

Optimalisasi Tahap Hidrolisis-Acidogenesis pada Proses Perombakan Bahan Organik Limbah Cair (Lindi)

Skripsi



**Elsa Narwastu Pesoa
31130027**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2017**

Optimalisasi Tahap Hidrolisis-Acidogenesis pada Proses Perombakan Bahan Organik Limbah Cair (Lindi)

Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



**Elsa Narwastu Pesoa
31130027**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**OPTIMALISASI TAHAP HIDROLISIS-ACIDOGENESIS PADA PROSES
PEROMBAKAN BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR (LINDI)**

Telah diajukan dan dipertahankan oleh :

ELSA NARWASTU PESOA

31130027

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
dan dinyatakan **DITERIMA** untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada 30 Oktober 2017

Nama Dosen

Tanda tangan

1. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, SU
(Ketua Tim / Dosen Penguji)



2. Dr. Guntoro
(Dosen Pembimbing 1 / Dosen Penguji)



3. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc
(Dosen Pembimbing 2 / Dosen Penguji)



Yogyakarta, 30 Oktober 2017

DUITA WACANA

Disahkan oleh :

Dekan



Drs. Kisworo, M.Sc.

Ketua Program Studi



Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Elsa Narwastu Pesoa

NIM : 31130027

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**“Optimalisasi Tahap Hidrolisis-Acidogenesis pada Proses Perombakan
Bahan Organik Limbah Cair (Lindi)”**

Adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah saya tulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 30 Oktober 2017



Elsa Narwastu Pesoa

MOTTO

Do not measure your progress using someone else's RULER!

Never forget how far you've come, everything you've gone through. All the times you've pushed on even when you felt you couldn't. All the mornings you've gotten out of bed, no matter how hard it was. All the times you wanted to give up, but you got through yet another day. Never forget the STRENGTH you've developed along the way!

Yeremia 29 : 11

Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan.

Mazmur 126 : 5-6

Orang-orang yang menabur dengan mencururkan air mata, akan menuai dengan bersorak-sorai. Orang yang berjalan maju dengan menangis sambil menabur benih, pasti pulang dengan sorak-sorai sambil membawa berkas-berkasnya.

Amsal 3 : 5

Percayalah kepada TUHAN dengan segenap hatimu, dan janganlah bersandar kepada pengertianmu sendiri.

Matius 6 : 33

Tetapi carilah dahulu kerajaan Allah dan kebenarannya, maka semuanya itu akan ditambahkan kepadamu.

Roma 5 : 5

Dan pengharapan tidak mengecewakan, karena kasih Allah telah dicurahkan didalam hati kita oleh Roh Kudus yang telah dikaruniakan kepada kita.

1 Yohanes 4 : 19

Kita mengasihi, karena Allah lebih dahulu mengasihi kita.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberi kekuatan, kesehatan, hikmat, dan kebijaksanaan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Optimalisasi Tahap Hidrolisis-Acidogenesis pada Proses Perombakan Bahan Organik Limbah Cair (Lindi)”. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana. Skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan dari banyak pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Drs. Kisworo, M.Sc, selaku Dekan Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana.
2. Dr. Guntoro, selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, bantuan, pengetahuan, motivasi, dan teladan yang baik kepada penulis sejak awal proses seminar, proposal, penelitian dan penulisan skripsi hingga boleh terselesaikan dengan baik.
3. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
4. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Bioteknologi untuk semua pengajaran, pengalaman, dan bantuan yang boleh diberikan selama proses perkuliahan.
5. Laboran Fakultas Bioteknologi, Hari Surahmantoro dan Setyahadi yang telah banyak membantu penulis selama proses penelitian.
6. Kedua Orang Tua, Spernat Pesoa dan Treis Sanggona untuk semua Doa, pengorbanan, kesabaran, perhatian, dukungan, motivasi, penguatan, dan kasih sayang yang tulus sejak kecil hingga dewasa terutama selama proses penelitian skripsi. Kakak Chris Pesoa, Adik Nichen Pesoa dan Radinka Peosa yang selalu memberikan semangat dan perhatian kepada penulis selama proses skripsi.
7. Saudara-saudara saya di perantauan : Maria Sairmaly, Graha Christie Mambay, Gratia Wulan Polontoh, Glorya Miranda Rahasia, Roswita Elsa Supusepa, Elsay Steyvine Salak, Ema Maria Reresy, Sarlen Sihombing, Calvin Lexy Bansaleng, dan Timotius Raga Rina yang selalu ada dalam kondisi apapun baik suka maupun duka yang selalu memberikan bantuan, motivasi, perhatian dan dukungan terbaik kepada penulis selama proses penyusunan skripsi. Khususnya kakak Yumechris Amekan S.Si, M. Biotech yang sudah dengan tulus membantu, memberi pengetahuan serta motivasi kepada saya sejak awal proses seminar, proposal, penelitian, penulisan naskah hingga ujian skripsi.
8. Teman-teman senasib seperjuangan Bioteknologi Angkatan 2013, terima kasih atas segala kebersamaan, tolong menolong, kritik dan saran selama menempuh jalannya perkuliahan. Kiranya skripsi ini dapat memberikan manfaat dan masukan yang baik bagi pembaca. Terima Kasih.

Yogyakarta, 30 Oktober 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan	2
BAB II STUDI PUSTAKA.....	3
2.1 Limbah Cair Sampah (Lindi)	3
2.1.1 Pengertian lindi	3
2.1.2 Kandungan lindi.....	4
2.1.3 Proses terbentuknya lindi	4
2.1.4 Pemanfaatan Lindi untuk Produksi Biogas	5
2.2 Proses Perombakan Bahan Organik	5
2.2.1 Hidrolisis.....	6
2.2.2 Acidogenesis (fermentasi).....	7
2.2.3 Acetogenesis	8
2.2.4 Methanogenesis.....	8
BAB III METODE PENELITIAN	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	9
3.2.1 Alat.....	9
3.2.2 Bahan	9
3.3 <i>Design</i> Reaktor.....	9
3.4 Pembuatan Inokulum	10
3.5 Pembuatan Reaktor Biogas	10
3.6 Parameter Uji	10
3.6.1 pH.....	10
3.6.2 Total <i>Volatile Fatty Acid</i> (VFA)	10
3.6.3 Gula Reduksi.....	11
3.6.4 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	11
3.6.5 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Karakteristik Lindi Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan	13
4.2 Isolasi Konsorsium Mikrobial Indigenus Lindi	14
4.3 Pengaruh Jenis Inokulum dan Penambahan Nutrisi terhadap Nilai COD Lindi.....	16
4.4 Pengaruh Jenis Inokulum dan Penambahan Nutrisi terhadap Nilai BOD Lindi.....	19

4.5 Pengaruh Jenis Inokulum dan Penambahan Nutrisi terhadap Nilai Derajat Keasaman (pH) Lindi	20
4.6 Pengaruh Jenis Inokulum dan Penambahan Nutrisi terhadap Nilai Total <i>Volatile Fatty Acid</i> (VFA) Lindi.....	21
4.7 Pengaruh Jenis Inokulum dan Penambahan Nutrisi terhadap Nilai Gula Reduksi Lindi	22
BAB V KESIMPULAN.....	24
5.1 Kesimpulan	24
5.2 Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN.....	28

©UKDW

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik lindi pada <i>landfill</i>	4
Tabel 2. Karakter kimia Limbah Cair Lindi TPST Piyungan	13
Tabel 3. Jumlah biomassa mikrobial pada tiap perlakuan suhu.....	15
Tabel 4. Persentase penurunan nilai COD pada tiap perlakuan selama proses hidrolisis – asidogenesis	18
Tabel 5. Persentase penurunan nilai BOD pada tiap perlakuan selama proses hidrolisis – asidogenesis	19
Tabel 6. Nilai pH substrat lindi dalam 8 kali waktu pengamatan.	20
Tabel 7. Persentase penurunan jumlah gula reduksi pada tiap perlakuan selama proses hidrolisis – asidogenesis	23

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema terjadinya lindi (Vesilind, 2002)	4
Gambar 2. Skema digesti anaerobik (Pavlostathis <i>et al.</i> , 1991; Lyberatos dan Skiadas, 1999) ...	5
Gambar 3. <i>Design</i> Reaktor Biogas.....	9
Gambar 4. Limbah cair sampah (lindi) di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) Piyungan, Bantul, Yogyakarta	13
Gambar 5. Pertumbuhan mikrobia indigenous lindi pada media <i>Nutrient Agar</i> (NA) pada pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} dan 10^{-7}	14
Gambar 6. Pertumbuhan koloni mikrobia indigenous lindi pada media <i>Nutrient Agar</i> (NA) dengan metode <i>streak</i>	15
Gambar 7. Perlakuan kondisi suhu berbeda pada mikrobia yaitu suhu 25°C, 30°C, 37°C, dan 45°C ditumbuhkan pada media <i>Nutrient Broth</i> (NB)	15
Gambar 8. Penurunan Nilai COD pada masing-masing perlakuan	17
Gambar 9. Jumlah total VFA pada masing-masing perlakuan.....	21
Gambar 10. Jumlah gula reduksi pada masing-masing perlakuan	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data COD	29
Lampiran 2. Data BOD	29
Lampiran 3. Data Total VFA	29
Lampiran 4. Data pH.....	29
Lampiran 5. Data Gula Reduksi.....	30
Lampiran 6. Langkah Kerja Pembuatan Kurva Standar COD	30
Lampiran 7. Langkah Kerja Pembuatan Kurva Standar Gula Reduksi	32
Lampiran 8. Komposisi Air Pangencer untuk BOD	33
Lampiran 9. Gambar Reaktor.....	33
Lampiran 10. Manometer Reaktor	34
Lampiran 11. Ekstrak Nanas	34
Lampiran 12. Ekstrak Tauge	35
Lampiran 13. Larutan Campuran Vitamin A, B-Kompleks dan Vitamin C	35
Lampiran 14. Konsorsium Mikrobial Indigenus Lindi, Indigenus limbah ikan, dan Konsorsium Mikrobial Campuran pada media NB	36
Lampiran 15. Termometer pada Reaktor	36

OPTIMALISASI TAHAP HIDROLISIS-ACIDOGENESIS PADA PROSES PEROMBAKAN BAHAN ORGANIK LIMBAH CAIR (LINDI)

Elsa Narwastu Pesoa

Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana

E-mail : elsa.pesoa@gmail.com

ABSTRAK

Lindi merupakan sumber pencemar yang mempunyai dampak serius terhadap lingkungan, karena memiliki angka *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang cukup tinggi, yaitu COD sekitar 10.000 – 60.000 mg/L dan BOD sekitar 400 – 13.000 mg/L, pH 5 – 6 serta beberapa senyawa toksik. Lindi perlu diolah untuk mengurangi dan bahkan menghilangkan potensinya terhadap terjadinya pemanasan global dan pencemaran lingkungan. Penelitian ini menguji pengaruh pemberian nutrisi tambahan terhadap proses hidrolisis-acidogenesis untuk produksi biogas dari lindi menggunakan inokulum indigenous asal lindi dan kombinasi dengan inokulum asal limbah cair ikan. Karakteristik limbah cair lindi memiliki rasio COD/BOD > 2, artinya limbah lindi termasuk pada golongan yang tidak mudah mengalami biodegradasi karena proporsi COD yang sangat tinggi dapat mempengaruhi ketahanan hidup mikrobia. Dalam penelitian ini isolat konsorium mikrobia indigenous lindi dapat menurunkan COD dan BOD lindi sebesar 87,27% dan 78,13%. Adapun penambahan isolat konsorium campuran tidak dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD dan BOD lindi, yaitu hanya sebesar 85% dan 75,8%. Disamping itu, penambahan nutrisi (vitamin, mineral dan enzim hidrolase) juga tidak dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD dan BOD lindi.

Kata Kunci : Digesti anaerob, Hidrolisis, Acidogenesis, Lindi

OPTIMIZATION OF HYDROLYSIS-ACIDOGENESIS STAGE IN THE RESHUFFLING PROCESS OF ORGANIC WASTE MATERIAL (LEACHATE)

Elsa Narwastu Pesoa

Department of Biology, Faculty of Biotechnology, Duta Wacana Christian University

E-mail: elsa.pesoa@gmail.com

ABSTRACT

Leachate is a source of pollutants that have a serious impact on the environment because of its Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) is quite high (10,000 - 60,000 mg/L and 400 - 13,000 mg/L, respectively), pH 5 - 6 as well as some toxic compounds. Leachate needs to be treated to reduce and even eliminate its potential for global warming and environmental pollution. This study examined the effect of additional nutrients on the hydrolysis-acidogenesis process for biogas production from leachate using indigenous inoculum from leachate and combination with inoculum from fish wastewater. Characteristics of leachate liquid waste have a ratio of COD/BOD > 2, meaning leachate waste is included in the group that is not easy to experience biodegradation because the proportion of very high COD can affect microbial survival. In this study isolated microbial indigenous leachate isolate can reduce COD and BOD leachate by 87,27% and 78,13%. The addition of mixed consortium isolate cannot increase the efficiency of COD and BOD leachate reduction, it can only increase up to 85% and 75,8%. Apart from that, the addition of nutrients (vitamins, minerals, and hydrolase enzymes) also can not improve the efficiency of COD and BOD leachate reduction.

Keywords: Anaerobic Digestion, Hydrolysis, Acidogenesis, Leachate

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pengelolaan sampah yang tidak tepat, berpotensi memberi sumbangan terhadap meningkatnya emisi gas rumah kaca akibat pelepasan gas metan (CH_4). Setiap 1 ton sampah padat dapat menghasilkan 50 kg gas CH_4 (Sudarman, 2010). Ningsih, (2002) menyatakan bahwa akibat jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat, maka diperkirakan pada tahun 2020 sampah yang dihasilkan sekitar 500 juta ton/hari atau 190 ribu ton/tahun. Hal ini berarti, pada tahun tersebut Indonesia berpotensi melepas gas metan ke atmosfer sebanyak 9500 ton. Kontribusi emisi gas CH_4 pada terjadinya pemanasan global dapat mencapai 20 kali lebih besar dari emisi gas CO_2 .

Penumpukan sampah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, baik pencemaran udara maupun air dan tanah. Salah satu dampak dari sampah yang menggunung adalah dihasilkannya lindi (*leachate*), yaitu limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, sehingga materi-materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis. Lindi merupakan sumber pencemar yang mempunyai dampak serius terhadap lingkungan, karena memiliki angka COD (*Chemical Oxygen Demand*; 10.000 – 60.000 mg/L) dan BOD (*Biological Oxygen Demand*; 400 – 13.000 mg/L) tinggi, pH 5 – 6 dan beberapa senyawa toksik (Ehrig, 1989). Oleh karena itu, lindi dapat mencemari air tanah maupun air permukaan jika meresap ke dalam tanah, terutama pada daerah dengan curah hujan dan muka air tanah tinggi (Rustiawan *et al.*, 1993; Dwirianti, 2010). Selain itu, karena lindi berupa cairan kental yang berbau menyengat, maka hal ini dapat menimbulkan pencemaran udara (Sabari dkk, 2010).

Lindi perlu diolah untuk mengurangi dan bahkan menghilangkan potensinya terhadap terjadinya pemanasan global dan pencemaran lingkungan. Kandungan bahan organik yang terkandung dalam lindi cukup tinggi (COD > 10.000) sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai substrat untuk pembentukan energi baru terbarukan, yakni biogas (CH_4). Lindi sangat potensial untuk digunakan sebagai substrat bagi mikroorganisme untuk menghasilkan biogas karena mengandung *volatile solid* 24,75%, *Carbon* 37,36%, *Hydrogen* 5%, Oksigen 29,26%, Natrium 2,04%, dan Sulfur 0,31% (Azizah, 2010).

Selain itu, dalam proses produksi biogas secara biologis hidrolisis-acidogenesis selalu menjadi factor pembatas sistem digesti anaerobic yang optimal. Hal ini disebabkan karena kompleksitas substrat dan jenis-jenis mikrobial yang menginduksi pembentukan biogas berbeda-beda. Menurut Reith *et al.* (2003), perbedaan jenis substrat yang diberikan pada biodigester akan berpengaruh terhadap jumlah dan jenis mikrobial yang ada. Oleh karena itu, penelitian ini akan menguji pengaruh pemberian nutrisi tambahan terhadap proses hidrolisis-acidogenesis untuk produksi biogas dari lindi menggunakan inokulum indigenous asal lindi TPA Piyungan dan kombinasi dengan inokulum asal limbah cair ikan.

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Apakah tahap hidrolisis-acidogenesis pada proses perombakan bahan organik secara anaerob dipengaruhi oleh penambahan vitamin mineral (ekstrak tauge, vitamin A, B-kompleks dan vitamin C), serta penambahan enzim hidrolase (ekstrak nanas)?
- 1.2.1 Apakah tahap hidrolisis-acidogenesis pada proses perombakan bahan organik secara anaerob dipengaruhi oleh penambahan inokulum campuran (limbah ikan)?

1.3 Tujuan

- 1.3.1 Mengetahui pengaruh pemberian penambahan vitamin mineral (vitamin A, B-kompleks dan vitamin C dan ekstrak taube), serta penambahan enzim hidrolase (ekstrak nanas) terhadap proses hidrolisis-acidegenesis untuk produksi biogas dari lindi.
- 1.3.2 Mengetahui pengaruh penambahan inokulum campuran (limbah ikan) terhadap proses hidrolisis-acidegenesis untuk produksi biogas dari lindi.

©UKDW

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

- 5.1.1 Isolat konsorsium mikrobia indigenous lindi mampu menurunkan nilai COD dan BOD lindi sebesar 87,27% dan 78,13%.
- 5.1.2 Penambahan isolat konsorium mikrobia dari limbah ikan dan penambahan nutrisi (vitamin, mineral dan enzim hidrolase) tidak dapat meningkatkan efisiensi penurunan nilai COD dan BOD lindi.

5.2 Saran

- 5.2.1 Pada penelitian selanjutnya bisa melanjutkan tahap identifikasi jenis mikrobia indigenous lindi. Karena dengan mengetahui jenis mikrobia, maka bisa untuk lebih mengoptimasi proses hidrolisis-asidogenesis dengan memperbanyak jenis kelompok mikrobia tertentu.
- 5.2.2 Pada penelitian selanjutnya bisa dilakukan uji coba menggunakan sumber enzim alamiah lain untuk memecah karbohidrat dan *lipid*.

DAFTAR PUSTAKA

- A. A. Abbas, G. Jingsong, L. Z. Ping, P. Y. Ya, and W. S. AlRekabi, 2009, "Review on landfill leachate treatments," *Journal of Applied Sciences Research*, vol. 5, no. 5, pp. 534–545
- Ali Syah, F., Mahmood, Q., Shah, M.M., Pervez, A. dan Asad, S.A. 2014. *Microbial Ecology of Anaerobic Digesters: The Key Players of Anaerobiosis*. The Scientific World Journal. Vol 2014
- APHA, 1995, *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*, 18th Ed., American Public Health Association, Washington D.C.
- Azizah, Lailatul. 2010. *Studi Pengaruh Salinitas Terhadap Laju Sampah Di TPA Benowo*. Tugas Akhir. Tugas Akhir. ITS. Surabaya
- Bao L, Huang Q, Chang L, Zhou J, Lu H (2011) Screening and characterization of a cellulase with endocellulase and exocellulase activity from yak rumen metagenome. *J Molec Catal B* 73:104-110
- Bryant MP. 1987. *Microbial Methane Production, Theoretical Aspects*. J.Am.Sci.
- Bugg TDH, Ahmad M, Hardiman EM, Rahmanpour R (2011) Pathways for degradation of lignin in bacteria and fungi. *Nat Prod Rep* 28:1883-1896
- Damanhuri, Enri. 2008. *Diktat : Landfilling Limbah*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. ITB. Bandung
- Darmasetiawan, Martin. 2004. *Perencanaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA)*. Jakarta: Ekamitra Engineering
- Drapcho CM, Nhuan NP, Walker TH. 2008. *Biofuels Engineering Process Technology*. United States: The McGraw-Hill Companies Inc
- Drapcho CM, Nhuan NP, Walker TH. 2008. *Biofuels Engineering Process Technology*. United States: The McGraw-Hill Companies Inc
- Ehrig HJ (1989) Water and element balances of landfills. In: BACCINI P, ed. *The Landfill – Reactor and Final Storage*. *Lecture Notes in Earth Sciences* 20: 83-116. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Elias, M., G. Wieczorek, S. Rosenne & D. S. Tawfik, 2014. The universality of enzymatic rate temperature dependency. *Trends Biochem. Sci.* 39:1-7
- Foo KY, Hameed BH, 2009, An Overview of Landfill Leachate Treatment via Activated Carbon Adsorption Process, *Journal of Hazardous Material*, 171: 54-60
- Hansen, K.H., Angelidaki, I. dan Ahring, B.K. 1998. Anaerobic digestion of swine manure: Inhibition by ammonia. *Water Res* 32:5-12
- Ibrahimpasija, J.T., Dragičević, L., Zanoški, M.H., Baèun, V.D., Āurlin, M., & Vrèek, I.V. (2010). Nitrogen Removal from Landfill Leachate Municipal. Biotechnical Faculty. University of Bihaè
- J. Bohdziewicz and A. Kwarciak, "The application of hybrid system UASB reactor-RO in landfill leachate treatment," *Desalination*, vol. 222, no. 1–3, pp. 128–134, 2008
- Jensen, P.D., Hardin, M.T., dan Clarke, W.P. 2009. Effect of biomass concentration and inoculum source on the rate of anaerobic cellulose solubilization. *Bioresour Technol.* Vol 100:5219-5225
- Kadarwati, Sri. 2003. *Studi Pembuatan Biogas dari Kotoran Kuda dan Sampah Organik Skala Laboratorium*. *Jurnal P3TEK* Vol.2, No.1
- Karllson, A., Bjorn, A., Yekta, S.S., dan Svensson, B.H. 2014. *IMPROVEMENT OF THE BIOGAS RODUCTION PROCESS*. Linkoping University, Linkoping. Swedia
- Knob, A & Carmona, E.C. 2008. Xylanase production by *Penicillium sclerotiorum* and its characterization. *World Applied Sciences Journal* 4(2): 277-283

- Ko K-, Han Y, Choi JH, Kim G-, Lee S-, Song JJ (2011) A novel bifunctional endo-/exo-type cellulase from an anaerobic ruminal bacterium. *Appl Microbiol Biotechnol* 89:1453-1462
- Koster, I.W. dan Lettinga, G. 1984. The influence of ammonium-nitrogen on the specific activity of pelletized methanogenic sludge. *Agr Wastes* 9:205-216
- Kresnawaty, Irma., I. Susanti., Siswanto., dan Tri Panji. 2008. Optimasi produksi biogas dari limbah lateks cair pekat dengan penambahan logam. *Jurnal Menara Perkebunan*. Vol 76(1): 23-35.
- Lan TQ, Lou H, Zhu JY (2013) Enzymatic Saccharification of Lignocelluloses Should be Conducted at Elevated pH 5.2-6.2. *Bioen Res* 6:476-485
- Lehninger AL. 1982. *Dasar-Dasar Biokimia Jilid 1*. Suhartono MT, penerjemah. Jakarta: Erlangga
- Leu S -, Zhu JY (2013) Substrate-Related Factors Affecting Enzymatic Saccharification of Lignocelluloses: Our Recent Understanding. *Bioen Res* 6:405-415
- Lone, M.A., M.R. Wani, N.A. Bhat, S.A. Sheikh and M.A. Reshi, 2012. Evaluation of cellulase enzyme secreted by some common and stirring rhizosphere fungi of *Juglans regia* L. by DNS method. *J. Enz. Res.*, 3: 18-22
- Liyang Yang, Hyun-Sang Shin, Jin Hur, 2014, Estimating the Concentration and Biodegradability of Organic Matter in 22 Wastewater Treatment Plants Using Fluorescence Excitation Emission Matrices and Parallel Factor Analysis, Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, South Korea
- Long, J.H., Aziz, T.N., Reyes, I.I.I.F.L.D.L., Ducoste, J.J. 2012. Anaerobic co-digestion of fat, oil, and grease (FOG): A review of gas production and process limitations. *Process Saf Environ Prot* 90:231-245
- Lyberatos, G. dan Skiadas, I.V. 1999. Modelling of Anaerobic digestion – a review. *Global Nest: The International Journal*, Vol1:63-76
- Ma, J, Frear, C., Wang, Z., Yu, L., Zhao, Q., Li, X., Chen, S. 2013. A simple methodology for rate-limiting step determination for anaerobic digestion of complex substrates and effect of microbial community ratio. *Bioresour Technol* 134:391-395
- Machdar I. (2008). *Water Science and Technology*. 39 (7) (1999):23-31
- Paramsothy, 2004. Optimizing Hydrolysis/Acidogenesis Anaerobic Reactor With The Application of Microbial Reaction Kinetic. University of Peradeniya. *Tropical Agricultural Research* Vol 16: 327-338
- Pavlostathis, S. G. dan Giraldo-Gomez, E. 1991. Kinetics of anaerobic treatment: A critical review. *Journal Critical Reviews in Environmental Control*. Vol 21: 411-490
- Purnomo Agus, 2010, Pengaruh Suhu dan Sumber Inokulum terhadap Produksi Biogas dari Limbah Makanan pada Perombakan Anaerob, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H dan Yananto, T. 2009. Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol 5(1): 20-26.
- Reith, J.H., Wijffels, R.H., dan Barten, H. 2003. Bio-methane and bio-hydrogen – status and perspective of biological methane and hydrogen production. Dutch Biological Hydrogen Foundation. The Hague
- Romli M. 2010. *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. Bogor: TML Publikasi
- Rustiawan, A. I. Ekayanti dan T. Riani. 1993. Kandungan Logam Berat Timah Hitam pada Sayuran di Sekitar Lokasi Pembuangan Akhir Sampah Akhir (LPA) Kapuk Kamal, Cengkareng, Jakarta. Laporan Penelitian. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. IPB. Bogor
- Sabari, Imam., Wibisono, Lukman. 2010. Pemanfaatan Lindi (Limbah Cair Sampah) Untuk Produksi Biogas Sebagai Upaya Menanggulangi Dampak Pencemaran Sampah. Tugas Akhir. Fakultas Teknologi Industri. ITS. Surabaya
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2005. *Kimia Organic, Sterokimia, Lemak, dan Protein*. Yogyakarta :Gadjah Mada University Press

- Schnürer, A., dan Nordberg, Å. 2008. Ammonia, a selective agent for methane production by syntrophic acetate oxidation at mesophilic temperature. *Water Sci Technol* 57:735-740
- Schwarz WH (2001) The cellulosome and cellulose degradation by anaerobic bacteria. *Appl Microbiol Biotechnol* 56:634-649
- Soemirat, Juli. Kesehatan Lingkungan. Jogjakarta : UGM Press, 1996.
- Taherzadeh MJ, Karimi K (2008) Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: A review. *IntJ Mol Sci* 9:1621-1651
- Tchobanoglous, George and Theisen H, Vigil SA. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill, Inc., N.Y
- Triyanto. 1992. *Mempelajari Cara Pembuatan Biogas Melalui Proses Rumen Derived Anaerobic Digestion (RUDAD)*. [Skripsi]. Fateta, IPB. Bogor
- Triyanto. 1992. *Mempelajari Cara Pembuatan Biogas Melalui Proses Rumen Derived Anaerobic Digestion (RUDAD)*. [Skripsi]. Fateta, IPB. Bogor
- Van Velsen AFM (1979) Adaptation of methanogenic sludge to high ammonia - nitrogen concentrations. *Water Res* 13:995-999
- Vavilin, V. A. 2010. Anaerobic degradation of organic waste: An experience in mathematical modeling. *Microbiology*. Vol 79: 334
- Vavilin, V.A., Rytov, S.V., dan Lokshina, L.Y. 1996. A description of hydrolysis kinetics in anaerobic degradation of particulate organic matter. *Bioresour Technol* 56:229-237
- Visilind, Arne. P, William Worrel, Debra Reinhart. 2002. *Solid Waste Engineering*. Thomson Leraning, Inc
- Wang W, Zhuang X, Yuan Z, Yu Q, Qi W, Wang Q, Tan X (2012) High consistency enzymatic saccharification of sweet sorghum bagasse pretreated with liquid hot water. *Bioresour Technol* 108:252-257
- Werner U, Stochr V, Hees N. 1989. *Biogas Plant in Animal Husbandry: Application the Dutch Guesllechaft Fuel. Technische Zusemmernarbeit (GTZ) GnbH*.
- Widodo, F. Wahyono, Sutrisno. 2012. *Kecernaan Bahan Kering, Kecernaan Bahan Organik, Produksi VFA dan NH3 Pakan Komplit dengan Level Jerami Padi Berbeda Secara In Vitro*. Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro. Semarang
- Wijekoon, Kaushalya. C; Visvanathan, Chettiyappan; Abeynayaka, Amila. 2011. Effect of Organic Loading Rate on VFA Production, Organic Matter Removal and Microbial Activity of a two stage Thermophilic Anaerobic Membrane Bioreactor. *Bioresource Technology* 102 (2011) 5353-5360
- Yadvika S, Sreekrishnan TR, Kohli S, dan Ratna V. 2004. Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques- a review. *Bioresource Technology* 95: 1-10
- Yani M dan Darwis AA. 1990. *Diktat Teknologi Biogas*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor
- Zakiyah Nur, 2011, *Pengaruh Penambahan Sludge pada Konversi Jerami Padi menjadi Biogas*, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Zehnder AJB Ed (1988) *Biology of Anaerobic Microorganisms* John Wiley & Sons Inc. New York 875p
- Zhao X, Zhang L, Liu D (2012) Biomass recalcitrance. Part I: The chemical compositions and physical structures affecting the enzymatic hydrolysis of lignocellulose. *Biofuel, Bioprodu Bior* 6:465-482