

# 12

*by Wahyu Meriana*

---

**Submission date:** 10-Jun-2022 08:30PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1854305811

**File name:** BUKU\_ISBN\_BIODIGESTER\_UNTUK\_BIOGAS.pdf (4.54M)

**Word count:** 18366

**Character count:** 113669

# **BIODIGESTER UNTUK BIOGAS**



**Suci Prihatiningtyas, S.Si., M.Pd**  
**Fatikhatun Nikmatu Sholihah, S.Pd., M.Pd**  
**Meriana Wahyu Nugroho , S.T., M.T**

# **BIODIGESTER UNTUK BIOGAS**

**Suci Prihatiningtyas, S.Si., M.Pd**  
**Fatikhatun Nikmatus Sholihah, S.Pd., M.Pd**  
**Meriana Wahyu Nugroho, S.T., M.T**

# **BIODIGESTER UNTUK BIOGAS**

Penulis:

Suci Prihatiningtyas, S.Si., M.Pd

Fatikhatun Nikmatus Sholihah, S.Pd., M.Pd

Meriana Wahyu Nugroho, S.T., M.T

ISBN :978-623-90877-9-1

Cetakan Pertama, 2019

46

All right reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Diterbitkan pertama kali oleh:

81 Fakultas Pertanian

Universitas KH.Wahab Hasbullah

Jl. Garuda No.09 Tambakberas Jombang

email:zulfikardia@gmail.com

Editor:

Ino Angga Putra, M.Pd

Sujono

## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga kami Tim Pengabdian dapat menyelesaikan buku yang berjudul "Biodigester Untuk Biogas" ini dengan baik dan lancar setelah melakukan serangkaian Pengabdian pada Masyarakat tahun anggaran 2019. Buku ini menginformasikan mengenai Energi Terbarukan, Biogas, Bahan Baku Biogas, Biodigester, Biodigester untuk Biogas Limbah Cair Tahu dan Pemanfaatan Biogas. buku ini diharapkan mampu mencerahkan pembaca untuk ikut menjaga konservasi lingkungan dan memanfaatkan limbah cair tahu sebagai energi yang ramah lingkungan.

Keberadaan buku ini tidak terlepas dari kontribusi dan peran berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah Tim Pengabdian pada kesempatan ini menghaturkan ucapan terimakasih kepada:

1. Kemenristekdikti.
2. Pimpinan Universitas KH. A. Wahab Hasbullah.
3. LPPM Universitas KH. A. Wahab Hasbullah.
4. Mitra kerja (Abdul Qodir Pengusaha Tahu di Dusun Bapang Sumbermulyo Jogoroto Jombang)

5. Mahasiswa dan mahasiswi <sup>70</sup> Universitas KH. A. Wahab  
<sup>32</sup> Hasbullah. Dan Universitas Hasyim Asy'ari.

<sup>43</sup> Semoga kontribusi dan peran berbagai pihak ini dibalas oleh  
Allh SWT sebagai amal sholeh. Kami menyadari bahwa buku ajar  
ini masih banyak kekurangannya, untuk itu saya sangat  
mengharapkan saran dan kritik demi penyempurnaan buku ajar  
ini. Kami berharap semoga buku ajar ini dapat memberikan  
manfaat bagi kita semua. Amin

Jombang, September 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Halaman Balik Judul .....	ii
<sup>72</sup> Kata Pengantar .....	iii
Daftar Isi .....	v
Daftar Tabel .....	vi
Daftar Gambar .....	viii
BAB I Energi Terbarukan.....	1
BAB II Biogas.....	13
BAB III Bahan Baku Biogas .....	37
BAB IV Biodigester .....	53
BAB V Biodigester Untuk Biogas .....	77
BAB VI Pemanfaatan Biogas .....	109
Daftar Pustaka .....	122
Glosarium .....	128
Indeks .....	131

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi gas yang terdapat dalam biogas .....	18
Tabel 2.2. Berbagai Macam Bakteri Penghasil Metan dan Substratnya.....	20
Tabel 2.3. Klasifikasi Bakteri Hidrolisis Berdasarkan Substrat Yang Diolah.....	21
Tabel 2.4 Tingkatan Racun dari Beberapa Zat Penghambat .....	32
Tabel 3.1. Parameter Nilai Syarat Bahan Baku Biogas .....	38
Tabel 3.2. Potensi produksi gas dari berbagai tipe kotoran ternak.....	40
Tabel 3.3 Komposisi Limbah Cair Industri Tahu .....	45
Tabel 3.4 Komposisi Biogas Secara Umum .....	50
Tabel 4.1 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Tetap.....	65
Tabel 4.2 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Apung .....	66
Tabel 4.3 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Balon ....	68
Tabel 4.4 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis <i>plug flow</i> .....	68
Tabel 4.5 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Balok ....	70
Tabel 4.6 Reaktor Biogas dengan Teknologi di Beberapa Negara.....	74



Tabel 5.1. Alat dan Bahan Pembuatan Biodigester.....	85
Tabel 5.2. Alat dan bahan pembuatan instalasi biodigester <i>portable</i> .....	90
Tabel 6.1. Pemanfaatan Biogas .....	110
Tabel 6.2. Kesetaraan 1 m <sup>3</sup> biogas dengan sumber energi lain	111
Tabel 6.3. Masalah Operasional dan Cara Perbaikannya .....	117

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Proses Perombakan Secara Anaerob (Grady dkk, 1999).....	27
Gambar 4.1. Komponen Biodigester. Sumber: Krisno, 2014...	56
Gambar 4.2. Digester tipe <i>batch</i> model <i>trench</i> (parit) .....	60
Gambar 4.3. Digester tipe <i>batch</i> model tangki .....	61
Gambar 4.4. Digester tipe <i>Plug flow</i> .....	62
Gambar 4.5. Biodigester Tipe <i>Fixed Dome</i> (Kubah Tetap) .....	64
Gambar 4.6. Biodigester Tipe <i>Floating Dome</i> (Kubah Apung).	66
Gambar 4.7. Biodigester Tipe <i>Balloon Plant</i> (Balon) .....	67
Gambar 4.8. Biodigester Tipe <i>plug flow</i> ) .....	68
Gambar 4.7 Reaktor Tipe Balok .....	69
Gambar 5.1. Alur Rancangan Pembuatan Alat Biodigester Untuk Biogas Limbah Cair Tahu ....	81
Gambar 5.2. Rancangan Biodigester Tampak Depan .....	84
Gambar 5.3. Rancangan Biodigester Tampak Atas .....	85
Gambar 5.4. Instalasi Biodigester <i>Portable</i> Yang Digunakan Untuk Membuat Biogas Dari Limbah Cair Tahu..	89
Gambar 5.5. Tahapan Pelatihan Pembuatan Biodigester .....	93
Gambar 5.6. (a) observasi kepada pemilik tahu bu Masfufah, (b) bapak Abdul Qodir .....	94
Gambar 5.7. Proses produksi tahu .....	96

Gambar 5.8. Limbah yang dibuang ke sungai (gambar kiri) dan air sungai yang tercemar akibat pembuangan limbah (kanan) .....	98
Gambar 5.9. Ceramah Tentang Limbah .....	103
Gambar 5.10. Pembuatan Starter .....	103
Gambar 5.11. Demontrasi Pembuatan Biodigester .....	105
Gambar 5.13. Pembuatan Biodigester .....	106
Gambar 6.1. Desain Pembangkit listrik tenaga biogas .....	113

# BAB I ENERGI TERBARUKAN

87

## A. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan penting bagi manusia, khususnya energi listrik dan energi bahan bakar. Kedua energi tersebut terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia di Indonesia. Selama ini kebutuhan energi masih mengandalkan minyak bumi dan batu bara sebagai penyangga utama kebutuhan energi. Namun pada kenyataannya minyak bumi dan batu bara semakin langka dan mahal harganya sehingga pencarian energi alternatif guna memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut terus dikembangkan. Energi alternatif adalah solusi untuk meningkatkan peran energi terbarukan dalam rangka menjamin keamanan pasokan energi untuk memenuhi kebutuhan energi nasional yang semakin meningkat secara berkelanjutan.

17

## B. Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan suatu tindakan atau pekerjaan (usaha). Kata “Energi” berasal dari bahasa Yunani yaitu “*ergon*” yang berarti kerja. Dalam melakukan sesuatu kita selalu memanfaatkan energi, baik

17  
secara sadar maupun tidak sadar. Energi didefinisikan sebagai tenaga atau gaya untuk berbuat sesuatu, yang secara umum didefinisikan sebagai kemampuan melakukan suatu pekerjaan.

38  
**Menurut KBBI** energi didefinisikan sebagai daya atau kekuatan yang diperlukan untuk melakukan berbagai proses kegiatan. Energi merupakan bagian dari suatu benda tetapi tidak terikat pada benda tersebut. Energi bersifat fleksible artinya dapat berpindah dan berubah.

#### **Menurut Para Ahli**

- 99  
1. Robert L. Wolke : Energi adalah kemampuan membuat sesuatu terjadi
- 30  
2. Mikrajuddin : Energi adalah kemampuan benda untuk melakukan usaha
3. Pardiyono : Energi adalah suatu bentuk kekuatan yang dihasilkan atau dimiliki oleh suatu benda
- 40  
4. Michael J. Moran : Energi adalah sebuah konsep dasar termodinamika dan merupakan salah satu aspek penting dalam analisis teknik

40  
**Menurut Undang-undang Nomor 30 Pasal 1 Tahun 2007 tentang Energi**, Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika,

kimia, dan elektromagnetika. Energi merupakan kebutuhan manusia yang paling dasar.

Energi dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk menunjang berbagai aktivitas dalam kehidupan sehari-hari. Energi yang paling banyak dimanfaatkan dalam pemenuhan kebutuhan manusia yakni energi minyak bumi (Wahyuni, 2009). Jenis energi ini merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui, sehingga dalam rentang waktu tertentu akan terjadi kekurangan energi. Terdapat dua jenis energi yaitu energi terbarukan dan energi tak terbarukan. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang bisa diperbarui lagi atau bisa digunakan secara berulang. Di sisi lain, sumber energi tak terbarukan tidak bisa digunakan terus menerus serta akan habis pada satu titik.

### C. Energi Terbarukan

Konsep energi terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970-an, sebagai upaya untuk mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Menurut Undang-undang Nomor 30 Pasal 1 Tahun 2007 tentang Energi, Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi terbarukan. Energi terbarukan akan selalu tersedia di alam dalam jumlah yang besar dan tidak merugikan lingkungan

9 tetapi dapat membantu menjaga kelestarian alam. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Energi terbarukan perlu digunakan oleh manusia yang hidup di muka bumi ini. Kurangnya sosialisasi dari pemerintah juga menjadi alasan mengapa sumber energi terbarukan sangat sulit masuk di dalam masyarakat. 108 Penggunaan energi yang berasal dari panas bumi, angin, biomassa dan air merupakan teknologi yang paling sesuai diterapkan di daerah-daerah terpencil dan perdesaan.

Keuntungan energi terbarukan:

1. Tersedia secara terus-menerus dan ada setiap saat
2. Tersedia dalam jumlah yang melimpah
3. Ramah lingkungan
4. Sumber energi dapat dimanfaatkan secara cuma-cuma dengan teknologi yang dapat disesuaikan dengan kemampuan investasi
5. Perawatannya mudah dibandingkan dengan energi konvensional sehingga dapat mengurangi biaya operasional

6. Membantu mendorong perekonomian dan menciptakan peluang kerja yang luas
7. Tidak perlu mengimpor bahan bakar fosil sehingga dapat menghemat devisa serta negara dapat mandiri dalam bidang energi
8. Secara ekonomis lebih murah dibandingkan energi konvensional dalam jangka panjang
9. Bebas dari fluktuasi harga pasar terbuka bahan bakar fosil
10. Beberapa teknologi mudah digunakan ditempat-tempat terpencil
11. Distribusi Energi bisa diproduksi diberbagai tempat, jadi tidak tersentralisir (terpusat)

Kerugian dari energi terbarukan:

1. Biaya awal besar, di samping itu bahan baku sulit didapat jika masyarakat di tempat dimana instalasi pembangkit biogas tidak tersedia, misalnya jika ingin membangun reaktor biogas dari limbah cair tahu maka di sekitar tempat tersebut harus ada limbah cair tahu
2. Untuk mengatasi hal yang demikian maka sebaiknya pembangunan reaktor biogas disesuaikan dengan ketersediaan pasokan.
3. Keandalan pasokan energi terbarukan sebagian besar sangat tergantung kepadakondisi cuaca.



4. Saat ini, penggunaan energi konvensional menghasilkan lebih banyak volume yang bisa digunakan dibandingkan dengan energi terbarukan, sehingga masih perlu waktu untuk melakukan konversi penggunaan teknologi dari energi konvensional ke energi terbarukan.
5. Masih kurangnya pengalaman dalam memanfaatkan energi terbarukan karena merupakan teknologi yang masih berkembang
6. Masing-masing energi terbarukan memiliki kekurangan teknis dan sosialnya sendiri.

#### **D. Energi Tidak Terbarukan**

Energi tak <sup>10</sup>terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi tak terbarukan. Sedangkan sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang akan habis jika dieksploitasi secara terus-menerus, antara lain, <sup>101</sup>minyak bumi, gas bumi, batu bara, gambut, dan serpih bitumen. Sumber energi tak terbarukan mempunyai pengertian sebagai sumber daya energi yang ada di bumi yang mampu digunakan untuk kelangsungan hidup manusia selama bertahun-tahun, namun tidak bisa terbarukan karena stok dan pasokannya terbatas. Hal ini secara tidak langsung mengacu kepada minyak bumi sebagai sumber

energi terbesar yang ada di bumi dan tidak dapat diperbaharui. Kurangnya penggunaan energi terbarukan tadi menjadi salah satu alasan mengapa minyak bumi sebagai sumber energi utama sangat langka.

Keuntungan:

1. Mampu menghasilkan listrik dalam jumlah besar di satu lokasi
2. Relatif lebih mudah untuk ditemukan
3. Relatif hemat biaya
4. Transportasi mudah melalui pipa
5. Bahan bakar ini sangat stabil bila dibandingkan dengan zat lain
6. Untuk saat ini banyak tersedia
7. Memiliki potensi besar untuk melistriki seluruh dunia
8. Telah teruji dan memiliki potensi untuk pembangunan berkelanjutan
9. Jauh lebih murah daripada bentuk-bentuk non-konvensional energi

Kerugian:

1. Bahaya Lingkungan meliputi pencemaran lingkungan merupakan salah satu kelemahan utama dari bahan bakar fosil. Sudah menjadi fakta yang diketahui semua orang bahwa karbon dioksida, yang merupakan gas yang

dilepaskan ketika bahan bakar fosil dibakar, merupakan salah satu gas utama yang bertanggung jawab untuk pemanasan global. Kenaikan suhu bumi telah mengakibatkan mencairnya es di kutub, banjir daerah dataran rendah dan kenaikan permukaan air laut. Jika kondisi ini berlanjut, Bumi kita mungkin menghadapi beberapa konsekuensi serius dalam waktu dekat.

2. Harga minyak yang meningkat : negara Tengah-timur memiliki cadangan besar minyak dan gas alam dan banyak negara lain yang tergantung pada mereka untuk pasokan bahan bakar ini. Organisasi Negara Pengekspor Minyak (OPEC) adalah kelompok 13 negara termasuk Iran, Irak, Kuwait, Qatar, Arab Saudi dan UEA. Mereka bertanggung jawab untuk 40 persen dari produksi minyak dunia dan memegang mayoritas cadangan minyak dunia, menurut Administrasi Informasi Energi (EIA). OPEC terus memantau volume minyak yang dikonsumsi dan kemudian menyesuaikan produksi sendiri untuk mempertahankan harga per barel yang diinginkan. Hal ini menyebabkan fluktuasi harga di seluruh dunia.
3. Hujan Asam: Sulfur dioksida adalah salah satu polutan yang dilepaskan ketika bahan bakar fosil dibakar dan merupakan penyebab utama hujan asam. Hujan asam dapat

menyebabkan kerusakan bangunan yang terdiri dari bata. Bahkan tanaman dapat terpengaruh karena pengasaman tanah liat. Pertambangan batubara menyebabkan rusaknya ekosistem dan juga membahayakan nyawa penambang.

4. Efek pada Kesehatan Manusia: Polusi dari kendaraan dan pembangkit listrik batubara bertenaga dapat menyebabkan bahaya lingkungan yang serius. Penyakit polusi terkait berkisar dari ringan sampai parah dan secara signifikan dapat mempengaruhi kualitas hidup seseorang. Polusi udara dapat menyebabkan asma, gangguan paru obstruktif kronis atau COPD dan kanker paru-paru. Paparan jangka panjang dapat meningkatkan infeksi pernafasan pada populasi umum. Anak-anak dan orang tua yang paling rentan untuk fine partikulat dan toxicants udara lainnya.
5. Tidak Terbarukan: Saat ini, bahan bakar fosil mengalami eksploitasi yang sangat tinggi untuk memenuhi kesenjangan antara permintaan dan penawaran dan diperkirakan bahwa bahan bakar ini akan habis dalam 30-40 tahun ke depan. Karena tak terbarukan, maka ada kemungkinan bahwa biaya bahan bakar akan menghadapi kenaikan tajam dalam waktu dekat. Butuh jutaan tahun lagi untuk mengganti minyak, gas dan batubara yang telah dipakai dan ini berarti bahwa kita tidak akan mampu lagi

mobil berkendara kecuali kita beralih ke mobil listrik yang menggunakan energi dari sumber energi terbarukan. Sekali sumber-sumber energi tidak terbarukan benar-benar habis, tidak ada lagi yang tertinggal.

6. Dampak tumpahan minyak kepada kehidupan air : Bahan bakar fosil dibutuhkan dalam cadangan besar di mana pun pembangkitnya. Ini mengharuskan bahan bakar untuk diangkut ke lokasi yang diinginkan melalui truk, kereta api, kapal atau pesawat. Sering kita mendengar dari adanya kebocoran di kapal tanker minyak atau kapal tenggelam yang membawa minyak mentah. Dampak dari ini adalah bahwa minyak mentah mengandung beberapa zat beracun yang bila bercampur dengan air menimbulkan dampak serius pada kehidupan air. Transportasi minyak mentah melalui laut dapat menyebabkan tumpahan minyak yang dapat menimbulkan bahaya terhadap kehidupan air dengan mengurangi kandungan oksigen di air.
7. Pertambangan Batubara: Ekstraksi batubara dari daerah yang memiliki cadangan besar tidak hanya tugas yang sulit dan berbahaya, tetapi juga menimbulkan bahaya kesehatan yang serius bagi kehidupan beberapa pekerja yang bekerja di sana. Pertambangan batubara menghancurkan tanah

pada wilayah yang luas dan mengakibatkan ketidakseimbangan ekologi.

8. Perlu Jumlah Besar Cadangan: Pembangkit listrik batubara membutuhkan pasokan besar dan teratur batubara untuk menghasilkan sejumlah besar energi secara konstan. Ini berarti bahwa pembangkit ini banyak bahan bakar di dekat pembangkit listrik untuk melaksanakan proses menghasilkan daya. Hal ini diperlukan karena banyak negara yang masih bergantung pada batubara sebagai sumber utama untuk menghasilkan tenaga.

Teknologi untuk mendapatkan minyak lebih banyak dari bumi mengalami kemajuan, tetapi mereka tampaknya tidak akan melakukannya secepat permintaan energi tumbuh. Selain itu, sementara batubara jauh lebih banyak daripada minyak, ekstraksi batubara bisa sangat tidak aman, dan merusak lingkungan dalam skala besar, menyebabkan erosi, pengasaman lingkungan, dan kerusakan tanah.

Meskipun bahan bakar fosil dapat memenuhi kebutuhan energi kita saat ini, namun kita perlu menyiapkan sumber energi terbarukan sebagai energi alternatif seperti turbin angin, panel surya, generator pasang surut dan biomassa. Seperti yang dikatakan oleh filsuf, semuanya cukup untuk

kebutuhan setiap orang, akan tetapi tidak cukup untuk keserakahan satu orang.

## E. Kesimpulan

1. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika.
2. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi terbarukan.
3. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.
4. Energi tak terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi tak terbarukan.
5. Sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang akan habis jika dieksploitasi secara terus-menerus, antara lain, minyak bumi, gas bumi, batu bara, gambut, dan serpih bitumen.

### A. Pendahuluan

Energi mempunyai peran yang sangat penting bagi pembangunan ekonomi nasional. Energi sangat diperlukan untuk pertumbuhan kegiatan industri, jasa, perhubungan dan rumah tangga. Dalam jangka panjang, peran energi akan lebih berkembang khususnya guna mendukung pertumbuhan sektor industri dan kegiatan lain yang terkait. Meskipun Indonesia adalah salah satu negara penghasil minyak dan gas, namun berkurangnya cadangan minyak, penghapusan subsidi menyebabkan harga minyak naik dan penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan menyebabkan penurunan kualitas lingkungan hidup. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber-sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan menjadi pilihan.

Salah satu dari energi terbarukan adalah biogas, biogas memiliki peluang yang besar dalam pengembangannya. Energi biogas dapat diperoleh dari air limbah rumah tangga; kotoran cair dari peternakan ayam, sapi, babi; sampah organik dari pasar; industri makanan misalnya industri tahu/tempe, pabrik tapioka, pabrik kelapa sawit, sampah kota dan sebagainya. Namun, kapasitas terpasang pemanfaatan biogas



adalah kurang dari satu persen dari potensi biogas yang ada. Selain potensi yang besar, pemanfaatan energi biogas dengan reaktor biogas memiliki banyak keuntungan, yaitu mengurangi efek gas rumah kaca, mengurangi bau yang tidak sedap, mencegah penyebaran penyakit, menghasilkan panas dan daya (mekanis/listrik) serta hasil samping berupa pupuk padat dan cair. Pemanfaatan limbah dengan cara seperti ini secara ekonomi akan sangat kompetitif seiring naiknya harga bahan bakar minyak dan pupuk anorganik serta dapat menjaga kelestarian lingkungan sekitar.

## **B. Sejarah Biogas**

Sejarah penemuan biogas dimulai dari warga Mesir, China dan Roma kuno yang menggunakan gas metan untuk dibakar dan digunakan sebagai penghasil panas. Sedangkan proses fermentasi untuk menghasilkan gas metan pertama kali ditemukan oleh Alessandro Volta pada tahun 1776. Beberapa dekade berikutnya, pada tahun 1806, William Henry melakukan identifikasi gas yang dapat terbakar. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Becham (1868), Pasteur dan Tappeiner (1882) yang memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan. Era penelitian

Pasteur menjadi landasan untuk penelitian biogas hingga saat ini.

Adapun alat penghasil biogas secara anaerobik pertama dibangun pada tahun 1900. Pada akhir abad ke-19, riset untuk menjadikan gas metan sebagai biogas dilakukan oleh Jerman dan Perancis pada masa antara dua Perang Dunia. Selama Perang Dunia II, banyak petani di Inggris dan Benua Eropa yang membuat alat penghasil biogas kecil yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Akibat kemudahan dalam memperoleh bahan bakar minyak dan harganya yang murah pada tahun 1950-an, proses pemakaian biogas ini mulai ditinggalkan. Tetapi, di negara-negara berkembang kebutuhan akan sumber energi yang murah dan selalu tersedia selalu ada. Oleh karena itu, di India kegiatan produksi biogas terus dilakukan semenjak abad ke-19. Saat ini, negara berkembang lainnya, seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Nugini, telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat penghasil biogas. Selain di negara berkembang, teknologi biogas juga telah dikembangkan di negara maju seperti Jerman.

58

Teknologi biogas mulai diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1970-an. Pada awalnya teknik pengolahan limbah dengan instalasi biogas dikembangkan di wilayah pedesaan,

tetapi saat ini teknologi ini sudah mulai diterapkan di wilayah perkotaan. Pada tahun 1981, pengembangan instalasi biogas di Indonesia dikembangkan melalui Proyek Pengembangan Biogas dengan dukungan dana dari *Food and Agriculture Organization* (FAO) dengan dibangun contoh instalasi biogas di beberapa provinsi. Mulai tahun 2000-an telah dikembangkan reaktor biogas skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksi sederhana yang terbuat dari plastik secara siap pasang dan dengan harga yang relatif murah.

50

### C. Biogas

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). Proses fermentasi ini sebetulnya terjadi secara alamiah tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama. Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan karena keberadaan bahan baku akan terus ada selama kehidupan ini masih berlangsung. Biogas berbeda dengan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) yang merupakan bahan bakar tidak dapat diperbaharui. Pada umumnya semua jenis bahan organik yang diproses untuk menghasilkan biogas, tetapi

15

hanya bahan organik padat dan cair homogen seperti kotoran urin hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas. Diperkirakan ada tiga jenis bahan baku untuk dikembangkan sebagai bahan baku biogas di Indonesia, antara lain kotoran hewan dan manusia, sampah organik, dan limbah cair.

Biogas bersifat bersih, berwarna biru tidak berasap hitam selain itu derajat panasnya lebih tinggi dari bahan bakar minyak tanah, arang, dan kayu bakar serta dapat disimpan untuk penggunaan yang akan datang (Darminto, 1984). Gas yang dihasilkan sebagian besar terdiri atas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas lainnya yang didapat dari hasil penguraian material organik. *Methane* atau metana adalah zat yang tidak kelihatan dan berbau. Jika kandungan gas  $\text{CH}_4$  lebih dari 50%, maka campuran gas ini mudah terbakar akan relatif lebih bersih daripada batubara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Temperatur ideal proses fermentasi untuk pembentukan biogas berkisar  $30^\circ\text{C}$  (Sasse, L., 1992 dalam Junaedi, 2002).

Biogas diproduksi secara anaerob melalui tiga tahap yakni hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis (Veziroglu, 1991).

Dalam produksi biogas, semua jenis limbah organik dapat digunakan sebagai substrat seperti limbah dapur, kebun, kotoran sapi dan buangan domestik. Sumber biomassa atau limbah yang berbeda akan menghasilkan perbedaan kuantitas biogas (Werner dkk., 1989).

#### D. Komposisi Biogas

Komponen biogas yang paling penting adalah gas metan, selain itu juga gas-gas lain yang dihasilkan dalam ruangan yang disebut digester. Biogas dapat dihasilkan pada hari ke 4–5 sesudah biodigester terisi penuh, dan mencapai puncaknya pada hari ke 20–25. Proses fermentasi dengan suhu optimum 35°C dan pH optimum pada *range* 6,4 – 7,9. Akan tetapi perlu juga dipertimbangan ketinggian lokasi pembuatannya karena pada suhu dingin biasanya bakteri lambat berproses sehingga biogas yang dihasilkan mungkin lebih lama. Komposisi gas yang terdapat di dalam biogas dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Komposisi gas yang terdapat dalam biogas

Komponen	%
Metana (CH <sub>4</sub> )	55-75
Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	25-45
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	0-0,3
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	1-5
Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)	1-5
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0,1-0,5

Sumber: Sitepu, 2013

## E. Proses Pembuatan Biogas

Proses pembuatan biogas dilakukan secara fermentasi yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi anaerob dengan bantuan bakteri anaerob di dalam suatu digester sehingga akan dihasilkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang volumenya lebih besar dari gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) dan asam sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ).<sup>28</sup> Bakteri merombak bahan organik menjadi biogas dan pupuk organik. Proses pelapukan bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi anaerob (Polpresert, 1980).

<sup>3</sup> Ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:

1. Kelompok bakteri fermentatif: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*.
2. Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*
3. Kelompok bakteri metana: *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*.

Berbagai jenis bakteri dan substrat yang digunakan untuk menghasilkan gas metan pada reaksi pembentukan metana ditunjukkan pada Tabel 2.2<sup>93</sup>

Tabel 2.2 Berbagai Macam Bakteri Penghasil Metan dan Substratnya

Bakteri	Substrat	Produk
<i>Methanobacterium formicum</i>	CO H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> Formate	CH <sub>4</sub>
<i>Methanobacterium mobilis</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> Formate	CH <sub>4</sub>
<i>Methanobacterium propionicum</i>	Propionate	CO <sub>2</sub> + Acetate
<i>Methanobacterium ruminantium</i>	Formate H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
<i>Methanobacterium sohngenii</i>	Acetate butyrate	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>Methanobacterium suboxydans</i>	Caproate dan butyrate	Propionate dan Acetate
<i>Methanococcus mazei</i>	Acetate dan Butyrate	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>Methanobacterium vannielii</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> Formate	CH <sub>4</sub>
<i>Methanosarcina barkeri</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> Methanol	CH <sub>4</sub>
	Acetate	CH <sub>4</sub>
		CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>Methanobacterium methanica</i>	Acetate Butyrate	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>Methanococcus mazei</i>	Acetate dan Butyrate	CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>
<i>Methanobacterium vannielii</i>	H <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> Formate	CH <sub>4</sub>

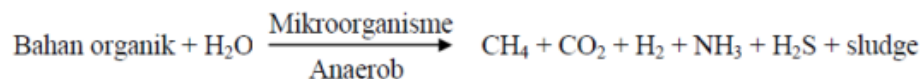
Sumber : Khandelwal,1978

39

Bakteri methanogen secara alami dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti: air bersih, endapan air laut, sapi, kambing, lumpur (sludge) kotoran anaerob ataupun TPA (Tempat Pembuangan Akhir).

## F. Reaksi Kimia Pembuatan Biogas

Reaksi pembentukan biogas dapat dilihat pada



Proses perombakan bahan organik secara anaerob yang terjadi di dalam digester, terdiri atas empat tahapan proses yaitu hidrolisis, fermentasi (asidogenesis), asetogenesis dan metanogenesis:

## 1. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan langkah awal untuk hampir semua proses penguraian dimana bahan organik akan dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga dapat diurai oleh bakteri pada proses fermentasi (Deublein dkk. 2008). Dalam proses hidrolisis, molekul-molekul kompleks seperti karbohidrat, lemak, dan protein dihidrolisis menjadi gula, asam lemak dan asam amino oleh enzim ekstraselular dari bakteri fermentatif (Ahmad dkk., 2011). Pada tahap hidrolisis, bahan organik padat maupun yang mudah larut berupa molekul besar dihancurkan menjadi molekul kecil agar molekul-molekul tersebut larut dalam air. Bakteri yang berperan dalam tahap hidrolisis ini adalah sekelompok bakteri anaerobik, adapun jenis bakteri pada hidrolisis dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3. Klasifikasi Bakteri Hidrolisis Berdasarkan Substrat Yang Diolah

Bakteri	Substrat yang dihidrolisis
<i>Acetivibrio</i>	Karbohidrat/polisakarida
<i>Peptostreptococcus</i> , dan <i>Bifidbacterium</i>	Protein
<i>Clostridium</i>	Lemak

Tahap pertama ini sangat penting karena molekul organik besar yang terlalu besar untuk langsung diserap dan digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber





### 3. Asetogenesis

Produk yang terbentuk selama asetogenesis disebabkan oleh sejumlah mikroba yang berbeda, misalnya, *Syntrophobacter wolinii* dekomposer propionat dan *Wolfei syntrophomonos* dekomposer butirat dan pembentuk asam lainnya adalah *Clostridium spp*, *Peptococcus anerobus*, *Lactobacillus*, dan *Actinomyces* (Verman,2002). Asam lemak volatil dengan empat atau lebih rantai karbon tidak dapat digunakan secara langsung oleh metanogen. Asam-asam organik ini dioksidasi terlebih dahulu menjadi asam asetat dan hidrogen oleh bakteriasetogenik penghasil hidrogen melalui proses yang disebut asetogenesis. Asetogenesis juga termasuk pada produksi asetat dari hidrogen dan karbon dioksida oleh asetogen dan homoasetogen. Kadang-kadang proses asidogenesis dan asetogenesis dikombinasikan sebagai satu tahapan saja. Reaksi asetogenesis dapat dilihat di bawah ini:

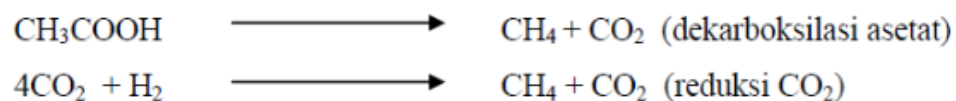


Pada tahap *asetogenesis*, sebagian besar hasil fermentasi asam harus dioksidasi di bawah kondisi anaerobik menjadi asam asetat, CO<sub>2</sub>, dan hidrogen yang akan menjadi substrat bakteri metanogen. Bakteri pembentuk oksidasi ini adalah bakteri *syntrofik* atau bakteri *asetogen* atau mikroba obligat pereduksi proton. Salah satunya adalah asam propionat akan dioksidasi oleh bakteri *Syntrophobacter wolinii* menjadi produk yang digunakan oleh bakteri metanogen dalam pembentukan gas metana. Saat bakteri *asetogen* memproduksi asetat, hidrogen akan ikut terbentuk. Jika terjadi akumulasi pembentukan hidrogen dan tekanan hidrogen, hal ini akan mengganggu aktivitas bakteri *asetogen* dan kehilangan produksi asetat dalam jumlah besar. Oleh karena itu, bakteri *asetogen* mempunyai hubungan simbiosis dengan bakteri pembentuk metana yang menggunakan hidrogen untuk memproduksi metana. Hubungan simbiosis ini akan mempertahankan konsentrasi hidrogen pada tahap ini tetap rendah, sehingga bakteri asetogen dapat bertahan (Broughton, 2009).

#### 4. *Metanogenesis*

Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses digestasi anaerobik, karena proses reaksi biokimia yang paling lambat. Metanogenesis ini sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Komposisi bahan baku, laju umpan, temperatur, dan pH adalah contoh faktor yang mempengaruhi proses pembentukan gas metana. Digester *over loading* perubahan suhu atau masuknya besar oksigen dapat mengakibatkan penghentian produksi metana (Dueblein dkk, 2008).

Pada akhirnya gas metana diproduksi dengan dua cara. Pertama adalah mengkonversikan asetat menjadi karbon dioksida dan metana oleh organisme asetropik dan cara lainnya adalah dengan mereduksi karbon dioksida dengan hidrogen oleh organisme hidrogenotropik. Berikut ini adalah reaksi utama (reaksi metanogenesis) yang terlibat dalam konversi substrat menjadi metana dapat dilihat sebagai berikut:



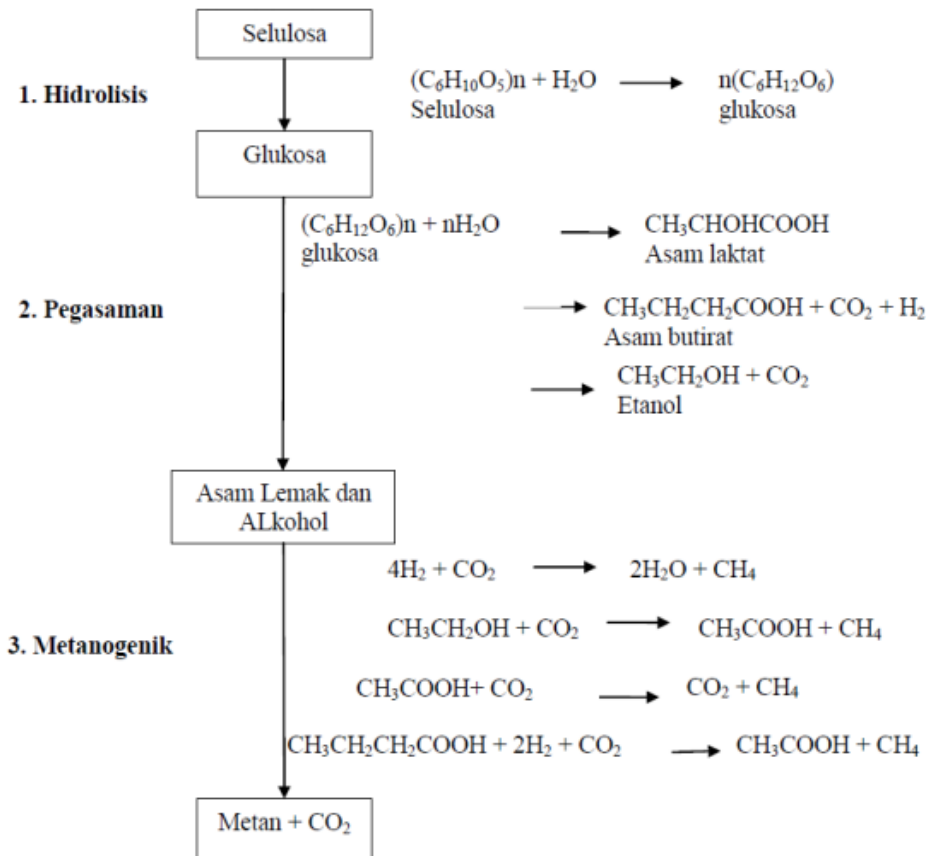
Substrat metanogen termasuk asetat, metanol, hidrogen, karbon dioksida, format, metanol, karbon monoksida, methylamines, metil merkaptan, dan logam

berkurang. Dalam kebanyakan ekosistem non-gastrointestinal 70% atau lebih dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, tergantung dari jenis organik (Broughton, 2009) dan 30% oleh mengkonsumsi hidrogen (Lu, 2006). Hanya ada dua kelompok yang dikenal metanogen yang memecah asetat: *Methanosaeta* dan *Methanosarcina*, sementara ada banyak kelompok yang berbeda dari metanogen yang menggunakan gas hidrogen, termasuk *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanogenium* dan *Methanobrevibacter*. *Methanosaeta* dan *Methanosarcina* memiliki tingkat pertumbuhan yang berbeda dan juga berbeda mengenai kemampuan mereka untuk memanfaatkan asetat. *Methanosarcina* tumbuh lebih cepat, tetapi menemukan kesulitan untuk menggunakan asetat pada konsentrasi rendah, dibanding *Methanosaeta*. Namun, kehadiran organisme ini dipengaruhi tidak hanya oleh konsentrasi asetat, tetapi juga oleh faktor-faktor seperti beban frekuensi dan pencampuran. Karena produsen metana umumnya tumbuh sangat lambat, hal ini sering tahap membatasi laju dari proses biogas (Schnurer, 2009).

28

Biogas terbentuk dari perombakan bahan organik kompleks, Bahan ini akan mengalami perombakan secara

anaerob melalui empat tahap dimulai dari hidrolisi hingga metanogenesis. Tahapan-tahapan pembentukan biogas secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1. Skema Proses Perombakan Secara Anaerob (Grady dkk, 1999)

## G. Faktor Penghambat Laju Biogas

20 Banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan produksi biogas. Faktor pendukung untuk mempercepat proses fermentasi adalah kondisi lingkungan yang optimal bagi

pertumbuhan bakteri perombak. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas sebagai berikut (Simamora dkk, 2006), yaitu:

88

#### 1. Kondisi anaerob atau kedap udara

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Karena itu, instalasi pengolah biogas harus kedap udara (keadaan anaerob).

#### 2. Bahan baku isian

Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, limbah pertanian, sisa dapur, sampah organik dan limbah organik. Bahan baku isian ini harus terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, plastik, dan beling. Bahan isian ini harus mengandung bahan kering sekitar 7-9%. Keadaan ini dapat dicapai dengan melakukan pengenceran menggunakan air yang perbandingannya 1:1 (bahan baku:air).

#### 3. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap mikroorganisme, derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8. Pada tahap awal fermentasi bahan organik akan terbentuk asam (asam organik) yang akan menurunkan pH. Pada tahap awal proses fermentasi, asam organik dalam jumlah besar

diproduksi oleh bakteri pembentuk asam, pH dalam digester dapat mencapai dibawah 5. Keadaan ini cenderung menghentikan proses pencernaan atau proses fermentasi. Bakteri-bakteri metanogenik sangat peka terhadap pH dan tidak bertahan hidup dibawah pH 6. Mencegah terjadinya perunan pH dapat dilakukan dengan menambahkan larutan kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) atau kapur ( $\text{CaCO}_3$ ). Kemudian proses pencernaan berlangsung, konsumen  $\text{NH}_4$  bertambah pencernaan nitrogen dapat meningkatkan nilai pH diatas 8. Ketika produksi metana dalam kondisi stabil, kisaran nilai pH adalah 7,2 – 8,2.

#### 4. Suhu

Bakteri metanogen dalam keadaan tidak aktif pada kondisi suhu ekstrim tinggi maupun rendah. Suhu optimum yaitu  $35^\circ\text{C}$ . Ketika suhu udara turun sampai  $10^\circ\text{C}$  produksi gas menjadi berhenti. Produksi gas sangat bagus yaitu pada kisaran mesofilik, antara suhu  $25^\circ\text{C}$  dan  $30^\circ\text{C}$ . Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan digester rentan mengalami kerusakan , sehingga dibutuhkan pemeliharaan yang saksama. Penggunaan digester yang kedap udara seperti *fiber glass* dapat membantu mengatasi perubahan suhu karena selama proses fermentasi tidak akan terpengaruh oleh suhu udara luar. Penggunaan isolasi yang



memadai pada digester membantu produksi gas khususnya di daerah dingin.

5. *Loading rate* (Laju pengumpanan)

*Loading rate* (Laju pengumpanan) adalah jumlah bahan yang dimasukkan ke dalam digester per unit kapasitas per hari. Apabila terjadi pemasukan bahan yang berlebihan, akan terjadi akumulasi asam dan produksi metana akan terganggu. Sebaliknya, bila pengumpanan kurang dari kapasitas digester, produksi gas juga menjadi rendah. Agar fermentasi berlangsung dengan optimal, perlu pengisian bahan organik yang kontinu setiap hari dengan memperhitungkan waktu tinggal dan volume digester. Jumlah bahan pengisi yang terlalu banyak dapat mengganggu proses akumulasi asam dan produksi metana, sebaliknya bila terlalu sedikit maka produksi biogas menjadi rendah.

6. Waktu tinggal dalam digester

Waktu tinggal dalam digester adalah rata-rata periode waktu saat input masih berada dalam digester dan proses fermentasi oleh bakteri metanogen. Waktu tinggal juga tergantung pada suhu. Di atas suhu 35° C atau suhu lebih tinggi, waktu tinggal semakin dekat.

## 7. Toxicity

Zat toksin yang terkandung dalam bahan organik atau alat produksi biogas dapat menjadi penghambat pertumbuhan mikroorganisme sehingga menurunkan produksi biogas. Zat toksin tersebut di antaranya ion mineral dan logam berat, seperti tembaga, detergen, pestisida, kaporit, dan antibiotik yang bersifat racun. Ion mineral dibutuhkan untuk merangsang pertumbuhan mikroorganisme dalam digester. Namun, jika terlalu banyak dapat menjadi racun bagi mikroorganisme tersebut. Sebagai contoh,  $\text{NH}_4$  pada konsentrasi 50 hingga 200 mg/l, dapat merangsang pertumbuhan mikroba. Namun, bila konsentrasinya di atas 1.500 mg/l, akan mengakibatkan keracunan. Untuk mengurangi pencampuran bahan baku organik dengan zat toksin, sebaiknya tidak menggunakan air campuran yang mengandung toksin, seperti air sawah yang telah disemprot pestisida, campuran air sabun, dan sumber air yang teremari oleh bahan kimia lainnya. Tingkatan racun dari beberapa zat penghambat dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Tingkatan Racun dari Beberapa Zat Penghambat

Zat Penghambat	Konsentrasi
Sulfat ( $\text{SO}_4^{-2}$ )	5.000 ppm
Sodium Klorida atau garam (NaCl)	40.000 ppm
Nitrat (dihitung sebagai N)	0,05 mg/l
Tembaga ( $\text{Cr}^{+2}$ )	100 mg/l
Khrom ( $\text{Cr}^{+3}$ )	200 mg/l
Nikel ( $\text{Ni}^{+3}$ )	200-500 mg/l
Sodium ( $\text{Na}^+$ )	3.500- 5.500 mg/l
Potasium ( $\text{K}^+$ )	2.500- 4.500 mg/l
Kalsium ( $\text{Ca}^{+2}$ )	2.500- 4.500 mg/l
Magnesium ( $\text{Mg}^{+2}$ )	1.000-1.500 mg/l
Mangan ( $\text{Mn}^{+2}$ )	>1.500 mg/l

## 8. Sludge

*Sludge* adalah limbah keluaran berupa lumpur dari lubang pengeluaran digester setelah mengalami proses fermentasi oleh bakteri metana dalam kondisi anaerobik. Setelah ekstraksi biogas (energi). *Sludge* dari digester sebagai produk samping dari sistem pencernaan secara aerobik. Kondisi ini, dapat dikatakan manur dalam keadaan stabil dan bebas patogen serta dapat dipergunakan untuk memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman.

14

## 9. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas. Pengadukan dilakukan sebelum bahan tersebut ke dalam digester dan setelah berada di dalam digester. Selain untuk mencampur bahan,

pengadukkan juga berfungsi untuk mencegah terjadinya pengendapan di dasar digester yang dapat menghambat pembentukan biogas. Pengendapan terjadi jika bahan yang digunakan berasal dari kotoran kering. Setelah ditambahkan air sampai kekentalan yang diinginkan, pengadukan mutlak diperlukan agar kotoran tidak mengendap.

#### 10. Waktu retensi

Waktu retensi adalah rata-rata periode saat bahan masukan masih dalam digester dan selama proses fermentasi oleh bakteri metanogen. Waktu retensi sangat dipengaruhi oleh faktor lainnya, seperti suhu, pengenceran, dan laju pemasukan bahan. Waktu retensi atau waktu tinggal yang dibutuhkan di dalam digester sekitar 29-60 hari, tergantung pada jenis bahan organik yang digunakan. Waktu retensi akan semakin singkat jika suhu lebih dari 35°C.

#### 11. Starter

Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik hingga menjadi biogas. Starter merupakan mikroorganisme perombak yang telah dijual komersial. Bisa juga menggunakan lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. Beberapa jenis starter antara lain:

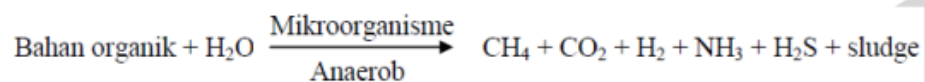
- 3  
a. Starter alami, yaitu lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, air comberan atau cairan *septic tank*, *sludge*, timbunan kotoran, dan timbunan sampah *organic*.
- b. Starter semi buatan, yaitu dari fasilitas biodigester dalam stadium aktif.
- c. Starter buatan, yaitu bakteri yang dibiakkan secara laboratorium dengan media buatan.

## H. Kesimpulan

- 53  
1. Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara).
- 7  
2. Biogas bersifat bersih, berwarna biru tidak berasap hitam selain itu derajat panasnya lebih tinggi dari bahan bakar minyak tanah, arang, dan kayu bakar serta dapat disimpan untuk penggunaan yang akan datang.
- 16  
3. Gas yang dihasilkan sebagian besar terdiri atas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas lainnya yang didapat dari hasil penguraian material organik.
4. *Methane* atau metana adalah zat yang tidak kelihatan dan berbau.

- 26
5. Biogas dapat dihasilkan pada hari ke 4–5 sesudah biodigester terisi penuh, dan mencapai puncaknya pada hari ke 20–25. Komposisi gas yang terdapat di dalam biogas Metana (CH<sub>4</sub>) sebesar 55-75%, Karbon dioksida sebesar (CO<sub>2</sub>) 25-45%, Nitrogen (N<sub>2</sub>) sebesar 0-0,3%, Hidrogen (H<sub>2</sub>) sebesar 1-5%, Hidrogen Sulfida (H<sub>2</sub>S) sebesar 1-5%, Oksigen (O<sub>2</sub>) sebesar 0,1-0,5%.
  6. Proses pembuatan biogas dilakukan secara fermentasi yaitu proses terbentuknya gas metana dalam kondisi anaerob dengan bantuan bakteri anaerob di dalam suatu digester.
  - 37
    7. Ada tiga kelompok bakteri yang berperan dalam proses pembentukan biogas, yaitu:
      - a. Kelompok bakteri fermentatif: *Streptococci*, *Bacteriodes*, dan beberapa jenis *Enterobacteriaceae*.
      - b. Kelompok bakteri asetogenik: *Desulfovibrio*
      - c. Kelompok bakteri metana: *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosacaria*, dan *Methanococcus*.

8. Reaksi pembentukan biogas dapat dilihat pada



9. Proses perombakan bahan organik secara anaerob yang terjadi di dalam digester, terdiri atas empat tahapan proses yaitu hidrolisis, fermentasi (asidogenesis), asetogenesis dan metanogenesis:
10. Faktor yang memfasilitasi dan menghambat telah memainkan peranan dalam proses pembuatan biogas antara lain:
  - a. Kondisi anaerob atau kedap udara
  - b. Bahan baku isian
  - c. Derajat keasaman (pH)
  - d. Suhu
  - e. *Loading rate* (Laju pengumpanan)
  - f. Waktu tinggal dalam digester
  - g. *Toxicity*
  - h. *Sludge*
  - i. Pengadukan
  - j. Waktu retensi
  - k. Starter

## BAB III BAHAN BAKU BIOGAS

### A. Pendahuluan

Bahan baku pembuatan biogas sangat melimpah di sekitar kita. Beragam jenis limbah kotoran selalu tersedia, terutama di daerah pemukiman dan sentra peternakan. Bahan baku juga dapat diperoleh dari limbah pertanian, berupa sisa hasil panen dan tumbuhan-tumbuhan liar. Bahan baku juga dapat diperoleh dari limbah organik. Limbah organik dapat berasal dari sisa tumbuh-tumbuhan, rumput-rumputan, atau sisa proses industri misalnya limbah organik cair yang berupa limbah industri tahu, tempe, industri tapioka, industri gula. Namun, setiap bahan baku memiliki nilai tertentu yang ditentukan jenisnya, baik berdasarkan nilai ekonomis maupun kemampuannya dalam menghasilkan biogas

### B. Syarat Bahan Baku Biogas

Bahan utama biogas adalah bahan organik dan air. Bahan baku yang dimanfaatkan untuk biogas harus memiliki beberapa persyaratan atau kriteria yaitu:

- Bahan organik (sampah, limbah pertanian, harus mengandung unsur karbon dan hidrogen serta nitrogen. Unsur nitrogen diperlukan bakteri untuk pembentukan sel.



- Agar fermentasi lebih cepat, bahan yang kasar harus digiling atau dirajang terlebih dahulu.
- Bahan baku harus berbentuk bubur oleh karena itu kandungan air harus cukup tinggi (optimum : 7-9%). Kadar air dalam kotoran sapi kira-kira 18% (rata-rata hewan 11-25%), maka perlu diencerkan dengan perbandingan 1:1.
- Air yang tidak mengandung zat-zat yang dapat menghambat pemngembangbiakan bakteri.
- Perbandingan unsur karbon dan nitrogen (C/N) paling baik untuk pembentukan biogas adalah 30.

Adapun parameter nilai yang memenuhi syarat sebagai bahan baku biogas tampak pada Tabel 3.1 yaitu:

Tabel 3.1. Parameter Nilai Syarat Bahan Baku Biogas

Nilai pH	7,3
Suhu	26°C
%N	6
COD	12.080 mg/L
%C	47,32
C/N	7,9
VS	4,222 g/L
Total Solid (TS)	4,957 g/L

### C. Sumber Bahan Baku Biogas

Biogas adalah gas yang mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap

udara). Pada umumnya semua jenis bahan organik yang diproses untuk menghasilkan biogas, tetapi hanya bahan organik padat dan cair homogen seperti kotoran urin hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas. Beberapa bahan lain yang digunakan adalah dari kotoran manusia, sampah bio (organik), dan sisa proses pembuatan tahu. Adapun bahan baku biogas antara lain:

- **Biogas dari Limbah Peternakan**

<sup>2</sup> Kegiatan peternakan sapi dapat memberikan dampak positif seperti terhadap pembangunan, yaitu berupa peningkatan pendapatan peternak, perluasan kesempatan kerja, peningkatan ketersediaan pangan, dan penghemat devisa (Wahyuni, 2009). Namun apabila tidak dikelola dengan tepat kegiatan ini akan menimbulkan permasalahan lingkungan. Pada dasarnya penggunaan biogas memiliki keuntungan ganda yaitu gas metan yang dihasilkan bisa berfungsi sebagai bahan bakar, sedangkan limbah cair dan limbah padat dapat digunakan sebagai pupuk organik. Potensi produksi gas pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2. Potensi produksi gas dari berbagai tipe kotoran ternak.

Tipe Kotoran Ternak	Produksi gas per kg kotoran (m <sup>3</sup> )
Sapi	0,023-0,040
Babi	0,040-0,059
Peternakan ayam	0,065-0,116

Sumber : United Nations. 1984

- **Biogas dari Limbah Sayur Pasar**

23

Limbah sayuran di pasar dapat digunakan sebagai biogas.

Limbah yang dapat digunakan sebagai biogas antara lain:

7

a. Limbah Kol: Limbah kol yang didapatkan di pasar, merupakan bagian kol hasil penyiangan. Kol termasuk sayuran dengan kadar air tinggi (> 90%) sehingga mudah mengalami pembusukan/kerusakan.

23

b. Limbah Sawi: Jenis limbah sawi yang banyak di pasaran yaitu limbah sawi hijau/caisim dan sawi putih. Sawi memiliki kadar air yang cukup tinggi, mencapai lebih dari 95%, sehingga mudah mengalami pembusukan/kerusakan.

- **Biogas dari Limbah Cair Industri Tahu**

Indonesia merupakan negara agraris dengan mayoritas penduduknya sebagai petani. Salah satu hasil pertanian adalah kedelai setelah padi dan jagung. Kedelai merupakan jenis kacang-kacangan yang kaya akan nutrisi.

Kedelai memiliki kandungan yang bermanfaat bagi tubuh manusia, diantaranya kaya akan protein, serat, asam

85

lemak omega-6, antioksidan hingga fitoestrogen. Tidak heran jika kedelai digemari hampir seluruh lapisan masyarakat. Terdapat beberapa olahan kedelai yang merupakan makanan pokok maupun sampingan dari penduduk Indonesia. Salah satu olahan tersebut adalah tahu. Tahu adalah makanan yang dibuat dari kacang kedelai yang difermentasikan dan diambil sarinya (Setiawan, 2014). Selain mengandung gizi yang baik, enak rasanya, pembuatan tahu juga relatif murah dan sederhana. Hal ini menyebabkan menjamurnya industri tahu di Indonesia. Jumlah industri tahu di Indonesia mencapai kurang lebih 84.000 unit usaha. Dengan kapasitas produksi lebih dari 2,56 juta ton per tahun.

Industri tahu merupakan industri rakyat yang berbentuk *home industri* (industri rumah tangga) dengan modal yang terbatas. Meskipun modal yang digunakan kecil, tetapi industri ini membantu perekonomian Indonesia dengan mengurangi jumlah pengangguran di negeri ini. Industri tahu di Indonesia rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana dan sumber daya manusia yang terlibat pada umumnya bertaraf pendidikan yang relatif rendah. Selain itu sebagian besar industri tahu tidak dilengkapi dengan unit pengolahan air

limbah. Hal ini mengakibatkan tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) dirasakan masih rendah dan tingkat limbah yang dihasilkan relatif tinggi, serta belum banyak yang melakukan pengolahan limbah. (Subekti, 2011).

Kegiatan industri tahu selalu menghasilkan limbah setiap harinya. Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun rumah tangga. Pada proses produksi tahu menghasilkan 2 jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Limbah padat merupakan limbah yang dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan. Limbah padat dapat dimanfaatkan lagi dengan cara dijual dan diolah menjadi tempe gembus, kerupuk ampas tahu, pakan ternak, dan diolah menjadi tepung ampas tahu yang akan dijadikan bahan dasar pembuatan roti kering dan cake. Limbah cair adalah limbah yang dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi (Subekti, 2011). Industri tahu menyumbang limbah cair yang diprediksi mencapai 20 juta meter kubik (m<sup>3</sup>) per tahun. Jumlah limbah cair tahu dari 1 kg kedelai setiap proses adalah rata-rata sebesar 43,5 liter dengan

kandungan protein, lemak, karbohidrat, vitamin, asam organik, asam amino, isoflavon, saponin, P, Ca, Fe dan nutrisi lain (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987; Barbosa dkk., 2006; Tang dan Ma, 2009 dalam Widayat, 2015). Karakteristik dari limbah tahu yaitu mengandung bahan organik yang tinggi berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak yang tinggi (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987) dan dapat segera terurai dalam lingkungan berair (EMDI-Bapedal, 1994) menjadi senyawa-senyawa organik turunan yang dapat mencemari lingkungan.

Dari kedua jenis limbah tersebut, limbah cair merupakan bagian terbesar daripada limbah padat dengan perbandingan 7:1 (Ridhuan, 2016). Limbah cair tahu belum dimanfaatkan sama sekali atau langsung dibuang begitu saja ke tanah dan perairan. Limbah cair pabrik tahu ini memiliki kandungan senyawa organik yang tinggi. Jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuat tahu kira-kira 15-20 l/kg bahan baku kedelai, sedangkan bahan pencemarnya kira-kira untuk TSS sebesar 30 kg/kg bahan baku kedelai, BOD 65 g/kg bahan baku kedelai dan COD 130 g/kg bahan baku kedelai (EMDI & bapedal, 1994).

Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah airan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut air dadih. Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. <sup>78</sup> Limbah yang dibuang ke perairan kadar zat organik (BOD) masih cukup tinggi yaitu sekitar 400 – 1 400 <sup>1</sup> mg/l (Damayanti, 2004 dalam Ridhuan, 2016). Tanpa proses penanganan dengan baik, limbah tahu menyebabkan dampak negatif seperti polusi air, sumber penyakit, bau tidak sedap, meningkatkan pertumbuhan nyamuk, dan menurunkan estetika lingkungan sekitar (Rahayu, 2009).

Menurut hasil penelitian Basuki (2008), limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan <sup>63</sup> gas metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), gas-gas lain, dan <sup>56</sup> air. Gas metana merupakan bahan dasar pembuatan biogas. Biogas adalah gas pembusukan bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob. Gas ini tidak berbau, tidak berwarna, dan sangat mudah terbakar. Biogas sebanyak 1000 ft<sup>3</sup> (28,32 m<sup>3</sup>) mempunyai nilai

pembakaran yang sama dengan *gallon* (1 US *gallon* = 3,785 liter) butana atau 5,2 *gallon* gasolin (bensin) atau 4,6 *gallon* minyak diesel. Menurut Dewanto (2008) limbah cair tahu mempunyai kandungan metana lebih dari 50%, sehingga sangat memungkinkan sebagai bahan baku sumber energi biogas.

Tabel 3.3 Komposisi Limbah Cair Industri Tahu

Kandungan	Jumlah (%)
Protein	7,68
Lemak	4,8
Karbonhidrat	1,6
Kalsium	0,12
Air	85,8

Sumber: EMDI dan BAPEDAL 2004

Menurut Eckenfelder (1989), parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter air buangan industri adalah :

- a. *Parameter fisika*, seperti kekeruhan, suhu, zat padat, bau dan lain-lain
- b. *Parameter kimia*, dibedakan atas :
  - 1) Kimia Organik : kandungan organik (BOD, COD, TOC), oksigen terlarut (DO), minyak/lemak, Nitroge-Total (N Total), dan lain-lain.
  - 2) Kimia Anorganik : pH, Ca, Pb, Fe, Cu, Na, sulfur, H<sub>2</sub>S, dan lain-lain



Beberapa parameter kimia organik dari limbah cair tahu yang penting antara lain :

117

- *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical Oxygen Demand (COD)* atau kebutuhan oksigen kimia adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Wisnu, 2012). Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup.

118

- *Biological Oxygen Demand (BOD)*

*Biological Oxygen Demand (BOD)* merupakan parameter yang digunakan untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair (MetCalf and Eddy, 2003). Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi.

36

- *Total Suspended Solid (TSS)*

*Total Suspended Solid (TSS)* adalah jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami pengeringan. Penentuan zat padat tersuspensi (TSS) berguna untuk mengetahui kekuatan pencemaran air limbah *domestic*, dan juga berguna untuk penentuan efisiensi unit pengolahan air (BAPPEDA, 2012).

- *Nitrogen Total (N-Total)*

*Nitrogen Total (N-Total)* yaitu fraksi bahan-bahan organik campuran senyawa kompleks antara lain asam-amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino). Dalam analisis limbah cair N-Total terdiri dari campuran N-organik, N-amonia, nitrat dan nitrit (Sawyer dkk, 1994). Nitrogen organik dan nitrogen amonia dapat ditentukan secara analitik menggunakan metode Kjeldahl, sehingga lebih lanjut konsentrasi keduanya dapat dinyatakan sebagai Total Kjeldahl Nitrogen (TKN). Senyawa-senyawa N-Total adalah senyawa-senyawa yang mudah terkonversi menjadi amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) melalui aksi mikroorganisme dalam lingkungan air atau tanah (MetCalf dan Eddy, 2003).

Menurut Kuswardani (1985) limbah cair industri tahu mengandung N-Total sebesar 434,78 mg/L.

- *Power of Hydrogen (pH)*

*Power of Hydrogen (pH)* adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H<sup>+</sup>) yang terlarut. Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam (BPPT, 1997), pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk.

Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam fermentasi anaerob adalah keberadaan senyawa-senyawa tertentu yang bertindak sebagai inhibitor. Oleh karena itu, perlu ditambahkan sesuatu pada bahan baku supaya menghilangkan pengaruh inhibitor yang ada.

Jenis-jenis bahan organik yang diproses termasuk beberapa contoh di atas sangat mempengaruhi kualitas biogas yang dihasilkan. Pemilihan bahan biogas dapat ditentukan dari perbandingan kadar C (karbon) dan N (nitrogen) dalam bahan tersebut. Bahan organik yang umumnya mampu menghasilkan kualitas biogas yang tinggi mempunyai rasio

C/N sekitar 20-30 (Sasse, 1988) atau 20-25 (Dennis A., 2001). Perbandingan C dan N dalam bahan biogas merupakan faktor penting untuk berkembangnya bakteri yang akan menguraikan bahan organik tersebut. Pada perbandingan C/N kurang dari 8, dapat menghalangi aktivitas bakteri akibat kadar amonia yang berlebihan (Uli Werner, 1989). Pada perbandingan C/N lebih dari 43 mengakibatkan kerja bakteri juga terhambat (Dennis A., 2001). Walaupun demikian, parameter ini bukan jaminan satu-satunya untuk kualitas biogas yang tinggi karena masih terdapat beberapa parameter lain yang harus diperhatikan khususnya pada reaktor biogas (*biodigester*). Rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tidak semua bahan organik terurai menjadi gas dalam *digester anaerob*. Bakteri *anaerob* tidak menguraikan lignin dan beberapa jenis hidrokarbon. *Digester* yang berisi kotoran yang mengandung nitrogen tinggi dan belerang yang rendah dapat menghasilkan racun berupa amonia dan H<sub>2</sub>S.

proses fermentasi dalam *biodigester* sendiri berlangsung secara alami. Mikroba (bakteri) yang berfungsi untuk menguraikan bahan organik juga dapat terbentuk secara alami asalkan kondisi *biodigester* terpenuhi untuk tumbuhnya bakteri tersebut. Ciri fisik yang terlihat dari terjadinya proses

fermentasi alami adalah terbentuknya gelembung pada permukaan air.

Tabel 3.4 Komposisi Biogas Secara Umum

Bahan organik	N dalam %	C/N
Kotoran manusia	6	5,9-10
Kotosan sapi	1,7	16,6-25
Kotoran babi	3,8	6,2-12,5
Kotoran ayam	6,3	5-7,1
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran domba	3,8	33
Jerami	4	12,5-25
Lucemes	2,8	16,6
Alga	1,9	100
Gandum	1,1	50
Serbuk jerami	0,5	100-125
Ampas tebu	0,3	140
Serbuk gergaji	0,1	200-500
Kol	3,6	12,5
Tomat	3,3	12,5
Mustard (Runch)	1,5	25
Kulit kentang	1,5	25
Sekam	0,6	67
Bonggol Jagung	0,8	50
Daun yang gugur	1	50
Batang kedelai	1,3	33
Kacang toge	0,6	20

35

Penggunaan limbah sebagai bahan baku biogas memerlukan metode pengumpulan, penyiapan, penanganan dan penyimpanan yang memadai. Pemilihan metode didasarkan pada sifat dan jumlah bahan baku yang bervariasi. Sifat alami bahan baku adalah padatan, semipadatan atau cairan.

## D. Kesimpulan

1. Bahan utama biogas adalah bahan organik dan air. Bahan baku yang dimanfaatkan untuk biogas harus memiliki beberapa persyaratan atau kriteria yaitu:

- Bahan organik (sampah, limbah pertanian, harus mengandung unsur karbon dan hidrogen serta nitrogen.
- Agar fermentasi lebih cepat, bahan yang kasar harus digiling atau dirajang terlebih dahulu.
- Bahan baku harus berbentuk bubur oleh karena itu kandungan air harus cukup tinggi (optimum : 7-9%).
- Air yang tidak mengandung zat-zat yang dapat menghambat pengembangbiakan bakteri.
- Perbandingan unsur karbon dan nitrogen (C/N) paling baik untuk pembentukan biogas adalah 30.

2. Sumber Bahan Baku Biogas antara lain:

- Biogas dari Limbah Peternakan misalnya Kotoran sapi, kerbau, babi, kambing, dan unggas
- Biogas dari Limbah Sayur Pasar misalnya limbah Kol, limbah Sawi, limbah sayur yang memiliki kadar air yang cukup tinggi, mencapai lebih dari 95%, sehingga mudah mengalami pembusukan/ kerusakan.
- Biogas dari Limbah organik dapat berasal dari sisa tumbuh-tumbuhan, rumput-rumputan, atau sisa proses

industri misalnya limbah organik cair yang berupa limbah industri tahu, tempe, industri tapioka, industri gula.

3. Beberapa parameter kimia organik dari limbah cair tahu yang penting antara lain :

80

- *Chemical Oxygen Demand (COD)*
- *Biological Oxygen Demand (BOD)*
- *Total Suspended Solid (TSS)*
- *Nitrogen Total (N-Total)*
- *Power of Hydrogen (pH)*

## BAB IV BIODIGESTER

### A. Pendahuluan

Untuk memproduksi biogas, diperlukan reaktor/digester. Sedangkan <sup>41</sup> biodigester adalah alat yang digunakan untuk mengurai sampah/limbah organik dengan cara fermentasi anaerob (kedap udara). Biodigester berperan dalam mengurangi emisi gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan. Dengan menggunakan biodigester, limbah ternak, limbah sayur atau limbah organik dapat difermentasi menjadi gas metana (biogas). Gas metana termasuk gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomenal pemanasan global karena gas metana memiliki dampak 21 kali lebih tinggi dibandingkan dengan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Pengurangan gas metana secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya mengatasi masalah global (efek rumah kaca) yang berakibat pada perubahan iklim global.

### B. Prinsip Biodigester

<sup>5</sup> Prinsip bangunan biodigester adalah menciptakan suatu ruang kedap udara (*anaerob*) yang menyatu dengan saluran



atau pemasukan (*input*) serta saluran atau bak pengeluaran (*output*). Bak pemasukan berfungsi untuk melakukan homogenisasi dari bahan baku limbah cair dan padat. Apabila limbah padat dalam kondisi menggumpal maka diperlukan pengadukan supaya lebih mudah masuk ke dalam biodigester dan proses perombakan lebih mudah.

Bak penampungan bertujuan menampung bahan sisa (*sludge*) hasil perombakan bahan organik dari biodigester yang telah mengurai bahan organiknya, tetapi akan semakin meningkat unsur haranya.

Selama proses penguraian secara anaerob, komponen nitrogen berubah menjadi amonia, komponen belerang berubah menjadi H<sub>2</sub>S, dan komponen fosfor berubah menjadi *orthophosphates*. Beberapa komponen lain seperti kalsium, magnesium, atau sodium berubah menjadi jenis garam (Dennis A., 2001). Lebih lengkapnya, daftar berikut adalah beberapa tujuan pembuatan *biodigester*.

1. Mengurangi jumlah padatan. Karena padatan terurai menjadi gas dan tidak semua padatan dapat terurai, maka tujuan dari proses *digestion* adalah mengurangi jumlah padatan
2. Membangkitkan energi. Sebagaimana diketahui, target utama dari proses *digestion* adalah menghasilkan gas CH<sub>4</sub>

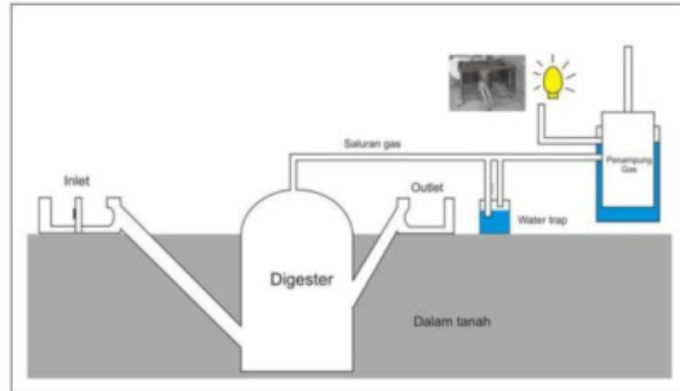
yang mengandung energi 50 MJ/kg. Semakin besar kandungan CH<sub>4</sub> dalam biogas, semakin besar kandungan energi dalam biogas.

3. Mengurangi bau dari kotoran. Biogas dapat ditujukan untuk mengurangi bau dan bukan menghilangkan bau dari kotoran. Setidaknya dengan pembuatan *digester* bau yang dihasilkan selama proses *digestion* dapat diarahkan supaya tidak mengganggu kenyamanan hidup manusia.
4. Menghasilkan air buangan yang bersih. Sebagian air setelah proses *digestion* harus dikeluarkan. Bersihnya air buangan ini menjadi sangat penting jika akan digunakan untuk irigasi. Sebagian air buangan juga dapat dikembalikan lagi ke dalam *digester*.
5. Menghasilkan padatan yang mengandung bahan gizi untuk pupuk. Padatan yang tidak terurai menjadi gas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk asalkan masih mengandung bahan gizi yang baik. Padatan yang dihasilkan juga harus dijaga dari zat-zat berbahaya.

### **C. Komponen Utama Biodigester**

Komponen pada biodigester sangat bervariasi, tergantung pada jenis biodigester yang digunakan. Tetapi, secara umum

biodigester terdiri dari komponen-komponen utama (Gambar 4.1) sebagai berikut:



Gambar 4.1. Komponen Biodigester. Sumber: Krisno, 2014

1. Saluran masuk (*inlet*)

Saluran ini digunakan untuk memasukkan bahan baku biogas ke dalam reaktor utama. Pencampuran ini berfungsi untuk memaksimalkan potensi biogas, memudahkan pengaliran, serta menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk.

2. Ruang *digestion* (ruang fermentasi).

Ruangan *digestion* berfungsi sebagai tempat terjadinya proses *digestion* dan dibuat kedap terhadap udara. Ruang ini dapat juga dilengkapi dengan penampung biogas.

3. Saluran keluar residu (*outlet*)

Saluran ini digunakan untuk mengeluarkan kotoran yang telah difermentasi oleh bakteri. Saluran ini bekerja

berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. Residu yang keluar pertama kali merupakan slurry masukan yang pertama setelah waktu retensi. *Slurry* yang keluar sangat baik untuk pupuk karena mengandung kadar nutrisi yang tinggi.

4. Katup pengaman tekanan (*control valve*)

Katup pengaman ini digunakan sebagai pengatur tekanan gas dalam biodigester. Katup pengaman ini menggunakan prinsip pipa T. Bila tekanan gas dalam saluran gas lebih tinggi dari kolom air, maka gas akan keluar melalui pipa T, sehingga tekanan dalam biodigester akan turun.

5. Sistem pengaduk

Pengadukan dilakukan dengan berbagai cara, yaitu pengadukan mekanis, sirkulasi substrat biodigester, atau sirkulasi ulang produksi biogas ke atas biodigester menggunakan pompa. Pengadukan ini bertujuan untuk mengurangi pengendapan dan meningkatkan produktifitas biodigester karena kondisi substrat yang seragam.

6. Saluran gas

Saluran gas ini disarankan terbuat dari bahan polimer untuk menghindari korosi. Untuk pembakaran gas pada

tungku, pada ujung saluran pipa bisa disambung dengan pipa baja antikorosi.

#### 7. Tangki penyimpanan gas

Terdapat dua jenis tangki penyimpanan gas, yaitu tangki bersatu dengan unit reaktor (*floating dome*) dan terpisah dengan reaktor (*fixed dome*). Untuk tangki terpisah, konstruksi dibuat khusus sehingga tidak bocor dan tekanan yang terdapat dalam tangki seragam, serta dilengkapi *H<sub>2</sub>S Removal* untuk mencegah korosi.

### **D. Jenis-jenis Kontruksi Biodigester**

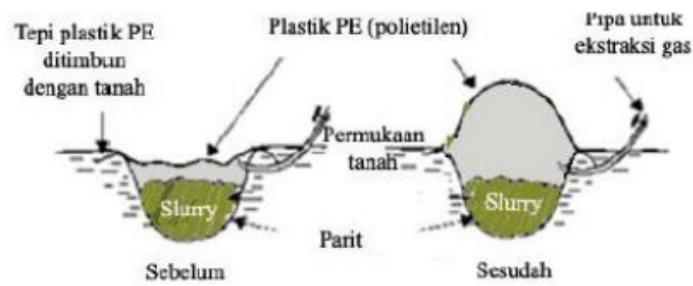
Biodigester merupakan wadah atau tempat berlangsungnya proses fermentasi limbah organik dengan bantuan mikroorganisme hingga menghasilkan biogas. Biodigester merupakan sebuah reaktor yang dirancang sedemikian rupa sehingga kondisi didalamnya menjadi anaerobik, sehingga bisa memungkinkan proses dekomposisi anaerobik bisa terjadi. Limbah harus ditampung dalam digester selama proses dekomposisi berlangsung atau dengan kata lain sampai limbah tersebut menghasilkan biogas.

Ditinjau dari cara operasionalnya (pengisian bahan baku), digester dibagi menjadi dua tipe, yaitu :

## 1. Tipe *Batch Digestion*

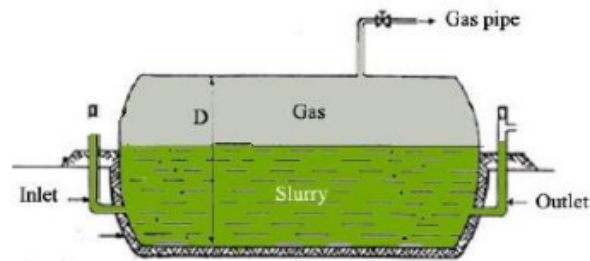
Pada tipe ini bahan baku dimasukkan ke dalam digester, kemudian dibiarkan bereaksi selama 6 - 8 minggu. Biogas yang dihasilkan ditampung dan disimpan dalam penampung gas. Setelah itu digester dikosongkan dan dibersihkan sehingga siap untuk dipakai lagi. Kelebihan tipe ini adalah kualitas hasilnya bisa lebih stabil karena tidak ada gangguan selama reaksi berjalan. Namun untuk skala industri, tipe ini tidak efektif dan mahal karena membutuhkan minimal dua buah digester yang dipakai bergantian agar dapat memproduksi biogas secara kontinu (Jati,2014).

55 Pada digester tipe *batch*, bahan organik ditempatkan pada tangki tertutup dan diproses secara anaerob selama 2-6 bulan tergantung dari jumlah material organik yang dimasukkan. Isi dari digester biasanya dihangatkan dan dipertahankan temperaturnya. Selain itu kadang kala diaduk untuk melepaskan gelembung-gelembung gas dari *sludge*. Ada beberapa model digester tipe *batch* ini, yaitu digester model *trench* (parit) 65 Gambar 4.2 dan tangki Gambar 4.3.



Gambar 4.2. Digester tipe *batch* model *trench* (parit)

Digester tipe ini tidak membutuhkan banyak perhatian selama proses. Meskipun demikian hampir semua bahan organik tetap akan diproses. Efisiensi maksimal dari proses hanya dapat diharapkan bila digester diisi dengan hati-hati. Ruang yang terbuang dan udara yang terjebak didalam *sludge* harus dihindarkan karena akan menghambat pembentukan gas metana. Rasio C/N harus dikontrol dengan baik diawal proses, karena sulit untuk memperbaiki bila digester sudah mulai memproses. Digester tipe *batch* digunakan untuk mengetahui kemampuan bahan yang diproses sebelum unit besar dibangun.



Gambar 4.3. Digester tipe *batch* model tangki

Digester tipe *batch* memiliki keuntungan yaitu dapat digunakan bila bahan tersedia pada waktu tertentu saja dan memiliki kandungan padatan tinggi(25%).Bila bahan berserat sulit untuk diproses, digester tipe ini lebih cocok bila dibanding jenis kontinyu,karena lama proses dapat ditingkatkan dengan mudah

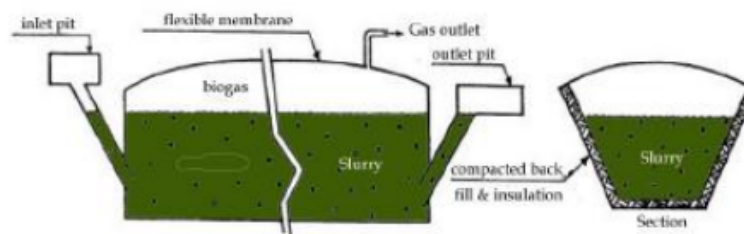
## 2. Tipe *Continuous Digestion*

Pada tipe ini proses pemasukan bahan baku dan pengeluaran *slurry* sisa proses dilakukan secara berkala kontinyu (tiap hari) selama 3-4 minggu sejak pengisian awal tanpa harus mengeluarkan bahan yang sudah dicerna.. Jumlah material yang masuk dan keluar harus diatur secara seimbang sehingga jumlah material yang ada di dalam digester selalu tetap.

Bahan baku segar yang diisikan tiap hari akan mendorong bahan isian yang sudah dicerna keluar dari tangki melalui pipa pengeluaran. Keluaran biasanya



dimanfaatkan sebagai pupuk kompos bagi tanaman. Kekurangan dari tipe ini adalah membutuhkan pengoperasian dan pengawasan yang lebih ketat agar reaksi selalu berjalan dengan baik. Namun untuk skala industri, tipe ini lebih mudah untuk dimaksimalkan hasilnya dan lebih murah karena hanya membutuhkan satu buah digester untuk menghasilkan biogas secara kontinyu (Jati,2014). Digester yang cocok sesuai dengan tipe ini ditunjukkan Gambar 4.4.



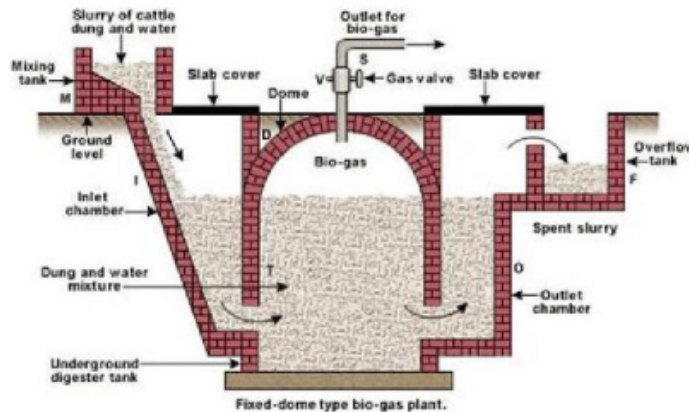
Gambar 4.4. Digester tipe *Plug flow*

Ditinjau dari bentuknya ada beberapa tipe digester, yaitu:

1. Tipe *fixed dome* (Kubah Tetap) terbuat dari pasangan batu kali atau batubara/ beton.

Reaktor kubah tetap (*fixed-dome*) disebut juga sebagai reaktor cina. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di Cina sekitar tahun 1930-an. Kemudian sejak saat itu, reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Reaktor tipe ini memiliki dua bagian, yaitu digester sebagai

tempat pencerna material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batubata, atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Ketika gas mulai timbul, gas tersebut menekan lumpur sisa fermentasi (*slurry*) ke bak *slurry*. Jika pasokan *feed* terus menerus, gas yang timbul akan terus menekan *slurry* hingga meluap keluar dari bak *slurry*. Gas yang timbul digunakan/dikeluarkan lewat pipa gas yang diberi katup/kran. Digester jenis ini mempunyai volume tetap, gas yang akan terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas diluar reactor, indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan. Skema digester jenis kubah dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Biodigester Tipe *Fixed Dome* (Kubah Tetap)

Sumber : <https://www.researchgate.net>

Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah. Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapan karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya lebih relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sementara itu, kerugian dari reaktor ini adalah mudah retak apabila terjadi gempa bumi dan sulit untuk diperbaiki jika bocor. Reaktor tipe ini juga mempunyai pori-pori agak besar sehingga gas mudah bocor.

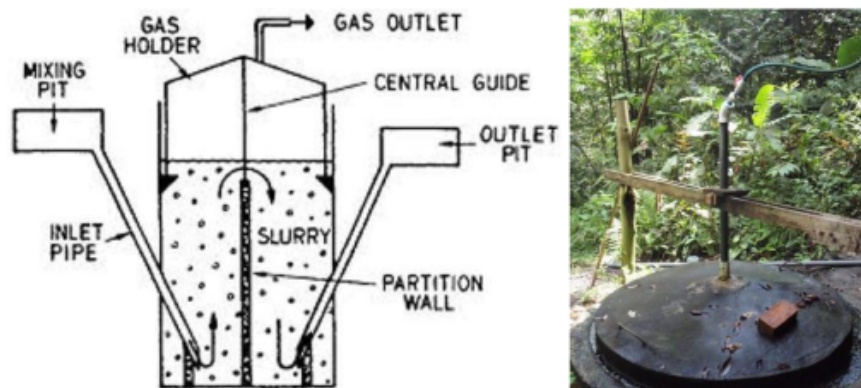
Digester jenis kubah tetap mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Tetap

Kelebihan	Kekurangan
1. Konstruksi sederhana dan dapat dikerjakan dengan mudah	1. Bagian dalam digester tidak terlihat sehingga kebocoran sulit diketahui
2. Biaya konstruksi rendah	2. Rawan terjadi kertakan di bagian penampung gas
3. Tidak ada bagian yang bergerak	3. Tekanan gas sangat tinggi
4. Dapat dipilih dari material tahan karat	4. Temperature digester rendah
5. Umurnya panjang	
6. Dapat dibuat dalam tanah sehingga menghemat tempat	

## 2. Tipe *floating dome* (Kubah Apung)

Reaktor jenis terapung (*floating*) pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak dari drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan. Reaktor ini terdiri dari satu digester dan penampung gas yang bisa bergerak. Penampung gas ini akan bergerak ke atas ketika gas bertambah dan turun lagi ketika gas berkurang, seiring dengan penggunaan dan produksi gasnya. Bagian yang bergerak juga berfungsi sebagai pengumpul biogas (Darminto, 1984). Skema digester jenis *floating dome* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Biodigester Tipe *Floating Dome* (Kubah Apung)  
 Sumber : <https://www.appropedia.org>

Digester jenis kubah apung mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

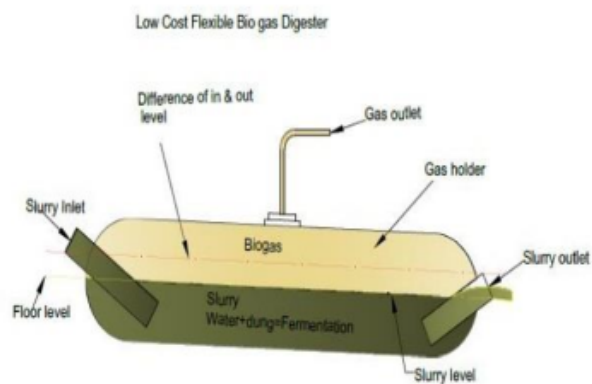
Tabel 4.2 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Kubah Apung

Kelebihan	Kekurangan
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekanan gas konstan karena penampung gas yang bergerak mengikuti jumlah gas Biaya konstruksi rendah</li> <li>2. Jumlah gas bisa dengan mudah diketahui dengan melihat naik turunnya drum Akibat tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bagian dalam digester tidak terlihat sehingga kebocoran sulit diketahui</li> <li>2. Digester rawan korosi sehingga waktu pakai menjadi pendek dibandingkan dengan menggunakan tipe kubah tetap.</li> <li>3. Membutuhkan teknik khusus untuk membuat tampungan gas bergerak seiring naik atau turunnya produksi biogas</li> <li>4. Biaya material konstruksi dari drum lebih mahal</li> </ol>

### 3. Tipe *balloon plant* (balon).

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan

perubahan tempat biogas. Konstruksi dari digester ini sederhana, terbuat dari plastik yang pada ujung-ujungnya dipasang pipa masuk untuk kotoran ternak dan pipa keluar peluapan *slurry*, Sedangkan pada bagian atas dipasang pipa keluar gas. Reaktor ini terdiri dari suatu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpanan gas masing-masing bercampur dalam suatu ruangan tanpa sekat, material organik terletak dibagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Skema digester jenis *balloon plant* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Biodigester Tipe *Balloon Plant* (Balon)

Sumber : <https://www.build-a-biogas-plant.com>

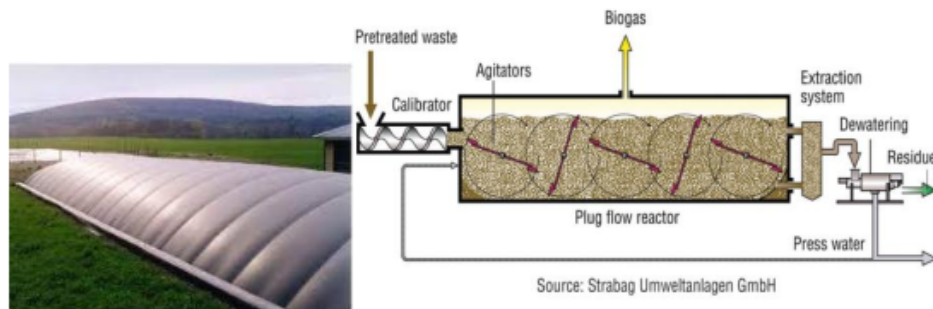
Digester jenis balon mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Balon

Kelebihan	Kekurangan
1. Biaya pembuatan murah	1. Waktu pakai relatif singkat
2. Mudah dibersihkan	2. Mudah mengalami kerusakan
3. Mudah dipindahkan	

#### 4. Tipe *plug flow*

Tipe ini hampir sama dengan tipe *baloon plant*, tetapi terbuat dari pipa *polivinil klorida* (PVC) yang di ujung-ujungnya dipasang suatu wadah untuk memasukkan dan mengeluarkan kotoran (Gambar 4.8).



Gambar 4.8. Biodigester Tipe *plug flow* (Balon)

Digester jenis *plug flow* mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

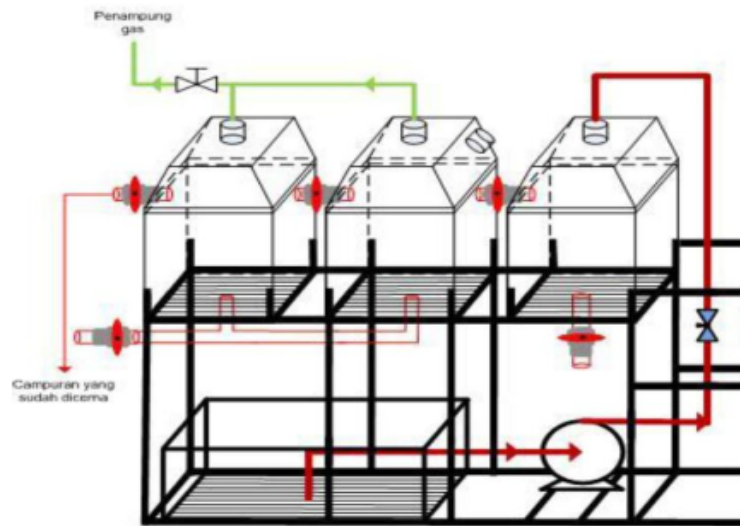
Tabel 4.4 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis *plug flow*

Kelebihan	Kekurangan
1. Praktis	Ukuran pipa terbatas dan biasanya tidak begitu besar sehingga tipe ini biasanya dipakai dalam skala kecil
2. Konstruksi lebih mudah	
3. Biaya murah	

#### 5. Tipe Balok

Reaktor berbentuk balok yang biasa digunakan dalam skala laboratorium dan praktikum dapat digunakan dengan

cara pengerjaan yang sederhana. Konstruksi reaktor tipe ini cukup sederhana dengan aliran umpan dan tempat fermentasi yang terpisah sehingga dibutuhkan pompa untuk mengalirkannya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.7 Reaktor Tipe Balok  
Sumber: <http://eprints.polsri.ac.id>

Rektor ini bekerja dengan sistem *batch* dimana aliran umpan didiamkan didalam reaktor sampai menghasilkan gas. Proses yang terjadi pada reaktor tipe balok ini dimulai dari tangki umpan akan menuju tangki I, dan setelah tangki I terisi penuh maka akan langsung di alirkan ke tangki II dengan membuka *valve* yang ada di tengah –tengah tangki I dan tangki II, kemudian ke tangki III. Bagian top pada tangki II dilengkapi dengan penutup yang disertai dengan leher angsa



untuk menampung gas metan yang terbentuk, dan bagian sampingnya dilengkapi dengan kertas saring untuk menyaring air yang terbentuk untuk selanjutnya ditampung. Sedangkan untuk produk *bottom* berupa lumpur akan dikeluarkan setelah beberapa waktu.

Digester jenis balok mempunyai kelebihan dan kekurangan seperti pada Tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Kelebihan dan Kekurangan Digester Jenis Balok

Kelebihan	Kekurangan
1. Konstruksi alat yang sederhana	1. Sulit dalam hal pembuangan
2. Proses pembentukan gas lebih stabil dan banyak	2. Laju sedimentasi yang lambat

#### 6. Tipe *fiberglass* terbuat dari bahan *fiberglass*.

Reaktor bahan *fiberglass* merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga dan skala industri. Reaktor ini menggunakan bahan *fiberglass* sehingga lebih efisien dalam penanganan

### E. Letak Penempatan Biodigester

Sementara dari segi tata letak penempatan biodigester, dibedakan menjadi:

#### 1. *Seluruh biodigester di permukaan tanah*

Biasanya berasal dari tong-tong bekas minyak tanah atau aspal. Kelemahan tipe ini adalah volume yang kecil, sehingga tidak mencukupi untuk kebutuhan sebuah rumah

tangga (keluarga). Kelemahan lain adalah kemampuan material yang rendah untuk menahan korosi dari biogas yang dihasilkan.

2. *Sebagian tangki biodigester di bawah permukaan tanah*

Biasanya biodigester ini terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan kapur yang dibentuk seperti sumuran dan ditutup dari plat baja. Volume tangki dapat diperbesar atau diperkecil sesuai dengan kebutuhan. Kelemahan pada sistem ini adalah jika ditempatkan pada daerah yang memiliki suhu rendah (dingin), dingin yang diterima oleh plat baja merambat ke dalam bahan isian, sehingga menghambat proses produksi.

3. *Seluruh tangki biodigester di bawah permukaan tanah*

Model ini merupakan model yang paling populer di Indonesia, dimana seluruh instalasi biodigester ditanam di dalam tanah dengan konstruksi yang permanen, yang membuat suhu biodigester stabil dan mendukung perkembangan bakteri methanogen. Komponen Biodegester

## **F. Kondisi Biodigester yang Baik**

Menurut Suyitno (2010) Tujuan utama dari pembuatan *biodigester* adalah membuat suatu tempat kedap udara supaya

bahan organik dapat terurai secara biologi yaitu dengan bantuan bakteri alami. Hasil dari proses penguraian bahan organik tersebut dapat dihasilkan gas yang mengandung CH<sub>4</sub> dengan konsentrasi tinggi. Untuk itu pada saat membuat *biodigester*, maka perlu diperhitungkan beberapa hal, yaitu:

1. Lingkungan *anaerob*.

Biodigester harus tetap dijaga dalam keadaan *anaerob* yaitu tidak terjadi kontak langsung dengan oksigen (O<sub>2</sub>). Udara mengandung O<sub>2</sub> sebanyak 21 vol% sehingga jika memasuki *biodigester* dapat menyebabkan penurunan produksi metana. Penyebabnya adalah bakteri alami untuk proses penguraian bahan organik membutuhkan kondisi kedap udara, sehingga jika terdapat udara yang mengandung O<sub>2</sub> menyebabkan bakteri berkembang secara tidak sempurna.

2. Temperatur dalam *biodigester*. Secara umum terdapat tiga rentang temperatur yang disenangi oleh bakteri, yaitu:

- a. Bakteri fermentasi *psycrophilic* yang hidup pada temperatur 8–25°C. Bakteri ini biasanya berkembang pada negara-negara subtropis atau beriklim dingin. Kondisi optimumnya adalah pada temperatur 15-18°C. Waktu penyimpanan (*retention time, RT*) dalam *digester* adalah lebih dari 100 hari.

- b. Bakteri fermentasi *mesophilic* yang hidup pada temperatur 35–37°C. Bakteri ini dapat berkembang pada negara-negara tropis seperti di Indonesia. Untuk itu kondisi *biodigester* yang dibangun di Indonesia tidak perlu dipanasi. *Biodigester* yang dibangun di dalam tanah juga mempunyai keuntungan tersendiri, yaitu temperatur dalam *biodigester* cenderung konstan sehingga baik untuk pertumbuhan bakteri. Temperatur dimana bakteri ini bekerja secara optimum adalah pada 35-45°C. Waktu penyimpanan (*retention time, RT*) dalam *biodigester* adalah lebih dari 30-60 hari.
- c. Bakteri fermentasi *thermophilic* yang hidup pada temperatur optimum 53–55°C. Bakteri yang berkembang pada temperatur tinggi umumnya digunakan hanya untuk mengurai material, bukan untuk menghasilkan biogas. Waktu penyimpanan (RT) dalam *digester* adalah lebih dari 10-16 hari.



Temperatur minimum supaya bakteri berkembang selama proses fermentasi *anaerob* khususnya pada *biodigester* yang tidak dipanasi adalah 15°C (Uli Werner, 1989). *Biodigester* yang beroperasi pada temperatur di bawah

15°C hanya diperoleh biogas yang jumlahnya terbatas sehingga sangat tidak ekonomis.

### G. Jenis-jenis Kontruksi Reaktor Biogas Berbagai Negara

Konstruksi reaktor biogas sudah banyak dikembangkan di beberapa negaradengan beragam material.Dari yang menggunakan teknologi tinggi hingga teknologi sederhana.Reaktor biogas dengan teknologi tinggi sudah terlebih dahulu dibangun di beberapa negara Asia, Eropa dan Amerika.Berikut Tabel 4.6 beberapa contoh reaktor biogas dengan teknologi tinggi:

Tabel 4.6 Reaktor Biogas dengan Teknologi di Beberapa Negara

No	Nama Negara	Reaktor Biogas
1	Jepang	
2	Swedia	

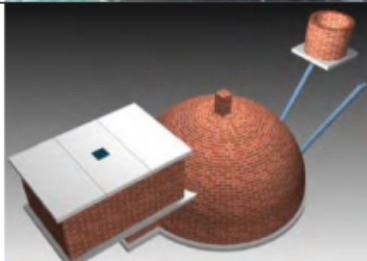
3 Jerman



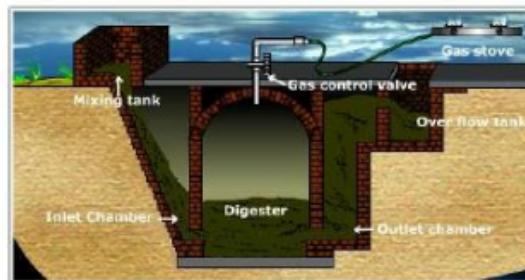
4 Malaysia



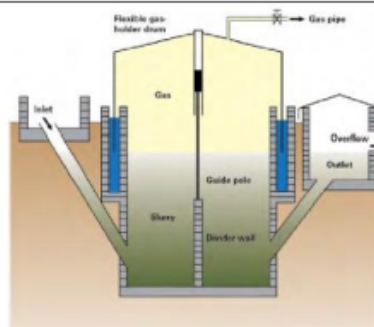
5 Kamboja



6 China



7 India



## H. Kesimpulan

1. Prinsip bangunan biodigester adalah menciptakan suatu ruang kedap udara (*anaerob*) yang menyatu dengan saluran atau pemasukan (*input*) serta saluran atau bak pengeluaran (*output*).
2. Biodigester terdiri dari komponen-komponen utama yaitu Saluran masuk (*inlet*), Saluran keluar residu (*outlet*), Katup pengaman tekanan (*control valve*), Sistem pengaduk, Saluran gas, dan Tangki penyimpanan gas
3. Ditinjau dari cara operasionalnya, digester dibagi menjadi dua tipe, yaitu : Tipe *Batch Digestion* dan Tipe *Continuous Digestion*
4. Ditinjau dari bentuknya ada beberapa tipe digester, yaitu: Tipe *fixed dome* (Kubah Tetap) terbuat dari pasangan batu kali atau batubara/ beton, Tipe *floating dome* (Kubah Apung), Tipe *balloon plant* (balon), Tipe *plug flow*, Tipe Balok, Tipe *fiberglass* terbuat dari bahan *fiberglass*.
5. Tata letak penempatan biodigester yaitu Seluruh biodigester di permukaan tanah, Sebagian tangki biodigester di bawah permukaan tanah, Seluruh tangki biodigester di bawah permukaan tanah

## BAB V BIODIGESTER UNTUK BIOGAS LIMBAH

### CAIR TAHU

#### A. Pendahuluan

Dusun Bapang merupakan salah satu dusun yang terdapat di Desa sumbermulyo Kecamatan Jogoroto Kabupaten Jombang memiliki luas  $\pm$  23.14 Ha. Desa Sumbermulyo ini mempunyai 6 dusun di antaranya yaitu Dusun Sumbermulyo, Dusun sumentoro, Dusun kebun melati, Dusun Sidowaras, Dusun Semanding dan Dusun Bapang. Dari beberapa dusun yang ada di Desa Sumbermulyo, Dusun Bapang ini merupakan dusun yang memberi pengaruh besar terhadap perekonomian dan Sumber Daya Manusia (SDM) <sup>109</sup> karena sebagian besar masyarakatnya bermata pencaharian sebagai pengusaha tahu. Dusun Bapang terkenal sebagai produksi tahu terbesar di jombang, hampir setiap rumah memiliki pabrik tahu, bisa dikatakan 90% masyarakat Dusun Bapang untuk mencukupi kebutuhan hidup mereka dengan usaha tahu yaitu sekitar 30 pengusaha tahu.

Kegiatan industri <sup>1</sup> tahu selalu menghasilkan limbah setiap harinya. Pada <sup>1</sup> proses produksi tahu menghasilkan 2 jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dapat dimanfaatkan lagi dengan cara dijual dan diolah



menjadi tempe gembus, kerupuk ampas tahu, pakan ternak, dan diolah menjadi tepung ampas tahu yang akan dijadikan bahan dasar pembuatan roti kering dan cake. <sup>48</sup> Limbah cair adalah limbah yang dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu, oleh karena itu limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi (Subekti, 2011). Limbah cair tahu belum dimanfaatkan sama sekali atau langsung dibuang begitu saja ke tanah dan perairan.

*Home industri* (industri rumah tangga) tahu ini banyak ditekuni oleh penduduk di dusun Bapang karena modal yang terbatas dan omset yang dihasilkan menjanjikan. Sebagian besar pemilik industri tahu dikerjakan oleh keluarga sendiri, mereka menekuni usaha ini turun temurun. Untuk industri skala besar pekerjanya berasal dari luar desa tersebut. *Home industry* tahu selain menghasilkan tahu yang enak dikonsumsi, ternyata kegiatan industri tahu juga menghasilkan limbah setiap harinya. Pada proses produksi <sup>14</sup> tahu menghasilkan dua jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dari hasil pembuatan tahu biasanya dijual ke pengepul yang mengambil limbah padat tersebut setiap sore. Limbah padat tahu limbah yang dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan dapat dimanfaatkan dan diolah <sup>95</sup> menjadi tempe gembus dan pakan ternak . Sedangkan limbah cair

yang dihasilkan dalam proses produksi sangat banyak meliputi air dari hasil pencucian, perendaman, perebusan, pengepresan, dan pada proses terakhir sebelum dicetak ada pembuangan cairan (levina. 2016).

Sebagian besar warga dusun Bapang belum memiliki manajemen pengelolaan limbah yang baik, mereka langsung membuang limbah ke sungai dengan cara menghubungkan paralon yang langsung dialirkan ke sungai. Pembuangan limbah langsung ke sungai berdampak negatif bagi lingkungan antara lain bau busuk dari degradasi sisa-sisa protein menjadi amoniak, dapat menyebar ke seluruh penjuru hingga mencapai radius beberapa kilometer, air limbah yang meresap ke dalam tanah dapat mencemari sumur-sumur di sekitarnya, dan air limbah yang dibuang ke selokan secara langsung dapat mencemari sungai, saluran irigasi maupun air untuk keperluan yang lain (Saenab,2018).

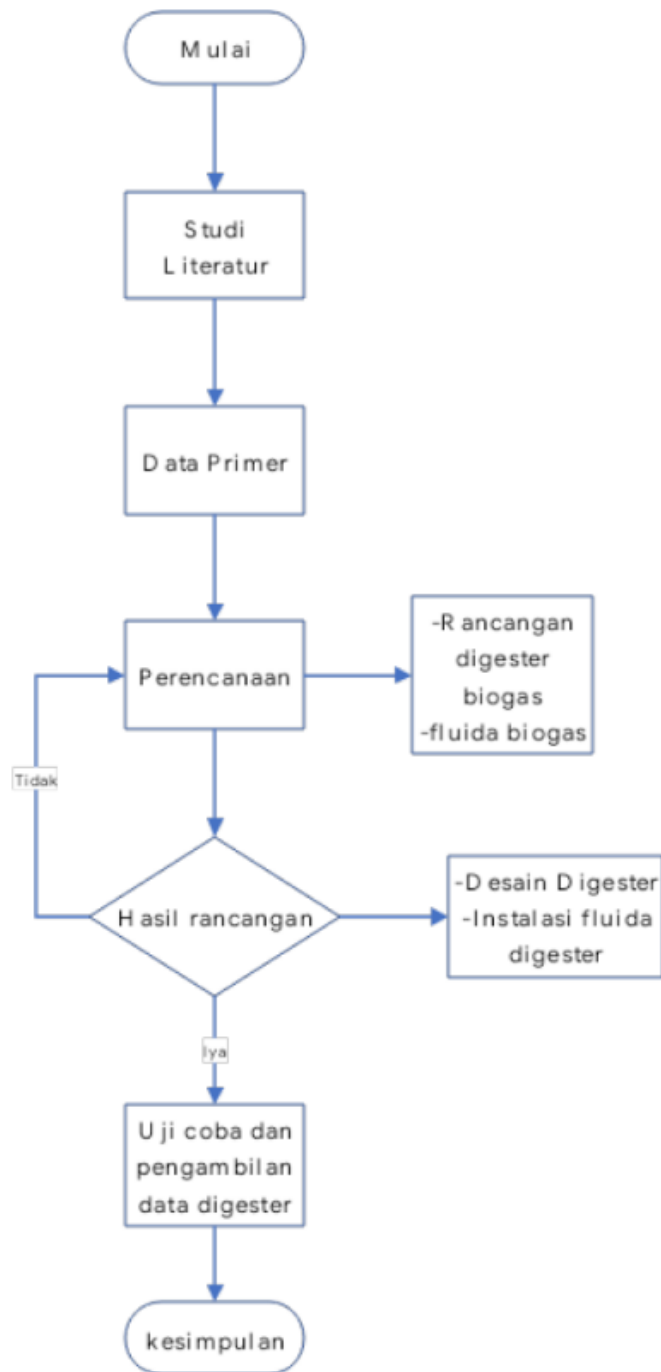
Dampak yang ditimbulkan dari limbah cair yang langsung dibuang ke sungai antara lain menimbulkan polusi udara yaitu berupa bau busuk yang menyengat. Selain itu dapat menyebabkan kematian ikan serta biota lainnya di sungai yang tercemar tersebut(Nugraha, 2011 dalam Sungkowo, 2015). Selain itu, tidak adanya manajemen pengelolaan limbah tahu di tempat tersebut menjadikan tempat ini terlihat

kumuh dan jauh kesan indah dan bersih. Di dusun Bapang sebenarnya sudah ada 3 tempat yang memiliki pengelolaan limbah yang merupakan bantuan dari pemerintah yaitu IPAL, tetapi IPAL masih belum menyeluruh diterapkan di seluruh *home industry* tahu dikarenakan membutuhkan lahan yang luas dan biaya yang besar.

98  
Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan limbah cair tahu yaitu dengan menggunakannya sebagai bahan baku pembuatan biogas. Adapun komponen utama dari biogas adalah reaktor atau digester biogas atau yang kita kenal dengan nama biodigester. Biodigester yang akan kita rancang adalah biodigester yang mudah dalam pembuatan tetapi memiliki hasil yang maksimum. Biodigester ini dibuat secara *portable* yang artinya dapat digunakan dimanapun dapat dipindah-pindah/tidak permanen.

## **B. Rancangan Alat Biodigester untuk Biogas Limbah Cair Tahu**

Adapun alur rancangan pembuatan alat biodigester untuk biogas limbah cair tahu dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 5.1. Alur Rancangan Pembuatan Alat Biodigester Untuk Biogas Limbah Cair Tahu

### C. Model Rencana Instalasi Biodigester Biogas

Komponen utama dari Biogas adalah reaktor atau digester biogas dimana bahan organik didalam limbah diubah oleh konsorsium mikroorganisme anaerobik menjadi biogas melalui serangkaian tahapan penguraian (*hidrolisa* dan *asidifikasi, acetogenesis, methanogenesis*) dengan komponen utama gas metana, karbondioksida, dan gas-gas ikutan lainnya seperti H<sub>2</sub>S dan ammonia.

Ukuran dari *biodigester* tergantung dari kuantitas, kualitas bahan organik, jenis bahan organik yang ada dan temperatur proses fermentasi. Ukuran *biodigester* dapat dinyatakan dengan volume digester ( $V_d$ ). Secara umum  $V_d$  dapat diperhitungkan dari:

$$V_d = S_d \times RT$$

Dimana

$S_d$  adalah jumlah masukan bahan baku setiap hari [m<sup>3</sup>/hari].

$RT$  adalah *retention time* (waktu bahan baku berada dalam digester) [hari].

Pada umumnya  $RT$  dipengaruhi oleh temperatur operasi dari *biodigester*. Untuk di Indonesia karena temperatur sepanjang musim yang hampir stabil, maka banyak *biodigester* dibuat dan beroperasi pada temperatur kamar (*unheated biodigester*). Pada kondisi *biodigester* semacam ini,

dalam perancangan *biodigester*, temperatur operasi dapat dipilih 1-2°C diatas temperatur tanah. Sedangkan RT untuk *biodigester* sederhana tanpa pemanasan dapat dipilih 40 hari (Uli Werner, 1989).

Setelah ukuran dari *biodigester* ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah merancang gas penampung. Volume dari penampung gas dinyatakan dengan  $V_g$ . Dalam perancangan ukuran penampung gas ( $V_g$ ) harus diperhatikan laju konsumsi gas puncak ( $V_{g1}$ ) dan laju konsumsi nol untuk jangka waktu yang lama ( $V_{g2}$ ).

$$V_g = \begin{cases} V_{g1} & \text{Jika } V_{g1} > V_{g2} \\ V_{g2} & \text{Jika } V_{g2} > V_{g1} \end{cases} [m^3]$$

$$V_{g1} = \text{konsumsi gas maks per jam} \times \text{waktukonsumsimaks}$$

$$V_{g2} = G \times t_{z \max}$$

Dimana :

G : produksi biogas (m<sup>3</sup>/jam)

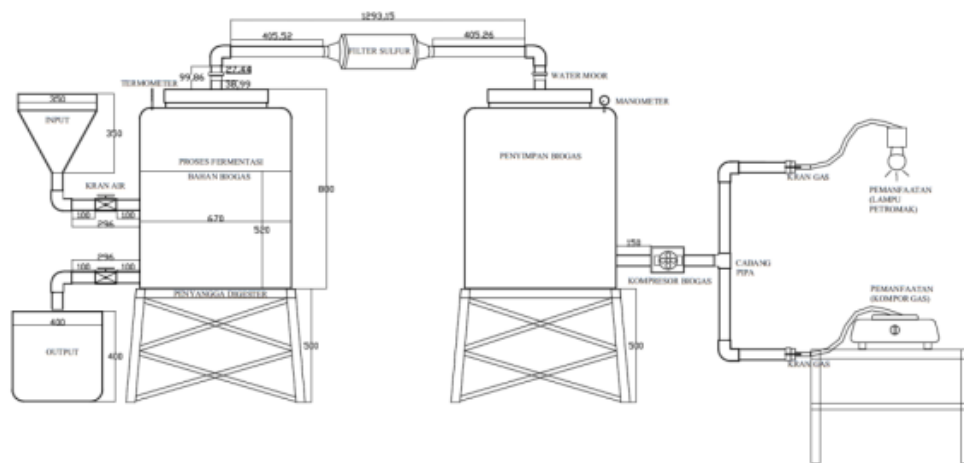
$T_{z \max}$ : waktu maksimum pada saat konsumsi biogas nol (jam)

Besarnya G (produksi biogas per jam, m<sup>3</sup>/jam) dihitung dari produksi biogas spesifik (Gy) dari bahan baku dan pemasukan bahan baku harian (Sd).

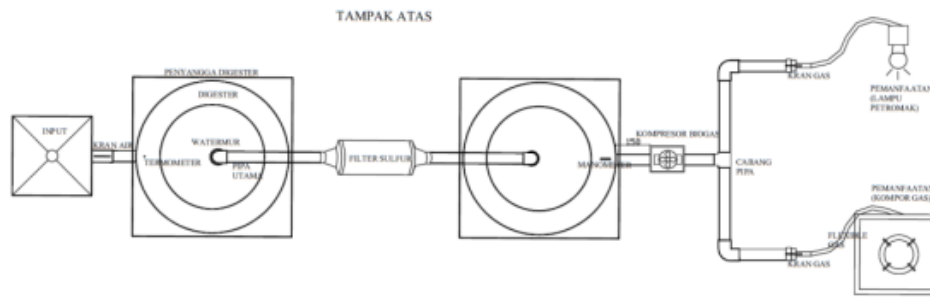
Untuk keselamatan, ukuran dari penampung gas ( $V_g$ ) dibuat 10-20% lebih besar dari hasil perhitungan di atas. Secara umum, perancangan volume *biodigester* dengan

volume penampung biogas dapat dibuat dengan perbandingan 3:1 sampai 10:1 dengan 5:1 sampai 6:1 adalah yang paling umum digunakan (Uli Werner, 1989).

Prinsip kerja dari semua tipe reaktor biogas kurang lebih sama, yaitu menciptakan kondisi anaerobik (kedapudara) dengan mempertimbangkan kemudahan sistem *inlet* dan *outlet* bahan baku dan kecukupan mikroorganisme didalam reaktor. Semua tipe reaktor biogas didesain untuk memastikan adanya kontak yang cukup intens antara substrat/bahan organik dengan mikroorganisme pendegradasi dan menghindari potensi kehilangan mikroorganisme (*washingout*) didalam reaktor. Maka dari itu dalam penelitian ini dirancang model sebagai berikut.



Gambar 5.2. Rancangan Biodigester Tampak Depan



Gambar 5.3. Rancangan Biodigester Tampak Atas





#### D. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk pembuatan biodigester memerlukan alat dan bahan yang ditunjukkan pada Tabel 5.1 sebagai berikut:

Tabel 5.1. Alat dan Bahan Pembuatan Biodigester

No	Gambar Bahan	Keterangan
1		Drum 250 liter yang digunakan untuk digester dan penampungan
2		Pipa ukuran ½ inch yang digunakan untuk instalasi gas pipa digester dan 2 inch sebagai instalasi <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>



3		Kran berfungsi sebagai kontrol masuk <i>slurry</i> dan gas pada digester
4		Penyambung pipa untuk menyambung pipa
5		Penghubung pipa berfungsi sebagai penghubung pipa ke kran gas
6		Sambungan L berfungsi sebagai perbelokan instalasi pipa pada digester
7		Fitting peredam yang digunakan untuk menghubungkan pipa ke digester

8		<p>Watermaour yang berfungsi sebagai penghubung pipa agar instalasi tetap stabil/tidak bengkok.</p>
9		<p>Kran gas berfungsi sebagai penghubung gas menuju pemanfaatan biogas</p>
10		<p>Manometer berfungsi untuk mengukur tekanan yang ada ada digester</p>
11		<p>Termometer berfungsi sebagai pengukur suhu pada digester</p>
12		<p>Penyaring sulfur yang terkandung dari hasil proses pembentukan biogas</p>

13		Flexible gas yang digunakan untuk menghubungkan ke Pemanfaatan kompor dan lampu petroma
14		<i>Redou pipe</i> , digunakan sebagai jalan memasukkan <i>sulurry</i> kedalam digester
15		Kompresor biogas berfungsi untuk menekan dan menarik gas yang dihasilkan agar hasil yang digunakan tetap stabil
16		Kompore digunakan untuk memanfaatkan gas yang dihasilkan dari digester biogas

### E. Instalasi Biodigester dan Biogas

Biodigester yang dibangun menggunakan drum dengan kapasitas 250 liter sedangkan penampung gasnya berkapasitas 200 liter. Instalasi biogas ini merupakan instalasi yang




dimodifikasi agar bisa digunakan secara sewaktu-waktu dan tidak memakan banyak tempat. Hal ini dikarenakan lahan dari pengusaha tahu rata-rata tidak luas, sebagian besar lahannya dimanfaatkan untuk mengembangkan usaha tahunya. Karena alasan tersebut maka kita membuat biodigester *portable* yang bisa dipindah dan digunakan dimanapun dengan biaya yang relatif tidak mahal. Biodigester yang dibuat diletakkan diatas tumpuan dan tidak ditanam dalam tanah seperti digester pada umumnya. Pada Gambar 5.4. menunjukkan gambar instalasi biodigester *portable* yang digunakan untuk membuat biogas dari limbah cair tahu. Biodigester ini diletakkan didekat proses produksi tahu dengan alasan agar limbah tidak langsung dibuang ke selokan/sungai.












Gambar 5.4. Instalasi Biodigester *Portable* Yang Digunakan Untuk Membuat Biogas Dari Limbah Cair Tahu

Deskripsi alat dan bahan yang digunakan dalam instalasi pembuatan biodigester *portable* yang digunakan untuk membuat biogas dari limbah cair tahu dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Alat dan bahan pembuatan instalasi biodigester *portable*

No	Gambar	Alat dan bahan	Fungsi
1		Corong	Sebagai tempat untuk memasukkan campuran limbah cair tahu dengan <i>starter</i> (pembiakan mikroba)
2		Kran <i>outlet</i>	Lubang pengeluaran hasil fermentasi ( <i>slury</i> )
3		Kran <i>inlet</i>	Kran yang digunakan untuk mengalirkan/menutup saluran masuknya campuran limbah cair tahu dengan <i>starter</i> (pembiakan mikroba)

4		Drum 250 liter	Biodigester tempat penampung campuran limbah cair tahu dengan starter (pembiakan mikroba)
5		Termometer	Pengatur/alat ukur suhu pada biodigester
6		Pipa ukuran 1/2 inch	Untuk instalasi gas pipa biodigester (penyambung antara drum tempat campuran limbah menuju drum penampungan gas hasil fermentasi)
7		Kran gas	Berfungsi sebagai kontrol masuk slurry dan gas pada biodigester

8		Drum 200 liter	Biodigester tempat penampung gas hasil fermentase
9		Manomet er	Alat ukur tekanan pada drum penampungan gas hasil fermentasi
10		Kompres or biogas	Untuk menekan dan menarik gas yang dihasilkan agar hasil yang digunakan tetap stabil
11		<i>Sulfur filter</i>	Penyaring sulfur yang terkandung dari hasil proses pembentukan biogas
12		<i>Flexible gas dan tungku kompors gas</i>	Untuk menghubungkan kepemanfaatan kompor dan lampu petromax

13		Rak Penyangga	Tempat untuk meletakkan biodigester <i>portable</i>
----	---	---------------	---

## F. Metode Pelatihan Pembuatan Biodigester dan Biogas

Metode yang akan digunakan dalam kegiatan ini melalui observasi serta pelatihan cara pembuatan biogas dengan biodigester yang murah dan mudah kepada pemilik industri tahu di dusun Bapang Sumbermulyo Jogoroto Jombang. Kegiatan ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain seperti yang ditampilkan Gambar 5.5:



Gambar 5.5. Tahapan Pelatihan Pembuatan Biodigester



Tahapan-tahapan kegiatan di Gambar 5.5. dijabarkan sebagai berikut:

### 1. Observasi

Tahap observasi dilakukan pada dua pengusaha tahu (Gambar 5.6) yaitu bu Masfufah dan bapak Abdul Qodir. Dari hasil observasi diperoleh informasi <sup>111</sup> jika limbah cair tahu langsung dibuang ke sungai (Gambar 5.8), pernah ada biogas tetapi biogas dari kotoran ternak (sapi), biogas yang sudah pernah ada tidak pernah digunakan lagi karena tungkunya cepat panas dan membutuhkan waktu lama, serta sempitnya lahan jika dibuat biodigester skala besar, lahan yang masih ada dimanfaatkan pemilik untuk memperbesar usaha.



Gambar 5.6. (a) observasi kepada pemilik tahu bu Masfufah, (b) bapak Abdul Qodir

Analisis perencanaan pengolahan limbah tahu, meliputi

a. Identifikasi proses produksi tahu,

Kedelai yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan tahu sebanyak 20-30kuintal dalam sehari. Tetapi sekali masak membutuhkan kedelai sebanyak 12kg, kemudian mencuci kedelai sampai benar-benar bersih, merendam dalam air dengan suhu ruangan selama 3 jam dimulai jam 4 – 7 pagi. Setelah menunggu 3 jam kemudian kedelai tersebut digiling dengan menggunakan mesin penggiling kedelai hingga benar-benar lembut kemudian merebus hingga mendidih, lalu diambil sari kedelainya yang digunakan untuk tahu lalu diperas sedangkan cuka (air sisa perasan) dibuang ke saluran pembuangan. Tahap selanjutnya sari tahu yang sudah disaring tadi, dimasukkan dalam cetakan besar dan dibiarkan sampai dingin kurang lebih 30 menit hingga terbentuk tahu.



Gambar 5.7. Proses produksi tahu

b. Identifikasi hasil limbah tahu,

<sup>1</sup> Pada proses produksi tahu menghasilkan 2 jenis limbah, limbah padat dan limbah cair. Limbah padat merupakan <sup>48</sup> limbah yang dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan. Limbah padat dapat dimanfaatkan lagi dengan cara dijual dan diolah menjadi tempe gembus, kerupuk ampas tahu, pakan ternak, dan diolah menjadi tepung ampas tahu yang akan dijadikan bahan dasar pembuatan roti kering dan *cake*.

Limbah cair tahu dihasilkan dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu sehingga limbah cair yang dihasilkan sangat tinggi. Limbah cair tahu <sup>69</sup> mengandung polutan organik yang cukup tinggi serta padatan tersuspensi maupun terlarut yang akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologi. Menurut Soedarmo dan Sediaoetama dalam Dhahiyat (1990), di dalam 100 gram tahu terdapat 7,8 gram protein, 4,6 gram lemak dan 1,6 gram karbohidrat. <sup>29</sup> Polutan organik yang cukup tinggi tersebut apabila terbuang ke badan air penerima dapat mengakibatkan terganggunya kualitas air dan menurunkan daya dukung lingkungan perairan di sekitar industri tahu. Hal ini dikuatkan oleh pendapat Rossiana (2006) bahwa <sup>29</sup> penurunan daya dukung lingkungan tersebut menyebabkan kematian organisme air, terjadinya *alga blooming* sehingga menghambat

pertumbuhan tanaman air lainnya dan menimbulkan bau.

c. Identifikasi dampak limbah tahu,

Limbah cair tahu dibuang ke got yang disalurkan dengan pipa menuju ke sungai. <sup>11</sup> Dampak dari pencemaran limbah pabrik tahu terhadap lingkungan hidup yaitu rusaknya kualitas lingkungan terutama perairan sebagai salah satu kebutuhan manusia dan makhluk hidup lainnya.



Gambar 5.8. Limbah yang dibuang ke sungai (gambar kiri) dan air sungai yang tercemar akibat pembuangan limbah (kanan)

11

Limbah tahu membawa akibat bagi lingkungan, karena mempunyai bahan-bahan berbahaya yang dibuang ke perairan salah satunya limbah berbahaya dan beracun. Jika pencemaran limbah tahu dibiarkan terus menerus ditanah air kita, maka kelangsungan hidup ekosistem diperairan pun semakin terancam

107

terganggunya kehidupan organisme air karena berkurangnya kandungan oksigen mengganggu kualitas mutu air serta manfaatnya.

Limbah cair tahu yang masih mengandung padatan tahu yang ada di lantai-lantai tempat pekerja dibiarkan, limbah cair tahu yang mengandung banyak protein akan menghasilkan gas buang yang berupa amonia/nitrogen dan sulfur yang memiliki bau tidak sedap dan akan mengganggu kesehatan dari pekerja. Tanpa proses penanganan dengan baik, limbah tahu menyebabkan dampak negatif seperti polusi air,

sumber penyakit, bau tidak sedap, meningkatkan pertumbuhan nyamuk, dan menurunkan estetika lingkungan sekitar (Rahayu, 2009).

d. Identifikasi upaya pengelolaan limbah padat dan cair

Menurut hasil penelitian Basuki (2008) dalam Darma(2015), limbah cair tahu mempunyai kandungan protein, lemak, dan karbohidrat atau senyawa-senyawa organik yang masih cukup tinggi. Jika senyawa-senyawa organik itu diuraikan baik secara aerob maupun anaerob akan menghasilkan <sup>63</sup> gas metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), gas-gas lain, dan air. Gas metana merupakan bahan dasar pembuatan biogas. Biogas <sup>56</sup> adalah gas pembusukan bahan organik oleh bakteri pada kondisi anaerob. Menurut Dewanto (2008) dalam Armi (2015) limbah cair tahu mempunyai kandungan metana lebih dari 50%, <sup>1</sup> sehingga sangat memungkinkan sebagai bahan baku sumber energi biogas.

e. Kajian teknis pengolahan limbah tahu.

Dari hasil observasi yang telah dilakukan tim peneliti berencana membuat rancangan biodigester yang akan digunakan sebagai wadah biogas.

2. Perijinan Mitra

Setelah kegiatan observasi dan analisis identifikasi perencanaan pengelolaan limbah, selanjutnya tim peneliti melakukan perijinan kepada mitra. Adapun tujuannya agar pemilik usaha tahu berkenan rumahnya/industriya dijadikan sebagai tempat sosialisasi tentang pemanfaatan limbah cair tahu menjadi biogas untuk menjaga kelestarian lingkungan. Mitra kegiatan ini adalah bapak Abdul Qodir pemilik *home industry* tahu di dusun Bapang Sumbermulyo Jogoroto Jombang.

3. Sosialisasi pembuatan biodigester untuk biogas

Pada tahap sosialisasi mempergunakan metode ceramah dan demonstrasi di mana masyarakat akan diajak memahami



adanya proses fermentasi pada limbah cair hasil sisa pembuatan tahu yang akan dapat lebih bermanfaat apabila dikelola secara benar. Selain itu, penjelasan tentang eksploitasi limbah cair produksi tahu menjadi energi alternatif (biogas) untuk meningkatkan kepedulian mitra terhadap konservasi lingkungan. Materi diberikan melalui praktik langsung dan proses dialog interaktif, sehingga akan terjadi peningkatan pemahaman sebelum dan setelah adanya sosialisasi.

#### *Ceramah Tentang Limbah*

Materi yang disampaikan kepada peserta tentang jenis limbah, karakteristik limbah, dampak limbah bagi lingkungan, biogas, dan pemanfaatan biogas bagi masyarakat. Setelah penampaian materi, selanjutnya demonstrasi pembuatan stater dan demonstrasi yang dilakukan dengan menampilkan alat pembuatan biodegester dari bahan sederhana yang kita temui dalam kehidupan sehari-hari dan biogas dari limbah cair tahu.



Gambar 5.9. Ceramah Tentang Limbah

### *Demonstrasi Pembuatan Starter*

Setelah demonstrasi selesai langkah selanjutnya langsung praktik membuat starter.



Gambar 5.10. Pembuatan Starter

Starter digunakan untuk mengembang biakkan bakteri/mikroba. Dalam pembuatan biogas memanfaatkan bakteri metanogen dan fermentasi limbah cair tahu. Starter yang digunakan yaitu EM4 dengan cara mengencerkan EM4 dengan akuades menggunakan air sulingdan EM4 yaitu 20:1 lalu didiamkan selama 5-7 hari pada suhu ruang kisaran 20-25<sup>0</sup>C. Tujuan pembuatan starter ini untuk mengembangbiakkan dan mengaktifkan mikroorganisme yang ada pada EM4. Hal ini didukung Jasmiyati (2010) bahwa pembuatan stater dari kondisi norman dapat membuat

mikroorganisme bekerja dengan efisien dan optimal pada saat dicampurkan ke dalam limbah cair tahu.

### *Demonstrasi Pembuatan Biodigester*

Biodigester merupakan wadah atau tempat berlangsungnya proses fermentasi limbah organik dengan bantuan mikroorganisme hingga menghasilkan biogas. Biodigester merupakan sebuah reaktor yang dirancang sedemikian rupa sehingga kondisi didalamnya menjadi anaerobik, sehingga bisa memungkinkan proses dekomposisi anaerobik bisa terjadi. Limbah harus ditampung dalam digester selama proses dekomposisi berlangsung atau dengan kata lain sampai limbah tersebut menghasilkan biogas.



Gambar 5.11. Demonstrasi Pembuatan Biodigester

#### 4. Pelatihan membuat biodigester

Adapun cara pembuatan biodigester dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini:





Gambar 5.13. Pembuatan Biodigester

Adapun cara menggunakan biodigester dalam pembuatan biogas sebagai berikut:

- a. Membuka kran *inlet* dan menutup kran *outlet*
- b. Memasukkan limbah cair tahu yang telah diaduk dan dicampur dengan *starter* ke lubang *inlet* dan pastikan semua limbah masuk drum ukuran 250L

Proses pengolahan limbah menjadi biogas dilakukan dengan dua cara:

- 1) Meletakkan limbah cair tahu yang sudah dingin di bak lalu dicampur dengan starter (ragi) dengan perbandingan limbah:ragi = 10:1.
- 2) Mencampur limbah cair tahu yang sudah dingin lalu dicampur dengan starter (campuran EM4, air dan gula) dengan perbandingan limbah dan stater sebesar 134:1

Setelah limbah dan starter tercampur dengan cara diaduk, kemudian menuangkan limbah tersebut ke biodigester yang memiliki kapasitas 200L. Menutup kran *inlet*

- c. Membuka kran gas
- d. Mengecek suhu dalam digester
- e. Menunggu limbah car tahu berfermentasi hingga menghasilkan gas kurang lebih 3-4minggu
- f. Mengamati pergerakan jarum manometer, jika jarum sudah bergerak ke atas maka sudah ada gas yang terbentuk
- g. Menghidupkan kompresor untuk menekan gas yang ada di drum biodigester 200L
- h. Mengaktifkan *filter sulfur*

i. Menyalakan kompor dengan menggunakan pematik api

## BAB VI PEMANFAATAN BIOGAS

### A. Pendahuluan

Pada dasarnya, jenis <sup>104</sup> bahan bakar biogas merupakan jenis bahan bakar yang bersumber dari limbah dan sampah yang bersifat organik yang kemudian dapat berubah menjadi bentuk gas dengan proses *anaerobic*. Jenis limbah tersebut haruslah jenis limbah yang mampu terurai dengan mudah atau *biodgradable*. Walaupun dikatakan baru, namun biogas sebenarnya memiliki manfaat yang sangat banyak dan tidak kalah pada jenis bahan bakar pada umumnya. Biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pada kompor gas, lampu petromak, menggerakkan <sup>71</sup> motor bakar (energi mekanis/listrik) dengan kebutuhan biogas seperti pada Tabel 6.1.



42

Tabel 6.1. Pemanfaatan Biogas

Pemanfaatan Biogas	Referensi	Hasil pengukuran	Aplikasi 1m <sup>3</sup> biogas setara dengan
Kompor gas (m <sup>3</sup> / jam)	74 0,3 m <sup>3</sup> /orang/hari Tekanan: 75 – 90 mmH <sub>2</sub> O	0,2 – 0,4 Tekanan: 60 – 85 mmH <sub>2</sub> O	Dapat memasak tiga jenis bahan makanan untuk keluarga (5-6 105 g)
42 Lampu penerangan (m <sup>3</sup> / jam)	0,11 – 0,15 (penerangan setara dengan 60 watt lampu bohlam $\cong$ 100 candle power $\cong$ 620 lumen). Tekanan: 70 – 85 mm H <sub>2</sub> O 0,2 – 0,45	0,15 – 0,3 Tekanan: 30 – 60 H <sub>2</sub> O	60 - 100 watt lampu bohlam selama 6 jam
Energi listrik Algen gas generator (700 W) Algen gas generator (1.500 W) Modifikasi diesel engine 6HP (3000 W)	0,5 m <sup>3</sup> biogas/kwh 0,35 m <sup>3</sup> biogas/kwh perbandingan solar : biogas = 10 : 90	0,55m <sup>3</sup> biogas/kwh 0,40 m <sup>3</sup> biogas/kwh 100 ml solar, 0,39 m <sup>3</sup> biogas/kwh	Dapat menghasilkan 1,25 kwh

Sumber: Kristoverson dan Bokalders, 1991 dalam Hambali, 2007.

## B. Pemanfaatan Biogas

Adapun biogas yang sudah jadi dapat dimanfaatkan sebagai berikut:

## 1. Kompor Gas

Produk utama dari biogas adalah gas metan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kompor untuk memasak. Nyala api hasil biogas hampir sama dengan nyala api dari bahan baku *Liquified Petroleum Gas* (LPG). Bila dibandingkan dengan minyak tanah, LPG, atau bahkan kayu (Tabel 6.2), biogas tentu lebih murah karena bahan baku yang digunakan merupakan limbah buangan yang tidak perlu membayar untuk mendapatkannya. Meskipun secara ekonomi biogas jauh lebih murah daripada gas LPG, namun dalam hal pemakaiannya, gas LPG lebih praktis dan mudah mendapatkannya. Dalam penelitian yang sedang berjalan adalah bagaimana biogas dikemas dalam tabung dan dapat dipakai oleh masyarakat dengan mudah.

Tabel 6.2. Kesetaraan 1 m<sup>3</sup> biogas dengan sumber energi lain

Sumber Energi	103 ntitas
LPG ( <i>Liquified Petroleum Gas</i> )	0,46 kg
Minyak Tanah	73 2 liter
Minyak Solar (diesel oil)	0,52 liter
Bensin	0,80 liter
Gas Kota	1,50 m <sup>3</sup>
Kayu Bakar	3,50 kg

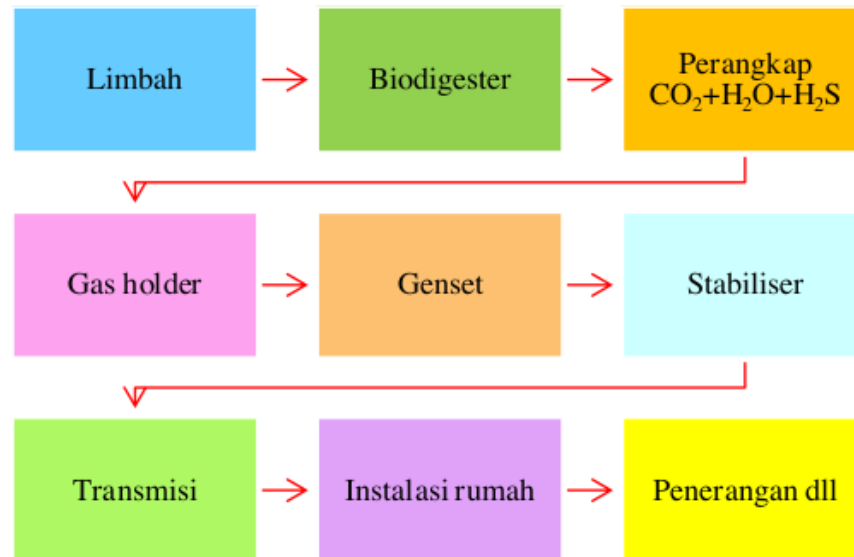
Cara Pemakaian Kompor Biogas yaitu memastikan slang saluran gas telah terhubung dengan kompor biogas, buka kran gas secara perlahan sehingga gas akan mengalir

ke kompor, menyalakan korek api dan sulut tepat di atas tungku sampai kompor menyala normal, untuk kompor yang dilengkapi dengan pemantik api, tidak diperlukan korek api, mengatur nyala api sesuai kebutuhan, pastikan gas yang tersedia cukup untuk kegiatan memasak dengan melihat indikator tekanan gas, Setelah selesai memasak menutup rapat kran gas.

## **2. Pembangkit Listrik**

Pemasok listrik tunggal di Indonesia yaitu PLN, saat ini menggunakan bahan bakar jenis solar sebagai alternatif untuk memasok ketersediaan listriknya ke pelanggan. Faktanya, dengan memanfaatkan biogas dengan baik dan benar, maka biogas mampu menjadi alternatif atau energi tambahan untuk memasok ketersediaan listrik di Indonesia, diperkirakan 1 meter kubik biogas mampu menghasilkan 6000 watt listrik per-jamnya. Di beberapa negara seperti China dan India, sudah memanfaatkan energi biogas untuk menghasilkan listrik. Mereka melakukan pemurnian gas dan kemudian mengalirkannya ke penampungan gas yang nantinya mengalir ke genset (*gas engine*) untuk diubah ke dalam bentuk energi listrik. Genset yang digunakan adalah genset khusus dan sudah banyak tersedia di pasaran.

Gambar 6.1. menunjukkan desain pembangkit listrik tenaga biogas:



Gambar 6.1. Desain Pembangkit listrik tenaga biogas

### 3. Bahan bakar mesin (kendaraan)

Biogas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar mesin (biasanya kendaraan). Pemanfaatan ini sudah banyak diaplikasikan di beberapa negara di eropa. Gas bio di kemas dalam tabung bertekanan tinggi yang kemudian di pakai dalam kendaraan berbahan bakar gas. Perlu dilakukan pemurnian dan kompresi gas agar gas dapat dkemas dalam tabung.

### 4. Pemanfaat *sludge* (hasil samping biogas)

Sisa keluaran biogas berbentuk lumpur (*sludge*) yang telah mengalami dekomposisi anaerob sehingga bisa

langsung diaplikasikan. Pada proses fermentasi dalam digester terjadi perombakan anaerobik bahan organik menjadi biogas dan asam organik BM rendah. N, P dan K meningkat karena proses peruraian ini *Sludge* dapat dipisahkan menjadi pupuk padat dan pupuk cair. *Sludge* mengandung berbagai mineral yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti fosfor, magnesium, kalsium, kalium, tembaga dan seng.

*Sludge* sebenarnya sudah menjadi “kompos” namun karena berbentuk lumpur maka akan ada kesulitan dalam pengepakan dan pengangkutan sehingga disarankan untuk memisahkan *sludge* menjadi padatan dan cairan. Padatan dalam bentuk basah atau kering dapat dimanfaatkan langsung untuk pupuk karena sudah mengalami dekomposisi selama proses fermentasi di dalam *digester*/reaktor, bahkan mikro organisme yang bersifat patogen hanya dalam jumlah yang sangat kecil sehingga padatan ini sangat baik untuk media tanam jamur atau pembibitan tanaman.

Kegunaan *Bio-Slurry/Sludge* yaitu:

a. Pupuk (*bio-fertilizer*)

*Slurry* kaya akan berbagai jenis nutrisi senyawa kimia seperti nitrogen, pospor and kalium (NPK).

Proses pembuatan pupuk organik cair yaitu menyaring lumpur hasil keluaran dari reaktor biogas dengan saringan halus airnya lalu ditampung dalam drum plastik. Untuk meningkatkan kualitas, perlu ditambahkan tepung tulang, tepung cangkang telur dan tepung darah, kemudian dibiarkan selama 7 hari. Selanjutnya cairan disaring lagi dengan menggunakan kain bekas (bekas kantung tepung terigu) kemudian kain diperas. Cairan ditampung dalam drum plastik dan didiamkan selama 3-4 hari dan diaduk-aduk atau dipasang aerator untuk membuang gas-gas sisa. Cairan didiamkan tanpa pengadukan selama 2 hari agar partikel-partikel mengendap dan cairan menjadi lebih jernih. Cairan tersebut sudah siap dikemas dalam botol/jerigen plastik dan siap jual.

- b. *Biogas slurry/effluent* yang telah terfermentasi dengan sempurna dapat memperbaiki sifat-sifat fisis, kimia dan biologis dari tanah yang mengakibatkan kenaikan hasil panen secara kuantitas maupun kualitas.
- c. Dapat digunakan sebagai pengganti lapisan tanah bagian atas yang sekaligus bisa melepaskan nutrisi ke tanaman.
- d. Pakan ternak dan ikan

- e. Kegunaan lain dari cairan keluar biodigester adalah ditebarkan ke kolam sebagai nutrisi dari alga, ikan dan itik. *Slurry* dapat dipakai untuk substitusi pakan ikan sampai dengan 15% dan akan melipat gandakan hasil perikanan. Bisa juga digunakan untuk pupuk tanaman hidroponik.
- f. Media tanam jamur dan media hidup cacing tanah

### C. Pemeliharaan dan Cara Mengatasi Masalah

#### 1. Pemeliharaan

Cara memelihara biogas yaitu mengisi bahan baku (bahan organik) ke dalam reaktor sesuai kapasitas pengisian setiap hari. Menghindari bahan-bahan pengambat pertumbuhan bakteri (pestisida, desinfektan, air detergen/sabun, shampoo) masuk ke dalam reaktor. Membersihkan peralatan (kompur, lampu, generator listrik), melakukan pemeriksaan jaringan pipa/selang gas dan bagian pengaman secara rutin dalam kurun waktu tertentu. Memanfaatkan lumpur keluaran dari instalasi biogas secara teratur.

#### 2. Cara Mengatasi Masalah Operasional

Cara mengatasi masalah operasional, seperti pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Masalah Operasional dan Cara Perbaikannya

Kerusakan	Penyebab Kerusakan	Cara Perbaikan
<p><b>Masalah : Start awal</b> a. Tekanan gas lemah</p>	<p>a. bakteri sangat sedikit</p> <p>b. waktunya belum cukup lama</p> <p>c. Mengisi digester sambil menunggu terpenuhinya penampung gas</p> <p>d. Tidak ada air di dalam peralatan pengeluaran embun</p> <p>e. Kebocoran di penampung gas atau pipa gas</p> <p>f. Keran gas atau keran kondensasi terbuka</p>	<p>a. Kira-kira 20 kg <i>slurry</i> dari instalasi biogas yang sudah beroperasi diambil dan dimasukkan ke dalam digester tersebut.</p> <p>b. Pada daerah dingin, pada operasional pertama kali perlu waktu 3 minggu untuk mengisi penampung gas.</p> <p>c. Ini kesalahan yang sering terjadi. Jangan mengisi digester dulu sampai gas metana terbentuk.</p> <p>d. Kira-kira 0,25 liter air harus ditambahkan kedalam botol pencilup pipa.</p> <p>e. Ini harus diperbaiki</p> <p>f. Harus segera ditutup</p>
<p>b. Gas pertama yang dihasilkan tidak terbakar</p>	<p>a. Gas yang terbentuk bukan gas metana</p>	<p>a. Gas pertama yang terbentuk jangan dibakar. Ini mungkin banyak campuran gas dan mungkin bisa meledak. Khususnya di daerah bercuaca dingin, produksi gas lambat, dan sering kandungan CO<sub>2</sub> nya tinggi. Gas yang</p>



	b. Udara di dalam pipa gas	diproduksi berikutnya dapat dibakar. b. Udara hendaknya dikeluarkan sampai yakin keluar bau atau tidak
<b>Masalah Umum</b> a. Ketika salah satu klep gas utama dibuka, tekanan gas turun drastis.	a. Keran pengeluaran pembuangan air terbuka b. Kran gas/burner terbuka c. Kran gas untuk lampu terbuka d. Tidak ada air di dalam peralan pengeluaran air/ <i>syphon</i> e. Bocor besar di jaringan pipa.	a.,b.,c. Segera ditutup Kira-kira 0,25 liter air harus ditambahkan kedalam botol pencelup pipa. d,e, Harus segera diperbaiki
b. Tekanan gas naik secara lambat.	a. Tekanan terlalu rendah. b. Buih tebal diatas <i>slurry</i> c. Pengisian terlalu banyak d. Pengirian terlalu sedikit e. Gas bocor f. Campuran <i>slurry</i> terlalu kental/terlalu encer g. Mencuci dengan air berlebihan sehingga air masuk kedalam digester	a. Produksi gas akan selalu berkurang dalam cuaca dingin b. Penampung gas ditutup rapat dan buih diambil dari permukaan c. d, jumlah yang tepat harus ditambahkan setiap hari. Ini akan berjalan baik dengan sendirinya setelah beberapa minggu e. Kebocoran harus segera diperbaiki f. <i>Slurry</i> hendaknya dibuat dengan kekentalan yang tepat g. Tidak boleh ada air ekstra masuk kedalam digester

c. Gas tidak menyala	a. Udara ada di dalam pipa gas b. Mungkin terlalu banyak gas CO <sub>2</sub> Karena terlalu banyak	a. Udara dikeluarkan sampai yakin berbau gas b. Gas dikeluarkan dan pengisian dengan <i>slurry</i> yang benar
<b>Kompore</b> a. Nyala api panjang dan lemah. Api menyala jauh dari lubang dan tidak bertahan hidup lama	a. Supply udara tidak tepat b. Tekanan gas tidak tepat	a. Mengatur keran <i>supply</i> campuran udara b. Tekanan yg tepat adalah antara 75-85 mm H <sub>2</sub> O
b. Nyala api kecil	a. Tekanan gas kurang b. Lubang kompor sebagian tertutup	a. Mungkin terdapat buih yg perlu diambil b. Segera dibersihkan
c. Nyala api berdenyut-denyut (tidak stabil)	a. Terdapat pengembunan air didalam pipa gas utama b. Terdapat pengembunan air didalam kompor	a. Pengembunan air harus ditiadakan b. Menutup keran gas pada kompor dan posisi kompor dibalik
d. Tidak ada gas di dalam kompor	a. Pipa gas utama tertutup b. Embun menutup pipa gas utama c. Lubang gas pada kompor tertutup	a. Klep harus dibuka b. Kompor harus dilepas. c. Lubang gas pada kompor dibersihkan dengan jarum. d. Lubang gas jangan diperlebar/rusak.
<b>Pengeluaran/ Pemasukan Slurry</b> a. <i>Slurry</i> tidak mengalir masuk	Saringan dan pipa pemasukan tersumbat.	Harus dibersihkan dan dikencangkan

kedalam biodigester		
b. Lubang biodigester <i>overflows</i>	<p>a. Pipa pengeluaran tersumbat.</p> <p>b. <i>Slurry</i> terlalu kental.</p> <p>c. <i>Slope</i> dari pipa terlalu kecil sehingga permukaan <i>slurry</i> di lubang pengeluaran tidak sesuai.</p> <p>d. Lubang pengeluaran terlalu tinggi</p>	<p>a. Harus dibersihkan dengan memasukkan batang kayu dan digerakkan turun naik.</p> <p>b. Campuran harus tepat kekentalannya</p> <p>c. <i>Slope</i> harus ditambah atau tinggi permukaan lubang pengeluaran direndahkan</p> <p>d. Tinggi permukaan lubang permukaan harus direndahkan.</p>

#### D. Kesimpulan

Adapun biogas yang sudah jadi dapat dimanfaatkan sebagai berikut:

1. Kompor Gas
2. Pembangkit Listrik
3. Bahan bakar mesin (kendaraan)
4. Pemanfaat *sludge* (hasil samping biogas)
5. Kegunaan *Bio-Slurry/Sludge* yaitu:
  - a. Pupuk (*bio-fertilizer*)
  - b. Memperbaiki sifat-sifat fisis, kimia dan biologis dari tanah yang mengakibatkan kenaikan hasil panen secara kuantitas maupun kualitas.

- c. Dapat digunakan sebagai pengganti lapisan tanah bagian atas yang sekaligus bisa melepaskan nutrisi ke tanaman.
- d. Pakan ternak dan ikan
- e. Kegunaan lain dari cairan keluar biodigester adalah ditebarkan ke kolam sebagai nutrisi dari alga, ikan dan itik.
- f. Media tanam jamur dan media hidup cacing tanah

## Daftar Rujukan

- Alimsyah, A., & Damayanti, A. (2013). Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), D6-D9.
- Anonima. 2010. *Penerapan prinsip waste to product dalam pengolahan limbah pabrik tahu*. <http://onlinebuku.com/2009/01/03/waste-to-product-dalam-pengelolaan-limbah-pabrik-tahu/comment-page-1/>.
- Armi, D. J. (2015). *PENGARUH WAKTU FERMENTASI ANAEROBIK TERHADAP PRODUKSI GAS METAN DARI AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DENGAN BIODIGESTER SISTEM BATCH* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Bapedal, E. M. D. I. (1994). *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia*.
- Barbosa, A.C.L., Lajolo, F.M., and Genovese, M.I., (2006), Influence of temperature, pH and ionic strength on the production of isoflavone-rich soy protein isolates, *Food Chem*, 98, pp. 757-766.
- BPPT, 1997a, *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu-Tempe Dengan Proses biofilter Anaerob dan Aerob*, <http://www.enviro.bppt.go.id>
- Darma, A. (2015). *Pengaruh Laju Alir Umpan Serta Waktu Tinggal Dalam Pemanfaatan Air Limbah Industri Tahu Menjadi Biogas Melalui Fermentasi Anaerob Dengan Sistem Batch* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).

- Darminto, P. (1984). Kamus Umum Bahasa Indonesia. *Jakarta: Balai Pustaka.*
- Departemen Pertanian. 2009. *Pemanfaatan Limbah dan Kotoran Ternak Menjadi Energi Biogas.* Jakarta: Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran
- Dhahiyat, Y. 1990. Kandungan Limbah Cair Pabrik Tahu dan Pengolahannya dengan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) Tesis. Program Pasca sarjana Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Gede Sudaryanti N L, dkk, 2007, Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu, Laporan Penelitian, Universitas Udayana Bali.
- Hamalik. (2007). Pengertian Instruktur. Retrieved from <http://belmy.info/pengertian-Instruktur-menurutahli.html>.
- Hambali, E., Mujdalifah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri, A. W., & Hendroko, R. (2007). *Teknologi bioenergi.* AgroMedia.
- Hasti, S., Wisroni, W., & Sunarti, V. (2018). Tanggapan Peserta terhadap Pelaksanaan Kegiatan Pelatihan Usaha Kecil Menengah Kota Padang di BPPD Provinsi Sumatera Barat. *Spektrum: Jurnal Pendidikan Luar Sekolah (PLS)*, 1(1), 115-120.
- Hidayat, M. R. (2012). Biogas Production from Tofu Industrial Wastewater with Effective Microorganisms 4 (EM-4) as Biocatalyst. *Biopropal Industri*, 3(1)

- Jasmiyati, A. S. (2010). Thamrin. 2010. Bioremediasi Limbah alkohol Menggunakan Efektif Mikroorganisme (EM-4). *Journal Of Environment Science*, 2(4)
- Junaedi, M. (2002). Pemanfaatan energi biogas di perusahaan susu umbul Katon Surakarta. *Laporan program vucer*.
- Krisno, Agud dan Muizuddin. 2014. Instalasi Biogas Kotoran Sapi. UPT Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang: Malang
- Levina, E. (2016). Biogas from tofu waste for combating fuel crisis and Environmental damage in indonesia. *Apec youth scientist journal*, 8(1), 16-21.
- Nurhasan dan Pramudyanto, B.B., (1991), Penanganan Air Limbah Tahu, yayasan Bina Karya, Jakarta Selatan, <http://www.menlh.go.id>
- Pertanian, B. L. (2011). Biogas Pembuatan Konstruksi, Operasional dan Pemeliharaan Instalasinya.
- Pertiwiningrum, A. (2016). Instalasi Biogas. CV. Kolom Cetak: Yogyakarta
- Putra, H. P. Pengaruh Rasio Pencampuran Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi terhadap Proses Anaerob. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 3(2), 1-5.
- Rahayu sugi, Purwaningsih Dyah, Pujiyanto (2009) pemanfaatan kotoran ternak sapi Sebagai sumber energi alternatif ramah Lingkungan beserta aspek sosio kulturalnya, *Jurnal Inotek*, Volume 13, Nomor 2, Agustus 2009 FISE Universitas Negeri Yogyakarta

- Ridhuan, K. (2016). Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang ramah lingkungan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 1(1).
- Rossiana, Nia. 2006. Uji Toksisitas Limbah Cair Tahu Sumedang Terhadap Reproduksi *Daphnia carinata* KING. *Jurnal Biologi*. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran: Bandung.
- Sadzali Iman, Desember (2010), potensi limbah tahu sebagai biogas, *Jurnal UI Untuk*
- Said D. dkk. 2006. Biogas Skala Rumah Tangga. Program Bio Energi Pedesaan (BEP). Ditjen PPHP Deptan Jakarta
- Saenab, S., Al Muhdar, M. H. I., Rohman, F., & Arifin, A. N. (2018). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) Guna Mendukung Program Lorong Garden (Longgar) Kota Makassar. Dalam Prosiding Seminar Nasional Megabiodiversitas Indonesia, Gowa, 09 April.
- Setiawan, A., & Rusdijjati, R. (2014). Peningkatan kualitas biogas limbah cair tahu dengan metode taguchi. *Prosiding SNATIF*, 35-40.
- Suaedy, S. (2011). Penerapan berbagai metode pembelajaran dalam kegiatan Diklat. *Surabaya: Bdk*.
- Subagyo, R., & Wijaya, R. (2017). PEMBUATAN BIOGAS DENGAN VARIASI STARTER RAGI DAN KOTORAN SAPI BERBAHAN BAKU SAMPAH ORGANIK. *sjme KINEMATIKA*, 2(1).



- Subekti, Sri. 2011. Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011
- Sudarman, S., & Basyrun, B. (2018). SOSIALISASI PEMBUATAN BIOGAS BAHAN BAKU TINJA PUYUH. *Rekayasa: Jurnal Penerapan Teknologi dan Pembelajaran*, 15(1), 44-50.
- Sungkowo, T. H. (2015). Pegolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman Typha Latifolia dan Eceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 2(2), 1-8.
- Suyitno, S. A. (2010). Dharmanto. *Teknologi Biogas: Pembuatan, Operasional, dan Pemanfaatan. Edisi Pertama ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.*
- Tang, C.-H. and Ma, C.-Y., (2009), Effect of high pressure treatment on aggregation and structural properties of soy protein isolate, *LWT – Food Sci. Technol*, 42, pp. 606-611.
- Wagiman. 2007. Identifikasi Potensi Produksi Biogas dari Limbah Cair Tahu dengan Reaktor *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB). *Bioteknologi*, 4(2): 41-45
- Wahyuni, Sri. 2009. *Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Widayat, W., & Hadiyanto, H. (2015). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Untuk Produksi Biomassa Mikroalga *Nannochloropsis sp* Sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Reaktor*, 15(4), 253-260.

<http://news.tridynamika.com/6142/5-manfaat-biogas-dalam-kehidupan-sehari-hari>

<https://manfaat.co.id/manfaat-biogas>

<https://agromedia.net/beragam-pilihan-tepat-bahan-baku-pembuatan-biogas-2/>

<https://nagabiru86.wordpress.com/2009/06/12/data-sekunder-dan-data-primer/>

<https://ekbis.sindonews.com/read/1159420/34/indonesia-memasuki-era-krisis-energi-fosil-1480497059>

[http://amgs.or.kr/New/common/journal/vol8/vol8\\_1\\_no.3.pdf](http://amgs.or.kr/New/common/journal/vol8/vol8_1_no.3.pdf)

<https://jdih.esdm.go.id/peraturan/Permen%20ESDM%20Nomor%2012%20Tahun%202017.pdf>

<http://www.satuenergi.com/2015/12/kelebihan-dan-kekurangan-bahan-bakar.html>

[http://www.conserve-energy-future.com/Disadvantages\\_FossilFuels.php](http://www.conserve-energy-future.com/Disadvantages_FossilFuels.php)

<http://fuelgascompression.com/advantages-disadvantages-of-fossil-fuel-use/>

[http://bsd.pendidikan.id/data/2013/kelas\\_11smk/Kelas\\_11\\_SMK\\_Konstruksi\\_Reaktor\\_Biogas\\_2.pdf](http://bsd.pendidikan.id/data/2013/kelas_11smk/Kelas_11_SMK_Konstruksi_Reaktor_Biogas_2.pdf)

[https://id.wikipedia.org/wiki/Debit\\_\(hidrologi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Debit_(hidrologi))

<http://phisiceducation09.blogspot.com/2013/04/debit-air-dan-asas-kontinuitas.html>

## GLOSARIUM

- Bakteri anaerob : Bakteri yang tidak membutuhkan oksigen untuk hidup
- Biodigester : Alat yang digunakan untuk mengurai sampah/limbah organik dengan cara fermentasi anaerob (kedap udara).
- Biogas : Gas yang mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang tidak ada dalam udara).
- Bioenergi : Energi terbarukan yang didapatkan dari sumber biologis, umumnya biomassa.
- Biomassa : Bahan organik yang menyimpan energi cahaya matahari dalam bentuk energi kimia
- Bio-slurry* : Kotoran hewan yang telah melalui proses fermentasi dan keluar dari *overflow* pada *outlet*. *Bio-slurry* tidak berbau sama sekali dan dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik.
- Biological oxygen demand* (BOD) : Parameter yang digunakan untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktivitas mikroba dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair

- Chemical oxygen demand (COD)* : Kebutuhan oksigen kimia adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat <sup>10</sup>oksidasi melalui reaksi kimia
- Energi* : Kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika kimia, dan elektromagnetika
- Energi terbarukan* : Dapat diartikan sebagai energi non fosil, dimana massa yang menyimpan energi tidak dihancurkan atau dikonsumsi ketika energi yang terkandung didalamnya dimanfaatkan. <sup>33</sup>
- Hujan asam* : Hujan yang mempunyai kadar keasaman (ph) yang rendah pada setiap tetes airnya. Keadaan keasaman hujan yang normal pada umumnya mempunyai ph 5,6 sehingga dapat diartikan bahwa jika hujan yang memiliki ph kurang dari 5,6
- Inlet* : Atau tangki pencampur adalah tempat mencampur kotoran hewan dengan air sebelum dialirkan ke dalam *digester* melalui pipa *inlet*.
- Nitrogen total (n-total)* : Fraksi bahan-bahan organik campuran senyawa kompleks antara lain asam-asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino).
- Manometer* : Adalah alat ukur yang berfungsi untuk mengetahui besarnya tekanan gas yang terdapat pada kubah.

- Methane* : Zat yang tidak kelihatan dan berbau.
- 76**  
*Loading rate* : Jumlah bahan pengisi yang harus dimasukkan ke dalam digester per unit kapasitas per hari
- Outlet* : Atau disebut juga dengan ruang pemisah berfungsi sebagai tempat penampungan bio-slurry sebelum dialirkan menuju slurry pit melalui overflow.
- Overflow* : Lubang kecil pada outlet yang berfungsi untuk mengalirkan bio-slurry di dalam outlet untuk kemudian ditampung pada slurry pit.
- 82**  
*Panel surya* : Alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik
- 21**  
*Power of hydrogen (pH)* : Adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan.
- 19**  
*Sludge* : Limbah keluaran berupa lumpur dari lubang pengeluaran digester setelah mengalami proses fermentasi oleh bakteri metana dalam kondisi anaerobik. Setelah traksi biogas (energi)
- 36**  
*Total suspended solid (TSS)* : Jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami pengeringan.

## INDEKS

### A

Anaerob 15,16,17, 19,20,21, 24, 25, 27, 28, 32, 34, 35, 36, 38, 44,48,49, 53, 54, 58, 59, 72, 73, 76, 82, 84, 100, 104, 109, 113, 114

### B

Bakteri 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 44, 49,51, 56, 63, 71, 72, 73, 100, 103, 116, 117

Biodigester 18, 34, 35, 49, 54, 55, 56, 57, 58, 64, 66, 68, 70, 72, 73, 76

Biogas 5, 13, 80, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 100, 101, 102, 103, 104, 109

Bioenergi 4, 12

Biomassa 4, 11, 18

Bio-slurry 114, 120

Biological oxygen demand (BOD) 43, 44, 45, 46, 52,

### C

Chemical oxygen demand (COD) 38, 43, 45, 46, 52

### D

Energi terbarukan 1, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13

### H

Hujan asam 8

### I

Inlet 56, 76, 84, 85, 90, 107

### N

Nitrogen 18, 19, 29, 35, 37, 38, 47, 48,49, 51, 52, 54, 99, 114

### M

Manometer 87, 108

Metana 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 29, 30, 32, 34, 35, 44, 45, 53, 60, 63, 72, 82, 100, 117

### L

Loading rate 30,36

### O

Outlet 56, 76, 84, 85, 90, 107

Overflow 120

### P

Panel surya 11

Power of hydrogen (pH) 36, 38, 45, 48, 52

### S

Sludge 20, 32, 34, 36

### T

Total suspended solid (TSS) 43, 47, 52



Untuk memproduksi biogas, diperlukan reaktor/digester. Sedangkan biodigester adalah alat yang digunakan untuk mengurai sampah/limbah organik dengan cara fermentasi anaerob (kedap udara). Biodigester berperan dalam mengurangi emisi gas metana ( $CH_4$ ) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan. Dengan menggunakan biodigester, limbah ternak, limbah sayur atau limbah organik dapat difermentasi menjadi gas metana (biogas). Prinsip bangunan biodigester adalah menciptakan suatu ruang kedap udara (*anaerob*) yang menyatu dengan saluran atau pemasukan (*input*) serta saluran atau bak pengeluaran (*output*).

Diterbitkan pertama kali oleh:  
Fakultas Pertanian  
Universitas KH.Wahab Hasbullah  
Jl. Garuda No.09 Tambakberas  
Jombang  
email:zulfikardia@gmail.com





## ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://mil.pasca.undip.ac.id">mil.pasca.undip.ac.id</a> Internet Source	1%
2	<a href="http://kehidupanduniapeternakan.blogspot.com">kehidupanduniapeternakan.blogspot.com</a> Internet Source	<1%
3	<a href="http://biobakteri.wordpress.com">biobakteri.wordpress.com</a> Internet Source	<1%
4	<a href="http://www.havo.co.id">www.havo.co.id</a> Internet Source	<1%
5	<a href="http://1library.net">1library.net</a> Internet Source	<1%
6	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Internet Source	<1%
7	<a href="http://repo.poltekkesdepkes-sby.ac.id">repo.poltekkesdepkes-sby.ac.id</a> Internet Source	<1%
8	<a href="http://tulisanmahasiswaasant.blogspot.com">tulisanmahasiswaasant.blogspot.com</a> Internet Source	<1%
9	<a href="http://lidya-novita.blogspot.com">lidya-novita.blogspot.com</a> Internet Source	<1%

10	<a href="http://Www.Esdm.Go.Id">Www.Esdm.Go.Id</a> Internet Source	<1 %
11	<a href="http://sakolaurang.blogspot.com">sakolaurang.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
12	<a href="http://kimbijak.blogspot.com">kimbijak.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
13	<a href="http://vdocuments.mx">vdocuments.mx</a> Internet Source	<1 %
14	<a href="http://pdffox.com">pdffox.com</a> Internet Source	<1 %
15	<a href="http://dimansaputra.blogspot.com">dimansaputra.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="http://eprints.walisongo.ac.id">eprints.walisongo.ac.id</a> Internet Source	<1 %
17	<a href="http://berbagiinfo542.blogspot.com">berbagiinfo542.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="http://pkm.uns.ac.id">pkm.uns.ac.id</a> Internet Source	<1 %
19	<a href="http://www.jurnaselulosa.org">www.jurnaselulosa.org</a> Internet Source	<1 %
20	<a href="http://id.scribd.com">id.scribd.com</a> Internet Source	<1 %
21	<a href="http://look-better.fun">look-better.fun</a> Internet Source	<1 %

22	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="http://d10penyuluhanfapetub2017.wordpress.com">d10penyuluhanfapetub2017.wordpress.com</a> Internet Source	<1 %
24	<a href="http://matoa.org">matoa.org</a> Internet Source	<1 %
25	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	<1 %
26	<a href="http://fatepa.unram.ac.id">fatepa.unram.ac.id</a> Internet Source	<1 %
27	<a href="http://mslanwar.blogspot.com">mslanwar.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
28	<a href="http://repository.ipb.ac.id">repository.ipb.ac.id</a> Internet Source	<1 %
29	<a href="http://repository.um-palembang.ac.id">repository.um-palembang.ac.id</a> Internet Source	<1 %
30	<a href="http://eprints.polsri.ac.id">eprints.polsri.ac.id</a> Internet Source	<1 %
31	<a href="http://ejournal.akprind.ac.id">ejournal.akprind.ac.id</a> Internet Source	<1 %
32	<a href="http://aguskrisnoblog.files.wordpress.com">aguskrisnoblog.files.wordpress.com</a> Internet Source	<1 %
33	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	<1 %

34	<a href="http://journalbalitbangdalampung.org">journalbalitbangdalampung.org</a> Internet Source	<1 %
35	<a href="http://burhannudin59.blogspot.com">burhannudin59.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
36	<a href="http://eprints.uns.ac.id">eprints.uns.ac.id</a> Internet Source	<1 %
37	<a href="http://larabiaika.blogspot.com">larabiaika.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
38	<a href="http://museumlistrikpln.com">museumlistrikpln.com</a> Internet Source	<1 %
39	<a href="http://vdocuments.site">vdocuments.site</a> Internet Source	<1 %
40	<a href="http://rolaangga.blogspot.com">rolaangga.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
41	<a href="http://jurnal.teknikunkris.ac.id">jurnal.teknikunkris.ac.id</a> Internet Source	<1 %
42	<a href="http://medpub.litbang.pertanian.go.id">medpub.litbang.pertanian.go.id</a> Internet Source	<1 %
43	<a href="http://staffnew.uny.ac.id">staffnew.uny.ac.id</a> Internet Source	<1 %
44	<a href="http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id">jurnalmahasiswa.unesa.ac.id</a> Internet Source	<1 %
45	<a href="http://www.biology.co.id">www.biology.co.id</a> Internet Source	<1 %

46	<a href="http://repository.uin-malang.ac.id">repository.uin-malang.ac.id</a> Internet Source	<1 %
47	<a href="http://rizakhoiruddin.blogspot.com">rizakhoiruddin.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
48	<a href="http://budikolonjono.blogspot.com">budikolonjono.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
49	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet Source	<1 %
50	<a href="http://catatanahmadsubhan.blogspot.com">catatanahmadsubhan.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
51	<a href="http://eprints.mercubuana-yogya.ac.id">eprints.mercubuana-yogya.ac.id</a> Internet Source	<1 %
52	<a href="http://repositori.usu.ac.id">repositori.usu.ac.id</a> Internet Source	<1 %
53	<a href="http://mahmudzone2.blogspot.com">mahmudzone2.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
54	<a href="http://repository.iainambon.ac.id">repository.iainambon.ac.id</a> Internet Source	<1 %
55	<a href="http://repository.unair.ac.id">repository.unair.ac.id</a> Internet Source	<1 %
56	<a href="http://vandajulita.blogspot.com">vandajulita.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
57	<a href="http://repositori.uin-alauddin.ac.id">repositori.uin-alauddin.ac.id</a> Internet Source	<1 %

58

[www.neliti.com](http://www.neliti.com)

Internet Source

&lt;1 %

59

[garuda.kemdikbud.go.id](http://garuda.kemdikbud.go.id)

Internet Source

&lt;1 %

60

[www.haruspintar.com](http://www.haruspintar.com)

Internet Source

&lt;1 %

61

S.A.C. Luthfi Luthfi, R. Fitria, N. Hindratiningrum. "Pemanfaatan Kotoran Kambing sebagai Bahan Bakar Renewable (Gas Bio) untuk Menghindari Pencemaran Lingkungan di Desa Binangun Kecamatan Banyumas Kabupaten Banyumas", *Bulletin of Applied Animal Research*, 2021

Publication

&lt;1 %

62

Susan Marlein Mambu, Glanny Mangindaan, Beivy Kolondam. "Optimalisasi Pengolah Limbah Organik Penghasil Biogas Skala Rumah Tangga dan Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Ekonomi Kreatif Kampung Organik Kelompok Wanita Kecamatan Tikala", *JPAI: Jurnal Perempuan dan Anak Indonesia*, 2021

Publication

&lt;1 %

63

[fauziyusupandi.wordpress.com](http://fauziyusupandi.wordpress.com)

Internet Source

&lt;1 %

64

[journal.trunojoyo.ac.id](http://journal.trunojoyo.ac.id)

Internet Source

&lt;1 %

---

65	<a href="https://repository.ppns.ac.id">repository.ppns.ac.id</a> Internet Source	<1 %
66	<a href="https://eprints.radenfatah.ac.id">eprints.radenfatah.ac.id</a> Internet Source	<1 %
67	<a href="https://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet Source	<1 %
68	<a href="https://zahrawi79.blogspot.com">zahrawi79.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
69	<a href="https://3216.nl">3216.nl</a> Internet Source	<1 %
70	Abdul Halim, Achmad Zamroni, Wafiyul Ahdi, Mochammad Syafiuddin Shobirin. "Pembelajaran Al-Qur'an di Taman Pendidikan al-Qur'an Roudlotul Tholabah Dusun Jemparing Desa Pakel", Jumat Keagamaan: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 2022 Publication	<1 %
71	<a href="https://Repositori.Usu.Ac.Id">Repositori.Usu.Ac.Id</a> Internet Source	<1 %
72	<a href="https://library.gunadarma.ac.id">library.gunadarma.ac.id</a> Internet Source	<1 %
73	<a href="https://pendidikan-budaya-agama-sosial.blogspot.com">pendidikan-budaya-agama-sosial.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
74	<a href="https://anzdoc.com">anzdoc.com</a>	

---

Internet Source

<1 %

75

[qubais.blogspot.com](http://qubais.blogspot.com)

Internet Source

<1 %

76

[slideplayer.info](http://slideplayer.info)

Internet Source

<1 %

77

Hasmalina Nasution, Winda Deliani, - Isnaniar, - Wahyuningsih. "ANALISA KADAR LEMAK, PATI, GULA REDUKSI, MINERAL (Fe, Ca, Na dan Mg) PELET IKAN DARI LIMBAH ORGANIK", Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan, 1930

Publication

<1 %

78

[ejournal.uin-suska.ac.id](http://ejournal.uin-suska.ac.id)

Internet Source

<1 %

79

[www.dontbreathe.nl](http://www.dontbreathe.nl)

Internet Source

<1 %

80

[www.researchsquare.com](http://www.researchsquare.com)

Internet Source

<1 %

81

[core.ac.uk](http://core.ac.uk)

Internet Source

<1 %

82

[dspace.uii.ac.id](http://dspace.uii.ac.id)

Internet Source

<1 %

83

[impka.id](http://impka.id)

Internet Source

<1 %

[repository.radenfatah.ac.id](http://repository.radenfatah.ac.id)



84	Internet Source	<1 %
85	as-wait.icu Internet Source	<1 %
86	helmutsimamorainfo.blogspot.com Internet Source	<1 %
87	vdokumen.com Internet Source	<1 %
88	kpgsjakupang.blogspot.com Internet Source	<1 %
89	repository.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1 %
90	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
91	www.docstoc.com Internet Source	<1 %
92	www.masibas.my.id Internet Source	<1 %
93	123dok.com Internet Source	<1 %
94	adindadinis.blogspot.com Internet Source	<1 %
95	ejournal.unib.ac.id Internet Source	<1 %

96	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
97	ml.scribd.com Internet Source	<1 %
98	repo.usni.ac.id Internet Source	<1 %
99	ruthmanullang.wordpress.com Internet Source	<1 %
100	zaifbio.wordpress.com Internet Source	<1 %
101	Amanah Aida Qur'an. "Sumber Daya Alam Dalam Pembangunan Berkelanjutan Perspektif Islam", el-Jizya : Jurnal Ekonomi Islam, 2018 Publication	<1 %
102	Idral Amri, Pratiwi Destinefa, Zultiniar. "Pengolahan limbah cair tahu menjadi air bersih dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu", CHEMPUBLISH JOURNAL, 2020 Publication	<1 %
103	Kurniawan Puspito Aji, Azis Nur Bambang. "Study of The Use of Biogas Into Electrical Energy by The Farmer Group Dulur Ganjar, Langse Village, Margorejo District, Pati	<1 %

# Regency, Central Java", E3S Web of Conferences, 2020

Publication

- 
- |     |   |      |
|-----|---|------|
| 104 | Muhammad Afif Zakariya, Mochamad Arif Irfa'i, Mohammad Munib Rosadi. "Analisis pengaruh variasi bahan bakar terhadap uji efektivitas kompor biomassa", ARMATUR : Artikel Teknik Mesin & Manufaktur, 2020<br>Publication | <1 % |
| 105 | <a href="http://agamhirmawansyah.blogspot.com">agamhirmawansyah.blogspot.com</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 106 | <a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 107 | <a href="http://firdharmwt25.wordpress.com">firdharmwt25.wordpress.com</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 108 | <a href="http://repository.usd.ac.id">repository.usd.ac.id</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 109 | <a href="http://www.bestprofitmalang.com">www.bestprofitmalang.com</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 110 | <a href="http://www.ceem.unsw.edu.au">www.ceem.unsw.edu.au</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 111 | Indah Rakhmayani, Nabila Shafa Aulia, Noviyanti Noviyanti, Dian Rahayu Jati, Isna Apriani. "Pembuatan Pupuk Kompos Cair dari Air Buangan Industri Tahu", Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah, 2021                  | <1 % |

---

112 [inis.iaea.org](http://inis.iaea.org) Internet Source <1 %

---

113 [ojs.unikom.ac.id](http://ojs.unikom.ac.id) Internet Source <1 %

---

114 Agus Subakti, Dwi Irawan, Mafruddin Mafruddin, Sulis Dri Handono. "Pengaruh komposisi campuran kotoran sapi dan limbah cair tapioka terhadap biogas yang dihasilkan", *ARMATUR : Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2022  
Publication <1 %

---

115 Annisa Wulandari<sup>0</sup>, Laili Fitria. "UJI TOKSISITAS LIMBAH CAIR TAHU TERHADAP KUTU AIR TAWAR (DAPHNIA MAGNA)", *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2016  
Publication <1 %

---

116 [repository.uma.ac.id](http://repository.uma.ac.id) Internet Source <1 %

---

117 [journal.unpak.ac.id](http://journal.unpak.ac.id) Internet Source <1 %

---

118 [syahriartato.wordpress.com](http://syahriartato.wordpress.com) Internet Source <1 %

---

Exclude bibliography  On