

# **PENGARUH PENGECERAN DAN PENGADUKAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS PADA ANAEROBIC DIGESTION DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAK RUMEN SAPI SEBAGAI STARTER DAN LIMBAH DAPUR SEBAGAI SUBSTRAT**

**Mohammad R., F., Soeroso\*, Pradana S., Akbar,  
Sudarno, Irawan Wisnu Wardhana**

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof H. Sudarto SH Tembalang Semarang

Email: \* [rama\\_regista@yahoo.co.id](mailto:rama_regista@yahoo.co.id)

## **ABSTRAK**

*Kandungan organik pada limbah padat dapur dapat menjadi sumber substrat bagi bakteri anaerobik, yang akan menghasilkan biogas sehingga dapat menjadi sumber energi alternatif dan terbarukan. Limbah padat domestik dari dua restoran di sekitar Tembalang dijadikan sampel bagi penelitian ini. Pencacahan manual dan proses penggilingan (blender) dilakukan sebelum limbah padat domestik dimasukkan ke dalam reaktor dengan volume 300 ml. Air ditambahkan ke masing masing reaktor dengan volume yang berbeda beda untuk memperoleh faktor pengenceran. 1,1; 1,25; 1,42; 1,67 dan 2,00. Ekstrak rumen sapi digunakan sebagai starter bakteri. Temperatur, pH serta volume biogas dimonitor setiap hari selama kurang lebih 3 minggu. Faktor pengenceran dua kali dapat meningkatkan produksi biogas yang lebih banyak dibanding pada reaktor dengan pengenceran substrate lebih rendah. Selain itu pengenceran juga mempercepat produksi dari biogas. Perlakuan pengadukan untuk meningkatkan produksi biogas, tidak teramati pada semua reaktor. Justru reaktor menghasilkan biogas yang lebih rendah ketika dilakukan pengadukan.*

**Kata Kunci :** *Biogas, limbah dapur, ekstrak rumen sapi, energi alternatif*

## **PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Konsep pengelolaan sampah yang terpadu sudah didorong untuk diterapkan di Indonesia, yaitu dengan meminimisasi sampah serta memaksimalkan daur ulang dan pengomposan disertai penerapan tempat pemrosesan akhir dengan konsep sanitary landfill yang ramah lingkungan. Paradigma baru penanganan sampah merupakan satu siklus yang mendukung konsep ekologi. Energi baru yang masih bisa dihasilkan dari hasil penguraian sampah khususnya sampah organik telah menjadi bagian dari paradigma baru penanganan sampah tersebut.

Sampah organik banyak didominasi dari kegiatan domestik masyarakat, seperti memasak. Aktifitas masyarakat yang

terpusat, dalam hal ini misalnya budaya makan di warung atau di restoran, akan mempermudah pengumpulan sampah organik. Karena aktifitas memasak di suatu pemukiman hanya terpusat di tempat tempat tersebut. Hal ini terjadi juga pada daerah Tembalang sekitar Kampus Universitas Diponegoro, dimana sebagian penghuninya adalah mahasiswa yang lebih senang makan di warung atau restoran, dibanding masak sendiri. Hal ini akan sangat mempermudah didalam pengumpulan sampah organik. Energi terbarukan dari pengelolaan sampah, dapat diperoleh dengan mengolah sampah organik menjadi biogas, dalam suatu reaktor yang disebut TANGKI BIOGAS. Kendala dalam pemanfaatan sampah organik sebagai sumber energi adalah cara

pengumpulan sampah. Jika biaya yang dibutuhkan untuk pengumpulan sampah ini sudah dapat diatasi, maka harga operasional pembuatan biogas ini akan lebih kompetitif dibanding sumber energi lainnya.

Proses anaerobik digestion dapat mendegradasi sampah organik menjadi biogas tanpa kehadiran oksigen. Hasil dari *anaerobik digestion* tersebut adalah methane, karbon dioksida, hidrogen sulfida, ammonia dan biomass baru. Dalam proses anaerobik digestion beberapa tipe dari bakteri mendegradasi senyawa organik secara bertahap dan dalam proses yang bersamaan. Proses *digestion anaerobik* dari polimer organik kompleks biasanya dibagi kedalam empat tahapan yang saling terkait yaitu *hidrolisis*, *asidogenesis*, *acetogenesis* dan *methanogenesis*.

Selain pH dan temperatur faktor yang mempengaruhi produksi biogas dalam proses anaerobik tersebut adalah karakter substrat, dalam hal ini kandungan air dari sampah, dan juga kondisi pengadukan. Sifat dari limbah organik menentukan sukses tidaknya *anaerobik digestion*. Dalam limbah rumah tangga, kandungan air ini bisa bervariasi tergantung dari metode pengumpulan, musim, sifat dari aktifitas masyarakat.

Selain itu ratio C/N (carbon dan nitrogen) serta ukuran dari partikel sangat berpengaruh terhadap bioproses. Ukuran partikel punya peran signifikan dalam bioproses, terutama selama proses *hidrolisis*, karena ukuran partikel yang kecil menyediakan luas area yang cukup bagi masuknya enzim dan peningkatan dari ukuran partikel dari limbah organik akan menurunkan koefisien kecepatan penggunaan substrate.

Walaupun ada beberapa kontradiksi, sebagian besar peneliti yang setuju bahwa pengadukan berperan penting dalam *digestion anaerobik* dari limbah organik. Pengadukan menghasilkan kontak yang cukup antara substrate dengan populasi bakteri dan juga menghasilkan homogen kondisi dari limbah. (Meroney dan Colorado, 2009). Lebih lanjut, pengadukan menjamin bahwa padatan tetap dalam bentuk suspensi sehingga akan menghindari pembentukan *dead zone* oleh sedimentasi dari kerikil atau partikel padat lainnya. Pengadukan juga memungkinkan pengurangan ukuran partikel.

Di Indonesia, penelitian dengan tema biogas dari sampah organik domestik sudah dilakukan sejak tahun 1970. Meskipun demikian biogas dengan memanfaatkan limbah organik skala rumah tangga belum diaplikasikan secara masal di Indonesia. Sebagian besar biogas yang sudah beroperasi memanfaatkan kotoran dari peternakan atau dari industri kecil (limbah industri tahu). Semakin mendesaknya kebutuhan energi alternatif di Indonesia, maka penelitian terkait biogas dari sampah domestik masih sangat diperlukan.

## METODOLOGI

### Bio – Reaktor

Bioreaktor skala lab yang digunakan pada penelitian ini adalah botol *polyethylene* dengan volume 500 ml. Untuk menampung biogas yang dihasilkan dari proses anaerobik, maka penutup botol dimodifikasi dengan menggunakan karet yang telah dilubangi dan dimasukan selang.

Sampah domestik diambil dari dua restoran yang berada di daerah Tembalang, setelah dicacah ataupun diblender, dicampurkan dengan ekstrak rumen sapi sebanyak 50 ml dan air untuk menghasilkan variasi pengenceran seperti pada Tabel 1 dan lalu kemudian dimasukkan kedalam bioreaktor tersebut. Masing masing variasi dibuat duplo. Untuk mempermudah didalam penyebutan, sampah domestik tersebut diberi kode sampah domestik A dan sampah domestik B. Selama lebih dari 20 hari volume biogas yang dihasilkan diukur dari masing masing bioreaktor.

Untuk mengetahui pengaruh pengadukan terhadap produksi biogas, bioreaktor dengan faktor pengenceran terbesar dan terkecil digunakan untuk penelitian ini. Setelah sampah domestik dicacah ataupun diblender, sampah tersebut dimasukkan kedalam bioreaktor yang telah diberi ekstrak rumen dan diencerkan sesuai yang diinginkan. Untuk masing masing pengenceran, tiga variasi pengadukan dilakukan. Selama penelitian, satu reaktor tidak dilakukan pengadukan (pengocokan), satu reaktor dikocok sekali dalam sehari dan satu reaktor dikocok tiga kali dalam sehari, seperti yang dirangkum pada Tabel 2. Selama kurang lebih 20 hari volume biogas dihitung dimasing masing bioreaktor.

**Tabel 1.** Variasi pengenceran pada masing masing reaktor

No	Sampah Domestik A atau B (gram)		Rumen Sapi (ml)	Air (ml)	Faktor Pengenceran (kali)
	Dicacah	Diblender			
1	100	100	50	150	2,00
2	100	100	50	100	1,67
3	100	100	50	64	1,42
4	100	100	50	37,5	1,25
5	100	100	50	16,6	1,11

**Tabel 2.** Perancangan variasi pengadukan

No	Sampah Domestik A atau B (gram)		Rumen Sapi (ml)	Air (ml)	Perlakuan – Pengadukan perhari
	Dicacah	Diblender			
1a	100	100	50	16,6	0
1b	100	100	50	16,6	1
1c	100	100	50	16,6	3
2a	100	100	50	150	0
2b	100	100	50	150	1
2c	100	100	50	150	3

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Limbah

Sisa makanan dari rumah makan seperti sisa- sisa nasi, lemak dan sayuran dipotong – potong menjadi ukuran yang kecil atau dicacah, dan sebagian lagi diblender. Limbah tersebut kemudian diukur kandungan C dan N yang menghasilkan nilai sebagaimana pada Tabel 3. Untuk limbah domestik A didapatkan kadar C organik sebesar 41,12 % dan kadar N total sebesar 2,02 %, sehingga rasio C/N yang diperoleh berkisar 20. Sementara limbah domestik B mengandung C organik sebesar 45,30 % dengan kadar N Total sebesar 2,67, menghasilkan rasion C/N berkisar 17. Berdasarkan Damanhuri 1995, rasio C/N ideal bagi limbah untuk menghasilkan methane adalah 20-30. Penambahan rumen sapi, selain sebagai sumber mikroorganisme, juga bertujuan meningkatkan rasio C/N ini, khususnya untuk limbah domestik B.

Sementara nilai pH dan temperatur awal dari limbah menunjukkan nilai yang sudah optimal bagi kondisi awal pembentukan gas methan. Sri Wahyuni, 2008, menjelaskan bahwa pH optimum untuk memproduksi biogas secara optimal berkisar 6 – 7. Sementara Sahidu, 1983 menjelaskan bahwa temperatur optimum bagi pertumbuhan bakteri anaerob berkisar 30 – 35 °C. Temperatur awal limbah domestik terlihat sedikit dibawah kondisi optimum, namun masih dalam batas yang bisa ditoleransi.

### Pengaruh Pengenceran Terhadap Produksi Biogas Pada Limbah Tanpa Proses Penghalusan (dicacah)

Untuk limbah domestik A, produksi biogas terjadi pada lima hari pertama dimana pada durasi tersebut produksi gasnya menurun secara signifikan. Juga dapat terlihat bahwa pengenceran yang rendah menghasilkan produksi biogas yang

lebih tinggi. Pada hari pertama misalnya, biogas yang dihasilkan pada faktor pengenceran 1,11; menghasilkan volume hampir dua kali dibanding dengan reaktor dengan faktor pengenceran 1,43. Pada limbah domestik B, produksi biogas juga terjadi pada 5 hari pertama. Dengan kecenderungan hampir sama dengan limbah domestik A. Semakin rendah pengenceran, produksi biogasnya semakin tinggi, khususnya teramati pada hari pertama.

Tabel 3. Karakteristik Limbah Domestik

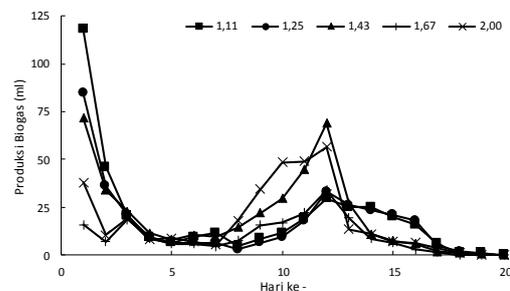
NO	Parameter	Hasil Uji	
		A	B
1	N Total (%)	2,02	2,67
2	Carbon Organic (%)	41,12	45,30
3	Rasio C/N	20 : 1	17 : 1
4	Suhu (°C)	27,5	27,3
5	pH	6,74	6,77

Untuk limbah domestik B, setelah hari kelima produksi biogas semakin turun mendekati nol. Sedikit berbeda dengan yang lainnya, reaktor dengan faktor pengenceran 2,00; pada hari kelima justru diamati produksi biogas yang meningkat. Sementara limbah domestik A, pada hari ke 5 sampai dengan hari ke 8, produksi biogas di semua reaktor dengan faktor pengenceran berbeda beda sangat kecil. Namun mulai hari ke sembilan produksi biogas naik secara perlahan. Dan memperlihatkan reaktor dengan faktor pengenceran paling banyak, justru menghasilkan produksi biogas yang paling banyak. Kenaikan produksi biogas tersebut mengalami puncaknya pada hari ke tiga belas.

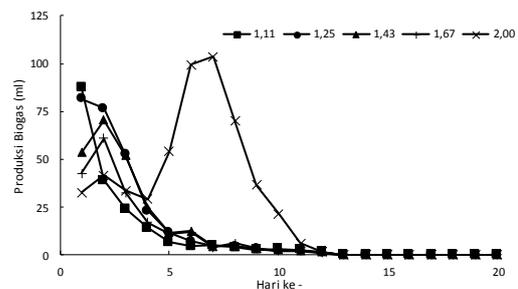
Terbentuknya gas pada hari pertama sampai kelima ini tidak lazim. Penelitian penelitian terdahulu (Maidinasari, 2012) menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan biogas antara 10 – 21 hari. Sangat mungkin pada lima hari pertama ini bukan biogas. Pengukuran komposisi dari biogas, sebenarnya perlu dilakukan untuk mengetahui, lebih tepat lagi, kapan sebenarnya biogas biogas seperti methane, ammonium, dan CO<sub>2</sub> ini dihasilkan

Selain itu, perubahan nilai pH juga selalu diamati selama penelitian ini. Hasil pengukuran pH pada limbah domestik A dan B menunjukkan adanya penurunan pH pada semua reaktor. Pada awal penelitian,

terukur nilai pH sekitar 6,75; dan pada akhir penelitian nilai pH berkisar antara 4 -5. Penurunan nilai pH ini kemungkinan besar disebabkan oleh aktivitas bakteri, khususnya bakteri acidogenesis. Penurunan nilai pH selama proses pembentukan biogas ini juga dialami pada percobaan Yulistiawati, 2008.



a



b

Gambar 1. Produksi Biogas pada reaktor dengan limbah yang dicacah dan pada pengenceran limbah yang berbeda beda, (a) Limbah domestik A, (b) Limbah domestik B.

### Pengaruh Pengenceran Terhadap Produksi Biogas Pada Limbah dengan Proses Penghalusan (blender)

Secara umum, produksi biogas dari limbah dengan proses pencacahan (Gambar 1) lebih banyak dibanding dengan produksi biogas dari proses blender, baik itu limbah domestik A maupun B. Maksimum produksi biogas dengan proses blender pada limbah domestik A adalah sekitar 50 ml, dan pada limbah domestik B sekitar 75 ml.

Pada limbah domestik A, masing masing reaktor dengan faktor pengenceran yang berbeda, ternyata menghasilkan biogas yang relatif sama. Ini berarti, tidak ada pengaruh pengenceran terhadap produksi biogas, pada reaktor dimana substratnya dilakukan proses blender. Hasil ini berbeda dengan penelitian Budiharjo 2009, dimana pengenceran memiliki peran penting dalam pembentukan biogas. Kelembaban yang cukup menyebabkan bakteri dapat beraktifitas dengan optimum, selain itu transport substrat dari cairan ke sel bakteri juga lebih optimal.

Sama dengan yang terjadi pada limbah domestik A dengan proses blender, reaktor reaktornya menghasilkan biogas lagi pada hari ke delapan dan seterusnya dengan nilai maksimum yang berbeda serta waktu yang berbeda untuk mencapai nilai maksimalnya. Namun secara sekilas terlihat volume akumulatif dari biogas relatif sama. Pada hari ke 20, biogas yang dihasilkan sudah mendekati 0 mg/l.

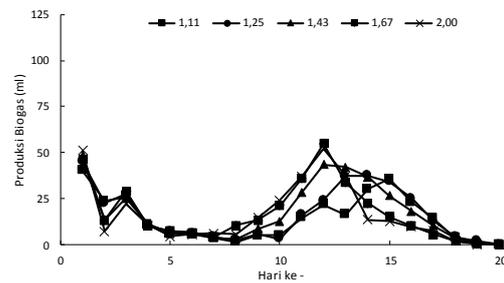
Untuk limbah domestik B, pola produksi biogas pada reaktor dengan substrat yang melalui proses blender hampir sama dengan reaktor dengan substrat melalui proses cacah, dimana pada 5 hari pertama diproduksi biogas, dan lalu menurun produksi biogasnya sampai mendekati 0 mg/l, sampai akhir waktu penelitian, hari ke duapuluh. Terlihat tidak ada perbedaan produksi biogas antar reaktor untuk limbah domestik B, yang berarti bahwa tidak ada pengaruh pengenceran terhadap produksi biogas.

### Pengaruh Pengadukan Terhadap Produksi Biogas Pada Limbah Tanpa Proses Penghalusan (dicacah)

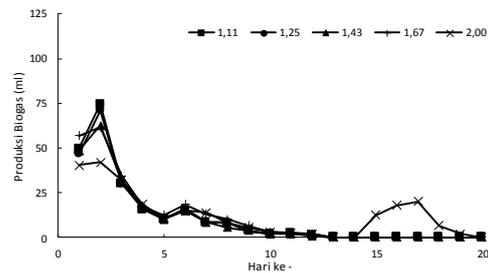
Pada limbah domestik A, produksi biogas dengan faktor pengenceran besar (2,00 x) menghasilkan biogas yang relatif lebih banyak dibanding dengan reaktor yang faktor pengencerannya kecil (1,11 x). Selain itu pada reaktor dengan pengenceran besar, produksi biogasnya terjadi lebih awal dibanding reaktor dengan faktor pengenceran kecil.

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. Dari Gambar 2 A,

untuk kedua faktor pengenceran, terlihat bahwa justru reaktor tanpa pengadukan menghasilkan biogas yang lebih banyak dan cepat dibanding dengan reaktor yang diaduk. Begitu juga pada limbah domestik B, produksi biogas yang paling besar justru terjadi pada limbah yang tidak dilakukan pengadukan (biogas dari reaktor dengan faktor pengenceran 2,00). Pengaruh pengadukan yang positif hanya diamati pada reaktor yang mengolah limbah domestik B, dengan faktor pengenceran rendah.



a



b

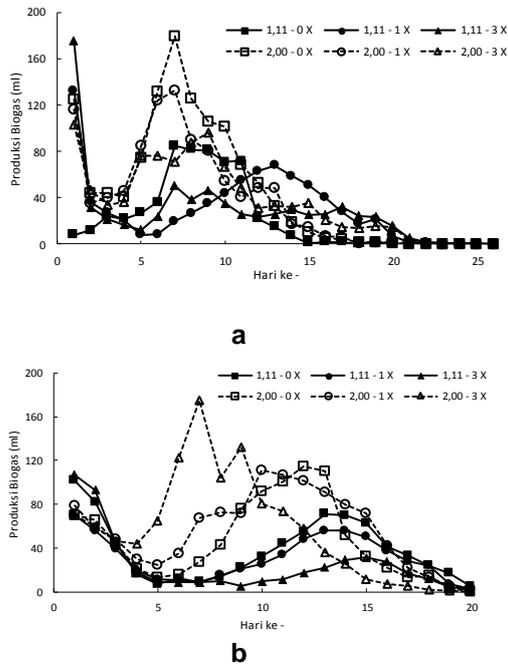
**Gambar 2.** Produksi Biogas pada reaktor dengan limbah yang diblender dan pada pengenceran limbah yang berbeda beda, (a) Limbah domestik A, (b) Limbah domestik B.

Dari kedua gambar (Gambar 3a dan 3b) menunjukkan pula bahwa biogas dari reaktor yang pengencerannya besar akan diproduksi lebih awal dibanding dengan reaktor yang pekat (pengenceran rendah).

### Pengaruh Pengadukan Terhadap Produksi Biogas Pada Limbah Dengan Proses Penghalusan (diblender)

Reaktor yang diisi dengan substrat dimana faktor pengenceran 2,00 menghasilkan produksi biogas yang lebih banyak dan lebih awal dibanding dengan

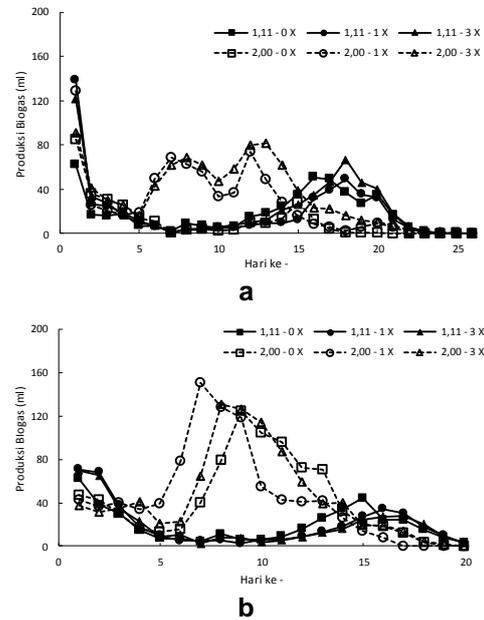
reaktor dengan faktor pengenceran 1,11. Hasil dari penelitian Costa, 2011, menyatakan bahwa proses pengadukan dapat menggeser waktu produksi biogas menjadi satu sampai dua hari lebih awal dibanding jika reaktor tidak dilakukan pengadukan.



**Gambar 3.** Produksi Biogas pada reaktor dengan limbah yang dicacah dan pada perlakuan pengadukan yang berbeda beda, (a) Limbah domestik A, (b) Limbah domestik B.

Dibandingkan dengan Gambar 3, produksi biogas pada reaktor dengan tambahan proses blender, justru menghasilkan produksi biogas yang lebih sedikit, terutama diamati pada limbah domestik A. Untuk limbah domestik A, faktor pengadukan terhadap produksi biogas tidak terlalu dapat diamati. Namun demikian untuk limbah domestik B, terutama pada reaktor dengan faktor pengenceran 2,00; biogas pada reaktor yang diaduk akan diproduksi lebih awal dibanding dengan reaktor yang tidak diaduk. Pengadukan menghasilkan kontak yang cukup antara substrate dengan populasi bakteri dan juga menghasilkan kondisi homogen dari limbah Wardana 2012. Walaupun demikian, volume

akumulatif dari biogas, tidak dipengaruhi dengan pengadukan.



**Gambar 4.** Produksi Biogas pada reaktor dengan limbah yang diblender dan pada perlakuan pengadukan yang berbeda beda, (a) Limbah domestik A, (b) Limbah domestik B.

**KESIMPULAN**

Beberapa kesimpulan dari penelitian ini adalah faktor pengenceran dua kali dapat meningkatkan produksi biogas yang lebih banyak dibanding pada reaktor dengan pengenceran substrate lebih rendah. Selain itu pengenceran juga mempercepat produksi dari biogas.

Perlakuan pengadukan untuk meningkatkan produksi biogas, tidak teramati pada semua reaktor. Justru reaktor menghasilkan biogas yang lebih rendah ketika dilakukan pengadukan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Arief Budiharjo, M. 2009. Kombinasi Feeding Biostarter Dan Air Dalam Anaerobik Digester, *Jurnal Presipitasi*. Vol 6 No 2. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.

- Desriandy.Vandy.2011. Pembuatan Biogas Dari Hasil Fermentasi Thermofilik Limbah Cair Kelapa Sawit Sistem Recycle Menjadi Energi Listrik Untuk Kapasitas 60 Ton TBS/JAM. *Tesis*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Joaquim da Costa. 2011. Optimasi Produksi Biogas Pada Anaerobik Digester Type Horizontal Berbahan Baku Kotoran Sapi Dengan Pengaturan Suhu dan Pengadukan, *Master Thesis of Mechanical Engineering*, ITS.
- Meidiansari, Selly. 2012. Kajian Pemakaian Sampah Organik Rumah Tangga Untuk Masyarakat Berpenghasilan Rendah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas, *Paper and Presentation of Environment Engineering*, ITS.
- Meroney, R.N. and Colorado, P.E., 2009, CFD simulation of mechanical draft tube mixing in anaerobic digester tanks. *Water research*. Vol. 43: 1040-1050
- Metcalf & Eddy, Inc., 2003. *Wastewater engineering: Treatment and reuse*. 4<sup>th</sup> ed. New York: McGraw-Hill.
- Pardede.Kristina.2009. Pemanfaatan Sampah Organik Buah Buahan Dan Berbagai Jenis Limbah Pertanian Untuk Menghasilkan Biogas.*Tesis*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- Tarigan, Sumatera. 2011. Pembuatan Pupuk Organik Cair Dengan Memanfaatkan Limbah Padat Sayuran Kubis (*Brassicca aleracege*. L) Dan Isi Rumen Sapi. *Tesis*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yulistiawati, Endang. 2008. Pengaruh Suhu Dan C/N Rasio Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Sampah Organik Sayuran. *Skripsi*. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yani, M. dan A. A. Darwis. 1990. Diktat Teknologi Biogas. Pusat Antar Universitas Bioteknologi - IPB. Bogor. Di dalam Yulistiawati, Endang. 2008. Pengaruh Suhu Dan C/N Rasio Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Sampah Organik Sayuran. *Skripsi*. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.