

# Pengaruh Variasi Sirkulasi Substrat terhadap Penyisihan Senyawa Organik pada Reaktor Metanogenesis

IKRIMA NURUL AMALIYAH, ETIH HARTATI, SALAFUDIN  
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional, Bandung  
Email : [ikrima.itenas@gmail.com](mailto:ikrima.itenas@gmail.com)

## ABSTRAK

*Mayoritas sampah di Indonesia ialah sampah organik, sehingga perlu dilakukan pengolahan untuk mengurangi sampah yang masuk ke TPA. Alternatif pengolahan sampah organik yang dilakukan adalah digester anaerobik. Penelitian ini mengolah sampah organik dari cafeteria Itenas menggunakan reaktor fixed bed digester anaerobik. Volume Kerja reaktor fixed bed ini ialah 180 liter dengan media sponge filter. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh waktu sirkulasi substrat terhadap penyisihan senyawa organik. Variasi sirkulasi substrat yang dilakukan ialah sebanyak 5, 6, dan 7 jam sirkulasi. Metode pengukuran yang digunakan pada parameter Chemical Oxygen Demand(COD) dan Total Asam Volatil (TAV) ialah standar method for the eximination water and wastewater 22<sup>th</sup> edition, sedangkan pengukuran parameter pH dan temperatur menggunakan metode SNI (Standar Nasional Indonesia). Hasil dari penelitian ini ialah perolehan penyisihan senyawa organik, yaitu penyisihan COD sebesar 86,67% dan penyisihan TAV sebesar 85,52 % pada waktu sirkulasi 7 jam/ hari dengan menerapkan reaktor fixed bed.*

*Kata kunci : proses anaerob, reaktor metanogenesis, sirkulasi substrat*

## ABSTRACT

*Majority garbage in Indonesia is organic garbage, so the treatment need is done to reduce waste the landfill. Alternative organic garbage treatment is anaerobic digestion. This research processed rubbish organic Itenas Itenas cafeteria using fixed bed reactor. Working volume reactor 180 liters with sponge filter media. The purpose of this research is to know the influence of time circulation a substrate organic compounds digestion rate. Is Varied circulation a substrate for 5, 6, and 7 hours circulation day. The methode of parameters measured were Chemical Oxygen Demand(COD) and Total Volatile Acid (TAV) measurement standard method for the eximination water and wastewater 22<sup>th</sup> edition, while parameter of pH and temperature uses the method SNI (National Standard Indonesia). An allowance organic compounds largest an allowance COD of 82,5 % and an allowance TAV of 86,67% is in time circulation 7 hours circulation day by fixed bed reactor.*

*Key word : anaerob process, methanogenesis reactor, circulation substrate*

## 1. PENDAHULUAN

Definisi sampah menurut UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Menurut *World Health Organization* (WHO) sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang yang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya (Chandra, 2006).

Pengolahan limbah secara anaerobialah pengolahan yang tidak memerlukan oksigen bebas. Mikroorganisme yang bekerja pada pengolahan ini ialah mikroorganisme anaerob. Mikroorganisme ini dapat bekerja dengan baik pada suhu yang semakin tinggi sampai 40°C, pada pH sekitar 7. Mikroorganisme ini juga akan bekerja dengan baik pada keadaan yang gelap dan tertutup. Secara umum proses anaerob terdiri dari empat tahap, yakni hidrolisis, pembentukan asam, pembentukan asetat dan pembentukan metana (Wahyuni, 2011).

Pada tahap hidrolisis terjadi pemecahan polimer menjadi polimer yang lebih sederhana oleh enzim dan dibantu dengan air. Enzim tersebut dihasilkan oleh bakteri yang terdapat pada bahan-bahan organik. Pada tahap pengasaman, bakteri merubah polimer sederhana hasil hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen (H<sub>2</sub>) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Untuk merubah menjadi asam asetat, bakteri membutuhkan oksigen yang diperoleh dari oksigen terlarut yang terdapat dalam larutan. Pada tahap ini senyawa dengan berat molekul rendah didekomposisi oleh bakteri metanogenik menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri metanogenik ini menggunakan asam asetat, hidrogen (H<sub>2</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) untuk membentuk metana dan karbon dioksida (Wahyuni, 2011).

Penelitian ini menggunakan *digester fixed bed* anaerobik dalam pengolahan sampah organik. *Digester* anaerobik yang biasa digunakan adalah *one stage digester* dan *two stage digester*. *One stage digester* lebih disukai daripada *two stage digester* karena desainnya lebih mudah, sederhana, dan rendah biaya investasi (Sitorus & Panjaitan, 2013). Namun, *Two stage digester* memiliki proses konfigurasi yang memisahkan reaktor asidogenesis dan metanogenesis yang dihubungkan secara seri, sehingga memungkinkan optimalisasi kedua proses (Llabres-Luengo & Mata-Alvarez, 1988). Keseluruhan hasil anaerobik *digester* sampah makanan menunjukkan bahwa sistem *two stage* adalah proses yang menjanjikan untuk mengolah limbah tersebut dengan efisiensi tinggi dalam hal hasil degradasi dan produktivitas biogas (Bouallagui, Touhami, Cheikh & Hamdi, 2005).

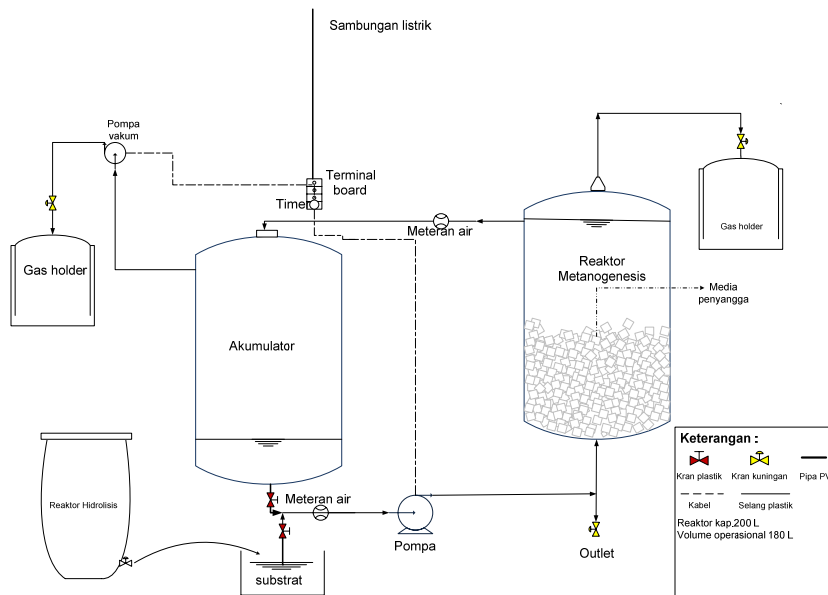
Pengoperasian reaktor *fixed bed* dapat juga dilakukan dengan melakukan sirkulasi, karena sangat berguna untuk mengolah limbah dengan bahan organik yang tinggi. Jika ada sirkulasi maka dapat mengencerkan bahan organik yang tinggi, mengatur pH, menstabilkan temperatur, serta membantu proses pengadukan (Indriyati, 2003).

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh sirkulasi substrat terhadap penyisihan senyawa organik dalam substrat air lindi sampah makanan menggunakan reaktor *fixed bed*.

## 2. METODE PENELITIAN

Tipe reaktor yang digunakan pada penelitian ini ialah reaktor tipe *fixed bed* dengan volume kerja reaktor 180 liter. *Digester* yang diterapkan pada penelitian ialah anaerob *two stage*, dimana *digester* tahap pertama untuk proses hidrolisis asidogenesis berlangsung di reaktor hidrolisis, sedangkan *digester* tahap dua untuk proses metanogenesis berlangsung di reaktor *fixed bed* dengan suplai substrat dari hasil *digester* tahap pertama.

Material penyangga tetap dalam bioreaktor dapat berfungsi memperbanyak jumlah bakteri di dalam reaktor (Chavadej, 1980). Penelitian ini menggunakan media berupa *sponge filter* karena media ini mudah didapatkan, tidak mudah terdegradasi karena berbahan sintesis, dan harganya terjangkau. Media penyangga ini mempunyai dimensi 30 x 12 x 6,5 cm dan dipotong berukuran 2 x 2 x 2 cm. Media terlebih dahulu dicampur dengan *sludge* limbah domestik untuk *starter* yang menempati sebagian isi reaktor *fixed bed*. Skema reaktor yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Reaktor Penelitian

Sampah organik yang digunakan sebagai substrat ialah sampah organik *cafeteria* Itenas. Perlakuan sampah *cafeteria* Itenas yang pertama ialah melakukan proses pemilahan sampah antara organik dan anorganik, sehingga sampah yang akan diolah ialah benar-benar sampah organik. Sampah organik yang telah melalui proses pemilahan kemudian dimasukkan ke dalam reaktor hidrolisis dan dicampur dengan air untuk melarutkan senyawa organik dengan rasio air dan sampah 1:1. Hasil dari proses ini berupa substrat yang akan disuplai menuju reaktor metanogenesis.

Sebelum penelitian utama dilakukan, tahap awal proses anaerob dalam reaktor *fixed bed* ialah proses *seeding* dan aklimatisasi untuk menumbuhkan dan mengkonidisikan mikroorganisme metanogen agar siap mengolah senyawa organik. *Seeding* dan

aklimatisasi dilakukan di dalam reaktor *fixed bed* agar mikroorganisme langsung melekat pada media dan terkondisikan dalam reaktor.

Proses *seeding* dilakukan setiap 3 hari sekali dengan pemberian substrat dari reaktor hidrolisis secara bertahap. Hal ini dilakukan agar mikroorganisme dalam reaktor tidak kaget menerima beban organik yang langsung berkonsentrasi tinggi. Proses ini dilakukan sampai volume substrat yang terisi di reaktor terpenuhi, yaitu 180 liter.

Proses aklimatisasi ini ditandai dengan penurunan COD dalam substrat, dan berakhir saat kondisi tunak tercapai yaitu kondisi dimana penurunan COD konstan dan tidak lebih dari 10%. Akhir proses aklimatisasi pada penelitian ini, penurunan COD konstan disekitar 3711 mg/L O<sub>2</sub> di hari kesembilan sampai hari kesebelas.

Langkah selanjutnya ialah pengoperasian reaktor dengan variasi waktu sirkulasi substrat selama 5, 6, dan 7 jam sirkulasi. Masing-masing sirkulasi dilakukan sebanyak 3 kali percobaan untuk mengoptimalkan kinerja setiap variasi.

Penelitian ini mengoperasikan reaktor dengan cara sirkulasi substrat, karena dapat memberikan keuntungan, yaitu bila limbah cair yang akan diolah mempunyai konsentrasi COD atau suspended solid yang tinggi, maka penurunan bahan organik dapat mencapai 75% sampai 95% untuk limbah cair yang tidak mengandung bahan padat, dan hanya 40% sampai 50% untuk limbah cair yang mengandung padatan (Indriyati, 2005).

Parameter utama yang diukur ialah pH, temperatur, *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan Total Asam Volatil (TAV). Pengambilan *sample* dilakukan setiap hari pada *inlet* sebelum substrat di pompakan menuju reaktor metanogendan *out* setelah pengoperasian reaktor. Pengukuran parameter ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Itenas. Metode pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Metode Pengukuran Parameter**

Parameter	Metode	Sumber
pH dan Temperatur	Potensiometri/elektrometri	SNI 06-6989.11.2004 Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter
TAV	Destilasi, Titrasi	<i>Standar method for theeximination water and wastewater 21th edition. 5560-C Destillation methode</i>
COD	Reflukstertutup , Titrasi	<i>Standar method for theeximination water and wastewater 21th edition. 5220-C Closed Reflux, Titrimetric Method</i>

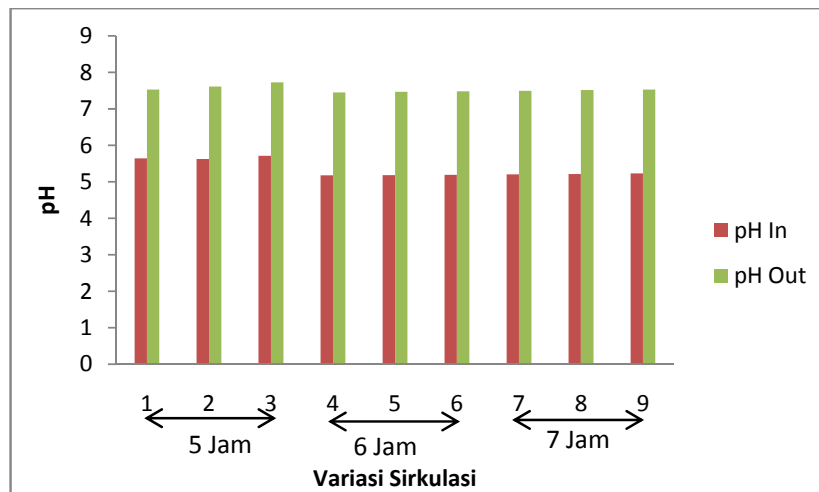
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Parameter pH

Faktor pH sangat berperan pada dekomposisi anaerob, karena pada rentang pH yang tidak sesuai mikroba tidak dapat tumbuh dengan maksimum dan bahkan dapat

menyebabkan kematian yang pada akhirnya dapat menghambat perolehan gas metan. pH yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8(Simamora, Salundik, Wahyuni, & Surajudin, 2006).

Hasil pengukuran pH selama pengoperasian reaktor dengan variasi sirkulasi dapat dilihat pada Gambar 2, yang menunjukkan kondisi pH *inlet* yang relatif asam yaitu pada rentang 5,19 – 5,71. Rentang pH ini menandakan bahwa proses anaerobik yang terjadi ialah tahap asidogenesis. Setelah substrat dari reaktor hidrolisis di proses dalam reaktor metanogenesis yang di sirkulasi, menunjukkan kondisi peningkatan pH dalam reaktor metanogenesis yaitu rentang nilai pH 7,45 - 7,63 (pH *out*), nilai pH ini termasuk ke dalam rentang pH untuk mikroorganisme metanogen. Perubahan pH setelah dilakukan proses sirkulasi dikarenakan adanya proses pengadukan yang terjadi selama reaktor beroperasi, sehingga menyebabkan kondisi substrat yang homogen.

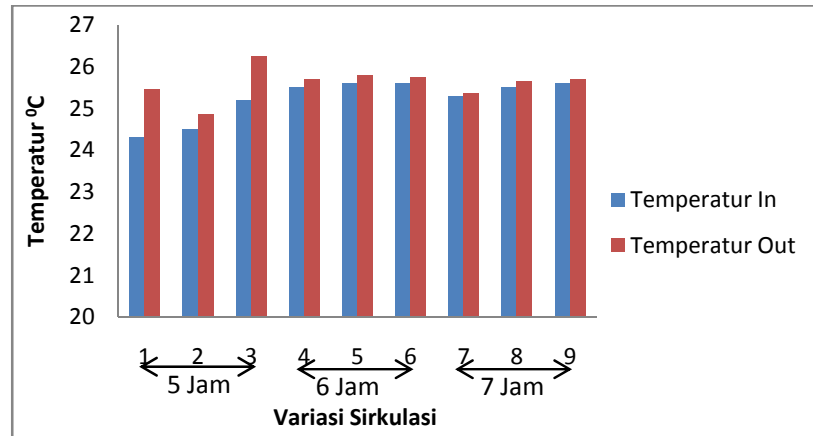


Gambar 2. Parameter pH Selama Pengoperasian Reaktor

### 3.2. Parameter Temperatur

Gabungan bakteri anaerob bekerja pada tiga kelompok temperatur utama. Temperatur krioofilik yakni kurang dari 20 °C, mesofilik berlangsung pada temperatur 20-45 °C (optimum pada 30-45 °C) dan termofilik terjadi pada temperatur 40-80 °C (optimum pada 55-75 °C). Kondisi optimum merupakan kondisi dimana laju pertumbuhan mencapai maksimum sehingga laju penguaraian senyawa organik juga akan mencapai maksimum (Simamora, Salundik, Wahyuni, & Surajudin, 2006). Menurut (Tchobanoglous & Burton, 2004) rentang temperatur untuk mikroorganisme metanogenesis ialah temperatur mesofilik (20-45°C).

Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3, yaitu parameter temperatur selama *running* variasi sirkulasi menunjukkan kondisi temperatur pada rentang 24- 27°C (temperatur *Out*). Rentang temperatur dalam reaktor metanogen ini termasuk rentang temperatur mesofilik, dimana mikroorganisme anaerob hidup pada rentang temperatur tersebut.

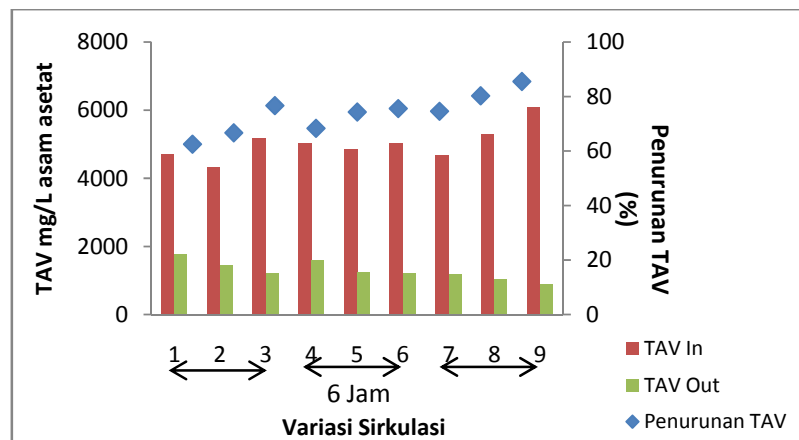


Gambar 3. Parameter Temperatur Selama Pengoperasian Reaktor

### 3.3. Parameter Total Asam Volatil (TAV)

Total Asam Volatil (TAV) merupakan sumber asam organik bagi pembentukan biogas. Kadar TAV diukur untuk menunjukkan tahap-tahap anaerob yang sedang berlangsung selama degradasi. Ketika substrat terdegradasi dan memasuki tahap asidogenesis, total asam volatil akan meningkat. Terlepas dari parameter pH, konsentrasi total asam volatil yang tinggi (>1.0000 mg/l) akan menjadi inhibitor dalam degradasi anaerob (Wilkie, 2008 dalam Sharifani & Soewondo, 2009). Penurunan TAV terjadi akibat aktivitas proses metanogenesis yang mengubah produk metabolisme proses asidogenesis menjadi gas metan (Syafila, Djajadiningrat, & Handajani, 2003).

Berdasarkan penelitian menggunakan variasi waktu sirkulasi diperoleh penurunan TAV di semua variasi sirkulasi, hal ini dikarenakan telah terjadi proses metanogenesis dimana asam organik dalam substrat dikonversi oleh mikroorganisme dengan baik. Penurunan TAV terbanyak ada pada sirkulasi 7 jam dengan efisiensi penurunan TAV sebesar 85,52% (TAV out). Penyisihan TAV ini dikarenakan semakin banyak sirkulasi yang dilakukan maka substrat akan semakin sering berkontak dengan mikroorganisme dalam media yang mengakibatkan proses degradasi zat organik semakin banyak sehingga pendegradasian asam organik dalam substrat semakin banyak.



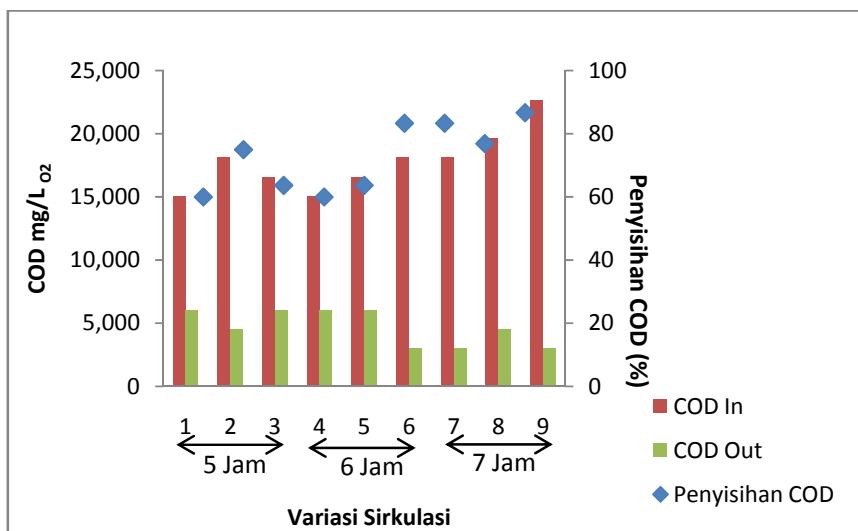
Gambar 4. Penurunan TAV Selama Variasi Sirkulasi Substrat

### 3.4. Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

*Chemical Oxygen Demand*(COD) merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik, sehingga dapat dikatakan bahwa parameter COD adalah parameter untuk mengetahui konsentrasi senyawa organik yang dapat dioksidasi oleh oksidator kuat dalam suasana asam. Menurut (Malina, 1992) proses anaerob cocok untuk limbah dengan konsentrasi COD sebesar 2.000 hingga lebih dari 20.000 mg/L COD total. Pengoperasian reaktor dengan sirkulasi substrat dapat memberikan keuntungan, bila limbah cair yang akan diolah mempunyai konsentrasi COD yang tinggi (Indriyati, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian, nilai COD yang masuk ke dalam reaktor metanogenesis berkisar antara 15.000 sampai lebih dari 20.000 mg/L O<sub>2</sub>. Nilai COD ini masih termasuk rentang pengolahan anaerobik. Setelah dilakukan sirkulasi substrat terlihat adanya penurunan nilai COD dari awal pengoperasian reaktor metanogenesis sampai akhir proses. Penurunan kadar COD dalam substrat menunjukkan adanya proses degradasi zat organik oleh mikroorganisme. Penurunan nilai COD dapat dilihat pada Gambar 5 yang memperlihatkan adanya penyisihan COD di semua waktu sirkulasi. Efisiensi penyisihan COD terbesar pada penelitian ini, yaitu waktu sirkulasi selama 7 jam yang mampu menyisihkan senyawa organik mencapai 86,62 % (COD out). Penyisihan nilai COD ini dikarenakan waktu tinggal yang cukup lama, sehingga memberikan kesempatan kontak lebih lama antara lumpur anaerobik dengan substrat, yang mengakibatkan proses degradasi menjadi lebih baik (Chotimah, 2010).

Sirkulasi substrat dapat mempengaruhi besarnya penurunan COD dalam penelitian ini, dikarenakan substrat yang sering di sirkulasi semakin sering berkontak dengan mikroorganisme dalam media penyangga yang mengakibatkan proses degradasi zat organik semakin banyak.



Gambar 5. Penyisihan COD Selama Variasi Sirkulasi Substrat

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini ialah, pengoperasian reaktor dengan menerapkan sirkulasi substrat dapat menstabilkan pH, menghomogenkan temperatur dan menyisihkan zat organik lebih besar dalam reaktor. Variasi sirkulasi substrat yang paling banyak menyisihkan senyawa organik ialah variasi sirkulasi 7 jam dengan menyisihkan senyawa organik COD sebesar 86,62% dan penyisihan TAV sebesar 85,52 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- UU No. 18 Tahun 2008. Tentang " Pengelolaan Sampah".
- Bouallagui, Touhami, Cheikh & Hamdi (2005). *Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes*. *Process Biochemistry*, 40(3), 989-995.
- Chandra, B. (2006). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC.
- Chavadej, S. (1980). *Anaerobic filter for biogas production*. Paper presented at the UNESCO, Workshop on Energy from Biomass and Wastes, University of Peradeniya, Peradeniya, Sri Lanka, Nov. 26-30, 1979. *Regional Journal of Energy, Heat and Mass Transfer*, vol. 2, Jan. 1980, p. 31-44. Research supported by the National Research Council of Thailand.
- Chotimah, S. N. (2010). Pembuatan Biogas dari Limbah Makanan dengan Variasi dan Suhu Substrat dalam Biodigester Anaerob. *Universitas Negeri Sebelas Maret., Surakarta*.
- Indriyati, I. (2003). Proses Pembenuhan (Seeding) dan Aklimatisasi Pada Reaktor Tipe Fixed Bed. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.
- Indriyati, I. (2005). Pengolahan Limbah Cair Organik Secara Biologi Menggunakan Reaktor Anaerobik Lekat Diam. *Jurnal Air Indonesia*, 1(3).
- Llabres-Luengo, P., & Mata-Alvarez, J. (1988). The hydrolytic step in a dry digestion system. *Biological wastes*, 23(1), 25-37.
- Malina, J. (1992). *Design of anaerobic processes for treatment of industrial and municipal waste* (Vol. 7): CRC Press.
- Sharifani, S., & Soewondo, P. (2009). Degradasi biowaste fasa cair, slurry, dan padat dalam reaktor batch anaerob sebagai bagian dari mechanical biological treatment. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sipil dan Teknik Lingkungan, ITB Bandung.
- Simamora, Salundik, Wahyuni, & Surajudin (2006). *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak*. Depok: Agro Media Pustaka.
- Sitorus, B., & Panjaitan, S. D. (2013). Biogas recovery from anaerobic digestion process of mixed fruit-vegetable wastes. *Energy Procedia*, 32, 176-182.
- Syafila, Djajadiningrat, & Handajani (2003). Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 35(1), 19-31.
- Tchobanoglous, G., & Burton, F. (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Disposal* (4th ed). New York: McGraw-Hill, Inc.
- Wahyuni, S. (2011). *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta (ID): Agro Media Pustaka.