

SKRIPSI



**POTENSI LIMBAH IKAN DENGAN CAMPURAN *SLUDGE*
DARI KOTORAN SAPI SEBAGAI SUBSTRAT TAMBAHAN
BIOGAS**

**OLEH:
PUTRI PANGESTI SIAMINING TIAS
1305015121**

**PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU-ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2017**

SKRIPSI



**POTENSI LIMBAH IKAN DENGAN CAMPURAN *SLUDGE*
DARI KOTORAN SAPI SEBAGAI SUBSTRAT TAMBAHAN
BIOGAS**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat**

**OLEH:
PUTRI PANGESTI SIAMINING TIAS
1305015121**

**PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU-ILMU KESEHATAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2017**

PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi dengan judul Potensi Limbah Ikan dengan Campuran *Sludge* dari Kotoran Sapi sebagai Substrat Tambahan Biogas merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya bukan plagiat dari karya ilmiah yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis orang lain. Semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya tulis dengan benar sesuai dengan pedoman dan tata cara pengutipan yang berlaku. Apabila ternyata di kemudian hari Skripsi ini, baik sebagian maupun keseluruhan merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya sekaligus menerima sanksi berdasarkan perundang-undangan dan aturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.

Jakarta, Desember 2017



Putri Pangesti Siamining Tias
1305015121

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Pangesti Siamining Tias
NIM : 1305015121
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Fakultas : Ilmu-ilmu Kesehatan
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas skripsi saya yang berjudul *Potensi Limbah Ikan dengan Campuran Sludge dari Kotoran Sapi sebagai Substrat Tambahan Biogas beserta perangkat yang ada*. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA berhak menyimpan, mengalihmedia/ formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, Desember 2017

Yang menyatakan,



Putri Pangesti Siamining Tias

PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Putri Pangesti Siamining Tias
NIM : 1305015121
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Potensi Limbah Ikan dengan Campuran *Sludge* dari Kotoran Sapi sebagai Substrat Tambahan Biogas

Skripsi dari mahasiswa tersebut diatas telah diperiksa, disetujui dan telah disidangkan dihadapan Tim Penguji Skripsi Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.

Jakarta, Desember 2017

Pembimbing I



(Nanny Harmani, SKM., M.Kes)

Pembimbing II



(Dian Kholika Hamal, SKM., M.Kes)

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Putri Pangesti Siamining Tias
NIM : 1305015121
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
Judul Skripsi : Potensi Limbah Ikan dengan Campuran *Sludge* dari Kotoran Sapi sebagai Substrat Tambahan Biogas

Skripsi dari mahasiswa tersebut di atas telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.

Jakarta, Desember 2017

TIM PENGUJI

Pembimbing I : Nanny Harmani, SKM., M.Kes



Penguji I : Arif Setyawan, SKM., M.Kes



Penguji II : Nurul Huriyah Astuti, SKM., M.Kes



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama : Putri Pangesti Siamining Tias
NIM : 1305015121
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 24 Januari 1996
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jalan H. Majuk RT 002 RW 01 No. 25
Kembangan Selatan, Kembangan, Jakarta Barat
Jenjang : Strata Satu (S1)
Program Studi : Kesehatan Masyarakat
No Telp/ Hp : 0895611825544
Email : putripangestist@gmail.com



RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Tahun 2000 – 2001 : TKQ Al-Muawanah Kembangan Selatan
2. Tahun 2001 – 2007 : SDN 02 Kembangan Selatan
3. Tahun 2007 – 2010 : SMPN 105 Jakarta Barat
4. Tahun 2010 – 2013 : SMAN 85 Jakarta Barat
5. Tahun 2013 - sekarang : Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Tahun 2011 - 2012 : Anggota Rohis SMAN 85 Jakarta Barat
2. Tahun 2015 - 2016 : Anggota Komisi 1 Keorganisasian dan
Kemahasiswaan Dewan Perwakilan Mahasiswa
FIKES UHAMKA
3. Tahun 2015 - 2016 : Anggota Bidang IX Media dan Komunikasi
PK IMM FIKES UHAMKA



*Skripsi ini aku persembahkan untuk kedua orang tua ku
tercinta, ayahanda Wajiya, ibunda Sri Lestari, serta
adik ku tersayang, Ndaru Adjie Ramadhan.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Potensi Limbah Ikan dengan Campuran *Sludge* dari Kotoran Sapi sebagai Substrat Tambahan Biogas” sebagai salah satu syarat lulus pendidikan program Strata Satu (S1) di Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA Jakarta.

Sholawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar kita Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi kita sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa, skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ony Linda, SKM., M.Kes selaku Dekan Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan UHAMKA beserta jajarannya.
2. Ibu Ony Linda, SKM., M.Kes selaku Ketua Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan UHAMKA.
3. Ibu Nanny Harmani, SKM., M.Kes selaku dosen pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu dan kesabarannya dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi.
4. Ibu Dian Kholika Hamal, SKM., M.Kes selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu dan kesabarannya dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi.
5. Bapak Dr. Irawan Sugoro, M.Si selaku pembimbing di lapangan yang telah meluangkan waktunya dan sabar membimbing serta memberikan saran selama penulis mengerjakan skripsi.
6. Seluruh dosen Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan UHAMKA yang telah memberikan ilmu selama mengikuti perkuliahan.
7. Kedua orang tua tercinta, Bapak dan Ibu (Wajiya dan Sri Lestari) yang telah memberikan doa dan dukungan, baik moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Adikku tersayang (Ndaru Adjie Ramadhan), serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan selama pengerjaan skripsi ini.

9. Dyna Fithria Anasta, teman seperjuangan seperbiogasan yang telah setia menjadi partner penulis dalam susah maupun senang.
10. Verawaty Haryanto, Ismareta Stefani dan Mutiara Syifa', teman satu tempat penelitian di Laboratorium Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Teknologi Nuklir Nasional (PAIR-BATAN) Pasar Jumat, Jakarta Selatan yang senantiasa memberikan dukungannya selama penyelesaian skripsi ini.
11. Teman penulis Zickri Chairullisan dan Wawan Setiyawan, Mahasiswa Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta yang telah meluangkan waktunya dengan sabar mengajari dan menganalisis dengan alat-alat laboratorium dan membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan.
12. Sahabatku (Hupeteh) yaitu Emak, Reyhana, Nanay, Manda dan Yossie yang senantiasa memberikan semangat, dukungan serta motivasi kepada penulis.
13. Kepada teman-teman peminatan "Kesehatan Lingkungan" yang selalu memberikan semangat dan dukungannya. Serta senantiasa menemani dan mendampingi perkuliahan dalam satu peminatan.
14. Kepada teman-teman Program Studi Kesehatan Masyarakat angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan dukungannya. Serta senantiasa mendampingi dalam masa empat tahun perkuliahan.
15. Kepada teman-teman FIKes UHAMKA 2013 yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu.
16. Serta seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis telah berusaha guna terselesaikannya skripsi ini, penyusunan skripsi ini mungkin masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran dari semua pihak guna pengembangan ilmu yang lebih baik lagi.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, Desember 2017

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
FAKULTAS ILMU-ILMU KESEHATAN
PROGRAM STUDI KESEHATAN MASYARAKAT
PEMINATAN KESEHATAN LINGKUNGAN
Skripsi, Desember 2017**

Putri Pangesti Siamining Tias

“Potensi Limbah Ikan dengan Campuran *Sludge* dari Kotoran Sapi sebagai Substrat Tambahan Biogas”

xix + 59 halaman + 15 gambar + 15 tabel + 6 lampiran

ABSTRAK

Kegiatan pengolahan ikan selalu menghasilkan limbah karena yang diambil umumnya hanya dagingnya saja, sementara kepala, jeroan (isi perut), duri dan kulitnya dibuang begitu saja. Permasalahan ini tidak hanya berdampak bagi lingkungan namun juga akan berdampak langsung pada kesehatan manusia itu sendiri. Untuk itu perlu dirancang suatu upaya untuk meminimalisir permasalahan sampah dengan *waste to energy* atau pengolahan sampah menjadi energi, salah satunya yaitu dengan biogas. Limbah ikan kaya akan lemak dan dapat berfungsi sebagai substrat.

Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian (*ekperimen*) yaitu dengan mencampurkan limbah ikan dan *sludge* kotoran sapi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui potensi dari limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi sebagai substrat tambahan biogas dengan komposisi yang berbeda pada tiap fermentornya (A perbandingan limbah ikan dan *sludge* kotoran sapi 30:70, B 50:50 dan C 70:30). Fermentasi dilakukan selama 21 hari dan dilakukan pengukuran parameter fermentasi yaitu rasio C/N, suhu, dan pH, serta produksi gas metana.

Hasil yang didapat ialah rasio C/N limbah ikan 9 dan *sludge* kotoran sapi 21; pH berkisar 6,34-8,16; produksi gas metana pada fermentor A hari ke-7 menghasilkan gas sebesar 4,40%, hari ke-14 sebesar 10,38%, hari ke-21 sebesar 21,94%, pada fermentor B hari ke-7 menghasilkan 4,32%, hari ke-14 sebesar 5,32%, hari ke-21 sebesar 12,65%, pada fermentor C pada hari ke-7 menghasilkan 1,49%, hari ke-14 sebesar 2,83% dan hari ke-21 sebesar 12,59%. Hasil menunjukkan bahwa fermentor A dengan perbandingan (30:70) memiliki potensi lebih baik untuk dijadikan sebagai bahan campuran dalam produksi biogas.

Kata kunci : limbah ikan, *sludge* kotoran sapi, biogas

Kepustakaan : 50 bacaan (1976-2016)

MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA UNIVERSITY
HEALTH SCIENCES FACULTY
PUBLIC HEALTH STUDY PROGRAM
ENVIRONMENT HEALTH SPECIALIZATION
Skripsi, Desember 2017

Putri Pangesti Siamining Tias

“Potential of Fish Waste with A Mixture of Sludge from Cow Feces as An Additional Substrate of Biogas”

xix + 59 pages + 15 pictures + 15 tables + 6 appendix

ABSTRACT

Fish processing activities always produces waste because it is generally taken only the meat, while the head, viscera (contents of the stomach), thorns and skin is thrown away. This problem not only impact for the environment, it also has direct impact for human health. Because of that we need an attempt to minimize the problem of waste by waste to energy or waste processing into energy, one of them by using biogas. Fish waste rich of lipid and can be useful as substrate.

This research is using experiment research design by mixed fish waste and sludge from cow feces. The purpose of this research was to investigate the potential of fish waste with a mixture of sludge from cow feces as an additional substrate of biogas by using different composition on each fermentor. (A with substart comparison fish waste and sludge from cow feces 30:70, B 50:50 and C 70:30). The fermentation was conducted for 21 days and performed measurements of fermentation parameters are c/n ratio, temperature, pH, and production of methane.

The results obtained are c/n ratio of fish waste 9 and sludge from cow feces 21; pH ranged from 6,34-8,16; production of gas methane for fermentor A 7th days 4,40%, 14th days 10,38%, 21th days 21,94%. For fermentor B 7th days 4,32%, 14th days 5,32%, 21th days 12,65%. For fermentor C 7th day 1,49%, 14th days 2,83% and 21th days 12,59%. The results showed that fermentor A with comparison (30:70) was high potential to serve as a mixture in biogas production.

Key words : fish waste, sludge from cow feces, biogas

Literatures : 50 sources (1974-2016)

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR COVER	i
HALAMAN JUDUIL	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
PENGESAHAN PEMBIMBING	v
PENGESAHAN TIM PENGUJI	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SINGKATAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Tujuan Umum	5
1.3.2 Tujuan Khusus	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Bagi Peneliti.....	5
1.4.2 Bagi FIKes UHAMKA	5
1.4.3 Bagi Masyarakat	6
1.5 Ruang Lingkup	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Limbah Ikan.....	7
2.2 <i>Sludge</i> dari Kotoran Sapi.....	9
2.3 Biogas	11
2.3.1 Pengertian Biogas	11
2.3.2 Komposisi Biogas	12
2.3.3 Proses Pembentukan Biogas	13
2.3.4 Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas.....	17
2.3.4.1 Suhu	17
2.3.4.2 Derajat Keasaman (pH)	18

2.3.4.3 Ketersediaan Nutrisi	18
2.3.4.4 Keberadaan Zat Racun.....	19
2.3.4.5 Lama Proses Pencernaan	20
2.3.4.6 Rasio Kandungan C/N	20
2.3.4.7 Kandungan Total Solid (TS).....	21
2.3.4.8 Pengadukan Bahan Organik.....	22
2.3.4.9 Pengaruh <i>Starter</i>	22
2.3.4.10 Pencampuran Substrat.....	22
2.3.5 Komponen Peralatan Produksi Biogas.....	23
2.3.6 Pemanfaatan Hasil Biogas	26
BAB III KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL	
3.1 Kerangka Teori	29
3.2 Kerangka Konsep.....	31
3.3 Definisi Operasional	33
BAB IV METODE PENELITIAN	
4.1 Jenis Penelitian	34
4.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
4.3 Populasi dan Sampel.....	31
4.3.1 Populasi Penelitian.....	34
4.3.2 Sampel Penelitian.....	34
4.4 Alat dan Bahan	35
4.5 Prosedur Penelitian	35
4.5.1 Tahap Persiapan	36
4.5.1.1 Persiapan Fermentor	36
4.5.1.2 Persiapan Sampel	36
4.5.1.3 Penentuan Volume Masukan	37
4.5.2 Tahap Penelitian.....	38
4.5.2.1 Pemasukkan Bahan Uji ke dalam Fermentor.....	38
4.5.2.2 Pengukuran Karakteristik Kimia pada Sampel	39
4.5.2.3 Pengukuran Karakteristik Fermentasi.....	42
4.5.3 Tahap Pengamatan	44
4.6 Analisis Data.....	44
4.7 Bagan Kerja	45
BAB V HASIL	
5.1 Hasil Karakteristik Kimia pada Sampel	46
5.1.1 Kandungan Proksimat Sampel Perlakuan.....	46
5.1.2 Pengukuran Kadar Rasio C/N Sampel.....	47
5.2 Hasil Karakteristik Fermentasi	47
5.2.1 Nilai pH	47
5.2.2 Nilai Suhu	48
5.3 Produksi Gas Metana.....	49

BAB VI PEMBAHASAN

6.1 Keterbatasan Penelitian	51
6.2 Pengaruh Rasio C/N terhadap Produksi Gas Metana	52
6.3 Pengaruh pH terhadap Produksi Gas Metana	53
6.4 Pengaruh Suhu terhadap Produksi Gas Metana.....	54
6.5 Volume Gas Metana yang Dihasilkan	56

BAB VII SIMPULAN DAN SARAN

7.1 Simpulan.....	58
7.2 Saran	58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.2	Karakteristik Kotoran Sapi..... 10
Tabel 2.3.2	Komposisi Kandungan Biogas..... 12
Tabel 2.3.3	Kondisi Pengoperasian pada Proses Pencernaan Anaerobik . 14
Tabel 2.3.4.3	Kebutuhan Nutrisi Bakteri Fermentasi..... 19
Tabel 2.3.4.4	Zat yang Mampu Diterima oleh Bakteri dalam Digester 19
Tabel 2.3.4.5	Tipikal HRT pada Digester Anaerobik 20
Tabel 2.3.4.6	Rasio C/N dari Beberapa Jenis Bahan Organik 21
Tabel 2.3.6.a	Perbandingan Nilai Kalor Biogas..... 27
Tabel 2.3.6.b	Kesetaraan Biogas dengan Sumber Energi Lain..... 28
Tabel 2.3.6.c	Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang Dihasilkan 28
Tabel 3.3	Definisi Operasional..... 33
Tabel 4.3.2	Jumlah Sampel yang Digunakan dalam Penelitian 35
Tabel 4.5.1.3.c	Jumlah Komposisi Sampel pada Setiap Perlakuan 38
Tabel 5.1.1	Hasil Pengukuran Nilai Kandungan Proksimat Sampel Perlakuan Berupa Limbah Ikan dan Sludge Kotoran Sapi 46
Tabel 5.1.2	Hasil Pengukuran Kadar Rasio C/N Sampel Berupa Limbah Ikan dan Sludge Kotoran Sapi 47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Limbah Ikan 7
Gambar 2.3.3	Tahapan Pembentukan Biogas Secara Anaerob 14
Gambar 2.3.5	Peralatan Produksi Biogas Sederhana..... 23
Gambar 2.3.5 (2.a)	Digester Kubah Tetap 24
Gambar 2.3.5 (2.b)	Digester Terapung..... 25
Gambar 2.3.5 (2.c)	Digester Balon 25
Gambar 3.1	Kerangka Teori Pembentukan Biogas pada Digester Anaerobik dengan Limbah Ikan 30
Gambar 3.2	Kerangka Konsep Potensi Limbah Ikan dengan Campuran Sludge dari Kotoran Sapi sebagai Substrat Tambahan Biogas 32
Gambar 4.5.1.2.a	Limbah Ikan 37
Gambar 4.5.1.2.b	Sludge Kotoran Sapi 37
Gambar 4.5.2.3 (1)	Alat pH meter 43
Gambar 4.5.2.3 (2)	Alat <i>Digital Thermometer</i> TP101 44
Gambar 5.2.1	Grafik Hasil Pengukuran Derajat Keasaman (pH) Sampel dengan Perbandingan Limbah Ikan dan Sludge Kotoran Sapi dari Berbagai Perlakuan..... 48
Gambar 5.2.2	Grafik Hasil Pengukuran Suhu Sampel dengan Perbandingan Limbah Ikan dan Sludge Kotoran Sapi dari Berbagai Perlakuan..... 49
Gambar 5.3	Grafik Hasil Pengukuran Kandungan Gas Metana (CH ₄) dengan Perbandingan Limbah Ikan dan Sludge Kotoran Sapi dari Berbagai Perlakuan..... 50

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Pengamatan Nilai Rasio C/N
2. Hasil Pengamatan Nilai pH
3. Hasil Pengamatan Nilai Suhu
4. Hasil Persentase Volume Gas Metana
5. Surat Perizinan Tempat Penelitian
6. Lampiran Gambar



DAFTAR SINGKATAN



AOAC	: <i>Association of Official Analytical Chemists</i>
BA	: Bahan Abu
BK	: Bahan Kering
BO	: Bahan Organik
C	: Karbon
Ca	: Kalsium
CH ₄	: Metana
Cu	: Tembaga
Co	: Kobalt
CO	: Karbonmonoksida
CO ₂	: Karbon dioksida
Fe	: Besi
H ₂	: Hidrogen
H ₂ S	: Hidrogen Sulfida
H ₂ O	: Air
H ₂ SO ₄	: Asam Sulfat
HRT	: <i>Hydraulic Retention Time</i>
ISWM	: <i>Integrated Solid Waste Management</i>
K	: Kalium
KA	: Kadar Air
K ₂ Cr ₂ O ₇	: Kalium dikromat
KKP	: Kementerian Kelautan dan Perikanan
LCFAs	: <i>Long Chain Fatty Acids</i>
LPG	: <i>Liquefied Petroleum Gas</i>
Mg	: Magnesium
N	: Nitrogen
NH ₃	: Amonia
NH ₄ ⁺	: Amonium
Ni	: Nikel
O ₂	: Oksigen
P	: Fosfor
PAIR-BATAN	: Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi Badan Teknologi Nuklir Nasional
pH	: Power of Hydrogen
ppm	: <i>part per million</i>
S	: Sulfur
TS	: <i>Total Solid</i>
VS	: <i>Volatile Solid</i>
Zn	: Seng

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambahan jumlah penduduk serta meluasnya bidang industri yang sangat pesat menyebabkan peningkatan kebutuhan energi dan penurunan kualitas lingkungan. Situasi yang terjadi pada saat ini juga tidak terlepas dari peningkatan volume sampah yang tidak terkendali akibat semakin banyaknya hasil pembuangan dari aktivitas bidang industri dan manusia itu sendiri sehingga menjadi permasalahan yang pelik bagi pemerintah dan masyarakat.

Untuk itu pemerintah, lembaga peneliti maupun masyarakat dalam mengantisipasi hal ini telah melakukan berbagai cara untuk menghemat penggunaan energi dan meminimalisir permasalahan penumpukan sampah. Beberapa penelitian tersebut, menerapkan pengolahan sampah yang terpadu (*Integrated Solid Waste Management/ISWM*), diantaranya *waste to energy* atau pengolahan sampah menjadi energi (Damanhuri, 2010). Salah satu bentuk energi yang dihasilkan dari sampah adalah biogas, yaitu energi alternatif yang dibuat dari bahan buangan organik berupa sampah, jerami, kotoran ternak, enceng gondok serta bahan lainnya.

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi oleh suatu bakteri secara anaerob atau keadaan tanpa oksigen. Gas dari hasil fermentasi tersebut dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi karena mengandung gas metana (CH_4), gas karbon dioksida (CO_2), dan gas-gas yang lain dalam jumlah yang terbatas. Biogas dapat dimanfaatkan untuk sektor industri, transportasi, maupun rumah tangga sebagai pengganti gas LPG dan dapat digunakan sebagai sumber energi penggerak generator listrik (Departemen Pertanian, 2009). Biogas merupakan sumber energi alternatif karena dapat dimanfaatkan secara terus-menerus selain itu sumbernya dapat diperbanyak dan tidak terbatas (Wahyuni, 2009). Di sisi lain gas metana merupakan gas kedua dalam efek rumah kaca setelah CO_2 , akan tetapi gas ini menjadi ancaman yang paling berbahaya. Gas metana dapat merusak lapisan ozon dan mengganggu kesehatan manusia. Apabila

gas metana tingkat tinggi mengurangi kadar oksigen di dalam atmosfer dibawah 19,5 % maka akan menyebabkan sesak nafas.

Biogas yang berasal dari limbah perairan masih jarang ditemukan di kalangan masyarakat. Di sisi lain, pengolahan ikan baik skala rumah tangga atau industri masih memiliki masalah limbah yang dapat mencemari lingkungan. Kegiatan industri pengolahan ikan selalu menghasilkan limbah karena yang diambil umumnya hanya dagingnya saja, sementara kepala, jeroan (isi perut), duri dan kulitnya dibuang. Bagian ikan yang dibuang inilah yang dimaksud dengan limbah ikan (Pratama et al., 2015). Limbah ikan yang dibiarkan begitu saja dapat menimbulkan bau yang sangat tidak sedap karena proses dekomposisi protein ikan dalam proses autolisis oleh bakteri (Harahap et al., 2013) dan dapat mengganggu estetika lingkungan. Indonesia memiliki potensi lestari ikan laut seluruhnya 6,1 juta ton/tahun. Dari potensi tersebut baru dimanfaatkan sekitar 58,5%. Setiap hasil ikan yang ditangkap oleh nelayan yang dapat digunakan hanya sebesar 50% dari hasil tangkapan yang dikonsumsi manusia. Diperkirakan 20 juta ton atau 25% dari hasil tangkapan yang digunakan termasuk spesies non-targatik (Ferraro et al., 2010). Limbah yang dihasilkan dari kegiatan perikanan masih cukup tinggi, yaitu sekitar 20-30%. Berdasarkan data yang diperoleh dari Pengelolaan Sumber Daya Manusia Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menunjukkan bahwa pada tahun 2016 potensi ikan di Indonesia mencapai 12,5 juta ton ikan dari jumlah tangkapan yang diperbolehkan. Hal ini berarti sekitar 3,75 juta ton terbuang sebagai limbah.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di Pasar Cengkareng, Jakarta Barat, pada setiap pedagang ikan dapat menghasilkan 30 kg limbah ikan setiap harinya dan umumnya limbah ikan tersebut hanya dibuang di selokan. Pemanfaatan limbah ikan pada proses biogas ini, karena limbah ikan kaya akan lemak (*lipid*) dan protein, memiliki keuntungan yang berpotensi menghasilkan gas metana yang tinggi dan dapat berfungsi sebagai substrat dalam proses pencernaan anaerobik (Cirne et al., 2007).

Penelitian sebelumnya mengenai biogas dari limbah jeroan ikan patin dan kiambang dengan campuran kotoran sapi sebagai biostarter yang dilakukan oleh Kurniawan et al. (2016) dihasilkan bahwa dari perbandingan jumlah kiambang

sebesar 60 gr dan limbah jeroan ikan patin sebesar 120 gr atau rasio (1:2) dengan tambahan biostarter dari kotoran sapi sebesar 30 ml dan air sebesar 90 ml, menghasilkan volume biogas sebesar 2.131 ml dan volume metana sebanyak 1.069 ml sehingga menghasilkan metana dengan persentase sebesar 50,16%.

Melihat potensi dari limbah ikan dapat digunakan sebagai bahan penghasil biogas karena mengandung gas metana yang cukup tinggi sehingga bila dibandingkan dengan standar kandungan metana dalam biogas oleh Wahyuni (2013), kandungan gas metana yaitu 50-60%, maka kandungan gas metana yang dihasilkan dari limbah ikan telah sesuai standar. Adapun nilai C/N yang ideal untuk proses fermentasi anaerob adalah $C/N = 20-30$ (Kavuma, 2013). Karbon dan nitrogen adalah sumber makanan utama bagi bakteri anaerob, sehingga pertumbuhan optimum bakteri sangat dipengaruhi unsur ini, dimana karbon dibutuhkan untuk mensuplai energi dan nitrogen dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri. Unsur ini sangat menentukan produksi biogas untuk mencapai nilai yang optimum. Selain itu untuk nilai pH dalam proses fermentasi berlangsung dalam keadaan normal dan anaerobik berkisar antara 6,4-7,4 (Grady dan Lim, 1980). Adapun temperatur sangat menentukan lamanya proses pencernaan di dalam proses anaerobik dan umumnya bekerja pada suhu antara $25^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$. Sangat penting untuk menjaga temperatur tetap stabil apabila temperatur tersebut telah dicapai. Panas sangat penting untuk meningkatkan temperatur bahan yang masuk ke dalam digester dan untuk meminimalisir kehilangan panas dari permukaan digester dapat menggunakan kotoran sapi yang memiliki temperatur 35°C .

Dalam penelitian ini akan dilakukan penambahan *sludge* yang berasal dari kotoran sapi. *Sludge* dalam hal ini merupakan lumpur atau sisa buangan dari produksi biogas. Tujuan penambahan *sludge* ini adalah sebagai bahan baku tambahan atau biostarter dalam proses fermentasi anaerobik. *Sludge* akan dimanfaatkan sebagai bahan nutrisi bagi mikroorganisme sehingga sangat dibutuhkan dalam proses pembentukan biogas tersebut. Melihat adanya potensi limbah ikan sebagai bahan penghasil biogas, maka peneliti bermaksud melakukan penelitian mengenai potensi limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi sebagai substrat tambahan biogas.

1.2 Rumusan Masalah

Volume sampah semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk serta meluasnya bidang industri yang sangat pesat. Kegiatan pengolahan ikan menjadi salah satu dari penyumbang peningkatan volume sampah karena selalu menghasilkan limbah. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di Pasar Cengkareng, Jakarta Barat, pada setiap pedagang ikan dapat menghasilkan 30 kg limbah ikan setiap harinya. Limbah yang dihasilkan tersebut biasanya diangkut dengan menggunakan mobil pengangkut sampah dan sebagian lagi hanya dibuang di selokan. Hal ini dapat menimbulkan pencemaran dan menimbulkan bau yang sangat tidak sedap serta gas metana yang dihasilkan dari limbah tersebut akan terbuang sia-sia. Gas metana turut menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia karena akan menyebabkan timbulnya efek rumah kaca apabila penanganannya kurang tepat.

Maka upaya untuk meminimalisir hal tersebut salah satunya dapat dilakukan dengan memanfaatkan limbah yang sudah tidak terpakai lagi untuk bahan baku pembuatan biogas. Pemanfaatan limbah ikan pada proses biogas ini, karena limbah ikan kaya akan lemak (*lipid*) dan protein, memiliki keuntungan yang berpotensi menghasilkan gas metana yang tinggi dan dapat berfungsi sebagai substrat dalam proses pencernaan anaerobik (Cirne et al., 2007).

Bahan organik berupa limbah ikan akan mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme dan dalam proses penguraian akan membutuhkan waktu untuk menghasilkan biogas. Dalam penelitian ini akan dilakukan penambahan *sludge* yang berasal dari kotoran sapi dengan tujuan sebagai bahan baku tambahan dan bahan nutrisi untuk mikroorganisme tersebut agar mempercepat proses fermentasi anaerobik. Berdasarkan penjelasan diatas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi sebagai substrat tambahan biogas.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi sebagai substrat tambahan biogas.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh rasio C/N terhadap volume gas metana (CH_4) yang dihasilkan pada proses digester anaerobik pada limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi.
2. Mengetahui pengaruh pH terhadap volume gas metana (CH_4) yang dihasilkan pada proses digester anaerobik pada limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi.
3. Mengetahui pengaruh suhu terhadap volume gas metana (CH_4) yang dihasilkan pada proses digester anaerobik pada limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi.
4. Mengidentifikasi volume gas metana (CH_4) yang dihasilkan pada proses digester anaerobik pada limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penulisan skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada semua pihak yang terlibat. Berikut ini manfaat yang diperoleh dari berbagai pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini.

1.4.1 Bagi Peneliti

Diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan dan wawasan bagi penulis khususnya di bidang kesehatan lingkungan. Melalui penelitian ini penulis juga mendapatkan suatu pengalaman langsung dalam melaksanakan kegiatan penelitian yang diteliti.

1.4.2 Bagi FIKes UHAMKA

Sebagai bahan literatur atau acuan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran bagi mahasiswa pada masa mendatang dan sebagai informasi dalam

rangka mengembangkan keikutsertaan pada masalah kesehatan lingkungan khususnya masalah pengolahan sampah dengan memanfaatkan limbah ikan sebagai bahan penghasil biogas.

1.4.3 Bagi Masyarakat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan bagi masyarakat mengenai pengolahan sampah dengan memanfaatkan limbah ikan sebagai bahan penghasil biogas, karena selain mudah didapat biaya yang dibutuhkan tidak terlalu besar karena memanfaatkan limbah yang sudah tidak terpakai lagi selain itu dapat turut serta dalam upaya pelestarian lingkungan karena menggunakan bahan yang ramah lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini menggunakan metode percobaan (eksperimen), yaitu percobaan pada digester anaerobik atau fermentor skala laboratorium untuk mengetahui potensi limbah ikan dengan campuran *sludge* dari kotoran sapi sebagai substrat tambahan biogas, dengan mengetahui pengaruh rasio C/N, pH, suhu serta untuk mengidentifikasi volume gas metana (CH₄) yang dihasilkan. Objek pada penelitian ini menggunakan limbah ikan yang didapat dari Pasar Cengkareng, Jakarta Barat dan *sludge* dari kotoran sapi yang diperoleh dari Laboratorium Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Teknologi Nuklir Nasional (PAIR-BATAN) Pasar Jumat, Jakarta Selatan. Selanjutnya kedua bahan tersebut akan dimasukkan dalam tiga jenis fermentor menurut komposisi atau perbandingan sampel yang berbeda-beda pada tiap fermentornya. Sampel dimasukkan dalam botol fermentor berukuran 500 ml. Lama proses fermentasi adalah 21 hari sejak dimasukkannya sampel ke dalam fermentor, serta waktu fermentasi percobaan diamati pada hari ke 0, 7, 14 dan 21.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Teknologi Nuklir Nasional (PAIR-BATAN) Pasar Jumat, Jakarta Selatan. Analisis data dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan di Laboratorium. Data kemudian dibuat dalam bentuk tabel dan diinterpretasikan dalam bentuk narasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T., S. M. Tauseef dan S. A. Abbasi. 2012. *Biogas Energy*. Berlin: Springer.
- Agus, F., Sulaeman, Suparto dan Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Jakarta: Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian Pengembangan Teknologi (BPPT), Dapertemen Pertanian.
- Al Saedi, T., dkk. 2008. *Biogas Hand Book*. Oktober 2008. ISBN 978-87-992962-0-0. Denmark: Universitas of Southern Denmark Esbjerg. (Online), <http://www.lemvigbiogas.com/BiogasHandbook.pdf> Diakses tanggal 9 Februari 2017 Pukul 11:19 WIB.
- Albani, Fuad. 2016. *Produksi Biogas dari Feses Gajah Sumatra terhadap Jenis Pakan yang Diberikan Di Taman Margasatwa Ragunan, Jakarta Selatan*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Association of Official Analytical Chemist. 1999. *Official methods os Analysis 16th Edition*. Association of Analytical Chemists. Washington DC. USA.
- Bahrin, David., Destilia Anggraini., dan Mutiara B. Pertiwi. 2011. *Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik Pasar di Kota Palembang*. Universitas Sriwijaya. http://eprints.unsri.ac.id/136/1/Pages_from_PROSIDING_AVOER_2011-30.pdf. Diakses tanggal 2 Februari 2017.
- Cirne, D.G, et al. 2007. *Anerobic Digestion of Lipid-Rich Waste e Effects of Lipid Concentration*. Renewable Energy 32, 965-975.
- Damanhuri, Eri dan Pادمi, Tri. 2010. *Diktat Kuliah TL-3104, Pengolahan Sampah*. Institut Teknologi Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan.
- Darmanto, A., Sudjito Soeparman, Denny Widhiyanuriawan. *Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) dan Thermophilic (55°C) Anaerob Digester Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas*. Malang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

- Departemen Pertanian. 2009. *Pemanfaatan Limbah dan Kotoran Ternak Menjadi Energi Biogas*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian.
- Dewan Redaksi Bharatara. 1985. *Biogas Cara Membuat dan Manfaatnya*. Jakarta: Bharatara Karya Aksara.
- Ertem. F. C. 2011. *Improving Biogas Production by Anaerobic Digestion of Different Substrates-Calculation of Potential Energy Outcomes*. Thesis. Oxford: Applied Environmental Science Halmsted University.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Febriyanita, Wahyu. 2015. *Pengembangan Biogas dalam Rangka Pemanfaatan Energi Terbarukan di Desa Jetak Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang*. Universitas Negeri Semarang. <http://lib.unnes.ac.id/22092/1/3211411051-S.pdf>. Diakses tanggal 19 Januari 2017.
- Fry, L. J. 1974. *Practical Building of Methane Power Plant for Rular Energy Independence, 2nd Edition*. Hampshire-Great Britania: Chavel River Press.
- Gerardi, M. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Harahap FM, Thamrin, Bahrin S. 2013. *Pengolahan Limbah Ikan Patin Menjadi Biodiesel*. Pekanbaru: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau.
- Haryati, Tuti. 2006. *Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*: Jurnal. Wartazoa vol 16 no. 03. 2006. (Online), <http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/wartazoa/article/viewFile/858/867>. Diakses tanggal 19 Januari 2017 Pukul 13.50 WIB.
- Iman, M. F. I. A., M. Z. H. Khan, M. A. R. Sarkar, dan S. M. Ali. 2013. *Development of Biogas Prodecessing from Cow Dung, Poultry Waste, and Water Hyacinth*. International Jurnal of Natural and Applied Science. 2(1): 13-17.
- Indrasti, N. S. dan Rio. R. Elia. 2004. *Pengembangan Media Tumbuh Anggrek dengan Menggunakan Kompos*. Jurnal. Vol 14 no. 2 (40-50).

- Jorgensen, P.J. 2010. *Biogas: Green Energy 2nd Edition*. Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University. Swedia.
- Kadir, Abdul. 1990. *Energi: Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik, Potensi Ekonomi*. Jakarta: UI Press.
- Karki, A. B dan K. Dixit. 1984. *Biogas Fieldbook*. Nepal: Sahayogi Press
- Kavuma C. 2013. *Variation of Methane and Carbondioxide Yield in a Biogas Plant*. Tesis. Stockholm, Sweden: Departement of Energy Technology, Royal Institute of Technology.
- Kurniawan, Wahyu., Herpandi., & Susi Lestari. 2016. *Uji Potensi dari Limbah Jeroan Ikan Patin (Pangasius sp.) dan Campuran Kiambang (Salvinia molesta) secara Anaerob Batch*. Jurnal. Vol 5 no. 1: 43-51. Mei 2016. ISSN: 2302-6936 (Online).
<https://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjIoLq9jzSAhUHGJQKHc3MASoQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fjournal.unsri.ac.id%2Findex.php%2Ffishtech%2Farticle%2Fdownload%2F3517%2F1861&usq=AFQjCNFjCLM VY-VtR4lSZqqobBkPcpJahA&bvm=bv.147448319,d.dGo>. Diakses tanggal 19 Februari 2017 Pukul 23:22 WIB.
- Mara, I Made. 2012. *Analisis Penyerapan Gas Kabondioksida (CO₂) dengan Larutan NaOH terhadap Kualitas Biogas Kotoran Sapi*. Jurnal Dinamika Teknik Mesin: Volume 2 No. 1. Januari 2012.
- Meynell, P.J. 1976. *Methane: Planning Digester*. Great Britain: Prism Press.
- Nges, Ivo Achu, et al. 2012. *Improved utilization of fish waste by anaerobic digestion follow omega-3 fatty acids extraction*. Elsevier: Journal of Environmental Management 110 (2012) 159-165.
- Peraturan Menteri ESDM: Nomor 27 Tahun 2014 tentang Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).
- Perdana, Ana Wahyu. 2012. *Penggunaan Bahan Bakar Biogas Sebagai Energi Penggerak Mula Pomp Air Model CCWP-30*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Tenik Universitas Muhammdiyah Prof. DR. HAMKA.

- Pratama, Diaz L., Hanggita, Siti., & Supriadi, Agus. 2015. *Uji Potensi Produksi Biogas pada Campuran Kiambang (Salvinia molesta) dan Limbah Jeroan Ikan Gabus (Channa striata) Menggunakan Batch Anaerobic Digester*. Jurnal. Vol 4 no. 2 : 111-119. November 2015. ISSN:2302-6936 (Online), <http://ejournal.unsri.ac.id/index.php/fishtech/article/view/3505/1849>.
Diakses tanggal 2 Februari 2017 Pukul 23:15 WIB.
- Prahtama, Denny. 2014. *Pengaruh Variabel Penghambat Terhadap Pembentukan Biogas pada Digesti Anaerobik serta Fluktuasi Pembebanan COD dengan Substrat Sampah Makanan dan Co-Substrat Limbah Ikan*. Skripsi. Depok. Universitas Indonesia. (Online). <http://lontar.ui.ac.id/naskahringkas/2016-09//S57633-Denny%20Prahtama>. Diakses tanggal 13 Maret 2017 Pukul 15:48 WIB.
- Prihandana, Rama., & Hendroko, Roy. 2008. *Energi Hijau: Pilihan Bijak Menuju Negeri Mandiri Energi*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Priyadi, Fahad & Subiyanta, Erfan. *Studi Potensi Biogas dari Kotoran Ternak Sapi sebagai Energi Alternatif untuk Penerangan*. Jurnal. Cirebon: Universitas 17 Agustus 1945.
- Rai, A.K et al. 2010. *Effect of fermentation ensilaging on recovery of oil from fresh water fish viscera*. Enzyme and Microbial Technology 46, 9-13.
- Ratnaningsih, H., Widyatmoko., Trieko Yunanto. 2009. *Potensi Pembentukan Biogas pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar dan Kotoran Sapi dalam Batch Reaktor Anaerob*. Skripsi. Jakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti Jakarta.
- Saadudin, Edi. 2015. *Mitigasi Risiko Keselamatan dan Kesehatan Pengembangan Biogas Skala Kecil*. Tesis. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Univeritas Indonesia.
- Sahidu, Sirajuddin. 1983. *Kotoran Ternak sebagai Sumber Energi*. Jakarta: Dewaruci Press.
- Saragih, Budiman R. 2010. *Analisis Potensi Biogas untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal pada Gedung Komersil di Daerah Perkotaan (Studi*

- Kasus pada Mal Metropolitan Bekasi*). Tesis. Depok: Fakultas Teknik Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Sasso, S., Emanuela L., dan Barbara V. 2012. A study about explosion hazard in presence of a uncontrolled anaerobic digestive process. *Chemical Engineering Transactions*. Vol. 26.
- Schneur, A. dan A. Jarvis. 2010. *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. Swedia: Swedish Gas Center.
- Simeonova, N. dan Todorova S. 2010. *Humus Content and Humus Fractions After Long-Term Systemic Mineral and Organic-Mineral Fertilization on Mollic Fluvisols*. Research Arastirma: Agricultural University, Plovdiv, Bulgaria.
- Sumantri, Arif. 2010. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kencana.
- Udiharto, M. 1982. *Penelitian Teknologi Gas Bio dan Penerapannya*. Pusat Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi PPTMGB "LEMIGAS".
- Wahyuni, Sri. 2009. *Biogas*. Bogor: Penebar Swadaya.
- _____. 2011. *Biogas Energi Terbarukan Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan*. (Online). <http://www.opi.lipi.go.id/data/1228964432/data/13086710321321257022.makalah.pdf>. Diakses tanggal 19 Januari 2017 Pukul 13:40 WIB.
- _____. 2013. *Panduan Praktis Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Weiland, P. 2010. Biogas Production: Current State and Perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology* 85: 849-860.
- Yanti, A. 2009. *Produksi Biogas Melalui Degradasi Bahan Organik dari Sampah Sayuran*. Skripsi Jakarta: Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- <https://berandainovasi.com/potensi-limbah-ikan-sebagai-energi-alternatif-yang-menjanjikan/>, Diakses tanggal 10 Mei 2017 Pukul 13:15 WIB.