

## **PENURUNAN BOD PADA BIOGAS KOTORAN SAPI CAMPURAN LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN VARIASI KECEPATAN DAN LAMA PENGADUKAN**

**Rosiana Indrawati<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Energi Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Yogyakarta  
Winong Tinalan, Prenggan, Kota Gede, Yogyakarta, Indonesia

[Rosiana.Indrawati@gmail.com](mailto:Rosiana.Indrawati@gmail.com)

### **Abstrak**

Kelangkaan sumber energi terutama bahan bakar minyak (BBM) telah menjadi permasalahan dunia. Kotoran sapi yang berlimpah di masyarakat belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, Industri Penyamakan Kulit (IPK) belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan dan lama pengadukan terhadap volume biogas dan konsentrasi BOD akhir pada biogas kotoran sapi dengan campuran limbah cair IPK. Percobaan menggunakan reaktor biodigester sebanyak 5 buah, 1 sebagai digester kontrol tanpa pengadukan dan 4 lainnya sebagai digester uji dengan pengadukan. IPK 0 sebagai digester kontrol tanpa pengadukan. Variasi kecepatan pengadukan 5 dan 10 rpm dan lama pengadukan 10 dan 15 menit. Volume biogas diukur selama 20 hari. Kadar BOD diukur pada hari terakhir proses fermentasi. Penelitian menunjukkan bahwa volume biogas tertinggi terdapat pada digester uji PK10L10 yaitu campuran kotoran sapi dengan limbah IPK dengan variasi kecepatan 10 rpm dan lama pengadukan 10 menit yaitu sebesar 0,904 m<sup>3</sup>, dan volume biogas terendah yaitu digester IPK0 yaitu 0,158 m<sup>3</sup>. Penurunan kadar BOD paling tinggi yaitu sebesar 20% pada digester PK10L15 dan penurunan terendah pada digester IPK0 yaitu 4%. Proses pengadukan berpengaruh nyata terhadap produksi biogas dan penurunan konsentrasi BOD di dalam digester.

**Kata kunci:** BOD, limbah cair industri penyamakan kulit, biogas, kotoran sapi

### **Abstract**

*The scarcity of energy sources, especially fuel oil (BBM) has become a world problem. The abundant cattle dung in the community has not been optimally utilized. In addition, the Tannery Industry (IPK) has not been optimally utilized. The aim of this research is to know the effect of speed and duration of stirring to biogas volume and final BOD concentration on cow manure biogas mixture tannery industry wastewater (IPK). The experiment used biodigester reactor as much as 5 pieces, 1 as the controller without stirring and 4 others as the test digester with stirring. IPK 0 as a control digester without stirring. Variation of stirring speed 5 and 10 rpm and stirring time 10 and 15 minutes. The volume of biogas is measured for 20 days. BOD levels are measured on the last day of the fermentation process. The experiment showed that the highest biogas volume was found on PK10L10 test digester that was mixture of cow manure and tannery industry wastewater (IPK) with variation of 10 rpm and duration of stirring 10 minutes ie 0.904 m<sup>3</sup>, and the lowest biogas volume was 0,158 m<sup>3</sup> in IPK0 digester. The highest decrease in BOD content was 20% in PK10L15 digester and the lowest decrease IPK0 digester was 4%. The stirring process has a significant effect on biogas production and decrease of BOD concentration in the digester.*

**Keyword:** BOD, tannery industry wastewater, biogas, cow manure

## 1. PENDAHULUAN

Isu kelangkaan sumber energi terutama bahan bakar minyak (BBM) telah menjadi permasalahan yang dihadapi oleh dunia. Seiring meningkatnya jumlah penduduk yang ikut memacu peningkatan terhadap permintaan energi, baik untuk keperluan rumah tangga, maupun untuk industri dan transportasi. Peningkatan permintaan energi menyebabkan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan pada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan.

Sektor peternakan merupakan salah satu sumber pendapatan bagi masyarakat di Indonesia. Selain manfaat yang cukup besar yang dihasilkan oleh sektor peternakan ini, namun di sisi lain juga menjadi penyebab timbulnya pencemaran. Hasil lain dari ternak berupa limbah yang semakin intensif sehingga dalam sektor yang besar akan menimbulkan masalah yang lebih kompleks. Selain bau yang tidak sedap, keberadaannya juga mencemari lingkungan dan mengganggu pandangan juga dapat menjadi sumber penyakit.

Limbah ternak sapi potong adalah sisa buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan sapi potong. Limbah tersebut meliputi limbah padat dan limbah cair seperti feses, urine, sisa makanan, embrio, kulit, lemak, darah, kuku, tulang, tanduk, isi rumen, dan lain-lain. Namun, limbah peternakan sapi potong umumnya berupa feses. Feses sapi potong merupakan buangan dari usaha peternakan sapi potong yang bersifat padat dan dalam proses pembuangannya sering bercampur dengan urine dan gas seperti metana dan amoniak (Sihombing, 2000).

Industri Penyamakan Kulit (IPK) merupakan salah satu industri yang mengeluarkan limbah cair dalam jumlah besar. Limbah cair RPH dan IPK mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, padatan tersuspensi, serta bahan koloid seperti lemak, protein, dan selulosa (Claudia E.T. Caixeta, et al, 2002; D.I Masse, et al, 2001; dan L.A. Nunez, et al, 1999).

Limbah industri penyamakan kulit mencemari lingkungan sejak tahun 1920. Limbah ini dapat menyebabkan rasa gatal pada kulit manusia, disamping itu limbah yang dihasilkan menimbulkan bau yang kurang sedap dan sangat menyengat hidung. Kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) maupun *Chemical Oxygen Demand*nya (COD) yang amat tinggi. Bila di konversi dalam hitungan pertahun tingkat BOD-nya mencapai 8.021 ton . Parameter BOD adalah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk membusukkan partikel- partikel organik yang ada di sungai bersangkutan. Adapun tingkat COD bila di konversi mencapai 18.291 ton pertahun. Pada saat yang sama sungai yang memiliki rata- rata kedalaman 29 meter tersebut dibebani oleh limbah lemak yang mencapai 56 ton setiap tahunnya.

Permasalahan limbah ternak, khususnya feses dapat diatasi dengan memanfaatkan menjadi bahan yang memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu sebagai bahan masukan untuk menghasilkan bahan bakar biogas. (Sutarno, et al, 2007).

Proses pengadukan menjadi tahapan penting dalam pengolahan limbah secara fisik. Pengadukan merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk mendapatkan campuran substrat yang homogen. Pengadukan selama proses dekomposisi berguna untuk mencegah terjadinya benda-benda mengapung pada permukaan cairan dan berfungsi mencampur metanogen dengan substrat. Pengadukan juga memberikan kondisi suhu yang seragam dalam biodigester dan menghasilkan gas secara optimal (Pambudi, 2008). Digester biogas di Indonesia umumnya bekerja tanpa adanya pengadukan di dalam digester. Oleh karena itu dipandang perlu dievaluasi penggunaan pengaduk pada digester yang bekerja pada suhu ruang untuk mengoptimalkan produksi metan.

Karakteristik limbah cair Industri Penyamakan Kulit (IPK) yang mengandung kadar BOD yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi oleh bakteri pada proses pembentukan biogas kotoran sapi. Berdasarkan uraian diatas, peneliti melakukan penelitian untuk mengetahui penurunan kandungan BOD akhir biogas kotoran sapi yang dicampur dengan limbah cair industri penyamakan kulit melalui pengadukan dengan variasi kecepatan dan lama pengadukan.

## 2. METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Limbah cair industri penyamakan kulit ikan (IPK) dan kotoran sapi yang diambil dari petani ternak sapi di Dusun Kepuhwetan, Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul.

### Peralatan

Reaktor ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya Drum plastik ukuran tinggi, Pipa PVC diameter 1,25", Pipa PVC diameter 0,5", Ember plastik, Sambungan Y, Kran, Gelas ukur, Balon Karet, Batang Pengaduk Kayu.

### Metode Penelitian

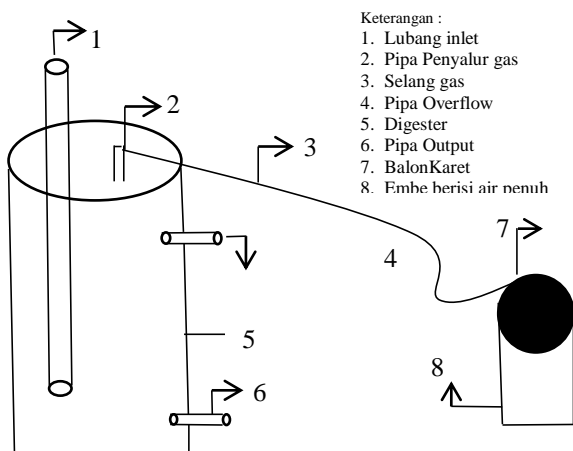
Bagian pertama dalam penelitian ini adalah penyiapan alat yang digunakan untuk proses fermentasi bahan-bahan campuran kotoran sapi dan limbah cair IPK. Menyiapkan drum plastik berkapasitas 26 liter sebanyak 5 buah, satu drum sebagai digester kontrol (perlakuan tanpa pengadukan) dan 4 lagi sebagai digester uji.

PK5L10: KS+IPK kecepatan pengadukan 5rpm, lama pengadukan 10 menit

PK5L15: KS+IPK kecepatan pengadukan 5rpm, lama pengadukan 15 menit

PK10L10: KS+IPK kecepatan pengadukan 10rpm, lama pengadukan 10 menit

PK10L15: KS+IPK kecepatan pengadukan 10rpm, lama pengadukan 15 menit



Gambar 1 Desain Alat Biogas

Tahap kedua yaitu pembuatan Penampung Gas yaitu dengan menyiapkan ember plastik yang diisi air penuh kemudian sebuah balon udara yang dihubungkan dengan selang saluran gas. Kotoran sapi ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam ember dan ditambahkan air limbah. Untuk digester kontrol 1 kotoran sapi hanya diratakan dengan air limbah cair RPH tanpa pengadukan kemudian dimasukkan ke dalam digester kontrol melalui lubang inlet. Sedangkan pada digester uji 1,2,3 dan 4 kotoran sapi ditambah limbah cair RPH kemudian dilakukan pengadukan dengan variasi kecepatan dan lama pengadukan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam lubang *inlet*.

### Pengumpulan Data

Pengambilan data volume biogas masing-masing digester baik kontrol maupun uji diukur setiap hari selama 20 hari kemudian hasilnya diakumulasi untuk mendapatkan hasil volume biogas pada masing-masing digester.

Volume yang terbentuk tiap harinya dicatat dan dibuat grafik. Dari grafik tersebut dapat dilihat volume biogas yang dihasilkan oleh tiap reaktor. Pengukuran dilakukan dengan cara volume gas yang terbentuk tiap harinya akan diukur dengan menghitung volume gas yang ditampung pada balon udara, setelah itu balon udara tersebut dimasukkan ke dalam bak penuh air. Jumlah air yang keluar dari bak tersebut diukur volumenya dengan asumsi bahwa volume air yang keluar sama dengan volume gas yang ada pada balon udara tersebut. Setelah diperoleh data volume maka dalam satu hari volume biogas dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Volume biogas} = \frac{\text{volume sampel di balon udara (l)}}{\text{hari}} \quad (1)$$

Pengujian awal terhadap limbah cair RPH dan IPK dilakukan untuk mengetahui kadar BOD sebelum proses fermentasi dilakukan. Kemudian dilakukan pengujian hasil cairan fermentasi pada

akhir proses tanpa pengadukan dan dengan pengadukan. Analisis di lakukan di Laboratorium Teknologi Lingkungan Institut Teknologi Yogyakarta.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perhitungan Volume Digester

Jenis reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor *fixed dome*. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya.

Jenis bahan yang digunakan untuk pembuatan reaktor ini adalah *fiber* plastik. Bahan *fiber* memiliki kelebihan diantaranya kuat, tahan lama, tidak berkarat, anti bocor serta ringan. Pengukuran suhu dilakukan pada awal proses dan akhir proses, pada awal proses cenderung tidak mengalami perubahan signifikan dengan suhu akhir yaitu berkisar 30°C untuk semua digester.

Limbah cair IPK pada penelitian ini dianalisis terlebih dahulu konsentrasi BOD awal di laboratorium yang untuk selanjutnya dilakukan pencampuran bahan antara kotoran sapi dengan limbah tersebut. Sebelum pencampuran bahan terlebih dahulu dilakukan pengukuran terhadap volume digester. Perhitungan volume digester menggunakan rumus sebagai berikut :

Perhitungan volume digester

Diketahui :

r.digester = 10 cm

t.digester = 50 cm

$V = \pi r^2 \cdot t$

$= 3,14 \cdot (12)^2 \cdot 55$

$= 24868 \text{ cm}^3$

$= 25 \text{ liter}$

$= 0,025 \text{ m}^3$

Volume digester adalah 25 liter.

Banyaknya kotoran sapi yang dibutuhkan

Terlebih dahulu dilakukan penghitungan massa jenis kotoran sapi ( $\rho$ ) yang mana ditimbang massa kotoran sapi seberat 1,5 kg didalam wadah ember bervolume 49 liter (0,049 m<sup>3</sup>) sehingga massa jenis kotoran sapi adalah :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$= \frac{1,5}{0,03}$$

$$= 50 \text{ kg/m}^3$$

Volume campuran kotoran sapi dan limbah cair RPH dan IPK adalah sebesar 3/4 volume digester dengan perbandingan kotoran sapi dan limbah cair 1 : 1

$$= 3/4 \cdot 0,025$$

$$= 0,01875 \text{ m}^3$$

Sehingga di dalam digester terdapat 0,009375 m<sup>3</sup> limbah cair dan kotoran sapi.

Massa kotoran sapi yang dibutuhkan (Ms)

$$M_s = 50 \text{ kg/m}^3 \times 0,009375 \text{ m}^3$$

$$= 0,5 \text{ kg}$$

Massa air yang dibutuhkan (Ma)

$$M_a = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,009375 \text{ m}^3$$

$$= 9 \text{ kg}$$

#### Produksi Biogas Campuran Kotoran Sapi dan IPK

Pengukuran volume gas dilakukan setiap hari untuk menghindari tekanan gas yang berlebihan yang dapat mengakibatkan kebocoran pada peralatan biogas. Pengukuran dilakukan dengan cara volume gas yang terbentuk tiap harinya akan diukur dengan menghitung volume gas yang ditampung pada balon udara, setelah itu balon udara tersebut dimasukkan ke dalam bak penuh

air. Jumlah air yang keluar dari bak tersebut diukur volumenya dengan asumsi bahwa volume air yang keluar sama dengan volume gas yang ada pada balon udara tersebut. Tabel 1 menunjukkan hasil produksi harian biogas selama 20 hari.

Tabel 1 Hasil Pengamatan Volume Biogas selama 20 hari

| Hari ke                    | Digester Uji |              |             |              |              |
|----------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|                            | IPK0         | PK5L10       | PK5L15      | PK10L10      | PK10L15      |
| 1                          | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            |
| 2                          | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            |
| 3                          | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            |
| 4                          | 0            | 0            | 0           | 0            | 0            |
| 5                          | 0,002        | 0,001        | 0,003       | 0,002        | 0,003        |
| 6                          | 0,002        | 0,001        | 0,004       | 0,005        | 0,007        |
| 7                          | 0,003        | 0,002        | 0,005       | 0,005        | 0,008        |
| 8                          | 0,004        | 0,003        | 0,005       | 0,005        | 0,020        |
| 9                          | 0,005        | 0,006        | 0,007       | 0,008        | 0,040        |
| 10                         | 0,004        | 0,006        | 0,008       | 0,007        | 0,045        |
| 11                         | 0,004        | 0,008        | 0,011       | 0,034        | 0,052        |
| 12                         | 0,007        | 0,012        | 0,017       | 0,050        | 0,056        |
| 13                         | 0,009        | 0,019        | 0,034       | 0,077        | 0,077        |
| 14                         | 0,009        | 0,025        | 0,044       | 0,075        | 0,080        |
| 15                         | 0,014        | 0,025        | 0,045       | 0,085        | 0,092        |
| 16                         | 0,017        | 0,021        | 0,065       | 0,091        | 0,095        |
| 17                         | 0,017        | 0,021        | 0,080       | 0,095        | 0,088        |
| 18                         | 0,019        | 0,017        | 0,080       | 0,100        | 0,070        |
| 19                         | 0,020        | 0,015        | 0,075       | 0,125        | 0,073        |
| 20                         | 0,022        | 0,015        | 0,077       | 0,14         | 0,070        |
| <b>Total Volume Biogas</b> | <b>0,158</b> | <b>0,197</b> | <b>0,56</b> | <b>0,904</b> | <b>0,876</b> |

Sumber : Analisa Lapangan, Maret 2016

Pada minggu pertama produksi biogas sudah mulai terbentuk, hal ini terjadi pada seluruh satuan percobaan. Dari Tabel 1, terlihat bahwa produksi biogas yang dihasilkan dari masing-masing komposisi memiliki volume yang berbeda-beda, total produksi terbesar terdapat pada digester PK10L10 yaitu campuran kotoran sapi dengan limbah cair IPK dengan kecepatan pengadukan 10 rpm dan lama pengadukan 10 menit dengan total produksi sebesar 0,904 m<sup>3</sup>. Hal ini bisa disebabkan karena proses pengadukan akan sangat menguntungkan karena apabila tidak diaduk solid akan mengendap pada dasar tangki dan akan terbentuk busa pada permukaan yang akan menyulitkan keluarnya gas. Selain itu proses pengadukan pada reaktor akan memungkinkan kontak secara langsung antara substrat dengan bakteri atau mikroorganisme yang menghasilkan gas. Semakin sering dilakukan pengadukan, semakin besar kesempatan bakteri untuk mendegradasi substrate (Rama, dkk, 2016).

Pada Tabel 1, terlihat bahwa biogas yang dihasilkan terus meningkat. Proses anaerobik berlangsung melalui tahap proses hidrolisis, tahap pengasaman (Asidifikasi) dan tahap pembentukan gas metan. Sehingga menghasilkan biogas dan terus bertambah setiap hari selama bakteri pengurai terus bertumbuh dan beraktivitas. Pada grafik diatas terlihat bahwa biogas yang dihasilkan tiap komposisi memiliki volume yang berbeda-beda. Produksi biogas kumulatif paling lama terdapat pada komposisi pada digester PK10L10 yakni pada hari ke 20 pengamatan produksi gas masih cenderung naik. Sedangkan produksi biogas kumulatif terendah pada komposisi digester PK5L10 yakni berhenti pada hari Ke-19. Menurut Padang (2011) Perbedaan produksi biogas disebabkan karena ketersediaan nutrisi (sumber energi) bagi bakteri anaerob yang berbeda-beda dari masing-masing komposisi, sehingga berdampak pada perbedaan laju fermentasi dari setiap komposisi.

### Pengamatan kadar BOD akhir

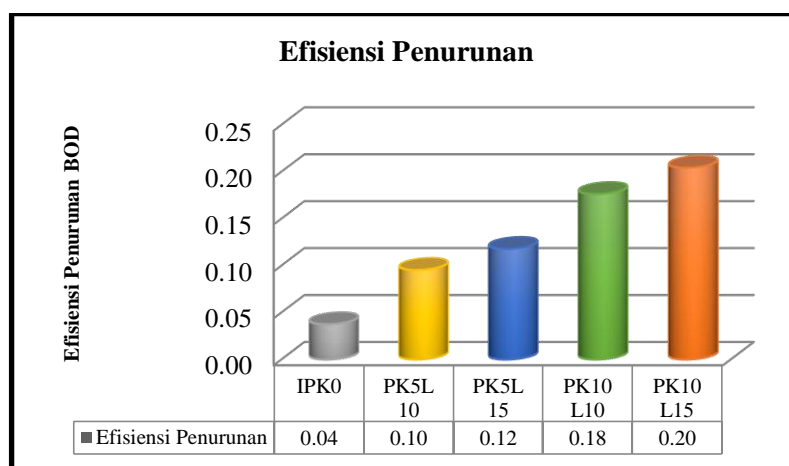
Pada saat pengambilan limbah cair dilakukan analisis kandungan BOD awal untuk membandingkan ada tidaknya pengaruh pengadukan terhadap penurunan kadar BOD akhir proses. Kandungan awal BOD pada limbah cair limbah cair IPK adalah sebesar 465,0 mg/L. Pada akhir proses semua cairan sisa berwarna kecoklatan karena pengaruh dari proses fermentasi selama pembentukan biogas di dalam biodigester. Berikut adalah tabel hasil uji BOD akhir pada masing-masing digester.

Tabel 2 Hasil Uji BOD

| Parameter | Hasil Pengujian BOD (mg/L) |
|-----------|----------------------------|
| IPK0      | 447,5                      |
| PK5L10    | 420,6                      |
| PK5L15    | 410,2                      |
| PK10L10   | 383,0                      |
| PK10L15   | 370,0                      |

Sumber : Hasil Observasi Laboratorium, 2017

Dari tabel 2 diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa telah terjadi penurunan kadar BOD akhir pada digester dengan perlakuan variasi kecepatan dan lama pengadukan.



Gambar 2. Efisiensi Penurunan Kadar BOD

Efisiensi penyisihan kadar BOD akhir paling tinggi untuk campuran kotoran sapi dengan limbah cair IPK adalah pada digester PK10L15 adalah 20%, sedangkan efisiensi penyisihan kadar BOD akhir paling rendah adalah digester kontrol atau IPK0 sebesar 4%.

Pada digester sistem pengaduk menjadi sangat penting. Tujuan dari pengadukan adalah untuk menjaga material padat tidak mengendap pada dasar digester. Pengadukan sangat bermanfaat bagi bahan yang berada di dalam digester anaerobik karena memberikan peluang material tetap tercampur dengan bakteri dan temperatur terjaga merata diseluruh bagian. Dengan pengadukan potensi material mengendap di dasar digester semakin kecil, konsentrasi merata dan memberikan kemungkinan seluruh material mengalami proses fermentasi anaerob secara merata. Selain itu dengan pengadukan dapat mempermudah pelepasan gas yang dihasilkan oleh bakteri menuju ke bagian penampung biogas.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

- Volume biogas tertinggi terdapat pada digester PK10L10 yaitu sebesar 0,904 m<sup>3</sup> yaitu dengan bahan campuran antara kotoran sapi dengan limbah cair Industri Penyamakan Kulit dengan variasi kecepatan pengadukan 10 rpm selama 10 menit.

- b. Konsentrasi BOD akhir dengan efisiensi penurunan paling besar adalah pada digester uji campuran kotoran sapi dengan limbah cair IPK untuk variasi kecepatan 10 rpm dengan lama waktu pengadukan 15 menit (PK10L15) yaitu 20%.
- c. Proses pengadukan dengan variasi kecepatan dan lama pengadukan berpengaruh langsung terhadap penurunan kadar BOD dalam digester.

Adapun saran dalam penelitian ini adalah (1) Sebaiknya pada awal proses dilakukan analisis bahan terlebih dahulu, dan (b) Sebaiknya dilakukan variasi waktu pengambilan sampel cairan hasil fermentasi, misalnya dari 30 hari proses diambil setiap hari ke 5, ke 10, ke 15, ke 20 sampai dengan hari ke 30 untuk dianalisis di laboratorium kandungan BOD akhir.

## 5. REFERENSI

- [1]Cláudia E. T. Caixeta, Magali C. Cammarota and Alcina M. F. Xavier. Slaughterhouse wastewater treatment: evaluation of a new three-phase separation system in a UASB reactor, *Bioresource Technology*. Vol. 81, Issue 1, January 2002, pp. 61-69.
- [2]Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Presindo, Jakarta.
- [3] Hardoyo, Tri, Dadang, Sigit. 2014. *Panduan Praktis Membuat Biogas Portable Skala Rumah Tangga & Industri*. Lily Publisher, Yogyakarta.
- [4]Kusnoputranto. 1983. *Kesehatan Lingkungan*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- [5] Masse,L., D. I. Massé and K. J. Kennedy. Effect of hydrolysis pretreatment on fat degradation during anaerobic digestion of slaughterhouse wastewater. *Process Biochemistry*. Vol. 38, Issue 9, 30 April 2003, pp. 1365-1372.
- [6] Padang, Y.A., Nurchayati, dan Suhandi. 2011. Meningkatkan Kualitas Biogas dengan Penambahan Gula. *Jurnal Teknik Rekayasa*. 12(1):53-62.
- [7] Rama, dkk. 2016. Pengaruh pengenceran dan pengadukan terhadap produksi Biogas pada anaerobic digestion dengan menggunakan Ekstrak rumen sapi sebagai starter dan limbah dapur Sebagai substrat. *Jurnal PRESIPITASI*, .Vol. 13 No.2 September 2016, ISSN 1907-187X.
- [8]Sihombing, D T H. 2000. *Teknik Pengelolaan Limbah Kegiatan/Usaha Peternakan*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [9] Sutarno dan Feris Firdaus. 2007. Analisis Prestasi Produksi Biogas (CH<sub>4</sub>) dari Polyethylene Biodigester Berbahan Baku Limbah Ternak Sapi. *Logika*. Vol. 4:1.