

PENGARUH PENAMBAHAN *BIOSTARTER* LIMBAH NANAS TERHADAP VOLUME BIOGAS YANG DIHASILKAN

Siti Nurkhasanah*, Sri Puji Ganefati**, Muryoto***

* JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Jl. Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, Sleman, DIY 55293, email: syty_uuks@yahoo.com

** JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

*** JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

Abstract

Cow dung in Kadipaten Village of Kedungjambal, Tawang Sari, Sukoharjo had not been managed appropriately. Actually, the organic substance contained in cow dung is potentially used as raw material for biogas making. To accelerate the time needed in the biogas processing, biostarter can be added such as pineapple peels waste. The aim of the study was to identify which biostarter concentration is the most effective. The study was an experimental one with laboratory scale and followed post-test only with control group design. In each biogas digester tank which made of 50 litre volume jerry can consisted of 14 litre fresh cow dung, 23,4 litre dilution water and 2,6 litre pineapple waste biostarter concentration. The concentration variation of the biostarter were 20%, 40%, 60%, 80%, 100%. The biostarter was made by fermentation process in two times of 24 hours from the mixture of pineapple peels, tempe, banana, onion and sugar solution. The results showed that the mean volume of biogas yielded by the control group was 140 mm³, and in the 20%, 40% and 60% concentration groups were 794,0 mm³, 859,7 mm³ and 925,0 mm³ respectively, but with negative flame test. Meanwhile, in the 80% and 100% concentration groups, the volume of biogas produced were 1107,0 mm³ and 1307,7 mm³ in average and show two and four minutes flame time respectively. The statistical analysis with one way anova test concluded that biostarter made from pineapple peel waste affecting the yielded biogas volume and the most effective concentration was 100% .

Kata Kunci: kotoran sapi, biogas, limbah nanas, biostarter,

PENDAHULUAN

Di dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, disebutkan bahwa pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat menimbulkan bertambahnya volume, jenis, dan karakteristik sampah yang semakin beragam. Pengelolaan sampah selama ini belum sesuai dengan metode dan teknik pengelolaan sampah yang berwawasan lingkungan sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan¹⁾.

Di dalam Bab IV pasal 1 UU Republik Indonesia No 32 tahun 2009 dinyaa-

takan bahwa pemanfaatan sumber daya alam dilakukan berdasarkan RPPLH. Pengelolaan lingkungan hidup bertujuan untuk mengurangi dampak negatif akibat adanya bahan pencemar yang ada dengan cara pengolahan dan pemanfaatan kembali, di antaranya sebagai sumber energi.

Kebutuhan energi semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan semakin menipisnya sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu maka perlu ditemukan energi alternatif, antara lain dengan cara pengolahan limbah peternakan²⁾.

Limbah padat kotoran sapi merupakan bahan organik yang mudah mem-

busuk dengan adanya aktivitas mikro-organisme pengurai sehingga diperlukan pengelolaan yang lebih cepat, baik dalam pengumpulan maupun pemusnahannya.

Pada proses pembusukan kotoran sapi, dihasilkan beberapa gas dan senyawa kimia yang dalam jumlah tertentu akan mengganggu kesehatan manusia antara lain ammonia, H₂S, sulfida, disulfida, dan gas metan yang dapat menimbulkan efek rumah kaca. Selain itu, kotoran sapi dapat berperan menjadi media yang baik bagi bibit penyakit karena mengandung bakteri patogen seperti *coliform* penyebab penyakit diare yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat secara umum³⁾.

Pembuatan biogas merupakan proses fermentasi anaerob yang sangat dipengaruhi oleh aktifitas mikroba. Aktifitas mikroba tersebut dapat terus berlangsung apabila mendapatkan nutrisi yang baik dari bahan-bahan organik, salah satunya adalah limbah nanas.

Limbah nanas berfungsi sebagai media atau penyedia nutrisi bagi mikro-organisme pengurai dalam proses dekomposisi kotoran sapi. Kandungan nutrisi kulit buah nanas mempunyai komposisi karbohidrat dan gula yang cukup tinggi. Menurut Wijana dkk, komposisi kulit nanas adalah 81,72% air; 20,87% serat kasar; 17,53% karbohidrat; 4,41% protein dan 13,65% gula reduksi. Karena cukup tingginya komponen karbohidrat dan gula yang dikandung, maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia, salah satunya adalah *starter* biogas yang diperoleh melalui proses fermentasi⁴⁾.

Berdasarkan hasil survey pendahuluan pada tanggal 7 Desember 2010 yang dilakukan melalui wawancara terhadap 25 orang responden yang tinggal di dekat kandang ternak sapi di Dusun Kadipaten, Kedungjambal, Tawang Sari, Sukoharjo, diperoleh hasil bahwa sebanyak 20 responden mengeluhkan permasalahan yang disebabkan akibat penumpukan kotoran sapi di kandang kelompok peternak sapi. Keluhan tersebut misalnya bau yang sangat menyengat

sehingga mengganggu pernafasan, selain gangguan estetika lainnya.

Kotoran sapi tersebut selama ini hanya dimanfaatkan sebagai pupuk sehingga masih banyak yang menumpuk di kandang dan menimbulkan banyak masalah. Menurut data yang diperoleh, jumlah kandang yang ada di Desa tersebut sebanyak 25 buah dengan jumlah sapi secara keseluruhan berjumlah 76 ekor.

Pada proses pembuatan *starter* nanas ditambahkan beberapa bahan organik lain seperti kulit pisang, bawang merah dan tempe. Fungsi bawang merah dan tempe yaitu sebagai nutrisi mikro-organisme, selain itu juga terdapat jamur sebagai pengurai yang dapat membantu mempercepat proses fermentasi dan dekomposisi.

Proses pembuatan *starter* dari limbah nanas berlangsung secara aseptik. Adapun komposisi kedelai tempe per 100 gr yaitu: protein 35-45%, lemak 18-32%, karbohidrat 12-30%, air 7%. Adapun bawang merah komposisinya terdiri dari: air 80-85%; protein 1,5%; lemak 0,3%; karbohidrat 9,2%; *beta carotene* 50,00 IU; tiamin (vitamin B1) 30 mg; riboflavin (vitamin B2) 0,04 mg; niasin 20 mg; asam askorbat (vitamin C) 9 mg; kalium 334 mg; zat besi 0,80 gr; fosfor 40 mg; fruktosa 10-40%; gula tereduksi 10-15%, dan sakarosa 5-8%.

Selain bahan-bahan di atas, ditambahkan juga pisang yang mempunyai komposisi: 99 kalori, protein 1,2 gr; lemak 0,2 gr; karbohidrat 25,8 mg; serta 0,7 gr; kalsium 8 mg; fosfor 28 mg; besi 0,5mg; vitamin A 44 RE; vitamin B 0,08 mg; vitamin C 3 mg; dan air 72 gr^{5,6,7)}.

Seekor sapi mampu menghasilkan kotoran sebanyak 25 kg setiap hari⁸⁾, sehingga yang dihasilkan setiap hari dari kandang kelompok tani mencapai 1900 kg. Menurut Harahap⁹⁾ dari tiap kilogram kotoran sapi akan menghasilkan 0,25 m³ biogas. Berdasarkan hal tersebut maka biogas yang dapat dihasilkan dari 76 ekor sapi yang ada adalah 19 m³.

Pemanfaatan kotoran sapi dan penambahan biostarter menghasilkan gas metan yang dapat dihitung volumenya serta dilakukan uji nyala api. Dalam penelitian ini volume biogas yang dihasil-

kan oleh *starter* dengan konsentrasi 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%; masing-masing sebanyak 2,6 liter akan dibandingkan¹⁰⁾.

METODA

Jenis penelitian yang dipakai adalah eksperimen dengan menggunakan desain *post-test only with control group*. Hasilnya kemudian diuji secara deskriptif dan analitik.

Volume sampel kotoran sapi yang digunakan adalah 252 liter, pengencer 429 liter dan *starter* limbah nanas sebanyak 39 liter. Teknik pengambilan sampel menggunakan metoda *purposive* yaitu kotoran sapi diambil dari salah satu kandang ternak sapi yang menghasilkan kotoran sapi paling banyak dengan kriteria kotoran yang masih baru.

Variabel pengganggu yang dikendalikan dalam penelitian ini adalah temperatur, pengadukan, kebocoran alat, alat produksi biogas, dan pencampuran.

Tahapan persiapan penelitian, terdiri dari: penentuan lokasi dan obyek penelitian, penentuan waktu pelaksanaan penelitian, mengurus perijinan pengambilan sampel, serta mempersiapkan alat dan bahan penelitian.

Alat untuk memproduksi biogas terbuat dari jerigen plastik dengan volume 50 liter. Untuk kelompok kontrol, jerigen diisi kotoran sapi 14 liter dan air pengencer 26 liter; serta untuk 5 kelompok perlakuan setiap jerigen plastik diisi dengan kotoran sapi sebanyak 14 liter dan air pengencer sebanyak 23,4 liter serta ditambah dengan *starter* nanas sebanyak 2,6 liter.

Selain jerigen plastik, alat pembuat biogas yang dibutuhkan lainnya adalah pipa PVC, drat dalam dan luar, stop kran, selang plastik, triplek, karet ban, lem pipa PVC dan lem Alteco. Adapun alat yang digunakan untuk pengukuran volume biogas adalah: ember, corong plastik, gelas ukur, kertas pH, termometer air raksa, korek api, lem plastik dan penggaris.

Secara teknis pembuatan, bagian atas jerigen dilubangi dengan ukuran ½"

dan dipasang pipa PVC yang dilengkapi dengan drat dalam dan luar. Bagian samping bawah jerigen dilubangi untuk tempat pipa PVC dengan ukuran ½" yang telah dibuat berbentuk huruf lurus dan bertutup dop. Pipa ini berfungsi sebagai alat pemeriksa suhu dan pH isian biogas. Pada tiap jerigen dibuat lubang pada tutupnya untuk memasukkan selang plastik sebagai manometer air.

Pengecekan kebocoran alat penghasil biogas dilakukan dengan cara mengisi jerigen dengan air sampai penuh kemudian dilihat apakah terjadi kebocoran dan dilihat apakah air dalam jerigen tetap penuh setelah satu jam.

Bahan baku kotoran sapi selanjutnya diencerkan dengan menambahkan air sumur sesuai dengan perhitungan volume yang dibutuhkan. Selanjutnya dilakukan pengadukan sampai merata dan homogen sehingga adonan terlihat encer tanpa terdapat gumpalan-gumpalan lagi. Pengisian untuk masing-masing kelompok kontrol dan perlakuan diulang 3 kali.

Sebelum bahan-bahan dimasukkan, dilakukan pengecekan pH bahan baku dengan kertas pH. Setelah semua bahan dimasukkan kemudian jerigen ditutup dengan rapat dan dihubungkan dengan selang pengecekan gas dan kemudian dipasang pada triplek atau papan kayu dengan posisi pipa U. Kenaikan muka air digunakan untuk menghitung volume biogas dengan rumus $3,14 \times r^2 \times t$, di mana t = tinggi kenaikan muka air manometer.

Dalam pelaksanaannya, hal-hal berikut ini dilakukan: 1) setiap dua hari sekali jerigen digojok atau digoyang-goyang agar tidak terjadi gumpalan yang dapat menghambat keluarnya biogas, 2) gas yang terbentuk pada hari ke-5 dibuang dengan cara membuka pipa keluaran gas selama 1 menit, 3) melakukan pemeriksaan terjadinya biogas melalui pengecekan pH, suhu, dan melihat perubahan kenaikan muka air pada indikator air yang selanjutnya dilakukan uji nyala dengan korek api bila sudah terjadi perubahan ketinggian pada kelompok perlakuan dan kontrol.

Suhu diukur dengan memasukkan termometer air raksa ke dalam pipa yang

dipasang pada bagian samping jerigen. Pengukuran dilakukan setiap jam 05.00 WIB, yang dimulai waktu awal pembuatan biogas dan setelah pembuangan gas yang terbentuk pada hari ke-5.

pH diukur dengan alat kertas pH yang dimasukkan ke dalam pipa. Pipa-pipa untuk mengukur pH dipasang pada bagian samping jerigen. Pengukuran dilakukan pada waktu hari pertama pembuatan biogas dan hari ke-5 setelah dilakukan pembuangan gas jam 05.00 WIB.

Instrumen untuk mengukur kenaikan permukaan air digunakan untuk mengamati kenaikan muka air pada skala indikator air. Pengukuran dilakukan setiap hari pada jam 05.00 WIB setelah pembuangan gas. Apabila ada kenaikan permukaan air di manometer sampai hari ke tujuh maka dilanjutkan dengan uji nyala.

Untuk mengetahui perbedaan hasil di antara variasi perlakuan yang dilakukan, data dianalisis secara deskriptif dan inferensial. Secara deskriptif data disajikan dalam tabel, sedangkan untuk analisis inferensial, data diuji secara statistik dengan *one way anova test* pada taraf signifikansi 95% untuk mengetahui dosis *starter* kulit nanas yang paling efektif.

HASIL

Penelitian dilakukan selama enam minggu, mulai tanggal 24 April sampai dengan 5 Juni 2011. Untuk masing-masing perlakuan dilakukan pengamatan selama tujuh hari,

Hasil pengukuran suhu dan pH disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada Tabel 1 terlihat bahwa hasil pengukuran suhu ruangan pada kelompok perlakuan dan kontrol tercatat berkisar mulai 29 °C hingga 30 °C. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses terjadinya biogas sudah berada pada aturan pembuatan yang disarankan.

Demikian juga dengan pH, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 2, menunjukkan bahwa hasil rata-rata pengukuran pH yang berkisar antara 7,77 dan 7,85, berada pada derajat keasaman yang sesuai untuk pertumbuhan bakteri.

Tabel 1.
Hasil pengukuran suhu ruangan pada kelompok perlakuan dan kontrol

Hari	Suhu (°C)					Kontrol
	Kelompok perlakuan					
	20%	40%	60%	80%	100%	
1	30	30	30	30	29	30
2	29	30	29	29	29	30
3	29	29	29	29	29	29
4	30	30	29	30	30	30
5	29	30	29	30	29	29
6	30	30	30	30	29	30
7	29	30	30	30	29	29
Σ	206	209	206	208	204	207
Re rata	29,43	29,86	29,43	29,71	29,14	29,57

Tabel 2.
Hasil pengukuran suhu ruangan pada kelompok perlakuan dan kontrol

No	pH					Kontrol
	Kelompok perlakuan					
	20%	40%	60%	80%	100%	
1	7,71	7,85	7,85	7,57	7,78	7,71
2	7,71	7,92	7,57	7,71	7,85	7,71
3	7,71	7,78	7,78	7,64	7,85	7,92
Σ	23,13	23,55	23,2	22,92	23,48	23,34
Re rata	7,71	7,85	7,73	7,64	7,82	7,78

Adapun Tabel 3 berikut menunjukkan hasil pengukuran rata-rata kenaikan muka air manometer baik pada kelompok kontrol maupun kelompok perlakuan. Kenaikan muka air manometer tertinggi ditemukan pada kelompok perlakuan konsentrasi *starter* 100% yaitu 68,33 mm, sedangkan kenaikan terendah ditemukan pada kelompok kontrol yaitu setinggi 7,56 mm. Jika dilihat berdasarkan variasi konsentrasi yang digunakan, maka terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi biostarter yang digunakan,

maka semakin tinggi kenaikan permukaan air pada manometer yang terjadi.

Tabel 3.
Hasil pengukuran rata-rata kenaikan muka air pada skala manometer air pada kelompok perlakuan dan kontrol

No	Kenaikan muka air manometer (mm)					Kontrol
	Kelompok perlakuan					
	20%	40%	60%	80%	100%	
1	41	44	48	56	68	8,5
2	37	42	46	55	67	5,7
3	40	43	45	57	70	8,5
Σ	118	129	139	168	205	22,7
Re rata	39,33	43,00	46,33	56,00	68,33	7,56

Tabel 4.
Rata-rata volume biogas yang dihasilkan pada kelompok perlakuan dan kontrol

No	Volume biogas (mm ³)					Kontrol
	Kelompok perlakuan					
	20%	40%	60%	80%	100%	
1	728	855	897	1093	1261	112
2	827	855	925	1107	1317	140
3	827	869	953	1121	1345	168
Σ	2382	2579	2775	3321	3923	420
Re rata	794,0	859,7	925,0	1107,0	1307,7	140,0

Tabel 6 di atas menunjukkan rata-rata volume biogas yang dihasilkan pada kelompok kontrol dan perlakuan. Untuk kelompok kontrol dihasilkan rata-rata volume biogas sebesar 140 mm³. Adapun untuk ke lima variasi perlakuan, rerata volume biogas yang dihasilkan adalah sebagai berikut: konsentrasi 20%, 794,0 mm³; konsentrasi 40%, 859,67 mm³; konsentrasi 60%, 925,0 mm³; konsentrasi 80%, 1107,0 mm³; dan konsentrasi 100%, 1307,7 mm³.

Selanjutnya untuk mengukur keberhasilan terjadinya biogas dilakukan uji nyala. Hasilnya menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol dan perlakuan 20%,

40%, dan 60% belum ada nyala api yang terlihat. Sementara untuk perlakuan 80% konsentrasi *starter*, api dapat menyala selama 2 menit, dan pada kelompok perlakuan 100% *starter* nyala api berlangsung selama 4 menit.

Tabel 5.
Hasil uji nyala pada kelompok perlakuan dan kontrol

No	Lama nyala api (menit)					Kontrol
	Kelompok perlakuan					
	20%	40%	60%	80%	100%	
1	0	0	0	2	4	0
2	0	0	0	2	4	0
3	0	0	0	2	4	0
Σ	0	0	0	6	12	0
Re rata	0	0	0	2	4	0

Dari tabel-tabel di atas terlihat secara deskriptif bahwa semakin banyak penambahan *starter* kulit nanas yang diberikan maka volume biogas yang dihasilkan juga semakin banyak. Selanjutnya untuk membuktikan apakah perbedaan tersebut memang signifikan dilakukan pengujian secara statistik.

Karena berdasarkan uji normalitas distribusi data dengan uji *kolmogorov-smirnov test* menghasilkan nilai p lebih besar dari 0,05; maka uji parametrik *one way anava* dapat dilakukan, di mana uji tersebut menghasilkan nilai p lebih kecil dari 0,001 yang berarti menunjukkan kebermaknaan. Selanjutnya, berdasarkan hasil *post-hoc test*, diketahui bahwa konsentrasi *biostarter* limbah nanas yang paling efektif adalah 100%.

PEMBAHASAN

Menurut Wijana dkk, karena kulit nanas mempunyai komposisi karbohidrat dan gula yang cukup tinggi maka dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia, salah satunya adalah *starter* yang dibuat melalui proses fermentasi. Penambahan *starter* limbah nanas dalam pembuatan biogas dapat

mempercepat proses dekomposisi bakteri anaerob sehingga dapat memperoleh volume yang maksimal ¹⁰⁾.

Produksi biogas akan tergantung pada suhu bahan substrat bahan isian di dalam tangki digester. Suhu yang baik berkisar antara 20-40 °C dan optimum antara 28-30 °C. Pada umumnya mikroorganisme penghasil metan merupakan bakteri mesofil. Bakteri ini akan tumbuh subur bila berada pada suhu kamar.

Pada penelitian ini, biogas mulai terbentuk pada hari ke lima dengan suhu pencernaan 28 °C. Secara praktis, terbentuknya gas sulit diketahui, tetapi pada minggu pertama gas mulai terbentuk di dalam tangki pencernaan, sehingga penutupan awal tangki sebaiknya dilakukan pada hari ke lima setelah pengisian ¹⁰⁾.

Derajat keasaman sangat berpengaruh bagi kehidupan mikroorganisme. Derajat keasaman yang optimum adalah 6,5-8,0. Pada tahap awal fermentasi bahan organik akan berbentuk asam yang akan menurunkan pH. Kegagalan biogas bisa terjadi karena tidak seimbangnya jumlah bakteri methan dan bakteri asam yang mengakibatkan lingkungan menjadi asam yang selanjutnya menghambat kehidupan bakteri metan.

Pengukuran kenaikan muka air pada skala manometer untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan, dilakukan selama tujuh hari pengamatan yang selanjutnya dilakukan uji nyala. dan hasilnya menunjukkan bahwa rata-rata volume biogas yang paling besar dihasilkan dari kelompok perlakuan dengan penambahan konsentrasi *biostarter* limbah nanas 100% sebanyak 2,6 liter.

Konsentrasi 100% paling efektif karena nutrisi yang dibutuhkan mencukupi kegiatan dekomposisi, sedangkan penambahan starter dengan konsentrasi 20%, 40%, 60%, dan 80% mengakibatkan volume biogas yang dihasilkan semakin sedikit.

Pada penelitian ini, bahan baku kotoran sapi yang digunakan adalah yang terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, plastik, dan beling agar tidak mengganggu proses pembuatan biogas karena menurut Simamora ¹¹⁾ bahan anorganik semacam itu harus dihilangkan

supaya tidak menghalangi laju produksi biogas.

Pengenceran bahan baku dalam penelitian ini didasarkan perhitungan yang dilakukan dalam pembuatan biogas. Isian dalam pembentukan biogas harus berupa bubur. Bentuk bubur ini dapat diperoleh bila bahan bakunya mempunyai kandungan air yang tinggi. Bahan baku dengan kadar air yang rendah dapat menjadi tinggi dengan penambahan air yang disesuaikan dengan perbandingan kadar kering bahan tersebut. Isian bahan baku yang paling baik mengandung 7-9% bahan kering. Dalam keadaan ini proses pencernaan akan berjalan baik. Kotoran sapi yang digunakan adalah kotoran yang masih baru dikarenakan terdapat bakteri anaerob yang dapat menghasilkan gas metan optimal, sehingga didapatkan hasil volume yang baik dan proses produksi biogas dapat terjadi lebih cepat.

Digester yang digunakan adalah tipe pengisian curah yaitu pengisian bahan organik (campuran kotoran sapi dan air) dilakukan sekali sebesar 80% dari volume tangki digester dan kemudian ditunggu sampai biogas keluar. Setelah biogas tidak berproduksi lagi isian digester dibongkar lalu diisi kembali dengan bahan organik yang baru. Digester tipe ini umumnya digunakan sebagai instrumen penelitian. Keuntungan dari pengisian curah ini di antaranya yaitu tidak adanya gas yang terlepas keluar saat pemasukan bahan organik setelah pemasukan pertama, desain dari digester lebih sederhana sehingga dapat menghemat biaya juga. Semua bahan organik yang dimasukkan akan terfermentasi secara maksimal.

Digester yang digunakan tidak dipasang pengaduk karena pemasangan yang tidak benar dapat menimbulkan kebocoran, sehingga diganti dengan penggojokan digester selama 2 menit dan dilakukan secara rutin setiap hari. Penggojokan berfungsi untuk memecah bahan baku yang sukar dicerna yang akan membentuk lapisan kerak pada dasar digester dan permukaan cairan.

Penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Setyorini, yang menggunakan

starter EM-4. Fungsi EM-4 dan limbah nanas sama yaitu mempercepat proses dekomposisi dalam pembuatan biogas.

SARAN

Masyarakat dapat memanfaatkan limbah nanas menjadi *biostarter* dalam pembuatan biogas karena mudah didapatkan dan harganya relatif murah. Dengan mengasumsikan masyarakat menggunakan biogas selama 3 jam setiap hari maka dibutuhkan volume pipa manometer sebesar 0,63 m³ dengan jari-jari pipa manometer 2,54 cm dan tinggi 120 cm¹²⁾.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Lingkungan Hidup, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2008, tentang Pengelolaan Sampah.
2. Kementerian Lingkungan Hidup, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
3. Widarto, L. dan Suryanta, 1995. *Membuat Bioarang dari Kotoran Lembu*, Kanisius, Yogyakarta.
4. Ruswidayati, 2009. *Effective Microorganism 4 (EM-4) dan Limbah Nanas sebagai Inokulan terhadap Efisiensi dan Kecepatan Terjadinya Kompos*, Karya Tulis Ilmiah, tidak diterbitkan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Yogyakarta.
5. Wikipedia, 2011. *Tempe*, diunduh tanggal 17 Februari 2011 dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Tempe>.
6. Anonym, 2010. *Sisi Ilmiah dari Bawang Merah*, diunduh tanggal 17 Februari 2011 dari <http://obtrando.wordpress.com/ot-sisi-ilmiah-dari-bawang-merah/>
7. Ramada, Agus, 2008. *Kulit Pisang Jangan dibuang*, diunduh tanggal 17 Februari 2011 dari <http://organisindonesianvanilla.blogspot.com/2008/08/kulit-pisang-jangan-dibuang.html>.
8. Harahap, Filino, dkk, 1980. *Teknologi Gas Bio*. PTP ITB, Bandung.
9. Widarto, L. dan F. X. Sudarto, 2007. *Membuat Biogas*. Kanisius. Yogyakarta.
10. Annisa, 2009. *Pembuatan Komposter dan Biostarter*, diunduh tanggal 17 Februari 2011 dari <http://pelangiannisa.blogspot.com/2009/12/pembuatan-komposter-dan-biostarter.html>
11. Simamora, Suhud, 2006. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak*, Agromedia Pustaka, Jakarta.
12. Setyorini, Hermawati, 2009. *Pengaruh Penambahan Starter pada Kotoran Sapi terhadap Waktu Mulai Terbentuknya Biogas*, Karya Tulis Ilmiah, tidak diterbitkan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Yogyakarta.