ANALISIS PENGARUH LEVEL SUBSTRAT PADA DIGESTER ANAEROB SKALA LABORATORIUM TERHADAP PRODUKSI METANA

ANALYSIS OF SUBSTRATE LEVEL INFLUENCE ON ANAEROBIC DIGESTER SCALE LABORATORY FOR METHANE PRODUCTION

Rais Nurdimansyah[1],Amaliyah Rohsari Indah Utami, S.T., MSi[2], Ahmad Qurtobi, S.T.,MT [3]

[1,2,3]*Program Studi S1 Teknik Fisika Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom*
Jl. Telekomunikasi No.1, Bandung, Indonesia, Telp. (022) 7564108
[1]*raisnurdimansyah@students.telkomuniversity.ac.id,* [2]*amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id,*
[3]*qurthobi@telkomuniversity.ac.id,*

Abstrak

Telah dilakukan penelitian pengaruh level substrat pada digester anaerob skala laboratorium terhadap produksi metana. Substrat yang digunakan merupakan campuran limbah kotoran sapi dan limbah cair tahu dengan perbandingan volume 2:1. Pengujian dilakukan pada variasi level substrat 65%, 75% dan 85% dari total volume digester. Substrat dikondisikan pada rentang temperatur 28 – 35 ^{o}C dan rentang ph 6,8 – 7. Analisis metode integrasi trapezoida digunakan untuk menghitung jumlah metana yang diproduksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi metana tertinggi terjadi pada level substrat 75% yaitu dengan luas produksi metana sebesar 160,93 satuan luas mililiter. Hasil yang lain menunjukkan bahwa *Hidrolic Retention Time* (HRT) pada variasi level substrat 65% dan 75% dari total volume digester adalah lebih cepat daripada level substrat 85% yaitu pada hari ke-25.

Kata kunci: Biogas, digester, level substrat, metana.

Abstract

The impact of substrate level on laboratory scale anaerobic digester for methane prodoction has been investigated. The substrate consist of mixture cow manure and tofu wastewater with volume ratio of 2:1. The investigation was condacted for substrate level of 65%, 75% and 85% of the total digester volume. The substrate was maintained in the ranges temperatur 28 – 35 ^{o}C and ranges ph of 6,8 – 7. The trapezoidal methode is used to calculate the amount of methane. The maximum production of methane was found in 75% substrate level resulted in 160,93 unit area mililitesr. Other results showed that Hidrolic Retention Time (HRT) on the substrate level variation of 65% and 75% of the total volume of the digester is faster than 85% of substrate level is at day 25.

Keywords: Biogas, digester, level substrate, methane.

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman, ketergantungan manusia terhadap energi sangat tinggi. Sementara itu, ketersediaan energi fosil yang ada di bumi semakin menipis. Bila hal ini terus terjadi, tanpa adanya usaha untuk melakukan penghematan secara serius, maka energi minyak dan gas akan habis [1]. Seluruh dunia mengantisipasi permasalahan tersebut dengan terus mencari energi untuk memenuhi kebutuhan energi. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah dengan pembuatan biogas.

Permasalahan yang muncul pada penerapan biogas ialah penentu volume substrat yang tepat untuk memperoleh metana yang optimal. Variasi level pada biogas ini sangat penting untuk diteliti karena akan berpengaruh terhadap stabilitas produksi biogas [2]. Maka untuk itu, diperlukan adanya penelitian tentang peran level pada produksi biogas, dengan bahan substrat yang digunakan campuran limbah kotoran sapi dan limbah tahu.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini ialah mengetahui pengaruh variasi level terhadap produksi metana dan *Hidrolic Retention Time* (HRT) pada substrat campuran limbah kotoran sapi dan limbah tahu, dengan variasi level yang digunakan 65%, 75% dan 85% dari total volume digester skala laboratorium berkapasitas 6 liter.

2. Perancangan Sistem

2.1. Rancang Bangun Digester Biogas

Digester biogas dibuat dengan rancangan *singlestage*, yaitu pencernaan anaerobik melalui proses tahap hidrolisis, acidogenesis dan tahap metagonesis dalam satu digester. Digester pada penelitian ini memiliki ukuran diameter pada bagian bawah sebesar 15,26 cm dan diameter pada bagian atas sebesar 10,16 cm. Secara matematis volume digester dapat dihitung dengan menggunakan volume tabung.

Digester yang digunakan dengan skala laboratorium yang berkapasitas 6 liter. Pada penelitian ini, berdasarkan kondisi anaerobik digunakan sistem *batch*. Sistem *batch* dilakukan dengan cara penggantian bahan dengan mengeluarkan sisa bahan yang sudah difermentasi dari digester sampai produksi biogas berhenti, dan selanjutnya dilakukan pengisian bahan baku yang baru. Digester dengan sistem *batch* ini umumnya digunakan pada tahap penelitian untuk mengetahui potensi gas limbah organik atau digunakan pada kapasitas biogas skala laboratorium.

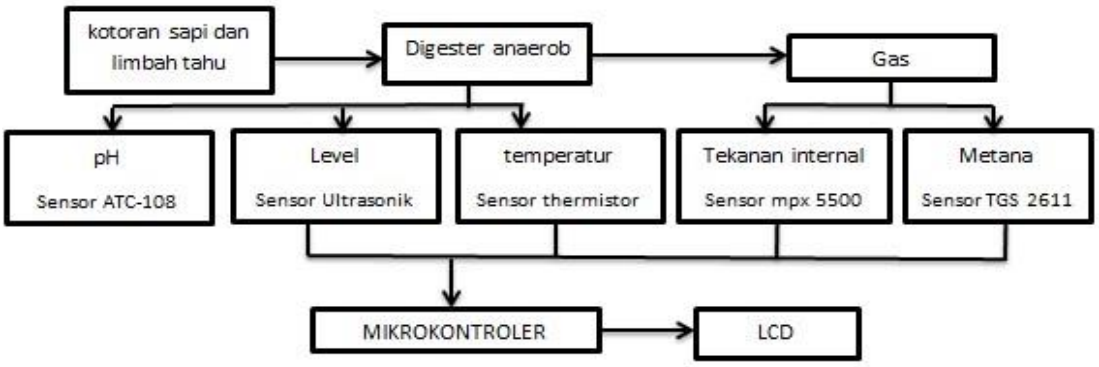
2.2. Bahan Baku Substrat

Bahan baku substrat yang digunakan pada penelitian ini ialah campuran limbah kotoran sapi dengan limbah cair tahu. Limbah kotoran sapi merupakan salah satu bahan baku yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan substrat pada pembuatan biogas, karena bahan baku pada limbah kotoran sapi mengandung bakteri metanogen yang dapat membantu dalam proses fermentasi biogas [3].

Sebagai campuran dari limbah kotoran sapi digunakan limbah cair tahu. Limbah cair tahu merupakan limbah organik yang mudah diuraikan oleh mikroorganisme secara alamiah. Jika limbah cair tahu tidak diolah dengan baik, maka akan menimbulkan aroma udara yang tidak sedap yang diakibatkan oleh proses pembusukan bahan organik oleh bakteri. Agar limbah cair tahu tidak menimbulkan polusi udara dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, maka bahan baku limbah cair tahu dapat dijadikan dan dimanfaatkan sebagai salah satu bahan baku substrat untuk pembuatan biogas.

2.3. Sistem Instrumentasi Pada Digester Biogas

Sitem intrumentasi yang dirancang pada penelitian ini, dapat ditunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Intrumentasi

Sensor yang digunakan pada media substrat yaitu, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau level substrat berdasarkan objek substrat, sensor *thermistor* untuk memantau temperatur substrat, dan sensor ATC-108 untuk memantau pH substrat. Sedangkan untuk media deteksi udara/gas terdapat sensor MPX5500 untuk memantau tekanan internal, dan sensor TGS2611 untuk memantau kadar gas metana sebagai hasil dari proses biogas.

3. Hasil

3.1. Karaktesisasi Substrat

Pemilihan substrat berpengaruh terhadap banyaknya jumlah gas metana yang dihasilkan, karena dalam kandungan substrat terdapat nutrisi bagi bakteri yang akan diuraikan menjadi biogas.

Hasil uji lab rasio C/N yang telah dilakukan di Laboratorium Hayati, Institut Teknologi Bandung, dengan perbandingan sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Lab Rasio C/N Pada Penelitian

Substrat	C/N
C-organik	37,09
Nitrogen	0,49
C/N	74,18

Pengujian rasio C/N pada penelitian ini dengan menggunakan substrat dari campuran limbah cair tahu dengan limbah kotoran sapi. Hasil yang diperoleh nilai rasio C/N sebesar 74. Hasil pengujian ini diluar batas yang dianjurkan atau melebihi rasio C/N optimum yang berkisar antara 20-30. Hal ini dapat disebabkan karena hasil rasio C/N berpengaruh terhadap tingkat keasaman pH substrat yang digunakan. Diketahui bahwa pada limbah cair tahu memiliki pH yang asam yaitu dengan pH 3,9. Oleh sebab itu, agar produksi metana yang dihasilkan dapat optimum, maka perlu dilakukan pengondisian pH dengan cara menambahkan larutan kalsium karbonat ($CaCO_3$) pada bahan baku substrat [4].

Dalam penelitian ini, substrat yang dimasukkan ke dalam digester memiliki volume yang berbeda sesuai dengan variasi level yang diuji. Adapun besaran volume dari variasi level substrat 65%, 75% dan 85% dari total volume digester berkapasitas 6 liter ditunjukan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Level Substrat Terhadap Volume

Variasi Level	Volume
65%	3,9 liter
75%	4,5 liter
85%	5,1liter

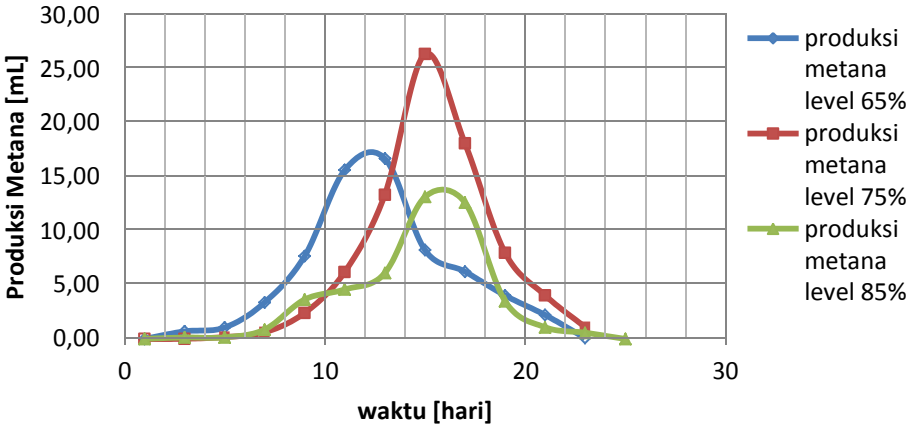
3.2. Analisis Variasi Level Substrat Terhadap Produksi Gas Metana

Pada penelitian ini, diperoleh informasi kemampuan degradasi secara alami campuran limbah kotoran sapi dengan limbah cair tahu menjadi biogas. Pelaksanaan penelitian dilakukan sampai waktu produksi metana berhenti dengan pengisian sebanyak 65%, 75% dan 85% dari total volume digester. Hasil dari kromatografi gas metana terhadap variasi level substrat ditunjukan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Kromatografi Gas Metana

Hari ke-	Level 65%	Level 75%	Level 85%
1	0,04	0,06	0,06
3	1,57	0,47	0,54
5	2,28	1,46	0,60
7	7,04	5,28	2,97
9	15,09	12,55	11,18
11	30,40	25,86	13,69
13	32,43	45,08	16,11
15	16,15	30,47	33,06
17	12,51	13,93	30,56
19	8,31	7,23	8,89
21	4,64	2,15	3,08
23	0,20	0,07	1,87
25	0	0	0,04

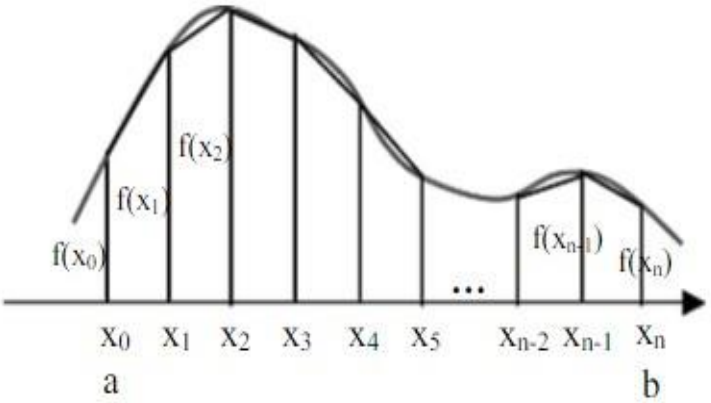
Hubungan produksi metana (dalam mililiter) dengan waktu (dalam hari) terhadap variasi level dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Variasi Level Substrat Terhadap Waktu

Dilihat dari grafik yang ditunjukan pada Gambar 2 bahwa dari waktu pengamatan (dalam hari) terhadap gas metana (dalam mililiter), HRT memiliki peranan dalam produksi biogas. HRT (*Hidrolic Retention Time)* ialah jumlah waktu proses pencernaan pada tangki anaerob terhitung mulai dari pemasukan bahan organik sampai dengan proses pembentukan biogas dalam digester anaerob berhenti [5]. Pada variasi level substrat 65% dan 75% dari total volume digester, HRT terjadi pada hari ke-23. Untuk variasi level substrat 75% dari total volume digester, HRT pada hari ke-23. Sedangkan, untuk variasi level substrat 85% dari total volume digester, HRT pada hari ke-25. Dari beberapa variasi level substrat 65%, 75%, dan 85% dari total volume digester, bahwa variasi level substrat 65% dan 75% lebih cepat dibandingkan level substrat 85% dari total volume digester.

Grafik yang ditunjukan pada Gambar 2 berasal dari beberapa titik data yang melibatkan angka atau nilai berdasarkan hasil data kadar metana dalam jumlah banyak terhadap waktu (dalam hari), sehingga memerlukan proses perhitungan. Integrasi numerik mengambil peranan penting dalam masalah sains dan teknik. Untuk mengatasi hal ini, maka pendekatan yang dapat dilakukan ialah mendekati fungsi y = f(x) yang berinterval dalam sumbu x dengan sejumlah bentuk trapezoida. *Trendline* yang diperoleh dari grafik merupakan hasil dari gabungan yang berasal dari titik-titik data, tetapi untuk memperoleh luasan produksi biogas, digunakan metode trapezoida yang mempunyai kelebihan dapat menghampiri persamaan komplek yang tidak semua metode dapat menghampirinya. Gambaran metode trapezoida dapat ditunjukan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Trapezoida.

Tingkat ketelitian metode trapezoida dipengaruhi dari Δx, atau berapa lama waktu pengambilan data metana. Penelitian ini telah ditentukan Δx pada 2 hari, dengan mempertimbangkan dari segi ekonomi yang memerlukan biaya dalam pengambilan data metana. Metode trapezoida digunakan untuk memperoleh luasan produksi gas metana pada variasi level substrat 65%, 75% dan 85% dari total volume digester.

Algoritma metode trapezoida terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut:

1. Menentukan batas bawah (a) dan batas atas integrasi (b)
   Batas bawah ialah 1 dan batas atas integrasi ialah 23.
2. Menentukan jumlah pembagi n
   Jumlah n ialah jumlah banyaknya pengambilan data yaitu 11 data.

3. Menghitung ——

   Sehingga, nilai dari h dapat di cari dengan memasukan variabel yang sudah diketahui, besarnya h ialah 2.

4. Menghitung – ∑ atau ∑

   Untuk tahap yang terakhir yaitu menghitung luas, adapun data yang telah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode integrasi trapezoida yaitu hasil menghitung luas terlebih dahulu.

   Hasil perhitungan luas pada metode trapezoida pada variasi level 65% 75% dan 85% dari total volume digester.

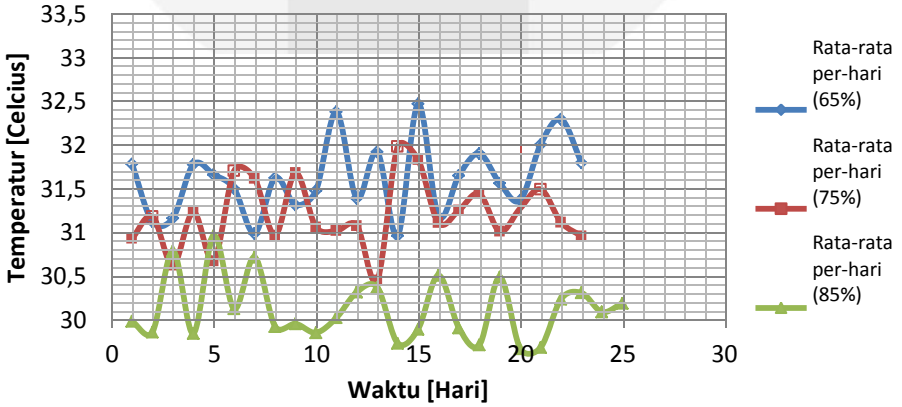
$$\sum \qquad (1)$$

Maka, luas produksi biogas untuk level substrat 65% dari total volume digester diperoleh dengan luasan 132,09 satuan luas mililiter. Untuk level substrat 75% dari total volume digester diperoleh dengan luasan 160,93 satuan luas mililiter. Sedangkan untuk level substrat 85% dari total volume digester diperoleh dengan luasan 93,20 satuan luas mililiter. Dari hasil analisis berdasarkan metode integrasi trapezoida, pada level substrat 75% dari total volume digester merupakan level substrat yang menghasilkan luas produksi gas metana yang lebih besar dibandingkan variasi level substrat 65% dan 85% dari total volume digester, dengan total luas yang diperoleh mencapai 160,93 lebih besar 17,92 % hasil variasi level substrat 65% dari total volume digester, dan 42,15 % hasil variasi level substrat 85% dari total volume digester.

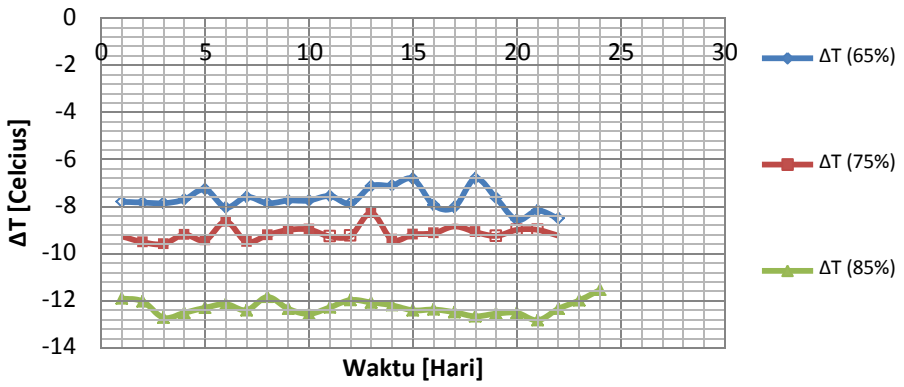
Analisis dari hasil produksi gas metana bahwa, terdapat faktor yang mempengaruhi selama proses produksi, diantaranya yang sangat berperan dalam menghasilkan produksi gas metana terhadap variasi level ialah pengaruh faktor keasaman pH, temperatur dan tekanan internal. Selain itu, secara umum komponen digester terdapat ruang *digestion* (ruang fermentasi). Ruangan *digestion* befungsi sebagai tempat terjadinya fermentasi anaerobik dan dibuat kedap udara, ruangan ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas. kemudian dalam digester diperlukan sisa ruang udara 20% dari total volume digester, sedangkan 80% dari volume digester digunakan sebagai volume kerja [6]. Pada penelitian ini juga dilakukan penambahan larutan $CaCO_3$ selama proses fermentasi sebagai pengondisian pH. Dalam pengondisian pH rentang perubahan keasaman pH terhadap variasi level substrat tidak mengalami perbedaan yang terlalu besar. Akan tetapi dari penambahan larutan $CaCO_3$ dapat mempengaruhi homogenitas sistem yang mengakibatkan proses kerja mikroorganisme. Homogenitas yaitu adanya intensitas kontak antara mikroorganime dan substrat yang dapat menjadi lebih baik, serta pentingnya homogenitas untuk menghindari akumulasi padatan terbang ataupun padatan mengendap yang akan mengurangi volume keefektifan digester. Maka, semakin besar variasi level tingkat homogenitas terhadap level substrat akan cenderung mengalami peningkatan. Akibatnya tahap metanogenesis yaitu tahap yang sangat krusial pada digester anaerobik dapat menyebabkan lambatnya proses biokimia yang terjadi. Sehingga level substrat pada level 85% dari total digester dapat mengalami penurunan, dan dengan level substrat 75% dari total volume digester memiliki keefektifan level kerja digester pada proses biogas [7].

3.3. Hubungan Perubahan Temperatur Terhadap Produksi Gas Metana

Grafik temperatur (dalam celcius) terhadap waktu (dalam hari) pada variasi level substrat 65%, 75% dan 85% dari total volume digester, dapat ditunjukan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4 . Grafik Variasi Level Substrat Terhadap Rata-rata Temperatur



Gambar 5. Grafik Variasi Level Substrat Terhadap ΔT

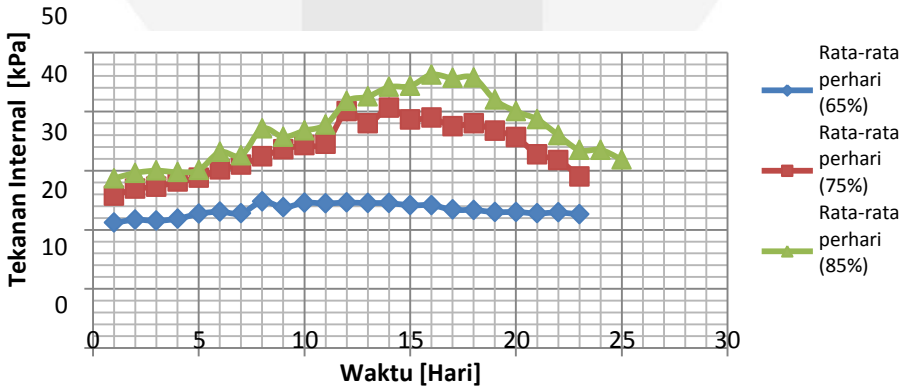
Seiring variasi level substrat ditingkatkan, maka temperatur yang dikondisikan cenderung dapat mengalami penurunan. Pada setiap variasi level substrat memiliki penurunan temperatur yang berbeda-beda, penurunan ini dihitung dari selisih temperatur dari pengondisian. Hasil yang didapatkan ialah negatif, menandakan bahwa dari pengondisian terjadi penurunan temperatur. Berdasarkan data yang diperoleh, rata-rata temperatur pada variasi level substrat 65% sebesar 32,33^{o}C setiap hari dengan rata-rata perbedaan temperatur -7,64 setiap dilakukan pengondisian. Pada variasi level substrat 75% rata-rata temperatur yang diperoleh sebesar 31,92 ^{o}C setiap hari dengan rata-rata perbedaan temperatur -9,08 ^{o}C setiap pengondisian. Sedangkan pada variasi level substrat 85% rata-rata temperatur yang diperoleh sebesar 30,83 ^{o}C setiap hari dengan rata-rata perbedaan temperatur -12,24^{o}C setiap pengondisian.

Semakin kecil perubahan temperatur atau rata-rata temperatur semakin tinggi, proses reaksi biogas juga akan semakin cepat [8]. Pada temperatur tinggi substrat akan terdegradasi dan memudahkan difusi bahan terlarut, sehingga pembentukan gas akan lebih cepat. Pada level substrat 65% dari total volume substrat, mengalami peningkatan produksi metana menjadi lebih cepat pada hari ke-5, sedangkan pada level substrat 75% dari total volume digester menjadi lebih lambat, proses peningkatan gas metana terjadi pada hari ke-7 dan pada level substrat 85% dari total volume digester dengan rata-rata temperatur yang lebih rendah maka proses peningkatan metana semakin lebih lambat pada hari ke-9.

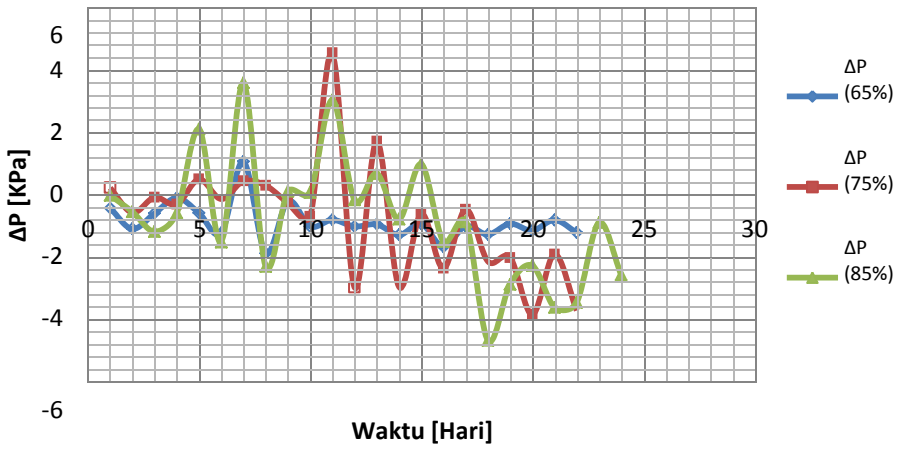
Proses fermentasi anaerobik sangat peka terhadap perubahan temperatur, hal ini juga akan berdampak pada proses HRT (*Hidrolic Retention Time).* Dengan rata-rata temperatur yang lebih tinggi maka dapat mengakibatkan proses perombakan bahan substrat lebih cepat dan waktu retensi menjadi lebih pendek [9]. Pada variasi level substrat 65% dan 75% dari total volume digester HRT dicapai pada hari ke-23 proses fermentasi lebih cepat dibandingkan dengan variasi level substrat 85% dari total volume digester.

3.4. Hubungan Perubahan Tekanan Internal Terhadap Produksi Gas Metana

Grafik tekanan Internal (dalam kPa) terhadap waktu (dalam hari) pada variasi level substrat 65%, 75% dan 85% dari total volume digester, dapat ditunjukan pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Grafik Variasi Level Terhadap Tekanan Internal



Gambar 7. Grafik Variasi Level Terhadap ΔP Per-hari

Pada penelitian ini perubahan tekanan internal merupakan variabel bebas dalam produksi biogas. Seiring variasi level ditingkatkan, maka akan terjadi peningkatan terhadap tekanan internal.Dari Gambar 6 dan 7 yang ditunjukkan bahwa pada variasi level substrat 65% dari total volume digester, rata-rata tekanan internal yang diperoleh sebesar 23,27 kPa dengan rata-rata perbedaan tekanan internal 0,07 kPa setiap hari. Pada variasi level substrat 75% dari total volume digester, rata-rata tekanan internal yang diperoleh sebesar 33,50 kPa dengan rata-rata perbedaan tekanan internal 0,15 kPa setiap hari. Sedangkan pada variasi level substrat 85% dari total volume digester, rata-rata tekanan internal yang diperoleh sebesar 37,09 kPa dengan rata-rata perbedaan tekanan internal 0,13 kPa setiap hari. Perbedaan tekanan internal setiap hari yang diperoleh ialah positif, menandakan bahwa dari perubahan tekanan internal setiap hari cenderung mengalami peningkatan.

Tekanan internal digester mengalami perubahan yang fluktuatif. Hal ini ditandai dengan proses penguraian substrat oleh bakteri selama proses fermentasi. Pada variasi level substrat 65% dan 75% dari total volume digester, tekanan internal maksimum pada hari ke-14 yang mendekati waktu penguraian optimum pada hari ke-13. Pada variasi level substrat 85% dari total volume digester, tekanan internal maksimum pada hari ke-18 yang mendekati waktu penguraian optimum pada hari ke-15. Sehingga, akibat dari tekanan internal digester dapat mempengaruhi waktu penguraian optimum gas metana selama proses fermentasi.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis data, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. HRT pada beberapa variasi level substrat dapat diketahui dari kemampuan degradasi secara alami campuran limbah kotoran sapi dengan limbah cair tahu menjadi biogas sampai produksi biogas berhenti. Untuk level substrat 65% dan 75% dari total volume digester, HRT pada hari ke-23. Untuk level substrat 85% dari total volume digester, HRT pada hari ke-25.
2. Hasil menunjukan bahwa variasi level substrat 75% dari total volume digester memiliki HRT lebih cepat yaitu pada hari ke-23, serta memiliki luas produksi biogas sebesar 160,93 satuan luas mililiter atau lebih besar 17,92% dari hasil variasi level 65% dan lebih besar 42,15% dari hasil variasi level 85%.

Referensi :

[1] Krismar Hadi. 2011. *Rancang Bangun Pengendalian laju Aliran Biogas Berdasarkan Perbedaan Level Menggunakan Mikrokontroler Pada Plant Bioreaktor Anaerob Kontinyu Pengolahan Limbah Cair Tahu.* Teknik Instrumentasi : ITS.

[2] Suanarto, dkk.(2008). *Kajian Model Digester Limbahn Cair Tahu Untuk Produksi Biogas Berdasarkan Waktu Penguraian.*prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanan.

[3] Ryantara, Ravanska Alfaresa.(2014). Analisis Pengaruh Tekanan Internal Digester Anaerob Pada Produktivitas Biogas Campuran Kotoran sapi dan Limbah tahu. Fakultas Teknik. Universitas Telkom.

[4] Gery R.M.(2014).Optimasi Produktivitas Gas Metana Pada Campuran Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi Dengan Pengontrolan Derajat Keasaman (pH). Program Studi S1 Teknik Fisika Universitas Telkom.

[5] Teodorita Al Saedi.(2008). Biogas HANDBOOK .published by University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700 Esbejrg,, Denmark.

[6] Santoso, Anugrah Adi.(2010). Produksi Biogas Dari Limbah Rumah Makan Melalui Peningkatan Suhu Dan Penambahan Urea Pada Perombakan Anaerob. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

[7] Sahirman, S.(1994). Kajian Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Untuk Memproduksi Gasbioa. [Tesis]. Program Pascasarjana IPB : Bogor.

[8] Indratno, Khori Ex.(2010). *Produksi biogas limbah cair industri tapioka melalui peningkatan suhu dan penambahan urea pada perombakan anaerob.*USM, Surakarta.

[9] Grinting, N.(2007). Penuntun Praktikum : *Teknologi Pengolahan Limbah Peternakan.* Departemen Peternakan Fakultas Pertanian : Universitas Sumatera Utara.