

PEMANFAATAN LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI BAHAN BAKU ALTERNATIF GAS BIO

Dita Yuliana*, Sri Muryani**, Agus Kharmayana Rubaya***

*JKL Poltekkes Depkes Yogyakarta, Jl.Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, DIY 55293

** JKL Poltekkes Depkes Yogyakarta

***JKL Poltekkes Depkes Yogyakarta, email: agus.rubaya@gmail.com

Abstract

The liquid waste yielded from soybean curd industry owned by Mr. Sudaryanto has not been adequately processed before discarded into water body. As the result, some people who living nearby felt annoyed. On the other hand, the liquid waste contains relatively high organic substance which can be utilized as raw material for bio gas production. The objective of the study was to produce bio gas from the utilization of soybean curd liquid waste. It was expected that the bio gas would have similar characteristics with those made from cow manure. By using "Post Test Only Control Group Design", the collected data from this true experimental study was analyzed descriptively, as well as analytically by using unpaired t-test at 0,05 significance level; meanwhile, to analyze the results two parameters were selected i.e the time needed to forming and the quantity of the bio gas. As the results: there was no difference between the time needed to forming the bio gas made of soybean curd liquid waste and that of cow manure (p -value = 0,069); however, there was a difference between the quantities of the bio gas made of both raw materials (p -value = 0,036).

Kata Kunci: gas bio, limbah cair tahu, kotoran sapi

PENDAHULUAN

Industri pengolahan rumah tangga di Yogyakarta saat ini berkembang dengan sangat pesat. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi D.I. Yogyakarta menunjukkan bahwa di wilayah Kabupaten Sleman saja, pada kurun waktu 2005-2006, industri tersebut meningkat sebesar 26%.

Perkembangan industri rumah tangga walau sangat membantu dalam menunjang kehidupan masyarakat tetapi tentu tidak terlepas dari dampak negatif berupa adanya limbah yang berasal dari proses produksi yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Salah satu industri rumah tangga yang limbahnya berpotensi dalam mencemari lingkungan adalah industri tahu.

Industri tahu menggunakan bahan baku kedelai, asam cuka, dan air; yang digunakan dalam proses produksi yang

terdiri dari berbagai tahapan, yaitu: pemilihan kedelai, perendaman atau pencucian kedelai, penggilingan kedelai, perebusan bubur kedelai, penyaringan bubur, penimbunan tahu dan pencetakan tahu ⁽¹⁾. Dari proses produksi tersebut, dihasilkan limbah cair dan limbah padat yang berupa ampas.

Limbah ampas selanjutnya dapat dijual untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak, tetapi tidak demikian halnya dengan limbah cair. Limbah cair sebagian besar dibuang langsung dan hanya sedikit yang digunakan kembali. Limbah cair yang dibuang langsung tersebut seringkali tanpa diolah terlebih dahulu, yang selanjutnya mengakibatkan berbagai sungai, saluran irigasi, dan lahan terkena polusi, sehingga simpanan air tanah pun ikut menjadi tercemar. Jika pencemaran tersebut dibiarkan serta tidak dicarikan solusi yang tepat maka akan membahayakan bagi kesehatan dan kelestarian lingkungan ⁽²⁾.

Dari hasil survei pendahuluan yang dilakukan pada 20 Februari 2008 di Desa Banjarsari, Kelurahan Leses, Kecamatan Manisrenggo, Kabupaten Klaten; diperoleh informasi bahwa limbah industri tahu milik Bapak Sudaryanto tidak dimanfaatkan dan dibuang langsung ke badan air tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Warga sekitar pun merasa terganggu dengan bau kecut yang ditimbulkan oleh limbah tersebut.

Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap kandungan kimia limbah cair industri tahu adalah sebagai berikut ⁽²⁾: *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), 6000 – 7000 mg/l; *Chemical Oxygen Demand* (COD), 3600 – 4200 mg/l; *Total Suspended Solid* (TSS), 200 – 500 mg/l, dan pH sekitar 3,5 – 5,5. Pemeriksaan tersebut belum memenuhi baku mutu air limbah tahu yang dipersyaratkan dalam Perda Propinsi Jawa Tengah No.10 tahun 2004, yaitu: kadar BOD, COD dan TSS maksimal yang diperbolehkan berturut-turut: 150 mg/l; 275 mg/l, 100 mg/l, serta pH harus di antara 6 - 9.

Limbah cair tahu mengandung bahan organik berupa protein yang cukup tinggi yang akan bertindak sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme untuk berkembang-biak dengan cepat yang dapat menurunkan kualitas badan air. Di sisi lain, bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tahu tersebut sebenarnya dapat dimanfaatkan lebih lanjut, yaitu salah satunya sebagai bahan baku pembuatan gas bio.

Gas bio adalah energi yang diperoleh dari proses fermentasi dan pembusukan bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob. Bahan organik tersebut dapat berasal dari kotoran manusia, kotoran hewan, sampah organik, atau limbah dari pertanian ⁽³⁾. Gas bio merupakan campuran dari berbagai gas yang mudah terbakar bila kandungan *methane* atau CH₄ yang ada melebihi 50 % ⁽⁴⁾.

Dalam pembuatan gas bio, kotoran sapi adalah bahan baku yang lebih sering digunakan karena memiliki C/N ratio yang cukup tinggi, yaitu 18 serta kadar keringnya yang mencapai 20% ⁽⁴⁾. Namun, pada penelitian ini, peneliti mencoba memanfaatkan limbah cair tahu se-

bagai bahan baku alternatif. Hal ini disebabkan karena limbah cair tahu tersebut mempunyai kandungan organik dan CH₄ di atas 50 %, sehingga sangat memungkinkan untuk dijadikan bahan baku pembuatan gas bio ⁽⁴⁾.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah gas bio yang dihasilkan oleh limbah cair tahu dapat menyamai gas bio yang dihasilkan oleh kotoran sapi sebagai kontrol/pembanding. Dalam hal ini parameter yang digunakan adalah lama waktu terbentuknya gas bio serta kuantitas gas bio yang dihasilkan.

METODA

Penelitian ini bersifat *true experiment* dengan "*Post Test Only Control Group Design*" ⁽⁵⁾. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif dan analitik menggunakan uji statistik *t-test* bebas pada α 0,05 dengan perangkat lunak SPSS *for Windows* versi 10.00.

Sampel limbah cair tahu berasal dari industri tahu milik Bapak Sudaryanto, sebanyak 72 liter. Selain itu juga digunakan 25,2 liter kotoran sapi dan 46,8 liter air. Pengambilan sampel limbah cair dilakukan dengan metoda gabungan waktu, yaitu sampel diambil dari seluruh tahapan proses produksi yang berpotensi menghasilkan limbah cair dengan waktu pengambilan yang berbeda. Proses produksi tersebut mencakup perendaman kedelai, perebusan kedelai, dan pencekatan tahu.

Alat produksi gas bio yang digunakan terbuat dari jerigen plastik bervolume 30 liter. Alat tersebut dilengkapi dengan tempat pemasukan bahan baku, keran pengeluaran gas bio, alat pengaduk dan manometer air (gambar teknis selengkapnya dapat dilihat pada lampiran). Pengisian bahan baku menggunakan metode langsung.

Lama waktu terbentuknya gas bio yang dihasilkan, baik dari kelompok perlakuan maupun kontrol diukur dalam satuan jam. Pengukuran dilakukan dengan melakukan pengamatan pada skala manometer air. Pengukuran dimulai setelah pembuangan gas yang terbentuk pada hari keenam dan dilakukan setiap 12 jam

sekali, yaitu pada pukul 6 pagi dan pukul 6 sore. Apabila kenaikan muka air pada skala manometer air mencapai 20 mm, maka diasumsikan bahwa pada saat itu gas bio sudah mulai terbentuk.

Pengukuran kuantitas gas bio dilakukan dengan cara mengukur waktu api menyala yang menandakan waktu yang dibutuhkan untuk membakar habis gas yang dikeluarkan melalui keran *out-let*. Pengukuran tersebut dilakukan tepat lima minggu setelah pembuangan gas yang terbentuk pada hari keenam. Untuk menyalakan api digunakan korek api, dengan cara menyalakannya terlebih dahulu pada kran gas dan kemudian kran dibuka. Alat ukur yang digunakan adalah *stopwatch* dengan satuan detik.

Variabel pengganggu yang dikendalikan adalah: 1) pH, dengan cara menambah NaOH agar limbah cair tahu menjadi netral dan optimal, yaitu antara 6,8 - 8. Penambahan NaOH dilakukan saat bahan baku belum dimasukkan ke dalam jerigen; 2) suhu, dengan cara meletakkan jerigen yang sudah berisi bahan baku gas bio di tempat yang tidak terkena panas matahari langsung untuk menghindari suhu yang terlalu tinggi, dan tidak terkena hujan; 3) pengadukan, dengan cara memasang alat pengaduk pada alat produksi gas bio. Pengadukan dilakukan secara rutin yaitu dua hari sekali selama 1 menit; 4) kebocoran alat, dengan cara melakukan pemeriksaan kemungkinan terjadi kebocoran pada alat produksi gas bio sebelum digunakan. Caranya dengan memasukkan air ke dalam jerigen untuk memeriksa apakah kedap air, dan memasukkan jerigen ke dalam air untuk memeriksa apakah kedap udara.

Jerigen alat produksi gas bio dibuat dari bahan dan konstruksi yang sama sebanyak enam buah, yaitu masing-masing tiga untuk kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Karena waktu pengamatan yang bersamaan, pada waktu mengukur lama api menyala, diperlukan enam orang dengan kemampuan pengamatan yang sama.

Selain mengukur data yang akan diuji secara statistik, dilakukan juga pengukuran suhu dan pH. Suhu diukur de-

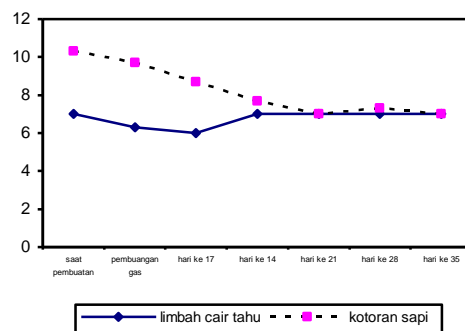
ngan termohigrometer yang digantung di ruangan tempat diletakkannya alat produksi gas bio. Pengukuran pH menggunakan alat kertas pH yang dimasukkan ke dalam pipa pada bagian samping jerigen yang dibuat khusus untuk mengukur pH. Kedua pengukuran dilakukan seminggu sekali pada pukul 6 pagi.

HASIL

Penelitian berlangsung selama 45 hari, mulai tanggal 27 April 2008 sampai dengan 11 Juni 2008. Sampel diambil saat cuaca cerah. Sampel kotoran sapi diambil pada pagi hari sekitar pukul 08.00 WIB sampai dengan 10.00 WIB dan sampel limbah cair tahu diambil pada siang hari sekitar pukul 11.00 WIB sampai dengan 18.00 WIB.

Suhu ruangan tempat diletakkannya alat produksi gas bio rata-rata 30 °C dan berkisar antara 29 – 31 °C. Adapun hasil pengukuran pH dapat dilihat pada grafik berikut:

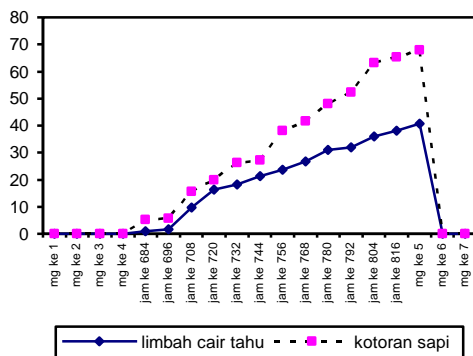
Grafik 1.
Rerata pH Bahan Baku kelompok perlakuan dan kontrol



Terlihat di atas bahwa secara umum rerata pH isian bahan baku pada kelompok perlakuan 6,8 dan pada kelompok kontrol 8,2. Pada kelompok perlakuan pH mengalami penurunan pada awal pencernaan dan kembali naik dan netral pada minggu kedua dan seterusnya. Sedangkan pada kelompok pembandingan, pada awal pencernaan pH mulai turun dan selanjutnya menjadi netral pada minggu kedua dan seterusnya.

Grafik 2 berikut menunjukkan pengukuran kenaikan muka air manometer kelompok perlakuan maupun kontrol.

Grafik 2.
Pengukuran kenaikan muka air pada manometer



Pada grafik di atas nampak bahwa kenaikan muka air pada kelompok pembanding lebih tinggi dari pada kelompok perlakuan. Pada kelompok perlakuan, rerata kenaikan muka air tertinggi mencapai 40,7 mm sedangkan pada kelompok pembanding, pengukuran tertinggi mencapai 68 mm.

Selanjutnya berdasarkan pengukuran kenaikan muka air tersebut dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan tiap bahan baku untuk menghasilkan gas bio. Rata-rata lama waktu terbentuknya gas bio pada kelompok perlakuan ternyata lebih lama dibandingkan dengan kelompok kontrol, yaitu 752 jam (sekitar 31 hari) dibandingkan dengan 724 jam (sekitar 30 hari).

Secara deskriptif terlihat bahwa ada perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan gas bio di antara dua bahan baku, tetapi setelah diuji secara statistik ternyata tidak ada beda yang signifikan (*p value* 0,069).

Selanjutnya, pengukuran kuantitas gas bio melalui pendekatan lamanya api korek yang menyala, diperoleh data bahwa rerata waktu pada kelompok perlakuan adalah 5,78 detik, sementara pada kelompok pembanding 8,33 detik.

Secara deskriptif terlihat ada perbedaan, dan setelah diuji secara statistik memang menunjukkan ada perbedaan waktu yang bermakna (*p value* 0,036). Atau dengan kata lain, memang kuantitas gas bio yang dihasilkan dari bahan baku kotoran sapi lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh limbah cair industri tahu.

PEMBAHASAN

Menurut Junus ⁽⁶⁾, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan gas bio dari suatu alat produksi adalah sekitar dua sampai dengan lima minggu. Dalam penelitian ini gas bio yang dihasilkan oleh kedua jenis bahan baku mulai terbentuk pada minggu keempat

Lama waktu terbentuknya gas bio dipengaruhi oleh faktor fisik lingkungan, yaitu apabila lokasi berada di daerah dingin, proses produksi gas bio bertambah lama, dan sebaliknya jika lokasi berada di daerah panas, proses akan berlangsung lebih cepat. Selain itu, proses juga dipengaruhi oleh faktor biologis, di mana semakin banyak terdapat bakteri pembentuk metan dalam isian bahan baku maka proses produksi gas bio akan lebih cepat terbentuk ⁽⁶⁾.

Pertumbuhan bakteri tersebut dipengaruhi oleh suhu ruangan dan pH isian bahan baku. Menurut Paimin ⁽⁷⁾, suhu yang baik untuk proses produksi gas bio berkisar antara 20 – 40 °C, dan suhu optimal antara 28 – 30 °C, serta bakteri akan optimal menghasilkan gas bio pada kisaran pH antara 6,8 – 8.

Dalam penelitian ini, suhu ruangan tempat diletakkannya alat produksi gas bio berkisar pada 30 °C, sehingga bakteri pembentuk metan dapat tumbuh subur. Untuk memperoleh kondisi yang baik, pada penelitian ini seluruh alat produksi gas bio diletakkan di tempat yang tidak terkena panas matahari langsung agar menghindari suhu yang terlalu tinggi, dan tidak terkena hujan untuk menghindari suhu yang terlalu rendah, serta ditempatkan pada satu lokasi.

pH isian bahan baku pada kelompok perlakuan sebelum dimasukkan ke dalam alat produksi gas bio menunjukkan kondisi asam yaitu 5,5. Untuk menaikkan pH menjadi netral maka dilakukan penambahan NaOH ± 14,5 gram. Setelah dilakukan penambahan NaOH, pH naik menjadi 7.

Selama proses produksi gas bio, pada awal pencernaan pH turun dan kembali naik pada minggu kedua. Sedangkan pada kelompok pembanding, pH isian bahan baku dibiarkan apa adanya

dan ternyata dengan sendirinya pH menjadi netral.

Untuk mempercepat proses produksi gas bio dapat ditambahkan *starter*, seperti kotoran ternak. Penambahan tersebut sebaiknya dilakukan di awal pengisian bahan baku ⁽⁶⁾. Dalam penelitian ini, baik pada kelompok perlakuan maupun kelompok perbandingan tidak ditambahkan *starter*.

Selanjutnya, kuantitas gas bio yang dihasilkan diukur dengan menyalakan api pada pipa keluaran gas. Pengukuran dimulai dari pertama api menyala sampai kemudian padam. Ternyata kuantitas gas bio yang dihasilkan oleh kotoran sapi masih lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh limbah cair tahu.

Kuantitas gas bio yang dihasilkan dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan. Bahan baku yang baik adalah bahan baku yang banyak mengandung selulosa. Selulosa tersebut akan diuraikan oleh bakteri sehingga menghasilkan gas metan yang merupakan unsur terbesar gas bio.

Selain jenis bahan baku, jumlah bakteri pengurai juga dapat mempengaruhi kuantitas gas bio yang dihasilkan. Dalam hal ini gas bio terbentuk dari proses dekomposisi secara anaerobik oleh bakteri anaerob.

Limbah cair tahu dalam penelitian ini digunakan karena membawa sebagian zat-zat yang terdapat pada bahan tahu sehingga limbah cair tahu tersebut juga mengandung selulosa dan bakteri pembentuk metan atau *Methanogen* ⁽⁸⁾. Selanjutnya, menurut Mahida ⁽⁹⁾, bakteri pembentuk metan tersebut menguraikan bahan-bahan organik menjadi gas metan.

Selulosa yang terkandung dalam limbah cair tahu tidak setinggi selulosa yang terkandung dalam kotoran sapi, sehingga kuantitas gas bio yang dihasilkan dari bahan baku tersebut pun tidak sebaik kuantitas gas bio yang dihasilkan oleh bahan baku kotoran sapi. Kotoran sapi memiliki kandungan selulosa yang tinggi, karena sapi merupakan ternak ruminansia, yaitu ternak yang mempunyai sistem pencernaan khusus yang meng-

gunakan mikroorganisme untuk mencerna selulosa dan lignin dalam sistem pencernaannya.

Pengenceran bahan baku kotoran sapi juga merupakan salah satu faktor yang memegang peranan penting dalam pembuatan gas bio. Menurut Paimin ⁽⁷⁾, isian bahan baku yang paling baik mengandung 7 – 9 % bahan kering. Dalam penelitian ini banyaknya limbah cair tahu, kotoran sapi dan air yang dibutuhkan masing-masing sebanyak 72; 25,2 dan 15,6 liter.

Metoda pengisian bahan baku dalam pembuatan gas bio dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pengisian langsung dan pengisian kontinyu ⁽⁷⁾. Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda langsung, sehingga apabila gas yang terbentuk dalam alat produksi gas bio sudah dikeluarkan maka gas tidak akan terbentuk lagi.

Apabila pengusaha tahu ingin memanfaatkan limbah yang dihasilkannya sebagai bahan baku gas bio, sebaiknya menggunakan metoda pengisian kontinyu, karena setiap hari industri akan menghasilkan limbah cair tahu sehingga gas bio yang dihasilkan juga bisa kontinyu.

Dengan menggunakan metode kontinyu, pada bak pencerna perlu dilengkapi dengan pipa *inlet* dan pipa *outlet*. Pipa *inlet* dihubungkan dengan saluran khusus pembuangan limbah cair tahu yang akan digunakan sebagai bahan baku. Selanjutnya, pipa *outlet* digunakan untuk saluran untuk meneluarkan ampas bahan baku yang sudah tidak menghasilkan gas. Dengan dipasangnya kedua pipa tersebut, maka bak pencerna tidak perlu lagi dibongkar pasang, karena bahan baku yang sudah tidak menghasilkan gas akan otomatis terdorong ke luar.

Sementara itu, bahan baku yang sukar dicerna akan membentuk lapisan kerak di permukaan cairan. Lapisan ini dapat menghambat proses pembentukan gas bio. Untuk itu perlu dilakukan pengadukan secara rutin untuk mengatasi terbentuknya kerak tersebut.

Dalam penelitian ini, alat produksi gas bio sudah dilengkapi dengan pengaduk, tetapi pengaduk tersebut tidak da-

pat mengaduk bahan baku secara keseluruhan atau tidak berfungsi secara optimal. Untuk mengatasi hambatan tersebut maka dilakukan pengguncangan jerigen setiap dua hari sekali selama satu menit. Penggantian cara pengadukan ini tidak akan mengganggu kualitas gas bio yang dihasilkan, karena kedua cara tersebut bertujuan sama yaitu agar bahan baku menjadi homogen.

Lokasi alat gas bio sebaiknya ditempatkan di dekat saluran khusus pembuangan limbah cair tahu. Hal ini dimaksudkan agar tidak diperlukan banyak tenaga untuk mengangkut limbah cair tahu ke pipa *inlet*. Di samping itu, sebaiknya penempatannya juga harus dekat dengan lampu, kompor atau peralatan lain yang memerlukan bahan bakar atau sumber energi dari gas bio agar tidak banyak pipa instalasi untuk menyalurkannya. Penentuan lokasi ini diharapkan dapat menghemat tenaga dan biaya.

Menurut Junus ⁽⁶⁾, penentuan volume alat produksi gas bio harus didasarkan pada jumlah limbah yang dihasilkan setiap harinya dan lama waktu pencernaan. Perhitungannya menggunakan rumus berikut:

$$Vd = Sd \times RT$$

yaitu: 1) Vd = volume bak pencerna dalam satuan m^3 ; 2) Sd = jumlah masukan bahan baku per hari dalam satuan m^3 ; 3) dan RT = lama waktu pencernaan dalam satuan hari.

Dari rumus tersebut maka volume alat produksi gas bio yang diperlukan di industri tahu lokasi penelitian adalah sebesar $15,5 m^3$ (dari asumsi: limbah cair yang dihasilkan sebanyak $0,5 m^3$ dan lama waktu pencernaan selama 31 hari).

Perhitungan volume bak pencerna tersebut perlu dilakukan dengan cermat agar tidak terjadi sisa limbah yang tidak terolah sehingga berpotensi mencemari lingkungan, sedangkan apabila terjadi kelebihan, gas dapat dimanfaatkan untuk keperluan lainnya.

Waktu penelitian yang terbatas, yaitu sekitar 45 hari merupakan kelemahan dari penelitian ini, di mana pengu-

kuran kuantitas gas bio yang dihasilkan tidak dapat diselesaikan sampai dengan kenaikan muka air pada skala manometer air menunjukkan stabil.

Selain itu, seharusnya suhu yang diukur adalah suhu di dalam alat produksi gas bio, tetapi karena keterbatasan, pada penelitian ini suhu yang diukur adalah ruangan tempat diletakkannya alat produksi gas bio. Tetapi hal tersebut tidak terlalu berpengaruh, karena suhu ruangan di dalam bak pencerna akan disesuaikan dengan suhu ruangan tempat diletakkannya alat.

KESIMPULAN

Lama waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan gas bio antara bahan baku limbah cair tahu dan bahan baku kotoran sapi tidak berbeda secara signifikan. Tetapi kuantitas gas bio yang dihasilkan oleh kotoran sapi lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan dari bahan baku limbah cair tahu.

SARAN

Kepada pengusaha tahu secara umum diharapkan dapat memanfaatkan limbah cair yang dihasilkannya sebagai bahan baku gas bio untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Khusus bagi industri tahu milik Bapak Sudaryanto, berdasarkan kuantitas limbah cair yang dihasilkan maka perhitungan volume bak pencerna limbah cair tahu yang sesuai dengan rumus yang ada adalah sebesar $15,5 m^3$. Bak pencerna tersebut sebaiknya dibuat dari pasangan batu-bata dengan menggunakan metode pengisian bahan baku secara kontinyu.

Kepada peneliti lain yang tertarik untuk melanjutkan penelitian agar mencoba: 1) mengendalikan seluruh variabel pengganggu dengan seoptimal mungkin terutama yang menyangkut desain alat produksi gas bio, 2) menambahkan *starter* (aktivator) untuk mengetahui apakah proses produksi gas bio tersebut akan menjadi lebih cepat terbentuk, 3) memperbesar volume bak pencerna serta menambah frekuensi pemeriksaan ke-

naikkan muka air pada skala manometer air sehingga hasil pemeriksaan yang didapatkan akan lebih terperinci.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kastyano, F. L. W., 2001. *Membuat Tahu*, Penebar Swadaya, Jakarta.
2. Basuki, A. P., 2007. *Air Limbah Bermanfaat bagi Dapur*, (Online), (<http://www.mail-archive.com/kendal-online>, diakses 5 Februari 2008).
3. Kurniawati, D., 2007. *Pengaruh Campuran Limbah Cair Tahu dengan Kotoran terhadap Tekanan Biogas di Bantengan Lor Galur Kulonprogo*, Karya Tulis Ilmiah tidak diterbitkan, Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Depkes, Yogyakarta.
4. Widarto, L. dan Sudarto, F. X., 2007. *Membuat Biogas*, Kanisius, Yogyakarta.
5. Notoatmojo, S., 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*, Rineka Cipta, Jakarta.
6. Junus, M., 1995. *Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
7. Paimin, F. B., 1995. *Alat Pembuat Biogas dari Drum*, Penebar Swadaya, Jakarta.
8. Subagyo, 2005. *Pengaruh Berbagai Campuran Limbah Tapioka (Onggok) dan Kotoran Sapi terhadap Tekanan dan Waktu Biogas yang Dihasilkan*. Karya Tulis Ilmiah tidak diterbitkan, Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Depkes, Yogyakarta.
9. Mahida, U. N., 1994. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, C.V. Rajawali, Jakarta.

