



**LAPORAN HIBAH PENELITIAN  
PROGRAM DUE-LIKE BATCH III  
TAHUN 2005**



**BIODIGESTOR SEDERHANA  
MENGUNAKAN BIAKAN STARTER MESOFIL DAN TERMOFIL  
UNTUK KONVERSI SAMPAH MENJADI BIOGAS**

**Drs. Sofijan Hadi, MKes.**

**Dr. Afaf Baktir, MS.**

**Purkan, SSi. MSi.**

009107141

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
DESEMBER, 2005**



LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN  
HIBAH PENELITIAN PROYEK DUE-LIKE BATCH III  
PERIODE ANGGARAN 2003/2004

Judul : BIODIGESTER SEDERHANA MENGGUNAKAN BIAKAN  
STARTER TERMOFIL DAN MESOFIL UNTUK KONVERSI  
SAMPAH MENJADI BIOGAS

Ketua Peneliti:

Nama : Drs. Sofijan Hadi, MKes.  
Pangkat/Golongan : Penata Muda / III-c  
Bidang Keahlian : Biokimia  
Jabatan : Lektor  
Unit Kerja : Jurusan Kimia FMIPA Unair  
Alamat Surat Jurusan Kimia : Fakultas MIPA Universitas Airlangga,  
Kampus C Unair, Jl Mulyorejo, Surabaya.  
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS AIRLANGGA  
Jangka Waktu : 6 (enam) bulan  
Biaya yang diajukan : Rp 30.000.000,- (tiga puluh juta rupiah}

Mengetahui Fakultas,

Surabaya, 6 Desember 2005

Dehan FMIPA,  
Universitas Airlangga  
Ketief Burhan, MSc  
NIP. 131286709

Ketua Peneliti,  
Drs. Sofijan Hadi, MKes.  
NIP. 132009466

Menyetujui,

Direktur Eksekutif LPIU  
Universitas Airlangga

Tjitjiek Sri Ejjahandarie, Ph.D.  
NIP. 131801627

## RINGKASAN

**BIODEGESTOR SEDERHANA MENGGUNAKAN STARTER MESOFIL DAN TERMOFIL UNTUK KONVERSI SAMPAH MENJADI BIOGAS.** Sofijan Hadi, Afaf Baktir, Purkan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Airlangga, telp. 031-5922427, email: [sofijanh@yahoo.com](mailto:sofijanh@yahoo.com), 2005,, 31 halaman.

---

Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau di buang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis"(<http://www.iptek.net.id>). Dalam kurun waktu beberapa tahun ini timbunan keseluruhan sampah di Indonesia mencapai 22,5 juta ton, sehingga membutuhkan lahan sebagai tempat pembuangan akhir (TPA) yang sangat luas. Tahun 1995, lahan yang digunakan untuk tempat pembuangan akhir (TPA) di Indonesia mencapai 675 ha di mana pada tahun 2020 akan meningkat menjadi 1.610 ha. Berikut ini adalah data-data sampah per hari yang dihasilkan oleh beberapa kota besar di Indonesia: Jakarta 6,2 ribu ton, Bandung 2,1 ribu ton, Surabaya 1,7 ribu ton, Makassar 0,8 ribu ton (Damanhuri,2002). Menurut perkiraan volume sampah perkotaan di Indonesia akan meningkat menjadi lima kali lipat pada tahun 2020 (Asisten Deputi Limbah Domestik,2000 dalam Affaf). Menurut data BPS pada tahun 2001 timbunan sampah yang diangkut hanya 18.03%, selebihnya: 10,46% tertimbun, 3,51% di buat menjadi kompos, 43,7% di bakar, 24,4% di buang ke sungai dan perkarangan kosong. Dari persentase tersebut jelas bahwa masih besar jumlah sampah yang belum di proses dan diangkut sehingga mempunyai andil besar sebagai sumber pencemaran tanah, air, dan udara. Selain itu juga merupakan sumber untuk berkembangnya wabah penyakit.

Surabaya merupakan salah satu kota yang memiliki permasalahan dalam penanganan masalah sampah, karena dibutuhkan biaya yang sangat mahal untuk penanganan sampah yang baik. Sebagai contoh 13 oktober 2004 lalu, tempat pembuangan akhir (TPA) Keputih telah ditutup oleh warga sebagai akibat penanganan TPA yang tidak baik sehingga meresahkan warga, begitu pun dengan TPA Benowo dengan luas wilayah 26 ha yang

dirancang dengan sistem *sanitary landfill*. TPA ini tidak dapat berjalan dengan baik karena sistem operasional pelaksanaan yang sulit dilakukan (<http://www.kompas.com>). Data-data sampah di wilayah Surabaya adalah sebagai berikut: sampah domestik 72%, sampah pasar 12,3%, sampah industri 9,35%, sampah perkotaan 0,33%, sampah sapuan jalan 0,86%, sampah fasilitas umum 0,86% dan sampah toko atau hotel 3,3% (Tchobanogus, 1993 dalam Tyas).

Sampah perkotaan mempunyai karakteristik sebagai sampah organik dengan bahan kandungan bahan organik lebih dari 80%. Sampah organik merupakan biomassa yang sangat berpotensi menjadi sumber energi yang dapat diperbaharui. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan konversi sampah menjadi salah satu sumber energi alternatif, yaitu biogas. Tujuan khusus meliputi: pembuatan starter biogas termofil dan mesofil, optimisasi suhu, serta pengkajian aplikasi starter terbaik pada biodigester sederhana untuk konversi sampah sayur menjadi biogas dalam reaktor sederhana yang dapat diaplikasikan oleh masyarakat. Reaktor sederhana dirancang dari tabung plastik (polietilen). Contoh untuk pembuatan starter mesofil diambil dari lumpur rawa (di obyek wisata Pacet-Jatim) dan feses hewan (di rumah hewan FKH Universitas Airlangga), sedang contoh untuk pembuatan starter termofil diambil dari lumpur sumber air panas (di obyek wisata Pacet -Jatim). Contoh sampah sayur diambil dari Pasar Keputran Surabaya. Optimisasi suhu untuk proses mesofil dilakukan pada suhu kamar/28, 35, dan 40 °C, sedang untuk proses termofil dilakukan pada suhu 40, 50 dan 60 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu optimum untuk starter dari lumpur rawa adalah suhu kamar (28 °C), untuk starter dari lumpur sumber air panas adalah 60 °C, dan untuk starter dari feses hewan adalah 40 °C. Pada kondisi optimum ini dihasilkan biogas total berturut-turut 153,5, 400,5, dan 440 mL. Pada percobaan aplikasi biodigester mesofil dengan starter lumpur rawa pada suhu kamar, 5 kg sampah Pasar Keputran (TS =7,51) dikonversi menjadi 9175 mL selama 14 hari proses fermentasi anaerob.

---

**(Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Airlangga ; Dibiayai oleh Proyek DUE-Like Batch III, Ditjen  
Dikti, Depdiknas, tahun anggaran 2005)**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadhiat Allah SWT atas segala rahmat dan karruniaNya, sehingga kami dapat menyelesaikan penelitian Program Due-Like Batch III dan penyusunan laporan yang berjudul "Biodigestor Sederhana menggunakan Biakan Starter Mesofil Dan Termofil untuk Konversi Sampah Menjadi Biogas"

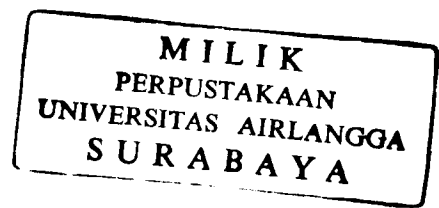
Pada kesempatan ini kami menghaturkan terima kasih kepada:

1. Dirjen Dikti yang telah membiayai penelitian ini melalui Proyek DUE-LIKE BATCH III
2. Dekan Fakultas MIPA dan Pimpinan Jurusan Kimia yang telah memberi kesempatan kepada kami untuk menggunakan fasilitas Proyek DUE-LIKE BATCH III
3. Kepala Laboratorium Kimia Organik/Biokimia yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.
4. Teman-teman sejawat di laboratorium Biokimia yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.
5. Mahasiswa-mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini meliputi Shanti Hermawan, Seno Aji dan Amelia Fitriawanati.

Semoga penelitian ini bermanfaat untuk pengembangan aplikasi produksi bahan bakar alternatif oleh masyarakat.

Surabaya, 5 Desember 2005





## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN .....                       | i    |
| RINGKASAN DAN SUMMARY .....                                 | ii   |
| KATA PENGANTAR .....  | iv   |
| DAFTAR ISI .....  | v    |
| DAFTAR GAMBAR .....   | vi   |
| DAFTAR TABEL .....  | vii  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                       | viii |
| <br>  |      |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....                                     | 1    |
| 1.1. Latar Belakang Penelitian .....                        | 1    |
| <br>  |      |
| BAB 2 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....                   | 3    |
| 2.1. Tujuan Penelitian .....                                | 3    |
| 2.2. Manfaat Penelitian .....                               | 3    |
| <br>  |      |
| BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA .....                                | 4    |
| 3.1. Sampah .....   | 4    |
| 3.2. Biogas .....   | 5    |
| 3.3. Biodigester Anaerob .....                              | 5    |
| 3.4. Biakan starter .....                                   | 5    |
| 3.5. Umpan .....  | 6    |
| <br>  |      |
| BAB 4 METODE PENELITIAN .....                               | 7    |
| 4.1. Bahan Penelitian dan Alat .....                        | 7    |
| 4.2. Cara kerja .....                                       | 7    |
| <br>  |      |
| BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....                 | 11   |
| 5.1. Reaktor Anaerob Sederhana .....                        | 11   |
| 5.2. Pembuatan Biakan Starter .....                         | 11   |
| 5.3. Optimasi Suhu Biodigester .....                        | 14   |
| 5.4. Konversi Sampah Pasar Menjadi Biogas Skala Maksi ..... | 18   |
| <br>  |      |
| BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....                            | 21   |
| 6.1. Kesimpulan .....                                       | 21   |
| 6.2. Saran .....  | 21   |
| <br>  |      |
| Daftar Pustaka .....  | 22   |
| LAMPIRAN .....  | 23   |

## DAFTAR GAMBAR

---

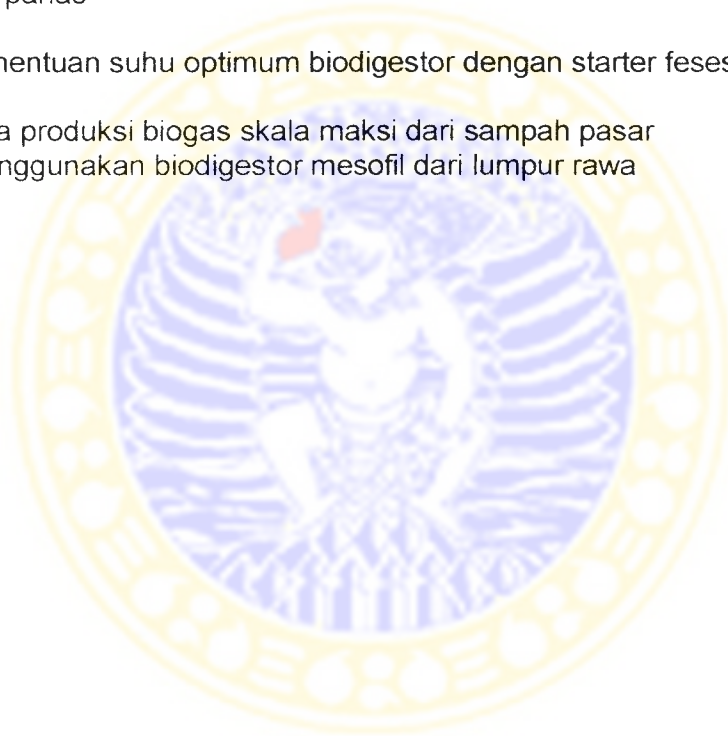
|          |   |    |
|----------|---|----|
| Gambar 1 | Total biogas yang dihasilkan pada percobaan optimisasi suhu biodigester yang menggunakan starter dari lumpur rawa.      | 14 |
| Gambar 2 | Total biogas yang dihasilkan pada percobaan optimisasi suhu biodigester yang menggunakan starter dari sumber air panas. | 15 |
| Gambar 3 | Total biogas yang dihasilkan pada percobaan optimisasi suhu biodigester yang menggunakan starter dari feses hewan       | 16 |
| Gambar 4 | Komparasi jumlah biogas yang dihasilkan oleh setiap jenis biodigester   | 17 |



## DAFTAR TABEL

---

|         |  |    |
|---------|--|----|
| Tabel 1 | Data pada proses pembuatan starter dari sampel lumpur rawa   | 12 |
| Tabel 2 | Data pada proses pembuatan starter dari sampel lumpur sumber air panas                             | 12 |
| Tabel 3 | Data pada proses pembuatan starter dari sampel feses sapi  | 12 |
| Tabel 4 | Nilai TS starter untuk produksi biogas skala maks  | 13 |
| Tabel 5 | Penentuan suhu optimum biodigester dengan starter lumpur rawa                                      | 14 |
| Tabel 6 | Penentuan suhu optimum biodigester dengan starter dari sumber air panas                            | 15 |
| Tabel 7 | Penentuan suhu optimum biodigester dengan starter feses sapi                                       | 16 |
| Tabel 8 | Data produksi biogas skala maks dari sampah pasar menggunakan biodigester mesofil dari lumpur rawa | 20 |





## BAB 1 PENDAHULUAN



### 1.1. Latar Belakang Penelitian

Tidak dapat dielakkan terjadinya pembentukan dan penumpukan limbah dari aktivitas manusia di lingkungan rumah tangga, pertanian maupun industri. Semakin tinggi tingkat aktivitas tersebut akan semakin tinggi pula limbah yang dihasilkan, yang akan mempengaruhi kualitas lingkungan hidup masyarakat.

Terdapat berbagai cara mengendalikan kualitas lingkungan hidup, dalam hal limbah sampah selama ini cara pengendalian yang diberlakukan adalah pengomposan, pembakaran/insenerasi, dan penimbunan (Sardjoko, 1991). Pengomposan memerlukan aerasi  $O_2$  yang cukup dan tempat yang luas untuk konversi sampah menjadi humus (bunga tanah). Pembakaran atau insenerasi menghasilkan polusi udara yang justru merusak kualitas lingkungan hidup. Penimbunan sampah akan memberikan dampak emisi gas metana yang beracun bagi manusia dan dapat menimbulkan tekanan gas yang tinggi dari dalam timbunan sampah dan tanah sebagaimana peristiwa tanah longsor yang terjadi pada tanggal 22 Pebruari di Bandung, yang telah menelan korban meninggal paling sedikit 200 orang (Harian Kompas, 23 Pebruari 2005).

Sampah dapat pula ditangani dengan cara biokonversi menjadi biogas (Sardjoko, 1991; Crueger and Crueger, 1995), sebagaimana telah diterapkan oleh beberapa negara, meliputi India, Srilanka, Jepang, Korea dan lain-lain. Keuntungan teknologi ini dalam menangani sampah adalah: 1) menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari; 2) bahan sisa yang telah digunakan untuk menghasilkan biogas mempunyai kandungan unsur hara yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik yang sangat baik; 3) menghilangkan kandungan bakteri patogen sampah; 4) memberikan solusi bagi kerusakan lingkungan hidup dengan cara mengubah sampah atau kotoran hewan menjadi bahan-bahan yang sangat bermanfaat.

Cara penanggulangan sampah melalui biokonversi menjadi biogas merupakan alternatif yang ramah lingkungan dan memberikan keuntungan-keuntungan sebagaimana telah diuraikan. Akan tetapi cara ini belum tersosialisasikan di masyarakat, karena pendekatan yang ditempuh dalam produksi biogas selama ini masih berorientasi pada industri, dengan menggunakan sarana peralatan khusus serta biodigester permanen yang besar. Pendekatan demikian memerlukan biaya operasi yang tinggi sehingga harga biogas tidak kompetitif terhadap gas alam dan minyak bumi. Dalam penelitian ini akan dicoba merancang biodigester anaerob sederhana yang dapat dioperasikan sendiri oleh masyarakat, untuk memproduksi biogas dari sampah, baik secara kolektif atau di rumah tangga masing-masing.

Jumlah sampah per kapita dapat mencapai 600-830 gram per hari (Bappenas, 1995), maka untuk setiap keluarga yang terdiri atas 5 anggota keluarga secara umum dapat menghasilkan sampah rumah tangga 3-4,5 kg. Apabila biogas yang dihasilkan per kg berat kering adalah 200 liter (Crueger and Crueger, 1995), maka secara teoritis sampah rumah tangga dengan 5 anggota keluarga per hari dapat menghasilkan 60-90 liter biogas (bila berat kering sampah 10%) atau 120-180 liter biogas (bila berat kering sampah 20%).

## **BAB 2**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **2.1. Tujuan Penelitian**

##### **2.1.1. Tujuan umum**

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan produksi biogas dari sampah sayur.

##### **2.1.2. Tujuan khusus**

Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. merancang Reaktor Anaerob Sederhana
2. membuat starter biogas termofil dan mesofil
3. melakukan optimisasi suhu biodigester
4. mengaplikasikan starter terbaik pada biodigester maks untuk konversi sampah sayur menjadi biogas

#### **2.2. Manfaat Penelitian**

1. Menciptakan bahan bakar alternatif yang murah bagi masyarakat
2. Memberikan solusi bagi problema penumpukan sampah kota.

## BAB 3

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1. Sampah

Limbah dapat dibedakan menjadi limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dapat berasal dari rumah tangga dan perkotaan, yang berupa sampah atau kotoran. Sampah adalah suatu bahan yang terbuang atau dibuang, berasal dari hasil aktivitas manusia maupun proses alam, yang belum memiliki nilai ekonomis. Berdasarkan asalnya, sampah padat dapat digolongkan menjadi dua, yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, pertanian, perikanan atau yang lain. Sampah jenis ini dapat diuraikan dalam proses alami dengan mudah. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik, yang cocok untuk perlakuan biologis (Sardjoko, 1991)

Sampah anorganik berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau dari proses industri. Beberapa dari bahan ini tidak terdapat di alam seperti plastik dan aluminium. Sebagian zat anorganik secara keseluruhan tidak dapat diuraikan oleh alam, sedang sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang sangat lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga, misalnya berupa botol, botol plastik, tas plastik, kaleng semen, ubin, besi, baja, kaleng, dan kaca. Adapun kertas, koran, dan karton merupakan sampah organik, tetapi bahan-bahan ini dapat didaur ulang seperti sampah anorganik.

Pengolahan sampah yang banyak dilakukan oleh masyarakat adalah secara aerobik, meliputi pembakaran, penimbunan, dan pembuatan kompos. Menurut Direktorat Teknologi Lingkungan BPPT, pengolahan sampah menjadi kompos didefinisikan sebagai suatu proses biologis oleh mikroorganisme yang mengubah sampah padat menjadi bahan yang stabil menyerupai humus yang kegunaannya adalah sebagai penggembur tanah, karena pupuk kompos dapat memperbaiki sifat tanah dan kemampuannya dalam menyediakan unsur mikronutrien untuk tanaman yang tidak dimiliki oleh pupuk mineral.

### 3.2. Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses pembusukkan bahan-bahan organik oleh mikroorganisme. Biogas merupakan gas yang tidak berbau, tidak beracun dan tidak menimbulkan asap hitam serta mudah terbakar dengan nyala api biru, sehingga sangat ideal digunakan sebagai sumber energi baru pengganti bahan bakar yang selama ini telah dipakai. Biogas merupakan campuran dari metan (60-70%), karbondioksida (30-40%) dan gas lain (nitrogen, hidrogen, oksigen dan hidrogen sulfida) dalam jumlah sangat sedikit (CIWEM, 1996).

Biogas memiliki beberapa istilah yang berbeda, di India biogas dikenal sebagai “**Gobar Gas**” dan di negara - negara Eropa dikenal sebagai “**Bihugas**” yang merupakan singkatan dari *Biological Humus and Gas*.

### 3.3. Biodigester Anaerob

Biodigester anaerob adalah suatu tabung (*tank*) tertutup yang dapat dikendalikan suhunya dan dapat diaduk. Rancang biodigester skala industri yang banyak disukai adalah yang terbuat dari bahan gelas berlapis baja, dengan lapisan penyekat pada bagian terluar (Frost *et al.*, 1990). Di Jerman dan USA banyak dipakai biodigester berbentuk bulat telur, dengan alasan kemudahan proses pencampuran (CIWEM, 1996).

Akhir-akhir ini banyak dilaporkan pemakaian biodigester anaerob yang terbuat dari bahan polietilen berbentuk tabung sepanjang puluhan meter. Aplikasi biodigester ini untuk produksi biogas dan pupuk pada pertanian skala kecil di Vietnam dilaporkan oleh An *et al.* (1997). Tabung polietilen tersebut tertanam sebagian di permukaan tanah, dan beroperasi selama 2 tahun dalam kondisi masih baik..

### 3.4. Biakan Starter

Perlakuan limbah secara konvensional melibatkan pemakaian mikroorganisme yang dikembangkan secara alami dalam sistem perlakuan tersebut, tanpa ada upaya untuk optimisasi kualitas dan kuantitas organisme yang berperan. Suatu pendekatan yang dapat meningkatkan efisiensi proses perlakuan adalah dengan menginokulasi sistem menggunakan inokulum dari



mikroorganismenya terseleksi untuk proses perlakuan limbah tertentu. Mikroorganismenya ini dinamakan biakan starter.

Sebagai persiapan untuk penelitian ini telah dilakukan sampling air dan tanah rawa, sebagai sumber mikroorganismenya yang akan dikembangbiakkan dalam sampah uji, untuk memperoleh biakan starter yang dapat mengendalikan kualitas dan kuantitas mikroorganismenya yang akan mendegradasi sampah. Biakan starter yang berupa campuran mikroba dikembangkan melalui seleksi mikroba dengan cara menumbuhkan pada medium pengkayaan tertentu sedemikian rupa sehingga mikroba terinduksi secara sempurna untuk dapat mendegradasi sampah.

Pemakaian biakan starter diperlukan untuk perlakuan limbah domestik dan limbah industri, terutama untuk limbah industri tertentu yang mengandung bahan-bahan kimia yang toksik terhadap mikroorganismenya yang belum beradaptasi dengan limbah tersebut. Pemakaian biakan starter ini diharapkan dapat memberikan pengaruh-pengaruh berikut. 1) Mikroorganismenya akan beradaptasi dengan bahan-bahan toksik sampah, sehingga pertumbuhan mikroorganismenya tidak terganggu dan aktivitas biodegradasi tidak menurun. 2) Memendekkan waktu pembangkitan (*start up*) yang umumnya diperlukan untuk memulai reaktor perlakuan limbah.

### 3.5. Umpa

Umpa adalah sampah yang akan dimasukkan ke dalam biodigester. Umpa yang memiliki kadar air di bawah 2,5 % memberikan waktu retensi yang pendek yang menyebabkan musnahnya populasi bakteri metanogen. Kadar air umpa tidak boleh kurang dari 8%. Kadar air yang optimum adalah yang dapat menghasilkan wujud umpa yang mudah dilakukan proses pencampuran (CIWEM, 1996).

Bakteri anaerob dihambat oleh sejumlah senyawa-senyawa inhibitor yang dapat menurunkan efisiensi biodigester. Senyawa inhibitor yang tidak boleh terdapat dalam umpa meliputi logam berat, petisida dan deterjen (Noone, 1990).

## **BAB 4**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1. Bahan Penelitian dan Alat**

##### **4.1.1. Bahan penelitian**

Bahan untuk pembuatan biakan starter, meliputi: (1) suspensi tanah/lumpur yang diambil dari rawa (starter mesofil), (2) suspensi tanah/lumpur yang diambil dari sumber air panas Pacet (starter termofil), dan (3) feses sapi segar dari rumah hewan Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Airlangga (starter mesofil).

Bahan penelitian untuk pembuatan Reaktor Anaerob Sederhana adalah tabung plastik (polietilen) rol tahan panas dan berbagai peralatan lain untuk membuat saluran pengeluaran gas.

##### **4.1.2. Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas yang biasa digunakan di laboratorium Biokimia, kromatografi gas, pH meter, aerator, pompa vakum, botol pencuci gas, inkubator 35, 40, 45, 50, dan 60 °C, pemanas elektrik untuk melekatkan plastik, dan klem penjepit pipa karet.

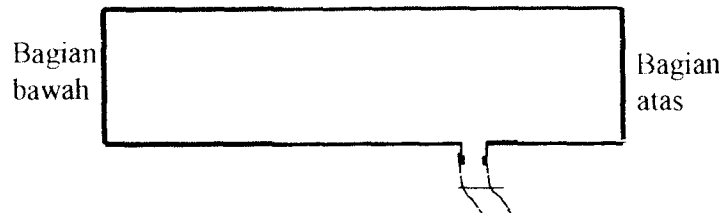
#### **4.2. Cara Kerja**

##### **4.2.1. Pembuatan perangkat biodigester**

Perangkat biodigester mini dibuat dari bahan kantong plastik rol berukuran kecil ( $8 \times 8 \times 25 \text{ cm}^3$ ), sedang biodigester maksi dibuat dari bahan yang sama berukuran besar ( $60 \times 60 \times 100 \text{ cm}^3$ ). Bagian atas dan bawah plastik ditutup dengan menggunakan alat pemanas elektrik. Dibuat sebuah lubang berdiameter 0,5 cm pada posisi 1/3 dari tepi atas masing-masing kantong plastik, kemudian dipasang baut berlubang yang diberi alas pelat dari bahan karet. Baut ini dihubungkan dengan pipa penghubung plastik yang dilengkapi dengan klem penjapit.

Uji kebocoran tabung plastik dilakukan dengan memasukkan udara ke dalam tabung plastik, kemudian tabung plastik ditekan di dalam bak berisi air. Terbentuknya gelembung-gelembung udara dalam bak air menandakan adanya kebocoran.

Perangkat biodigester mini digunakan untuk pembuatan biakan starter dan optimasi suhu. Perangkat biodigester maksi digunakan untuk konversi sampah menjadi biogas, perlengkapannya sama dengan yang berukuran kecil, sebagaimana pada diagram berikut :



#### 4.2.2. Pembuatan biakan starter

Biakan starter dibuat dengan cara menginkubasi sumber mikroba yang telah dicampur dengan sampah buatan pada suhu tertentu dan kondisi anaerob.

Sampah buatan disiapkan dari bahan sayuran (sawi) yang dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih  $3 \text{ cm}^2$ , kemudian ditimbang 50 g, ditambahkan sampel (sumber mikroba) 5 gram, kemudian dicampur sampai terbentuk suspensi sampah homogen. Seluruh suspensi ini dimasukkan ke dalam biodigester mini, kemudian diinkubasi pada suhu tertentu selama 21 hari dengan menambahkan 50 gram sayur sawi setiap 7 hari. Volume biogas yang terbentuk diukur menurut prosedur di butir 4.2.7.

Percobaan yang telah diuraikan dilakukan menggunakan sampel mikroba yang berasal dari feses sapi dan suspensi tanah / lumpur dari sumber panas dan rawa. Setiap percobaan dilakukan secara duplo.

#### 4.2.3. Optimisasi suhu biodigester

Suhu optimum biodigester ditentukan dengan cara mengukur volume biogas yang dihasilkan dalam biodigester mini, pada variasi suhu sebagai yang tercantum di bagan berikut. Pengukuran volume biogas yang dihasilkan diukur menurut prosedur 4.2.7.

|   |   |  |
|---|---|--|
| Biodigester mesofil starter lumpur rawa           | : | Suhu kamar ( $28^{\circ}\text{C}$ ); $35^{\circ}\text{C}$ ; $40^{\circ}\text{C}$ |
| Biodigester termofil starter lumpur sumber panas: | : | $40^{\circ}\text{C}$ ; $50^{\circ}\text{C}$ ; $60^{\circ}\text{C}$               |
| Biodigester mesofil starter feses hewan           | : | Suhu kamar ( $28^{\circ}\text{C}$ ); $35^{\circ}\text{C}$ ; $40^{\circ}\text{C}$ |

#### 4.2.4. Konversi sampah menjadi biogas skala besar

Sampah sayuran dari Pasar Keputran Surabaya diseleksi, bahan-bahan logam dan plastik dibuang, kemudian sampah dipotong-potong dengan ukuran kurang lebih  $3 \text{ cm}^3$  dan diaduk sampai diperoleh Sampah Homogen.

Analisis sampah meliputi pengukuran TS dan pH, dilakukan menurut prosedur di butir 4.2.5 dan 4.2.6. Contoh sampah untuk analisis diambil secara acak dari kantong berukuran  $60 \times 60 \times 100 \text{ cm}^3$  yang berisi Sampah Homogen, dengan cara menentukan 10 titik pengambilan, yaitu masing-masing dua titik pada permukaan teratas, kedalaman 20 cm, 40 cm, 60 cm dan lapis terbawah.

Untuk produksi biogas skala maksi disiapkan 9 buah biodigester maksi, dan masing-masing diberi nomor 1 sampai dengan 9. Biodigester bernomor 1, 2 dan 3 untuk inkubasi pada suhu optimum mesofil, nomor 1 dan 2 adalah percobaan ulangan 1 dan 2, sedang nomor 3 percobaan blangko. Biodigester bernomor 4, 5 dan 6 untuk inkubasi pada suhu optimum termofil, nomor 4 dan 5 adalah percobaan ulangan 1 dan 2, sedang nomor 6 percobaan blangko. Biodigester bernomor 7, 8 dan 9 untuk inkubasi pada suhu optimum mikroorganime feses sapi, nomor 7 dan 8 adalah percobaan ulangan 1 dan 2, sedang nomor 9 percobaan blangko. Sampah seberat 5 kg dimasukkan ke dalam setiap biodigester (sampai  $\frac{1}{2} \times \text{volume}$ ), dan diaduk sampai terbentuk suspensi homogen, kemudian ditambahkan biakan starter sebanyak 10 %, dan dicampur sampai homogen, kemudian biodigester ditutup rapat dan diinkubasi pada suhu optimum masing-masing. Volume biogas yang terbentuk diukur menurut prosedur di butir 4.2.7.

#### 4.2.5. Penentuan TS (*total solid*)

Kandungan padatan (TS) sampah yang belum dan telah mengalami fermentasi anaerob ditentukan dengan cara menentukan berat kering sekitar 1 gram contoh dalam cawan porselin bertutup.

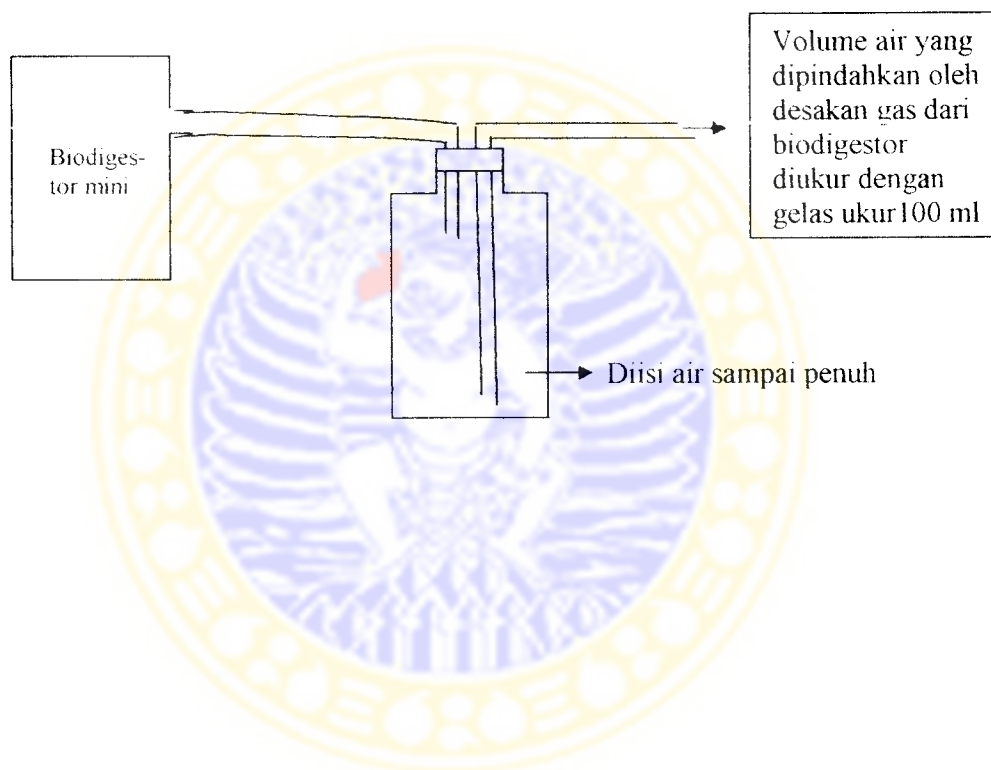
#### 4.2.6. Pengukuran pH

Besaran pH sampah sebelum dan setelah fermentasi anaerob ditentukan dengan cara sebagai berikut. Ditimbang 4 gram contoh dalam

gelas Beaker, ditambahkan akuades sampai volume akhir 40 ml, kemudian dilakukan aerasi terhadap campuran ini selama 2 jam, selanjutnya dilakukan pengukuran pH terhadap cairannya menggunakan pH meter.

#### 4.2.7. Pengukuran volume biogas

Volume biogas yang dihasilkan oleh setiap biodigester diukur berdasarkan volume air yang dipindahkan oleh aliran biogas. Biogas yang terbentuk dalam biodigester disalurkan melalui pipa dan dibiarkan mendesak air dalam gelas ukur 1 L yang diposisikan terbalik dalam bak air, sebagaimana pada diagram berikut :





## BAB 5

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Reaktor Anaerob Sederhana

Berdasarkan aplikasi Reaktor Anaerob Sederhana pada penelitian ini, baik pada percobaan optimisasi suhu biodigester maupun produksi biogas skala maks, maka diketahui bahwa reaktor tersebut yang terbuat dari bahan plastik polietilen menunjukkan sifat-sifat berikut:

- 1) cukup kuat sebagai bahan reaktor, baik untuk proses mesofil maupun termofil,
- 2) kondisi anaerob pada biodigester mudah dicapai dan dikerjakan sendiri oleh masyarakat,
- 3) proses pencampuran mudah dikerjakan, yaitu dengan cara menggoyang dan membalik-balik reaktor
- 4) terbentuknya biogas dapat diamati dengan mudah dari pengembangan biodigester

Kemudahan proses pencampuran merupakan hal penting dalam merancang biodigester. Produksi biogas di German dan USA banyak yang menggunakan biodigester berbentuk bulat telur dengan alasan kemudahan proses pencampuran (CIWEM, 1996).

Akhir-akhir ini banyak dilaporkan pemakaian biodigester anaerob yang terbuat dari bahan polietilen berbentuk tabung sepanjang puluhan meter. Aplikasi biodigester ini untuk produksi biogas dan pupuk pada pertanian skala kecil di Vietnam dilaporkan oleh An et al. (1997). Tabung polietilen tersebut tertanam sebagian di permukaan tanah, dan beroperasi selama 2 tahun dalam kondisi masih baik..

#### 5.2. Pembuatan Biakan Starter

Perkembangan proses pembangkitan sampel lumpur rawa, lumpur sumber air panas dan feses sapi menjadi biakan starter dapat dilihat berturut-turut di tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Data pada proses pembuatan starter dari sampel lumpur rawa

| Inokulasi<br>ke | Volume biogas yang dihasilkan (mL) |      |       |      |       |      |
|-----------------|------------------------------------|------|-------|------|-------|------|
|                 | Suhu kamar (28°C)                  |      | 35 °C |      | 40 °C |      |
| 1               | 33                                 | 43,5 | 60,0  | 23,0 | 28,5  | 18,0 |
| 2               | 34,5                               | 43,0 | 16,0  | 20,0 | 14,5  | 16,0 |
| 3               | 5,0                                | 5,0  | 16,0  | 8,0  | 1,6   | 1,4  |
| 4               | 7,0                                | 8,0  | 17,0  | 15,5 | 4,5   | 6,0  |
| 5               | 9,0                                | 16,0 | 20,0  | 14,5 | 6,0   | 10,0 |

Tabel 2. Data pada proses pembuatan starter dari sampel lumpur sumber air panas

| Inokulasi<br>ke | Volume biogas yang dihasilkan (mL) |      |       |      |       |       |
|-----------------|------------------------------------|------|-------|------|-------|-------|
|                 | 40 °C                              |      | 50 °C |      | 60 °C |       |
| 1               | 14,5                               | 13,0 | 22,5  | 20,4 | 85,5  | 46,5  |
| 2               | 18,5                               | 20,5 | 49,0  | 14,5 | 42,0  | 1,5   |
| 3               | tu                                 | tu   | 44,5  | 19,0 | 26,5  | tu    |
| 4               | 7,0                                | 8,0  | 38,5  | 26,0 | 115,0 | 134,5 |
| 5               | 13,0                               | 1,8  | 9,0   | 18,0 | 41,0  | 68,0  |
| 6               | tu                                 | tu   | tu    | tu   | 154   | 7,5   |

Keterangan: tu = tidak diukur

Tabel 3. Data pada proses pembuatan starter dari sampel feses sapi

| Inokulasi<br>ke | Volume biogas yang dihasilkan (mL) |      |       |      |       |       |
|-----------------|------------------------------------|------|-------|------|-------|-------|
|                 | Suhu Kamar                         |      | 35 °C |      | 40 °C |       |
| 1               | 7,8                                | 7,5  | 41,0  | 8,0  | 36,5  | 59,5  |
| 2               | 10,0                               | 10,0 | 26,5  | 39,5 | 29,5  | 35,5  |
| 3               | 19,5                               | 36   | 20,0  | 30,0 | 56,5  | 144,0 |
| 4               | 20,0                               | 13,0 | 41,0  | 66,5 | 19,0  | 86,0  |
| 5               | 20,0                               | 19,0 | 34,0  | 36,5 | 49,5  | 25,5  |

Sampel lumpur maupun feses mengandung konsorsium mikroorganisme pendegradasi bahan-bahan organik kompleks menjadi bahan-bahan yang lebih sederhana, di antaranya gas metan. Proses

pembangkitan bertujuan untuk memperoleh konsorsium mikroorganisme penghasil gas metan dalam jumlah cukup dan dalam kondisi yang siap melakukan fermentasi anaerob menghasilkan gas metan. Kondisi ini dapat dilihat dari pembentukan gas metan yang stabil selama periode pertumbuhannya. Pada tabel 1, tampak bahwa proses pembangkitan starter dari lumpur rawa cukup dilakukan dengan 1 atau 2 kali inokulasi, karena pada inokulasi ketiga pembentukan gas sudah mulai menurun tajam. Sedang pada tabel 2, tampak bahwa inokulasi starter dari sumber air panas stabil menghasilkan biogas sampai inokulasi kedua untuk inkubasi suhu 40° C, sedang untuk suhu 50 dan 60 °C sampai inokulasi ketiga.

Biakan starter yang didapat dari lumpur rawa, lumpur sumber air panas maupun feses sapi berupa suspensi cair berwarna kehitaman dengan aroma khas. Nilai TS (*total solid*) masing-masing starter untuk produksi biogas skala maksi terdapat pada tabel 4, data penentuan TS di lampiran 3.

Tabel 4. Nilai TS starter untuk produksi biogas skala maksi

| No | Jenis Starter               | Nilai TS    |              |
|----|-----------------------------|-------------|--------------|
|    |                             | Awal proses | Akhir proses |
| 1  | Starter lumpur rawa         | 7,33        | 4,61         |
| 2  | Starter lumpur sumber panas | 6,41        | 5,61         |
| 3  | Starter feses sapi          | 32,21       | 6,08         |

Sampah sayuran yang digunakan sebagai umpan, di samping mengandung bahan-bahan organik dan anorganik juga mengandung air dalam jumlah cukup banyak. Kandungan bahan organik dan anorganik dalam bahan tersebut dinyatakan dengan sebutan TS (*total solid contain*), yang merupakan salah satu parameter penentu jumlah biogas yang dihasilkan.

Biodigester dengan TS <2% tidak dianjurkan karena bakteri metan cepat menghilang dari sistem serta biogas yang dihasilkan amat sedikit. Berdasarkan hal ini maka nilai TS akhir dari starter yang diperoleh (tabel 4) memastikan keberadaan bakteri metan dalam starter.

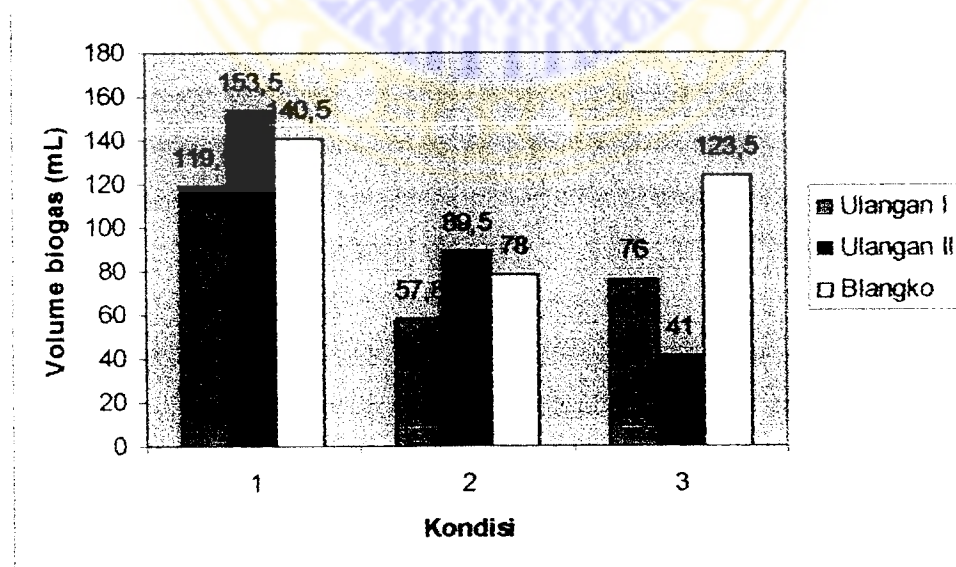
### 5.3. Optimisasi Suhu Biodigester

Hasil penentuan suhu optimum biodigester yang menggunakan starter lumpur rawa, lumpur sumber air panas, dan feses hewan berturut-turut terdapat di tabel 5, 6 dan 7, jumlah total biogas yang dihasilkan terdapat pada gambar 1, 2 dan 3.

Tabel 5. Penentuan suhu optimum biodigester dengan starter lumpur rawa

| Waktu pengukuran (hari ke) | Volume biogas yang terukur (mL) |       |         |                   |      |         |                   |      |         |
|----------------------------|---------------------------------|-------|---------|-------------------|------|---------|-------------------|------|---------|
|                            | Kondisi 1 (30 °C)               |       |         | Kondisi 2 (35 °C) |      |         | Kondisi 3 (40 °C) |      |         |
|                            | I                               | II    | Blangko | I                 | II   | Blangko | I                 | II   | Blangko |
| 1                          | 3,5                             | tu    | tu      | tu                | tu   | tu      | 10,9              | 3,8  | 38,0    |
| 3                          | tu                              | tu    | tu      | 40,0              | 15,0 | tu      | tu                | tu   | tu      |
| 4                          | tu                              | 6,0   | tu      | tu                | tu   | tu      | 2,4               | 4,1  | 16,5    |
| 6                          | 54,5                            | 87,5  | 61,0    | 1,1               | 4,0  | 23,5    | 8,0               | 3,0  | 27,0    |
| 10                         | 19,5                            | 37,0  | 23,0    | 13,5              | 9,0  | 46,5    | 58,5              | 4,0  | 17,0    |
| 14                         | 19,5                            | 6,5   | 31,5    | 12,4              | 14,0 | tu      | 6,0               | 11,5 | 16,0    |
| 18                         | 14,5                            | 9,5   | 19,0    | 18,8              | 16,0 | 2,0     | 2,0               | 13,0 | tu      |
| 22                         | 8,0                             | 7,0   | 6,0     | 12,0              | 31,5 | 6,0     | 1,5               | 9,5  | 9,0     |
| Total                      | 119,5                           | 153,5 | 140,5   | 57,8              | 89,5 | 78,0    | 76,0              | 41,0 | 123,5   |

Keterangan: tu=tidak diukur



Gambar 1. Total biogas yang dihasilkan pada percobaan optimisasi suhu biodigester yang menggunakan starter dari lumpur rawa  
Kondisi 1: 28 °C, kondisi 2: 35 °C, kondisi 3: 40 °C.



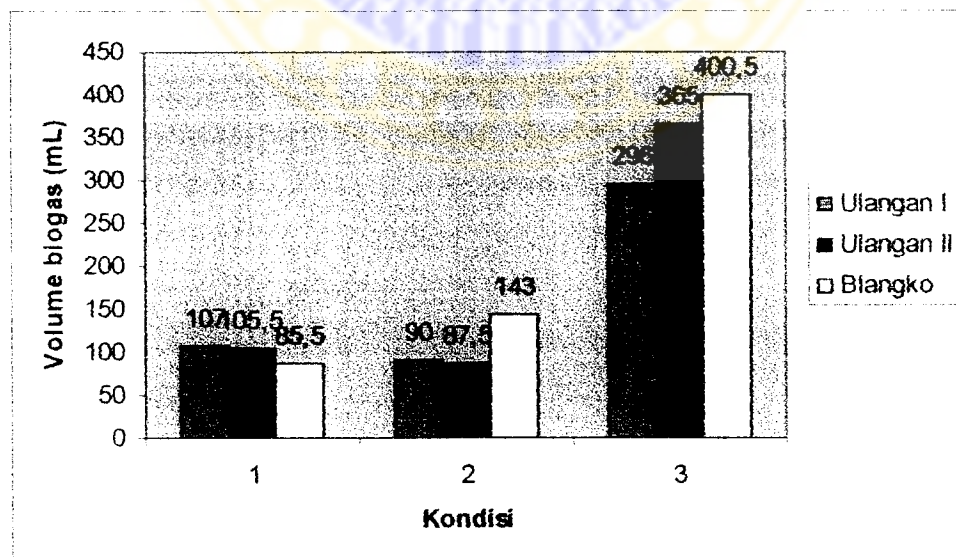
Berdasarkan total biogas yang dihasilkan biodigester dengan starter lumpur rawa pada 3 macam suhu, sebagai yang ditampilkan dalam bentuk diagram di gambar 1, disimpulkan bahwa suhu kamar /28 °C/ kondisi 1 merupakan suhu optimum bagi mikroorganisme dari lumpur rawa, karena total biogas yang diperoleh terbesar.

Hasil penentuan suhu optimum biodigester dengan starter dari sumber air panas terdapat di tabel 6, grafik total biogas yang dihasilkan di gambar 2.

Tabel 6. Penentuan suhu optimum biodigester dengan starter dari sumber air panas

| Waktu pengukuran (hari ke) | Volume biogas yang terukur (mL) |       |         |       |      |         |       |       |         |
|----------------------------|---------------------------------|-------|---------|-------|------|---------|-------|-------|---------|
|                            | 40 °C                           |       |         | 50 °C |      |         | 60 °C |       |         |
|                            | i                               | ii    | Blangko | I     | II   | Blangko | I     | II    | Blangko |
| 6                          | 30,0                            | 29    | 16,5    | 7,0   | 2,0  | 60,5    | 85,0  | 22,5  | 38,0    |
| 10                         | 14,5                            | 26,5  | 27,0    | 27,0  | 15,0 | 14,5    | 50,5  | 17,0  | tu      |
| 14                         | 27,5                            | 20,0  | 17,0    | 28,5  | 14,5 | 36,5    | 63,5  | 110,5 | 16,5    |
| 18                         | 17,0                            | 17,5  | 16,0    | 9,0   | 9,5  | 14,5    | 35,5  | 82,0  | 26,8    |
| 22                         | 10,0                            | 5,0   | tu      | 7,5   | 40,5 | 9,0     | 51,5  | 46,0  | 28,0    |
| 26                         | 8,0                             | 7,5   | 8,75    | 11,0  | 6,0  | 8,5     | 10,0  | 87,0  | 72,5    |
| Total                      | 107                             | 105,5 | 85,5    | 90,0  | 87,5 | 143,0   | 296   | 365,0 | 400,5   |

Keterangan: tu=tidak diukur



Gambar 2. Total biogas yang dihasilkan pada percobaan optimisasi suhu biodigester yang menggunakan starter dari sumber air panas  
Kondisi 1. 40 °C, kondisi 2: 50 °C, kondisi 3: 60 °C.



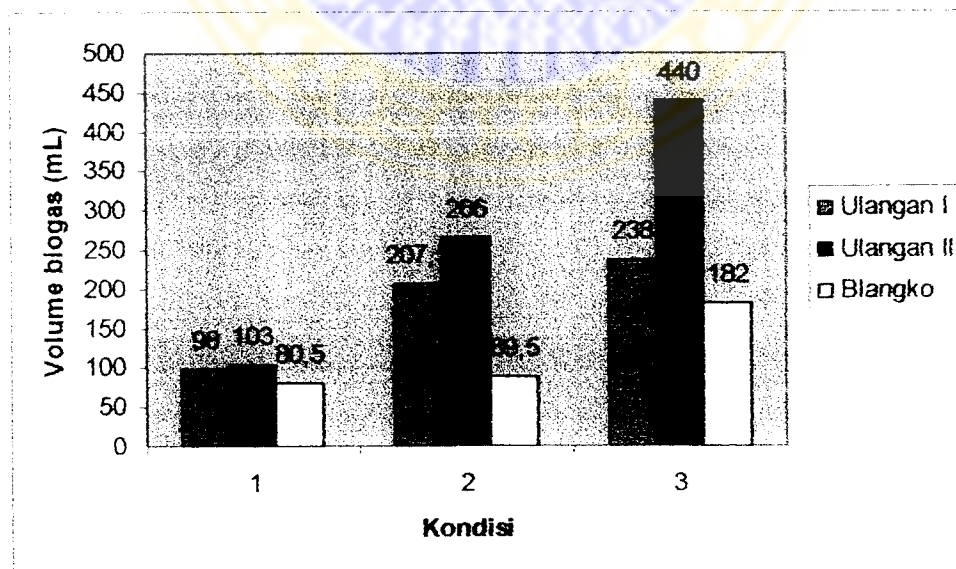
Berdasarkan total biogas yang dihasilkan biodigester dengan starter dari sumber air panas pada 3 macam suhu, sebagai yang ditampilkan dalam bentuk diagram di gambar 2, disimpulkan bahwa suhu 60 °C merupakan suhu optimum karena total biogas yang diperoleh terbesar.

Hasil penentuan suhu optimum biodigester dengan starter dari feses sapi terdapat di tabel 7, grafik total biogas yang dihasilkan di gambar 3.

Tabel 7. Penentuan suhu optimum biodigester dengan starter feses sapi

| Waktu pengukuran (hari ke) | Volume biogas yang terukur (mL) |       |         |       |       |         |       |       |         |
|----------------------------|---------------------------------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|
|                            | Suhu kamar (30 °C)              |       |         | 35 °C |       |         | 40 °C |       |         |
|                            | I                               | II    | Blangko | I     | II    | Blangko | I     | II    | Blangko |
| 1                          | tu                              | tu    | 25,5    | tu    | tu    | 76,0    | tu    | tu    | 29,8    |
| 7                          | 7,8                             | 7,5   | 11,0    | 41,0  | 8,0   | 21,0    | 36,5  | 59,5  | 19,5    |
| 12                         | 10,0                            | 10,0  | 21,0    | 26,5  | 39,5  | 31,5    | 29,5  | 35,5  | 20,0    |
| 21                         | 19,5                            | 36    | 12,5    | 20,0  | 30,0  | 10,0    | 56,5  | 144,0 | 26,5    |
| 28                         | 20,0                            | 13,0  | 13,0    | 41,0  | 66,5  | 11,0    | 19,0  | 86,0  | 83,5    |
| 35                         | 20,0                            | 19,0  | 12,0    | 34,0  | 36,5  | 5,0     | 49,5  | 25,5  | 25,5    |
| 42                         | 21,0                            | 17,5  | 11,0    | 45,0  | 85,5  | 11,0    | 47,0  | 90,0  | 7,6     |
| Total                      | 98,0                            | 103,0 | 80,5    | 207,5 | 266,0 | 89,5    | 238,0 | 440,0 | 182,1   |

Keterangan: tu=tidak diukur



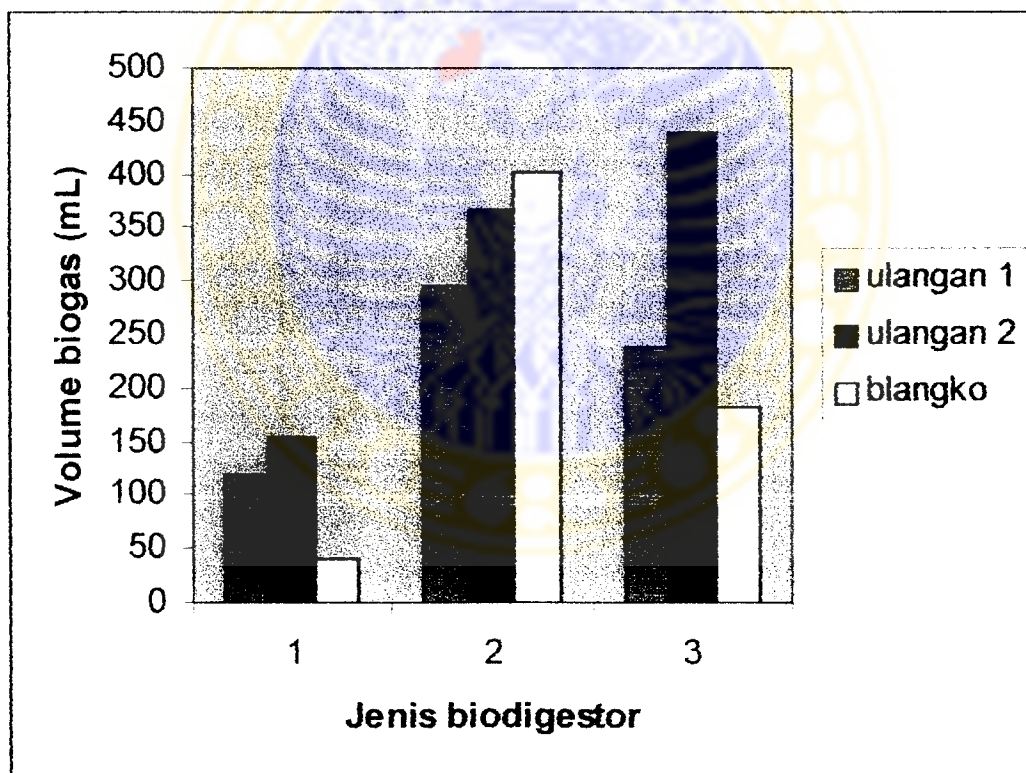
Gambar 3. Total biogas yang dihasilkan pada percobaan optimisasi suhu biodigester yang menggunakan starter dari feses hewan  
Kondisi 1: 28 °C, kondisi 2: 40 °C, kondisi 3: 40 °C.

Berdasarkan total biogas yang dihasilkan biodigester dengan starter feses hewan pada 3 macam suhu, sebagai yang ditampilkan dalam bentuk diagram di gambar 3, disimpulkan bahwa suhu 40 °C merupakan suhu optimum karena total biogas yang diperoleh terbesar.

Data suhu optimum yang diperoleh digunakan sebagai kondisi suhu biodigester untuk konversi sampah pasar menjadi biogas skala maksi.

Pemilihan jenis biodigester untuk produksi biogas skala maksi yang akan diaplikasikan di masyarakat didasarkan pada dua hal berikut :

1. Komparasi jumlah biogas yang dihasilkan pada kondisi optimum masing-masing biodigester (gambar 4), yang juga dikaitkan dengan pertimbangan di butir 2 berikut.
2. Waktu produksi dan energi yang diperlukan untuk produksi biogas.



Gambar 4. Komparasi jumlah biogas yang dihasilkan oleh setiap jenis biodigester Biodigester 1, 2, 3 berturut-turut adalah biodigester dengan starter lumpur rawa, lumpur sumber air panas, feses hewan

Berdasarkan jumlah biogas yang dihasilkan, biodigester jenis 2 dan 3 (starter lumpur sumber air panas dan feses hewan) lebih baik daripada

biodigester jenis 1 (starter lumpur rawa). Akan tetapi berdasarkan waktu dan energi produksi dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Waktu produksi biodigester 3 skala mini adalah 42 hari (tabel 7), jauh lebih lama dibanding biodigester jenis 1 yang menunjukkan waktu produksi setengah kalinya, yaitu 22 hari (tabel 5).
2. Energi yang diperlukan untuk produksi biogas menggunakan biodigester jenis 2 dan 3 (berturut-turut suhu 60 dan 40 °C) jauh lebih besar dibanding biodigester jenis 1 (suhu kamar) yang tidak memerlukan pemanasan.

Berdasarkan pertimbangan yang telah diuraikan, maka pada kesempatan penelitian ini dilaporkan aplikasi produksi biogas skala maksi menggunakan biodigester jenis 1.

Biodigester blangko, yang disiapkan tanpa penambahan starter, ternyata juga menghasilkan biogas, akan tetapi pada suhu kamar dan 40 °C jumlahnya lebih kecil dibandingkan biodigester yang menggunakan starter (gambar 4). Sedang pada suhu 60 °C biodigester blangko menghasilkan biogas lebih besar daripada biodigester dengan starter. Biodigester blangko dapat menghasilkan biogas dari fermentasi anaerob oleh mikroorganisme yang sudah terdapat dalam sampah sayur yang diambil dari pasar.

#### **5.4. Konversi Sampah Pasar Menjadi Biogas Skala Maksi**

Konversi sampah pasar menjadi biogas skala maksi yang dikembangkan untuk aplikasi di masyarakat hanya menggunakan biodigester mesofil yang menggunakan starter berasal dari lumpur rawa pada kondisi suhu kamar. Hal ini didasarkan pada pertimbangan penghematan energi dan biaya operasi yang telah diuraikan sebelumnya.

Data volume biogas yang dihasilkan dan parameter-parameter terkait pada produksi biogas dari sampah skala maksi terdapat di tabel 8. Biodigester ini menghasilkan biogas total 9175 mL yang berasal dari 5 kg sampah sayur di Pasar Keputran dengan TS campuran = (data dan perhitungan di lampiran 3).

Waktu pembentukan biogas cukup singkat, yaitu dalam 7 hari sebagian besar biogas (8250 mL) telah dihasilkan, sedang sisanya (925 mL) dihasilkan 7 hari berikutnya (tabel 8). Harga TS awal cukup baik, yaitu jauh di atas 2%, sehingga mikroorganisme metan tidak cepat lenyap dari sistem

biodigester. Sedangkan TS akhir juga masih cukup tinggi yang menandakan bahwa bakteri metan masih eksis dalam sistem.





Tabel 8. Data produksi biogas skala maks dari sampah pasar menggunakan biodigester mesofil dari lumpur rawa

| Jenis               | Suhu (°C)  | TS campuran |        | pH campuran |        | Volume total biogas (mL) |            |       |
|---------------------|------------|-------------|--------|-------------|--------|--------------------------|------------|-------|
|                     |            | Awal*       | Akhir* | Awal*       | Akhir* | Hari ke 7                | Hari ke 14 | Total |
| Biodigester Mesofil | kamar (28) | 7,51        | 4,22   | 7,92        | 5,26   | 8250                     | 925        | 9175  |
| Blangko Mesofil     | kamar (28) | 7,80        | 3,57   | 7,55        | 5,28   | 5677                     | --         | 5677  |

Keterangan:

\* awal (sebelum) dan akhir (estela) proses fermentasi anaerob dalam biodigester



## BAB 6

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dibuat kesimpulan sebagai berikut.

1. Reaktor Anaerob Sederhana yang dirancang dari bahan plastik dapat digunakan dengan baik untuk pembuatan biogas skala mini maupun maksi
2. Starter biogas mesofil yang dikembangkan dari lumpur rawa menunjukkan suhu optimum 28 °C
3. Starter biogas termofil yang dikembangkan dari lumpur sumber air panas menunjukkan suhu optimum 60 °C
4. Starter biogas mesofil yang dikembangkan dari feses hewan menunjukkan suhu optimum 40 °C
5. Aplikasi biodigester mesofil dengan starter dari lumpur rawa pada suhu kamar menghasilkan biogas mL dari 5 kg sampah sayur yang diambil dari Pasar Keputran Surabaya.

#### 6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan disarankan sebagai berikut.

1. Meningkatkan skala produksi biogas dengan biodigester mesofil menggunakan starter lumpur rawa untuk aplikasi oleh masyarakat
2. Meneliti aplikasi biodigester termofil, mesofil, feses sapi untuk aplikasi limbah di industri
3. Mengeksplorasi sumber-sumber mikroorganisme metan yang lain untuk produksi biogas menggunakan berbagai jenis limbah

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dibuat kesimpulan sebagai berikut.

1. Reaktor Anaerob Sederhana yang dirancang dari bahan plastik dapat digunakan dengan baik untuk pembuatan biogas skala mini maupun maksi
2. Starter biogas msofil yang dikembangkan dari lumpur rawa menunjukkan suhu optimum 28 °C
3. Starter biogas termofil yang dikembangkan dari lumpur sumber air panas menunjukkan suhu optimum 60 °C
4. Starter biogas mesofil yang dikembangkan dari feses hewan menunjukkan suhu optimum 40 °C
5. Aplikasi biodigester mesofil dengan starter dari lumpur rawa pada suhu kamar menghasilkan biogas mL dari 5 kg sampah sayur yang diambil dari Pasar Keputran Surabaya.

#### **6.2. Saran**

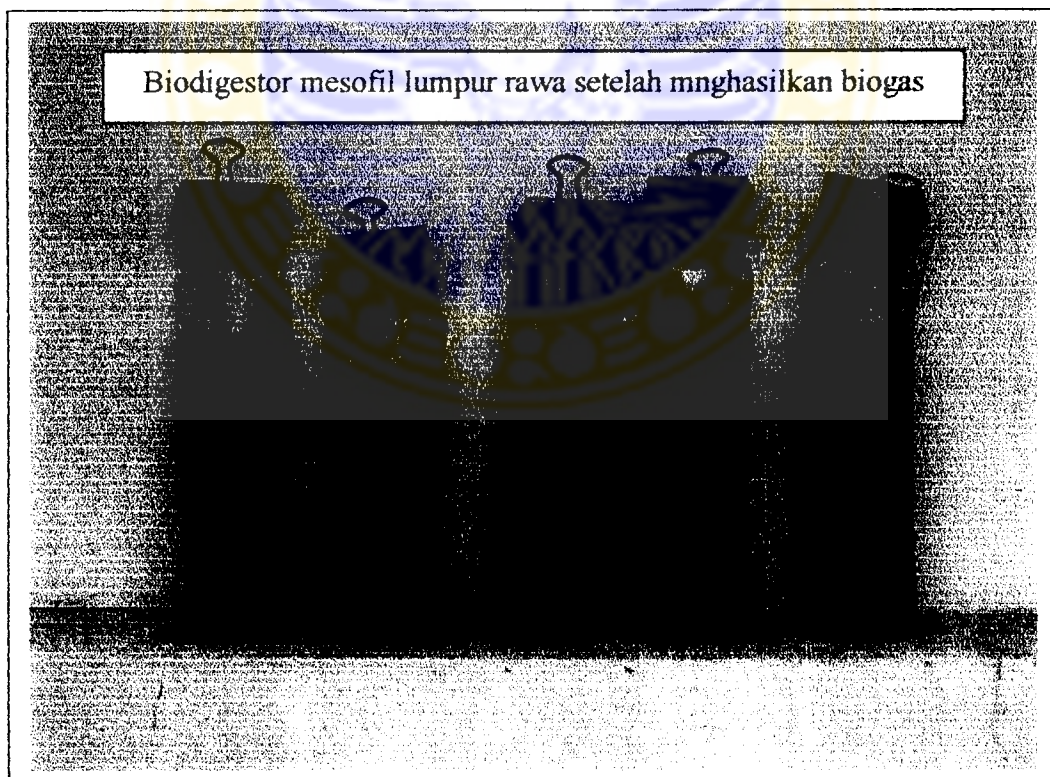
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan disarankan sebagai berikut.

1. Meningkatkan skala produksi biogas dengan biodigester mesofil menggunakan starter lumpur rawa untuk aplikasi oleh masyarakat
2. Meneliti aplikasi biodigester termofil, mesofil, feses sapi untuk aplikasi limbah di industri
3. Mengeksplorasi sumber-sumber mikroorganisme metan yang lain untuk produksi biogas menggunakan berbagai jenis limbah

## DAFTAR PUSTAKA

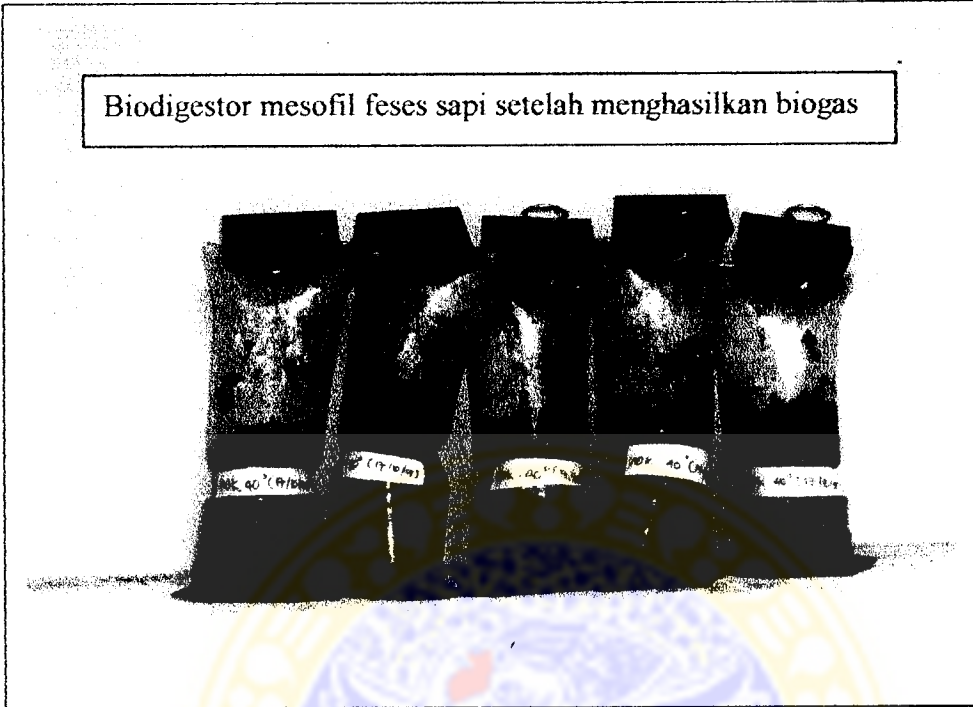
- Crueger, W. and Crueger, A., 1995, *Biotechnology, A Textbook of Industrial Microbiology*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland.
- Deputi V Menteri Lingkungan Hidup (Chaerudin Hasyim), 2001, Sampah perkotaan meningkat lima kali lipat tahun 2020, *Antara*, 24-6
- Hermiati, E. dan Sukara, E., 2005, Konversi Bahan Berlignoselulosa menjadi bioenergi, etanol, Makalah disampaikan di seminar nasional "Biomassa Lignoselulosa, Biokonversinya Menjadi Bahan Bermanfaat"
- Xuan, B., Rodriguez, L., Sarwatt S.V., Preston, T.R. and Dolberg, F., 1997, Installation and performance of low-cost polyethylene tube biodigesters on small-scale farms, *World Animal Review* **88**, 1, 38-47
- Sardjoko, 1991, *Bioteknologi, Latar Belakang dan beberapa penerapannya*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- The Chatered Institution of Water and Environmental Management. *Handbooks of UK Wastewater Practice, Sewage sludge: Stabilization and disinfection*. CIWEM, 1996
- Frost, R., C. Powlesland, J.E. Hall, S.C. Nixon and C.P. Young, 1990, *Review of Sludge Treatment and Disposal Techniques*. WRc Report PRD 2306-M/1

**LAMPIRAN 1**  
**Foto-foto biodigester mini**

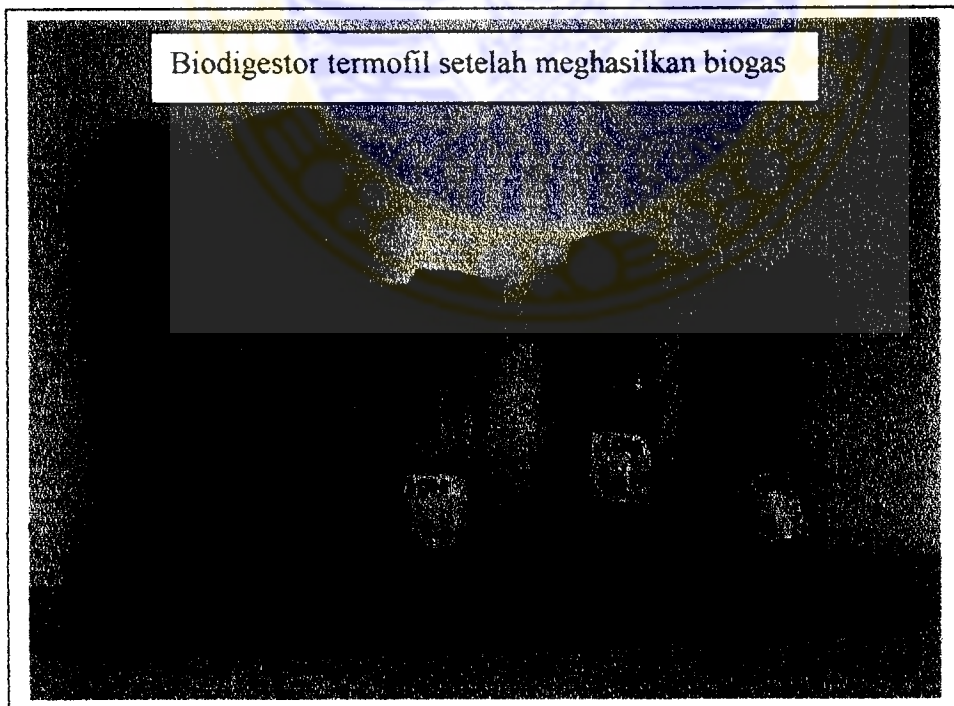




Biodigestor mesofil feses sapi setelah menghasilkan biogas



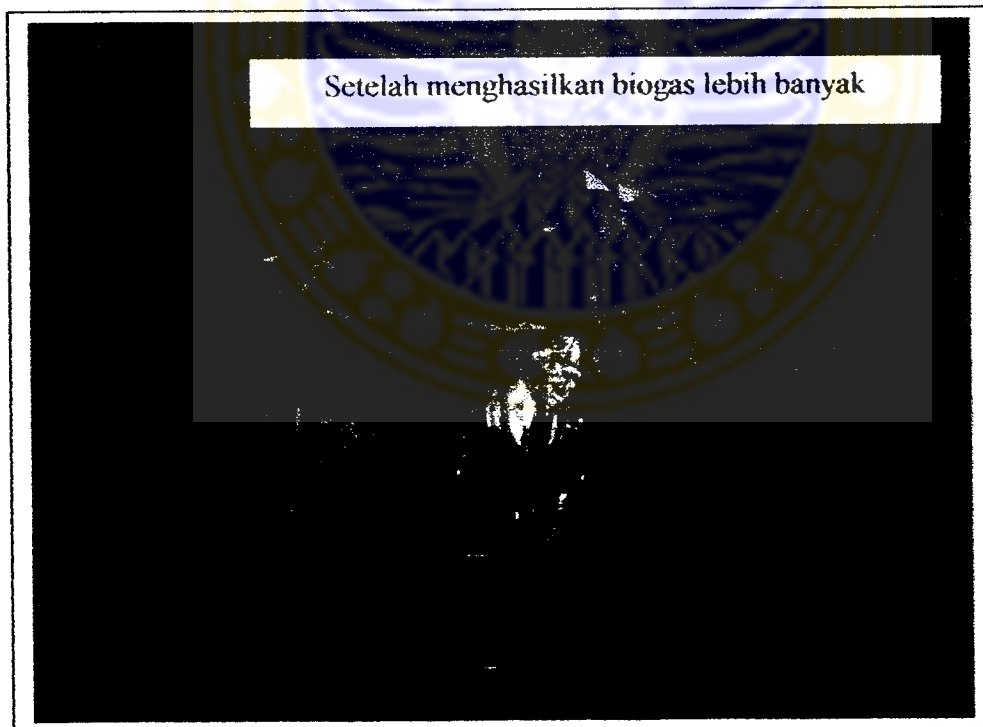
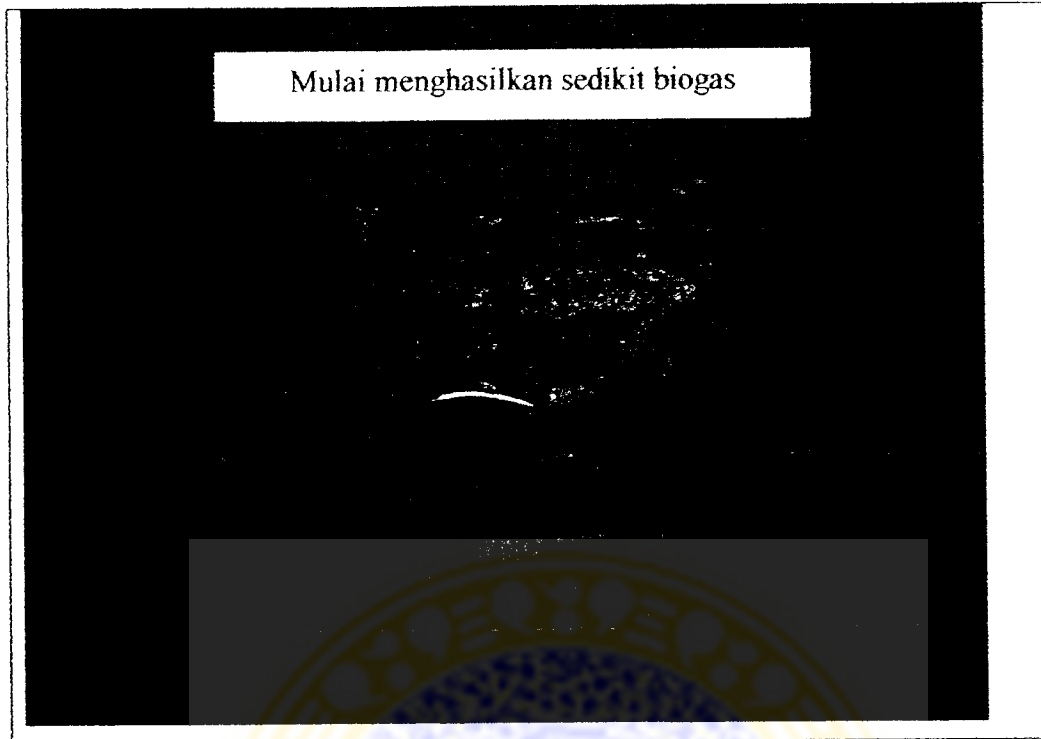
Biodigestor termofil setelah meghasilkan biogas





### Foto-foto biodigester maksi





**Data dan Cara Perhitungan TS****Data TS sampah pasar dalam kantong Sampah Homogen**

| Titik     | Nilai TS |
|-----------|----------|
| 1         | 5,87 %   |
| 2         | 9,79 %   |
| 3         | 9,91 %   |
| 4         | 6,92 %   |
| 5         | 4,62 %   |
| 6         | 9,74 %   |
| 7         | 9,66 %   |
| 8         | 7,33 %   |
| 9         | 7,69 %   |
| 10        | 6,51 %   |
| Rata-rata | 7,80 %   |

**Contoh perhitungan TS****1. Perhitungan TS sampah pasar**

Berat krus = 18,1080 gram

Berat sampah + krus = 19,3305 gram

Berat sampah (basah) = (19,3305 – 18,1080) gram = 1,2225 gram

Berat sampah + krus setelah :

Pemanasan I (24 jam) = 18,180 gram

Pemanasan II (2 jam) = 18,180 gram

Pemanasan III (1 jam) = 18,179 gram

Rata-rata = 18,1797 gram

Berat sampah kering = (18,1797 – 18,1080) gram

= 0,0717 gram

$$\begin{aligned} \% \text{ Berat kering sampah (TS sampah)} &= \frac{\text{berat kering}}{\text{berat basah}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,0717}{1,2225} \times 100 \% \\ &= 5,87 \% \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan TS campuran biodigester mesofil (awal)

$$\text{TS sampah pasar rata-rata} = 7,80 \%$$

$$\text{TS starter lumpur rawa-rawa} = 4,61 \%$$

$$\text{sampah pasar : starter} = 5 \text{ kg} : 0,5 \text{ kg}$$

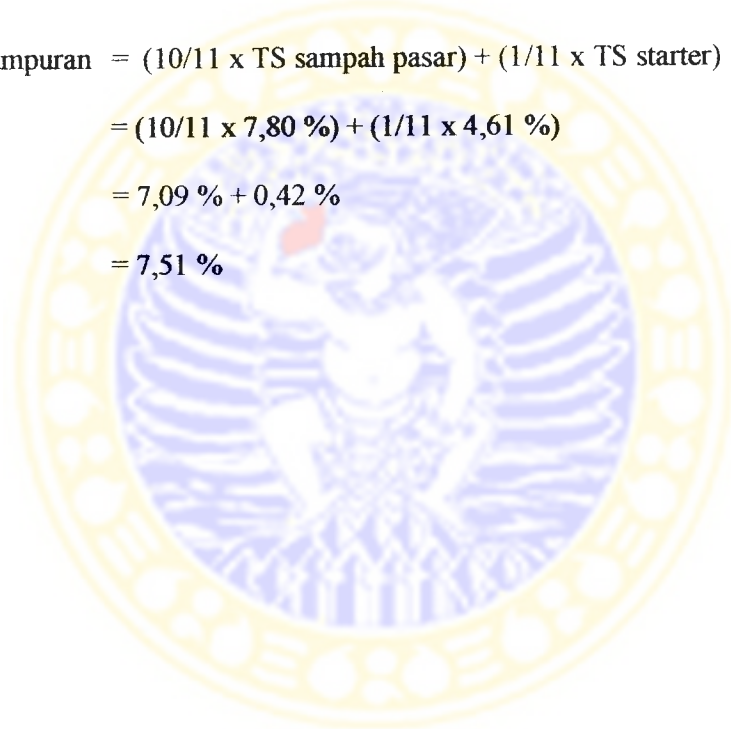
$$= 10 : 1$$

$$\text{TS campuran} = (10/11 \times \text{TS sampah pasar}) + (1/11 \times \text{TS starter})$$

$$= (10/11 \times 7,80 \%) + (1/11 \times 4,61 \%)$$

$$= 7,09 \% + 0,42 \%$$

$$= 7,51 \%$$



**Abstrak**

**Seno Aji, 2002. Biokonversi Sampah Pasar menjadi Biogas dengan menggunakan Starter Feses Sapi. Skripsi di bawah bimbingan Dr. Afaf Baktir,MS dan Drs. Sofijan Hadi,MKes., Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Airlangga, Surabaya.**

---

---

**ABSTRAK**

Biogas merupakan campuran gas-gas: metana, karbon dioksida, nitrogen, hidrogen, hidrogen sulfida, dan lain-lain yang merupakan hasil penguraian sampah organik oleh mikroba anaerob. Surabaya merupakan salah satu kota yang memiliki permasalahan dalam penanganan masalah sampah, dimana sampah kota yang dihasilkan mempunyai karakteristik sebagai sampah organik dengan kandungan bahan organik lebih dari 80%. Telah diketahui bahwa feses sapi termasuk sampah organik dengan kandungan mikroba anaerob yang dapat dimanfaatkan untuk produksi biogas. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas antara lain: (1) rasio atom karbon dan nitrogen (C/N) dari masing-masing sampah organik, dan (2) suhu. Penelitian ini bertujuan memproduksi biogas dari sampah perkotaan, pada tahap awal penelitian digunakan model sampah sayur sawi yang dicampur dengan starter yang berasal dari feses sapi. Optimasi suhu digester dilakukan dengan cara proses fermentasi anaerob dalam tabung biodigester mini dengan ukuran  $8 \times 8 \times 25 \text{ cm}^3$  dari bahan plastik polietilen, optimasi suhu digester dilakukan pada beberapa suhu: suhu kamar ( $28^{\circ}\text{C}$ ),  $35^{\circ}\text{C}$ , dan  $42^{\circ}\text{C}$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biogas yang optimum menggunakan sayur sawi sebanyak 350 gram dengan nilai *total solid* 35,69% dan pH 7,7 adalah pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dengan total volume biogas yang dihasilkan adalah 440ml

**Kata kunci :** biogas, biodigester sederhana, feses sapi, sampah.



## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *starter biogas* termofil, melakukan optimasi suhu serta mengaplikasikan *starter* tersebut pada biodigester sederhana untuk konversi sampah menjadi *biogas*. Biakan *starter* merupakan campuran mikroba yang berasal dari sumber air panas Pacet, Jawa Timur, yang dikembangkan pada medium sampah buatan homogen. Optimasi suhu dilakukan pada variasi suhu 40, 50, dan 60°C. Hasil penelitian menunjukkan suhu optimasi pada 60°C, yang menghasilkan volume gas total terbanyak sebesar 365 ml per 400 gram sampah buatan. Biokonversi 3 kg sampah pasar yang diambil secara acak dari Pasar Keputran, Surabaya dengan penambahan biakan *starter* (10% dari berat total sampah), memiliki TS (*Total Solid*) campuran 7,60% dan pH 7,64 pada proses fermentasi anaerob selama 7 hari, mampu menghasilkan *biogas* sebanyak 1467 ml (terukur dari volume air yang dipindahkan). Percobaan biokonversi 3 kg sampah pasar tanpa *starter*, pada kondisi yang sama, dengan TS 7,8% dan pH 7,55 mampu menghasilkan *biogas* sebanyak 635 ml (terukur dari volume air yang dipindahkan). Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa biokonversi sampah pasar menjadi *biogas* dengan penambahan *starter* memberikan hasil *biogas* yang lebih baik daripada biokonversi sampah menjadi *biogas* tanpa penambahan *starter*.

Kata kunci : *starter* termofil, biokonversi, *biogas*

Amelia Fitriawanati, 2002. **Biokonversi Sampah Pasar Menjadi Biogas Menggunakan Starter Mesofil dari Lumpur Rawa**. Skripsi di bawah bimbingan Dr. Afaf Baktir, MS dan Drs. Sofijan Hadi, MKes., Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Airlangga, Surabaya.

---

---

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *starter biogas* mesofil, melakukan optimasi suhu serta mengaplikasikan *starter* tersebut pada biodigester sederhana untuk konversi sampah pasar menjadi *biogas*. Sample yang digunakan dalam penelitian ini adalah lumpur rawa yang diperoleh dari obyek wisata air panas, Pacet, Jawa Timur. Sampling sampah pasar dilakukan di lokasi Pasar Keputran, Surabaya, dengan metode acak. Biodigester sederhana terbuat dari plastik polietilen berukuran (60x60x100) cm<sup>3</sup>. Lumpur rawa diinokulasi dengan medium sampah buatan homogen pada suhu mesofil dan kondisi anaerob selama 21 hari. Optimasi suhu untuk proses mesofil dilakukan pada variasi suhu kamar (28°C), suhu 35°C, dan suhu 40°C. Suhu optimum diperoleh pada suhu kamar (28°C) yang menghasilkan volume gas total terbanyak sebesar 153,5 ml per 400 gram sampah buatan. Biokonversi 5 kg sampah pasar ditambah dengan 0,5 kg *starter* mesofil (TS campuran 7,51%, pH campuran 7,92), mampu menghasilkan *biogas* sebanyak 9175 ml (terukur dari volume air yang dipindahkan). Perlakuan yang sama terhadap 5 kg sampah pasar tanpa penambahan *starter* dengan TS (*Total Solid*) 7,80% dan pH 7,55, mampu menghasilkan *biogas* sebanyak 5677 ml (terukur dari volume air yang dipindahkan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biokonversi sampah pasar menjadi *biogas* dengan penambahan *starter* mesofil memberikan hasil biogas yang lebih baik daripada biokonversi sampah pasar tanpa penambahan *starter*.

Kata kunci : *starter* mesofil, biokonversi, *biogas*

**Amelia Fitriawanati, 2002. Biokonversi Sampah Pasar Menjadi *Biogas* Menggunakan *Starter* Mesofil dari Lumpur Rawa. Skripsi di bawah bimbingan Dr. Afaf Baktir, MS dan Drs. Sofijan Hadi, MKes., Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Airlangga, Surabaya.**

---

---

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *starter biogas* mesofil, melakukan optimasi suhu serta mengaplikasikan *starter* tersebut pada biodigester sederhana untuk konversi sampah pasar menjadi *biogas*. Sample yang digunakan dalam penelitian ini adalah lumpur rawa yang diperoleh dari obyek wisata air panas, Pacet, Jawa Timur. Sampling sampah pasar dilakukan di lokasi Pasar Keputran, Surabaya, dengan metode acak. Biodigester sederhana terbuat dari plastik polietilen berukuran (60x60x100) cm<sup>3</sup>. Lumpur rawa diinokulasi dengan medium sampah buatan homogen pada suhu mesofil dan kondisi anaerob selama 21 hari. Optimasi suhu untuk proses mesofil dilakukan pada variasi suhu kamar (28°C), suhu 35°C, dan suhu 40°C. Suhu optimum diperoleh pada suhu kamar (28°C) yang menghasilkan volume gas total terbanyak sebesar 153,5 ml per 400 gram sampah buatan. Biokonversi 5 kg sampah pasar ditambah dengan 0,5 kg *starter* mesofil (TS campuran 7,51%, pH campuran 7,92), mampu menghasilkan *biogas* sebanyak 9175 ml (terukur dari volume air yang dipindahkan). Perlakuan yang sama terhadap 5 kg sampah pasar tanpa penambahan *starter* dengan TS (*Total Solid*) 7,80% dan pH 7,55, mampu menghasilkan *biogas* sebanyak 5677 ml (terukur dari volume air yang dipindahkan). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biokonversi sampah pasar menjadi *biogas* dengan penambahan *starter* mesofil memberikan hasil biogas yang lebih baik daripada biokonversi sampah pasar tanpa penambahan *starter*.

Kata kunci : *starter* mesofil, biokonversi, *biogas*

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA