ini terjadi dua tahap yaitu asidogenesis dan asetogenesis. Pada proses asidogenesis merupakan proses pembentukan asam organik, dimana komponen monomer yang terbentuk dari tahap hidrolisis menjadi asam lemak volatile dan CO₂. Kemudian penguraian asam lemak volatile menjadi asam asetat dan H₂ yang disebut dengan proses asetogenesis.

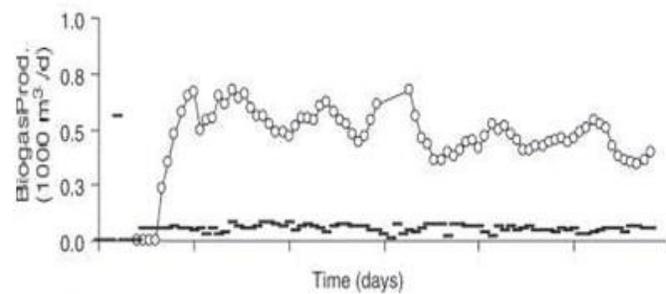
2.1.3 Tahap metanogenesis

Fase metanogenik merupakan proses akhir dari anaerob dimana terjadi pembentukan gas metan (CH₄) dari tahapan sebelumnya asam asetat, CO₂ dan H₂. Terdapat dua kelompok mikroba dalam bakteri metanogen dalam menghasilkan

produksi metan^[1]. Yaitu *acetivlastic methanogens* yang berfungsi untuk membagi asetat kepada gas metan dan gas karbondioksida, dan hidrogen memanfaatkan metanogen dengan menggunakan hidrogen meneruskan electron sementara karbondioksida sebagai penerima elektron untuk menghasilkan gas metan.

Terdapat beberapa faktor yang memiliki dampak pada tingkat produksi gas metan, seperti kandungan rasio C/N dalam bahan organik, suhu, pH, waktu tinggal, pengadukan^[4].

- a. Rasio : merupakan hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang terkandung dalam bahan organik. Apabila rasio C/N sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metan, sehingga produksi metan menjadi rendah. Dan apabila sebaliknya, jika rasio C/N sangat rendah, maka nitrogen akan bebas menambah bentuk NH_4 (amoniak). Sehingga akan berakibat racun bagi bakteri metan yang ada.
- b. Suhu: Bakteri metan memiliki keadaan optimum pada suhu 35°C atau pada kondisi mesofilik berkisar $20^\circ\text{C} - 35^\circ\text{C}$ ^[4]. Pada dasarnya bakteri metan memiliki keadaan tidak produksi di saat suhu yang sangatlah tinggi dan juga sangatlah rendah.
- c. pH : pada umumnya dengan nilai pH 6 – 7 produksi biogas tercapai secara optimum. Akan tetapi pada proses anaerob nilai pH memiliki kisaran tersendiri pada setiap tahap. Saat tahap hidrolisis nilai pH berkisar dibawah 6,4^[1] atau masih asam. Nilai pH yang terlalu rendah bisa saja menghentikan tahap selanjutnya yaitu proses fermentasi. Untuk nilai pH stabil produksi metan berkisar 7,2 – 8,2^[4].
- d. Waktu tinggal : merupakan waktu yang diperlukan untuk mendapat proses degradasi bahan organik. Pada umumnya sekitar 15 – 30 waktu tinggal yang dibutuhkan pada reaktor mesofilik.
- e. *Slurry* : merupakan residu atau fluida yang dibuang karena sudah tidak terpakai lagi dan telah mengalami proses fermentasi oleh bakteri metan pada proses anaerob didalam pencernaan. Setelah ekstraksi biogas (energi), *slurry* keluar dari ruang pencernaan sebagai produk samping dari sistem pencernaan secara aerobik.
- f. Pengadukan : pengadukan yang berlebihan dapat merusak mikroorganisme dan sehingga pengadukan yang lambat lebih disukai^[1]. Pengadukan dalam reaktor memiliki beberapa fungsi diantaranya untuk menjaga tidak terjadinya endapan di dasar reaktor, dikarenakan hal ini bisa menyebabkan terhambatnya aliran gas yang terbentuk di daerah dasar sehingga berpengaruh terhadap jumlah biogas yang akan dihasilkan. Selain itu dapat meningkatkan kontak antara mikroba dengan substrat sehingga bakteri mendapatkan nutrisi dengan baik.

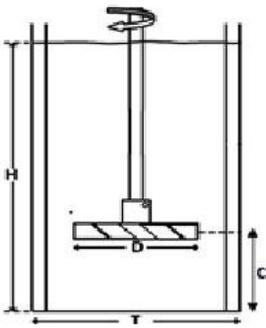


Gambar. 1. Kurva batch secara umum^[10]

Pada grafik diatas antara pertumbuhan mikroba yang menghasilkan biogas dengan lamanya waktu tinggal pada bioreaktor batch. Dimana pada proses yang tidak terdapat sistem pengadukan juga mempengaruhi kehidupan mikroba, karena tidak terdapat pencampuran kembali atau menjadikan substrat dalam bioreaktor menjadi homogen. Hal ini dikarenakan mikroba kurang optimal dalam mendapatkan nutrisi atau makanan saat aktifitas mikroba berlangsung menghasilkan gas metan. Dan volume biogas merupakan hasil yang menunjukkan kehidupan mikroba lambat laun akan menurun dan mengalami kematian.

2.2 Tangki Berpengaduk

Pada dasarnya setiap limbah cair atau bahan organik yang digunakan untuk pembuatan biogas memiliki kandungan *sludge* atau kotoran seperti halnya lumpur. Dan hal ini merupakan salah satu hal yang mempengaruhi saat proses pembuatan biogas di dalam bioreaktor. Seperti yang telah diketahui proses pembuatan biogas berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Permasalahan ini bisa dengan mudah diatasi jika proses berlangsung pada bioreaktor yang memiliki pengaduk baik proses secara *batch*, semi *batch* maupun proses kontinyu. Dimana terdapat hal penting yang harus diperhatikan dari tangki berpengaduk dalam penggunaannya diantaranya seperti bentuk dan ukuran tangki, *baffle* yang mempengaruhi aliran dalam tangki, selain itu terdapat saluran *inlet* yaitu lubang untuk pemasukannya dan *outlet* untuk pembuangan *sludge* pada bagian bawah^[6]. Begitu juga dengan pengaduk yang digunakan atau yang disebut sebagai agitator umumnya terdiri dari rangkaian motor sebagai penggerak padel dan propeller atau *blade*, yang disesuaikan dengan jenis limbah atau bahan organik yang digunakan. Untuk bioreaktor yang berukuran kecil, agitator dengan dengan satu *blade* saja sudah cukup yang diletakkan di bagian dasar tangki. Perlu diingat dalam hal ini pengadukan berfungsi untuk mengurangi pengendapan, karena limbah yang berdiam diri dalam bioreaktor dengan waktu yang cukup lama akan terjadi pengendapan.



Gambar. 2. Sketsa dan dimensi tangki pengaduk sederhana [7]

Secara sederhana motor yang merupakan alat mekanik berfungsi untuk memutar suatu poros yang dihubungkan dengan beban. Adapun motor DC memiliki arus searah yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip kerja dari motor DC ini terdapat arus yang melewati konduktor dalam medan magnet untuk menggerakkan medan magnet. Sehingga dalam hal ini medan magnet memiliki dua sisi yang kuat dan menyebabkan bias berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Hal ini bias dianggap menguntungkan karena pada saat elektron negative menuju ke positif akan muncul torsi yang menyebabkan putaran motor bisa berlawanan atau memiliki 2 arah putaran.

Dalam hal ini terdapat beberapa faktor yang harus dipertimbangkan diantaranya yaitu torsi, daya, beban dan juga kecepatan sudut. Torsi pada dasarnya merupakan gaya yang digunakan untuk menghasilkan gerakan dengan arah dan jarak tertentu [8]. Adapun rumusan untuk torsi pada motor :

$$\tau = F \cdot D \tag{1}$$

Keterangan:

- a. τ = Torsi benda berputar (N.m)
- b. F = Gaya penggerak (N)
- c. D = jarak benda ke pusat rotasi (m)

Sedangkan untuk motor yang memiliki beban terhadap putaran hingga mendekati 0 rpm, memiliki nilai sama dengan torsi poros. F (gaya) yang merupakan perkalian antara gaya dengan jarak dari sebuah torsi, sehingga torsi untuk poros bias didapatkan dengan rumus:

$$\tau = W \cdot D \tag{2}$$

Keterangan:

- a. τ = torsi poros (Nm)
- b. W = adalah gaya beban (N)
- c. D = jarak pembebanan dengan pusat perputaran (m)

Beban (W) disini kita berbeda dengan massa (m), kalau massa satuan kg, adapun beban disini adalah gaya berat dengan satuan N yang diturunkan dari $W = m \cdot g$ [8]. Adapun pembebanan disini merupakan komponen seperti pompa, kipas atau *blade*, pompa, dan lain - lain. Dan pada motor listrik, didapatkan rumus untuk kecepatan sudut yaitu:

$$\omega = 2\pi \cdot n / 60 \tag{3}$$

Keterangan:

- a. $\pi = 3,14$
- b. n = Kecepatan putaran motor (rpm)

Sehingga hubungan antara torsi terhadap daya (power) pada sebuah motor bisa didapatkan dari persamaan-persamaan diatas yaitu [9]:

$$P = \omega \cdot \tau \tag{4}$$

Keterangan:

- a. ω = Kecepatan sudut (Rad/s)
- b. P = daya atau power (W)

Dari persamaan-persamaan diatas dapat dilihat bahwa daya yang dibutuhkan oleh motor sebanding dengan besarnya torsi yang dihasilkan pada kecepatan putaran tertentu.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi

Pada bab ini menjelaskan tentang perancangan alat pada bioreaktor berpengaduk *batch* berbasis mikrokontroler untuk mengaduk endapan secara manual yang terjadi pada limbah cair tahu dan eceng gondok. Dalam perancangan dan pembuatan bioreaktor berpengaduk *batch* ini memiliki tahapan yang dilakukan, diantaranya studi literatur mengenai bioreaktor pada penelitian sebelumnya yaitu bioreaktor *anaerob* tidak berpengaduk, yang kemudian akan dimodifikasi menjadi bioreaktor berpengaduk. Selain itu juga studi literatur tentang karakteristik eceng gondok dan karakteristik limbah cair tahu yang digunakan. Kemudian dilakukan persiapan bioreaktor yang meliputi peralatan sensor seperti pH meter, limbah cair tahu dan eceng gondok yang digunakan beserta kotoran sapi sebagai biostaternya. Dimulai dengan desain daripada bioreaktor yang digunakan, desain sistem pengaduknya seperti spesifikasi motor penggerak sesuai kebutuhan hingga desain daripada minimum sistem sebagai pengatur dari motor itu sendiri juga disesuaikan. Kemudian dilakukan pengujian awal terhadap kinerja sistem pengaduk berdasarkan saat pengendapan dan waktu limbah dapat bercampur atau menjadi homogen. Adapun komposisi substrat yang digunakan memiliki perbandingan 1,25:0,75 untuk limbah cair tahu dan eceng gondok dimana perbandingan tersebut merupakan perbandingan terbaik untuk hasil *biogas* terbaik dari tesis Riza, 2012 [5].

3.2 Desain Bioreaktor Anaerob

3.2.1 Desain bioreaktor *batch*

Bioreaktor *anaerob* seperti yang terlihat pada gambar 3 berbentuk seperti tangki cat yang berbahan plastik dengan tebal 1 cm, mempunyai volume total 25 liter dan dilengkapi dengan lubang *inlet* untuk memasukkan substrat, valve untuk membuka dan menutup lubang inlet, lubang untuk memeriksa suhu dan pH, dua kran *outlet* yang digunakan untuk saluran pembuangan pada bagian dasar dan tepat diatasnya.

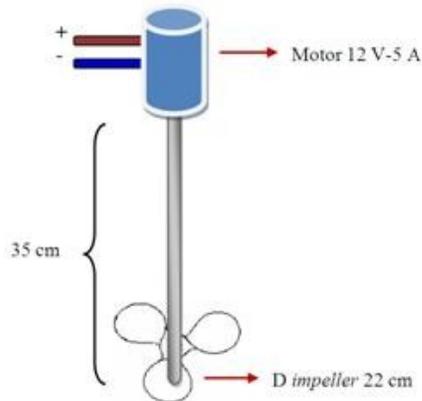


Gambar. 3. Realisasi bioreaktor

Dimana bioreaktor ini akan diisi dengan substrat yang terdiri dari limbah cair tahu dan eceng gondok, sedangkan terdapat katalis yaitu kotoran sapi dengan volume limbah 18 lt yaitu 1/3 dari volume total 25 lt. Dengan komposisi substrat yang telah ditentukan perbandingannya pada bioreaktor ini yaitu limbah cair tahu 7,5 lt dan eceng gondok sebanyak 4,5 lt, diawali dengan penanaman bakteri atau *seeding* sebanyak 6 lt untuk kotoran sapi, eceng gondok dan limbah cair tahu masing – masing 2 lt.

3.2.2 Desain Pengaduk

Pada sistem pengaduk menggunakan agitator yang terdiri dari beberapa komponen diantaranya motor sebagai penggerak daripada *impeller* dan minimum sistem yang berfungsi sebagai pengatur waktu dan kecepatan motor.



Gambar. 4. Desain agitator

Berikut ini spesifikasi komponen hingga melakukan pengujian awal untuk mengetahui kinerja daripada masing – masing komponen. Motor dalam penelitian ini berfungsi sebagai penggerak *impeller*. Pada motor DC yang berukuran 12 Volt ini memiliki arus yang tidak cukup besar yaitu 5 Ampere seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya, dan untuk pengujian kinerja daripada motor DC ini cukup menghubungkan kedua kabel minus dan plus pada adaptor *power supply* berukuran 12 Volt untuk mengetahui bahwa baling-baling atau *impeller* dapat berputar sangat cepat tetapi juga dapat berputar secara sangat lambat. Karena motornya memiliki jenis DC, sehingga pengaduk dapat berputar ke kedua arah sisi kanan ataupun sisi kiri. Dalam hal ini untuk tegangan dan arus tidak membutuhkan nilai yang besar karena yang dibutuhkan hanyalah putaran kecil dan diintegrasikan

dengan minimum sistem sehingga cukup kuat untuk melakukan putaran pada tangki berukuran isi 18 liter. Selain itu *impeller* yang dibutuhkan disini cukup menggunakan satu saja. Adapun untuk limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair tahu dan eceng gondok, dimana merupakan fluida yang tidak mengandung minyak dan juga memiliki kandungan padatan tersuspensi yang sedikit, sehingga hanya kotoran yang mengendap di dasar tangki.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kinerja Pengaduk

Pada pengujian pengadukan yang telah dilakukan hingga bisa didapatkan nilai dari torsi atau gaya gerak yang dibutuhkan pada substrat dan juga kecepatan sudutnya serta daya yang dibutuhkan. Sehingga dari pengujian – pengujian pengadukan yang telah dilakukan bisa didapatkan karakteristik pengadukan untuk bioreaktor *batch* dalam proses *anaerob* yaitu dengan kecepatan putar motor 170 rpm. Sehingga bisa didapatkan torsi dan kecepatan sudutnya,

Diketahui:

- Jarak beban ke pusat rotasi (D) = 35 cm = 0,35 m
- Percepatan gravitasi (g) = 10 m/s²
- Gaya beban benda (w) = 0,31 N
- Kecepatan putaran (n) = 170 rpm
- Massa benda (m) = w / g = 0,31 N / 10 m/s² = 0,031 kg

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \text{Torsi } (\tau) \\
 \tau_{\text{poros}} &= w \times D \\
 &= 0,31 \text{ N} \times 0,35 \text{ m} \\
 &= 0,1085 \text{ Nm} \\
 T_{\text{beban}} &= F \times D \\
 &= (mv^2) \times D \\
 &= (0,031 \text{ kg} \times (170/60)^2) \times 0,35 \text{ m} \\
 &= 0,25 \text{ N} \times 0,35 \text{ m} \\
 &= 0,087 \text{ Nm} \\
 \text{Kecepatan sudut } (\omega) \\
 \omega &= 2\pi \frac{n}{60} \\
 \omega &= 2 \times 3,14 \frac{170}{60}
 \end{aligned}$$

$$\omega = 6,28 \times 2,834 = 17,8 \text{ rad/s}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Daya (P)} \\
 P &= \omega \times \tau_{\text{tot}} \\
 &= 17,8 \text{ rad/s} \times (0,1085 + 0,087) \text{ Nm} \\
 &= 17,8 \text{ rad/s} \times 0,1955 \text{ Nm} \\
 &= 3,48 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.2.1 Pengukuran besaran pH

Seerti yang telah disampaikan pada latar belakang bahwa pengaduk yang digunakan pada tabung bioreaktor anaerob adalah untuk mencampur endapan dan cairan yang terpisah. Dimana sesuai hipotesa bercampurnya endapan dengan cairan diharapkan dapat mempertahankan kondisi mikroba, dengan ditunjukkan dari nilai pH. Pengambilan data pH dilakukan

pada pagi hari berkisar pukul 06.00 – 08.30 WIB dan sore hari dilakukan berkisar pukul 16.00 – 18.00 WIB. Dalam hal ini agar dapat diketahui keadaan daripada bioreaktor pada saat nilai pH rendah yang menunjukkan bahwa kondisi mikroba mengalami penurunan kondisi dalam mendapatkan nutrisi yang disebabkan terjadi pemisahan, sehingga perlunya dilakukan pengadukan pada bioreaktor.



Gambar. 5. Grafik pH pada bioreaktor batch berpengaduk

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa pada hari ke-3 nilai pH mengalami penurunan hingga hari ke-7 yaitu sekitar 6,2 dari hari pertama penanaman bakteri (*seeding*). Penanaman bakteri (*seeding*) yang berarti bakteri mampu tumbuh pada limbah cair organik tahu dan eceng gondok. Dalam hal ini penurunan yang terjadi dimungkinkan karena pada tahap awal proses fermentasi, bakteri pembentuk asam memproduksi asam organik dalam jumlah besar. Adapun pada hari ke-9 bioreaktor mulai menghasilkan gas di pagi hari pada saat pH 6,99 memiliki kisaran normal nilai pH yang menunjukkan bahwa kondisi mikroba dalam keadaan baik. Keadaan inilah yang kemudian dilanjutkan dengan penambahan substrat sesuai volume yang telah diperhitungkan.

Pada gambar 5 pada bioreaktor berpengaduk dapat dilihat hampir memiliki kurva yang sama dengan bioreaktor batch. Masih dalam kisaran pH normal 6 – 7, akan tetapi pH sempat mengalami penurunan nilai pada hari ke 24 saat dilakukan pengukuran pagi hari, dimana nilai pH yaitu 6,49. Pada saat pH berkisar dibawah 6,6 memungkinkan populasi bakteri metan tidak bertahan hidup^[5].

Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bahwa pengadukan dilakukan pada saat mulai terjadi pemisahan dan juga saat fase tertentu dimana pada saat mikroba dalam bioreaktor mengalami penurunan kondisi. Dimana hal ini ditandai dengan pH sebagai mikroba salah satu parameter kehidupan daripada mikroba. Selain mengalami pemisahan, pada hari ke – 24 tersebut bioreaktor batch berpengaduk mengalami penurunan nilai pH seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, sehingga perlu dilakukan pengadukan untuk meningkatkan kembali kondisi mikroba yang mulai menurun yang juga disebabkan karena adanya pengendapan yang cukup lama dan diperlukan untuk menjadikan limbah cair, eceng gondok dan kotoran sapi menjadi homogen atau mengalami pencampuran merata sehingga mikroba dapat menerima nutrisi lebih baik.

Tabel 1.
Hasil pengukuran pH pada bioreaktor dengan pengaduk

Hari ke-	Nilai pH	
	Pagi	Sore
21	7,06	7,05
22	7,02	7,04
23	7,02	7,01
24	6,49	6,89
25	6,92	6,95
26	7,00	7,00
27	7,03	7,01

4.2.2 Pengukuran volume biogas sebagai fungsi *retention time* (waktu tinggal)

Pada tahap pemasukan substrat, *biogas* mulai terbentuk di hari ke-9 di pagi hari pada bioreaktor batch, sedangkan bioreaktor berpengaduk *biogas* mulai terbentuk pada sore harinya di hari yang sama. Adapun hasil biogas daripada bioreaktor berpengaduk, pada tabel 2 menunjukkan hasil dari bioreaktor berpengaduk mulai hari ke – 9. Dimana seperti yang telah ditunjukkan pada hari ke-24 hari dimana pengadukan dilakukan dan bioreaktor batch menghasilkan volume sebanyak 33 mL. Hal ini menunjukkan bahwa mikroba memiliki kondisi baik untuk mendapatkan nutrisi hingga hari berikutnya. Meskipun pada hari ke-27 ditunjukkan adanya penurunan jumlah volume tetapi pada hari ke – 29 kembali *biogas* yang dihasilkan cukup banyak yaitu 38 mL dimana merupakan jumlah terbanyak pada bioreaktor ini.



Gambar. 6. Volume biogas pada bioreaktor berpengaduk

Dimana pada saat sebelum terjadi pengadukan, volume biogas menghasilkan dibawah 35 mL. Seperti yang telah di trayeksikan pada gambar 8 pada hari ke-24 saat mikroba mencapai jumlah *biogas*. Dimana hasil dari pada jumlah *biogas* tertinggi terdapat pada fase III yaitu fase metanogenesis yang merupakan fase akhir dari proses *anaerob*. Dan pada fase ke IV volume *biogas* perlahan mengalami penurunan jumlah. Dimana pada saat sebelum terjadi pengadukan, volume biogas menghasilkan dibawah 35 mL. Seperti yang telah di trayeksikan pada gambar 8 pada hari ke-24 saat mikroba mencapai jumlah *biogas*. Dimana hasil dari pada jumlah *biogas* tertinggi terdapat pada fase III yaitu fase metanogenesis yang merupakan fase akhir dari proses *anaerob*. Dan pada fase ke IV volume *biogas* perlahan mengalami penurunan jumlah.

Tabel 2.
Perubahan volume biogas pada bioreaktor dengan pengaduk

Hari ke-	Volume (ml)
	Sore
19	27
20	28
21	28
22	30
23	28
24	33
25	35
26	35
27	34
28	37
29	38

- [6] Budiawan, I Gusti S., 2007. "Perancangan Reaktor", UPN Veteran Yogyakarta, 8.
- [7] Ode, Wa C.N. "Pengaruh Konfigurasi dan Kondisi Operasi Pengadukan Terhadap Produksi Biohidrogen di Dalam Bioreaktor Berpengaduk", Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 5.
- [8] Soenarta, Nakoela. 2002. Motor Serbaguna. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- [9] Nugroho Ajie, Seno., 2011. "Perancangan Dan Implementasi DC To DC Converter Sebagai Driver Motor DC Kapasitas 200 Volt 9 Ampere Dengan Metode Pulse Width Modulation", IT Telkom Bandung
- [10] Hambali, Erliza. 2007. Teknologi Bioenergi. Ciganjur: PT. AgroMedia Pustaka.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian

1. Telah berhasil dirancang dan dibuat bioreaktor *batch* dengan pengaduk satu *blade* yang dapat menhomogenkan substrat dari limbah cair tahu dan eceng gondok saat terjadi pengendapan yang berpengaruh pada produksi *biogas*.
2. Bioreaktor *batch* mengalami penurunan pH pada hari ke – 24 dengan nilai 6,49, sehingga diperlukan pengadukan guna menjaga kondisi mikroorganisme untuk bertahan hidup.
3. Bioreaktor *batch* berpengaduk memiliki karakteristik pengadukan lamban dengan *range* putaran 170 rpm dengan waktu yang diperlukan yaitu 2 x 1 menit dengan jeda waktu selama 1 menit.
4. Bioreaktor berpengaduk memiliki jumlah produksi / *volume biogas* lebih banyak yaitu 873 mL, dibandingkan bioreaktor tidak berpengaduk yaitu 467 mL.

5.2 Saran

Berikut beberapa saran untuk penelitian selanjutnya,

1. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan penelitian bioreaktor berpengaduk pada jenis proses bioreaktor yang lain selain *batch*, sehingga lebih akurat dalam mengetahui produksi biogas yang dihasilkan.
2. Sebaiknya dilakukan pengujian gas sebelum penambahan substrat agar diketahui bahwa biogas yang dihasilkan adalah gas metan yang berguna sebagai bahan bakar pengganti LPG.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kaswinarni, Fibria., 2007. "Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali", Universitas Diponegoro, 18-28.
- [2] Vesalina, Indri H., 2007. "Uji Beda Komposisi Campuran Kotoran Sapi Dengan Beberapa Jenis Limbah Pertanian Terhadap Biogas yang Dihasilkan", Sekolah Pascasarjana Universitas Sumut Medan, 18.
- [3] Husin, Amir, 2008. "Pengolahan Limbah Cair Industri dengan Biofiltrasi Anaerob Dalam Reaktor *Fixed-Bed*", Sekolah Pascasarjana Universitas Sumut Medan, 28 - 34.
- [4] Wahyuni, Sri, M.P. 2009. Biogas. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [5] Utami, Ardhaningtyas Riza. 2012. "Analisa Ekstraksi Biogas dari Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Bioreaktor Anaerobik Berbahan Aditif Eeceng Gondok", Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya,