



## TEKNOLOGI BIOGAS SEBAGAI PENANGANAN LIMBAH GAS PADA INDUSTRI PETERNAKAN

Oktaviona Kartikasari

Fakultas Kedokteran Hewan; Universitas Gadjah Mada; Yogyakarta

[oktaviona.kh@mail.ugm.ac.id](mailto:oktaviona.kh@mail.ugm.ac.id)

### ABSTRAK

Sapi adalah hewan pemamah biak dan tidak cuma punya satu lambung, melainkan sebuah sistem pra-pencernaan dengan lambung belakang, rumen dan lain-lain. Pengolahan makanan secara mikrobiologis terjadi dalam rumen. Bakteri dalam rumen, menghasilkan berbagai jenis produk seperti misalnya gas metan. Satu kilogram metan memiliki bahaya untuk iklim berlipat ganda daripada gas CO<sub>2</sub>. Jika emisi gas metan dari sapi dapat direduksi, dampaknya akan sangat positif untuk iklim bumi. Akhir-akhir ini kita sering mendengar tentang pengolahan feses ternak, terutama sapi sebagai bahan biogas. Biogas sendiri merupakan gas yang dihasilkan dari aktivitas biologi dalam proses fermentasi anaerob. Biogas menghasilkan gas bio yang merupakan campuran gas metan, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> sebagai hasil perombakan limbah organik secara anaerob didalam *digester* atau reaktor. Biogas dapat menjadi pilihan dalam pengelolaan limbah gas dari peternakan dan dapat sebagai sumber energi terbarukan yang mudah diaplikasikan.

**Kata kunci** : sapi, feses, metan, biogas, gas bio, digester, energi terbarukan

### PENDAHULUAN

#### *Latar Belakang*

Indonesia mempunyai potensi yang baik di bidang peternakan, namun selama ini belum dikembangkan sepenuhnya. Hal ini disebabkan sebagian besar peternakan di Indonesia adalah peternakan yang bersifat tradisional, termasuk dalam pengolahan hasil dan limbahnya belum tersentuh teknologi. Peternak biasanya menumpuk feses sebelum membuang atau membawanya ke sawah.

Peternakan merupakan penyumbang gas emisi rumah kaca yang tinggi pada sector pertanian. Presentase kerusakan yang dibuat sekitar 35% hingga 40% (Puspitasari, 2015). Hal tersebut berasal dari limbah kotoran sapi yang mengandung gas metan (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). apabila hak tersebut tidak segera diatasi akan semakin memperparah pemanasan global yang terjadi.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu adanya teknologi tepat guna yang dapat memanfaatkan limbah sehingga dapat mengurangi pencemaran terhadap lingkungan sekaligus menjadi sumber energi terbarukan yang dapat mengatasi permasalahan energi.

### METODE

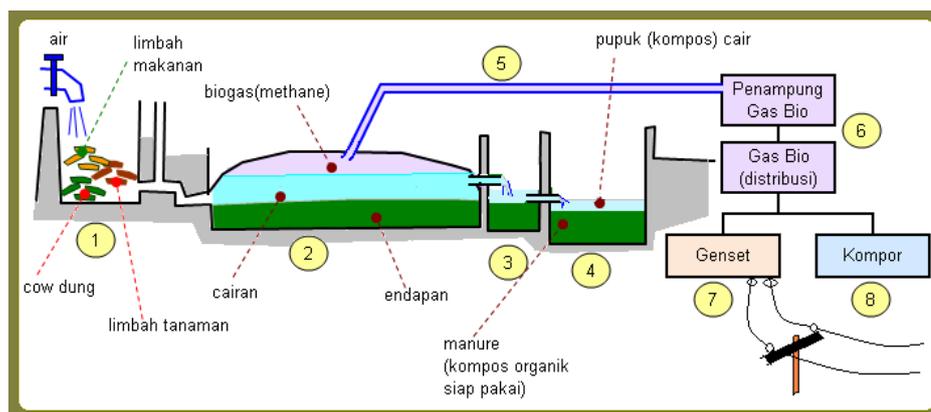
Dalam pengolahan biogas memerlukan digesti anaerobi. Dalam proses tersebut terdapat reaksi biokimia dalam produksi gas bio. Pada umumnya, digesti anaerobik terjadi dalam tiga fase menurut Polprasert (1995) serta Tchobanoglous dan Burton (1992).

- a. Pemecahan polimer (depolimerasi).
- b. Pembentukan asam (asidogenesis).
- c. Pembentukan metan (metagenesis).

Selain proses digesti anaerobik. Produksi biogas membutuhkan berupa komponen seperti komponen *digester*, saluran masuk sulrry (kotoran segar), saluran keluar residu (sludge), katup pengaman tekanan (control valve), system pengaduk, saluran gas dan tangka atau wadah penyimpanan gas.

## HASIL

Biogas akan sangat bermanfaat dalam pengelolaan limbah peternakan. Selain limbah gas methan dapat mengurangi limbah padat yang berupa kotoran. Dengan penerapan system seperti reaktor biogas pada Gambar 1.0 didapatkan hasil berupa biogas dan kompos organik siap pakai. Apabila pemanfaatan dengan skala rumah tangga dapat digunakan sebagai sumber listrik dan kompor pada daerah terpencil di Indonesia. Dengan adanya banyak manfaat serta Indonesia memiliki potensi yang besar, biogas benar-benar dapat realisasikan. Apabila di Indonesia mengembangkan digester dengan model atau jenis fixed dome akan lebih efektif dan menghemat banyak biaya.



Gambar 1.0 Reaktor Biogas (Triatmojo dkk., 2016)

## PEMBAHASAN

Indonesia memiliki banyak kota yang menjadi pusat peternakan terutama yang memiliki dataran tinggi karena suhu serta lingkungan yang sangat pas untuk sapi. Dapat diambil contoh yaitu Yogyakarta. Peternakan di Yogyakarta didominasi pada daerah Cangkringan dan Turi. Hal ini karena suhu udara yang baik karena mulai masuk dataran tinggi serta tidak terlalu jauh dari kota. Sapi disana memiliki rata-rata bobot hidup sekitar 635 kg baik itu sapi perah maupun sapi pootng. Menurut Triatmojo (2016) Sapi dengan bobot hidup 635 kg setiap harinya dapat mengeluarkan kotoran sebanyak 50,8 kg dengan padata total (TS) sekitar 10% sampai 15% dari massa kotoran awal dan padatan reaktor sebesar 8% sampai 10% dari massa kotoran awal. Padatan total (TS) merupakan komponen terpenting yang berperan untuk menghasilkan biogas dan di dalam padatan total terdapat padatan reaktor (VS). Spesifikasi kotoran sapi dengan bobot 635 kg dapat dilihat pada Tabel 1.0.



Spesifikasi	Sapi Bobot 635 kg
Feses	50,8 kg
Urine	51,1 kg
Padatan total ( <i>total solid</i> )	6,35 kg
Padatan reaktor ( <i>volatile solid</i> )	5,4 kg

Tabel 2.0 Spesifikasi kotoran sapi dengan bobot 635 kg (Uli Werner, 1989)

Tentunya dalam peternakan tidak hanya memiliki satu atau dua ekor sapi saja. Tentu satu peternakan memiliki bisa hingga 10 ekor sampai 20 ekor sapi. Peternakan besar yang cukup produktif pasti memiliki jumlah sapi yang dapat mencapai lebih dari 50 ekor sapi. Di Yogyakarta sendiri memiliki jumlah kasar atau jumlah sementara sapi perah sekitar 3200 ekor dan sapi potong berkisar 308.700 ekor pada tahun 2020 (Tabel 2.1). Apabila di jumlahkan sekitar 310.000 ekor lebih dengan angka laju pertumbuhan per tahun yang terus naik.

No	Bidang Urusan	Elemen	Tahun					Satuan	Periode	Pengentri
			2016	2017	2018	2019	2020			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Pertanian	Ternak Sapi Potong							-	-
1.1	Pertanian	Jumlah Populasi	309.018,00	309.960,00	313.425,00	304.423,00 *	308.786,00	Ekor	-	Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan
1.2	Pertanian	Jumlah Pemotongan per Tahun	37.742,00	39.023,00	34.951,00	40.175,00 *	6.924,00	Ekor	-	Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan
1.3	Pertanian	Laju Pertumbuhan Populasi per Tahun	0,73	0,30	1,11	-2,87 *	1,43	%	-	Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan
2	Pertanian	Ternak Sapi Perah							-	-
2.1	Pertanian	Jumlah Populasi	4.069,00	4.003,00	3.747,00	3.873,00 *	3.290,00	Ekor	-	Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan
2.2	Pertanian	Jumlah Produksi Susu per Tahun	6.225.570,00	6.124.590,00	4.059.473,00	5.925.690,00 *	5.033.700,00	Liter	-	Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan
2.3	Pertanian	Laju Pertumbuhan Populasi per Tahun	0,02	-1,62	-6,39	3,30 *	-0,15	%	-	Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan

Tabel 2.1. Jumlah sapi yang ada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta ([http://bappeda.jogjaprov.go.id/dataku/data\\_dasar/cetak/171-peternakan](http://bappeda.jogjaprov.go.id/dataku/data_dasar/cetak/171-peternakan))

Penyebab banyaknya gas metan yang terkandung dalam sapi dapat dipengaruhi oleh jenis rerumputan yang diberikan. Apabila kita ambil data jumlah gas metan yang ada dalam setiap feses dengan satuan ppm (parts per million). Tidak banyak perbedaan signifikan yang ada pada setiap jenis rerumputan yang diberikan. Dalam seminggu dapat diambil rata-rata gas metan yang ada pada 1kg feses sapi sekitar 13.000 mg dan dalam sebulan dapat menghasilkan gas metan sekitar 50.000 mg per 1kg feses (Tabel 2.2).

Minggu	Rataan Gas CH4 (ppm)		
	JP	RG	JPRG
1	17 481,75±1 722,21a	11 107,63±1 823,90b	15 558,63±6 149,91a
2	21 508,75± 2 729,84	19 386,50±8 755,22	22 108,88±6 342,91
3	35 204,38± 6 451,22	28 601,00±8 950,74	32 467,50±11 160,90
4	53 817,88±16 230,70	37 635,25±18 810,20	62 148,50±37 410,20
5	106 577,13±87 136,70	51 394,25±30 225,80	116 149,75±53 187,90
6	126 053,50±97 352,50	85 681,88±70 587,10	94 927,88±82 521,10
7	172 267,50±74 972,80	136 878,50±67 931,60	221 029,38±45 534,80
8	148 969,38±26 926,10	128 061,25±58 562,30	155 089,88±38 171,80
Total	2 727 521,00±73 568,65	1 994 985,00±57 333,83	2 877 921,50±76 902,85

Keterangan : JP (jerami padi 100%), RG (rumput gajah 100%), (kombinasi jerami padi 50% dan rumput gajah 50%), \*huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata (P<0,05)

: dalam 1 minggu dengan satuan ppm (Puspitasari dkk., 2015)



### Gas Bio

Gasbio adalah campuran gas metan, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> sebagai hasil perombakan limbah reaktor secara anaerob didalam *digester* atau reaktor oleh campuran berbagai kelompok mikroorganisme di antaranya adalah bakteri hidrolitik atau fermentasi, bakteri penghasil asetat dan bakteri metanogenik. Gas yang terbentuk selama digesti anaerobik adalah CH<sub>4</sub> 65%-70%, CO<sub>2</sub> 25%-30%, dan sejumlah kecil N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O, dan gas lainnya. (Tchobanoglous dan Burton, 1992)

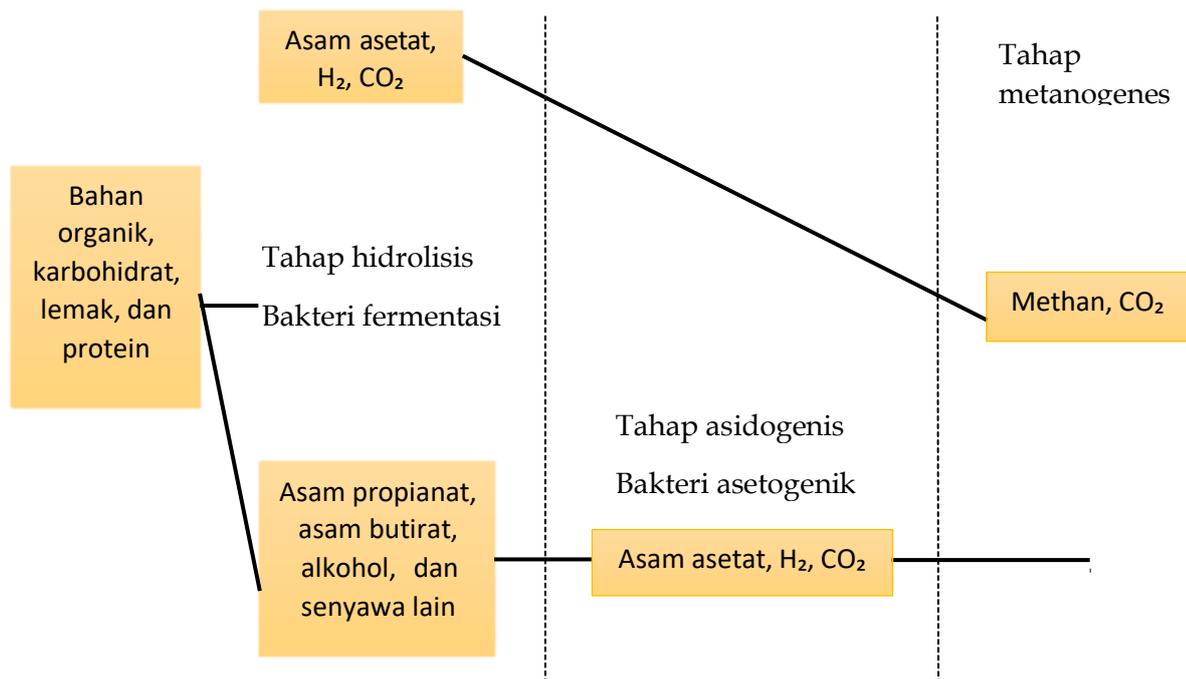
### Tujuan Digesti Anaerobik

Digesti anaerobik bertujuan untuk memproduksi gas metan sebagai sumber energi, menstabilkan limbah organik, reklamasi nutrient dan inaktivasi organisme pathogen. Reaksi biologi selama digesti anaerobikdi dalam digester gas bio menurunkan kandungan bahan reaktor 30% sampai 60% dan memproduksi *sludge* yang stabil yang dapat digunakan sebagai pupuk ataupun pembenah tanah. Limbah reaktor masih terdapat N, P dan K tetapi dalam bentuk senyawa 4eactor sukar diambil oleh tanaman. Digesti reaktor limbah diuraikan menjadi asam-asam 4eactor sederhana (asam format, asetat, butir, dan propionate), gas CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S serta biomasa mikrobia. NH<sub>3</sub> oleh bakteri nitrifikasi diubah menjadi nitrit dan nitrat sehingga dapat digunakan oleh tanaman. Digesti 4eactor4u tidak menghancurkan nutrient di dalam limbah reaktor tetpi menguraikan dan mentransformasi menjadi bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman. Aplikasi *slurry* ke dalam tanah memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan kesuburan tanah. Digesti anaerob pada jangka waktu yang cukup lama (15 sampai 50 hari) cukup untuk menginaktifkan beberapa bakteri, protozoa, virus, dan telur cacing, sehingga pemakaian *slurry* tidak lagi membahayakan tanaman dan lingkungannya. (Polprasert, 1995)

### Reaksi Biokimia dalam Produksi Gasbio

Pada umumnya, digesti anaerobik terjadi dalam tiga fase menurut Polprasert (1995) serta Tchobanoglous dan Burton (1992) (Gambar 2.0).

- a. Pemecahan polimer (depolimerasi). Limbah organik tersusun dari polimer reaktor kompleks seperti protein, lemak, karbohidrat (pati, pektin, selulosa, hemiselulosa), dan lignin. Pada tahapan ini, polimer reaktor di pecah oleh enzim ekstraselular yang dihasilkan oleh bakteri hidrolitik, produk yang dihasilkan larut dalam air. Komponen reaktor sederhana yang larut dalam air digunakan oleh bakteri pembentukan asam. Digesti pada fase ini mengubah protein menjadi asam amino, karbohidrat menjadi gula sederhana, dan lemak menjadi asam lemak rantai reaktor. Laju hidrolisis tergantung pada jumlah substrat yang tersedia dan konsentrasi bakteri serta factor lingkungan seperti suhu dan pH.
- b. Pembentukan asam (asidogenesis). Komponen monomer yang dibebaskan dari reaksi hidrolitik pada fase pertama (a) selanjutnya diubah menjadi asam asetat (CH<sub>3</sub>COOH), H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> oleh bakteri pembentuk asam laktat yang hidup pada kondisi pH 5,5 sampai 6,5. Metabolisme protein, lemak dan karbohidrat di dalam sel mikroba menghasilkan asam-asam lemak volatile, terutama asam asetat, propionate, dan laktat. Pemecahan karbohidrat menghasilkan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, methanol, dan reaktor sederhana.
- c. Pembentukan methan (metanogenesis). Produk dari fase kedua (b) akhirnya diubah menjadi CH<sub>4</sub> dan hasil akhir lainnya oleh kelompok bakteri yang disebut metanogen. Bakteri metanogen ini merupakan bakteri anaerob obligat dengan laju pertumbuhannya lebih lambat dari kedua kelompok bakteri sebelumnya dan sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan yang mendadak sehingga berpengaruh pada pertumbuhan dan laju produksi gas. Bakteri metanogenik menggunakan asam laktat, methanol atau gas reaktor dan karbon dioksida untuk menghasilkan gas methan. Asam asetat merupakan reaktor utama dan terpenting untuk memproduksi gas methan, sekitar 70% gas methan dihasilkan dari asetat, dan sisanya (30%) dihasilkan dan H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Bakteri metanogenik tergantung pada fase 1 dan 2 karena kedua fase tersebut menyediakan nutrien bagi bakteri metanogenik.



Gambar 2.0 Proses pembentukan gas metan (Gate, 1999)

**Komponen Digester**

Komponen biogas yang paling penting adalah gas metan, selain itu juga gas-gas lain yang dihasilkan dalam ruangan yang disebut *digester*. Biogas yang dihasilkan oleh *biodigester* reaktor besar terdiri dari 54% sampai 70% metan (CH<sub>4</sub>), 27% sampai 35% karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), hydrogen (H<sub>2</sub>), 0,1% karbon monoksida (CO), 0,1% oksigen (O<sub>2</sub>) dan reaktor sulfida (H<sub>2</sub>S). Pendapat lain, menyatakan bahwa biogas tersusun dari 81,1% gas metan yang dapat dilihat lebih lengkapnya pada Tabel 2.0. Gas metan merupakan gas yang paling berbahaya karena dampak yang ditimbulkan 21 kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan karbon dioksida. Gas metan juga dapat menimbulkan efek rumah kaca yang dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global. Oleh karena itu, para ahli sering menuding peternakan adalah salah satu reaktor tersebar penyumbang efek pemanasan global. (Triatmojo dkk., 2016)

Biogas memiliki berat lebih ringan jika dibandingkan dengan udara, dengan berat sekitar 20% dan memiliki suhu pembakaran 650°C sampai 750°C, selain itu gas yang dihasilkan dari biogas tidak menimbulkan bau dan tidak berwarna. Penggunaan biogas pada skala rumah tangga memiliki efisiensi pembakaran sebesar 60% jika dibandingkan dengan penggunaan gas LPG karena nilai kalor yang terkandung pada gas metan sebesar 20 MJ/m<sup>3</sup> biogas dapat dihasilkan pada hari ke 4 sampai 5 sesudah biogester terisi penuh, dan mencapai puncaknya pada hari ke 20 sampai 25. Akan tetapi, perlu juga dipertimbangkan ketinggian lokasi pembuatan karena pada suhu dingin biasanya bakteri bekerja dengan lambat. (Triatmojo dkk., 2016).

Tabel 2.3 Komposisi kandungan biogas di dalam digester (Triatmojo dkk., 2016)

Gas	Digester Sludge Sistem Anaerob (%)
CH <sub>4</sub>	81,1
CO <sub>2</sub>	14,0
H <sub>2</sub> S	2,2
N <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	2,7

Kandungan gas yang terbentuk di dalam digester reaktor besar berupa gas metan yang bergerak penting sebagai bahan bakar pengganti gas LPG dan bensin. Gas lain terbentuk di dalam digester adalah H<sub>2</sub>S jika ikut terbakar dan terbebas dari udara maka dapat teroksidasi oleh air



sehingga akan menimbulkan hujan asam (Triatmojo dkk., 2016).

Digester merupakan tempat bakteri menguraikan bahan reaktor secara anaerob (tanpa udara) menjadi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Skema digester biogas dapat dilihat pada Gambar . Komponen pada digester sangat bervariasi, tergantung pada jenis biodigester yang digunakan. Menurut Triatmojo, Yuni dan Nanung (2016) secara umum, digester terdiri dari komponen-komponen utama utama sebagai berikut.

a. Saluran Masuk Slurry (Kotoran Segar)

Saluran ini digunakan untuk memasukkan slurry (campuran kotoran ternak dan air) ke dalam reaktor utama biogas. Pencampuran antara kotoran ternak dan air berfungsi untuk memaksimalkan potensi biogas, memudahkan pengaliran, dan menghindari terbentuknya endapan pada saluran masuk. Sebelum berada di dalam digester, slurry harus telah disaring terlebih dahulu untuk menghindari bahan-bahan lain yang masuk ke dalam reaktor. Bahan-bahan lain yang tidak diinginkan apabila masuk ke dalam digester akan mengganggu proses fermentasi anaerob yang dilakukan oleh bakteri yang mengakibatkan menurunnya produksi biogas yang dihasilkan.

b. Saluran Keluar Residu (Sludge)

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 dan sangat baik digunakan sebagai pupuk karena memiliki kandungan nutrisi yang tinggi.

c. 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 kolam air, maka gas akan keluar melalui pipa T, sehingga tekanan dalam digester akan turun. Biogas dengan skala besar dan reaktor kontinu sebaiknya menggunakan komponen ini karena reaktor besar material utama yang digunakan untuk pembuatan digester tidak tahan terhadap tekanan tinggi. Dengan adanya katup pengaman, biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan *digester* dapat dikurangi.

d. Sistem Pengaduk

Pengaduk dilakukan dengan berbagai cara, yaitu pengadukan sirkulasi subtract digester, atau sirkulasi ulang produksi biogas ke atas biodigester menggunakan pompa. Pengadukan ini bertujuan untuk mengurangi pengendapan dan meningkatkan produktivitas digester karena kondisi subtract yang seragam. Pengadukan dapat dilakukan dengan dua macam, yaitu pengadukan secara mekanis dan pengadukan dengan menggunakan pompa.

Pengadukan secara mekanis pada dasarnya menggunakan poros yang di bawahnya terdapat baling-baling dan secara berkala digerakkan dengan menggunakan motor listrik. Pengadukan dengan menggunakan pompa bertujuan untuk menyirkulasi bahan reaktor di dalam digester sehingga dapat dialirkan reaktor melalui bagian atas digester. Pengadukan sebaiknya tidak dilakukan secara cepat karena dapat menghambat kerja bakteri dalam melakukan proses digesti bahan reaktor. Lain halnya jika bahan reaktor yang digunakan untuk produksi biogas berasal dari bahan yang tidak mudah larut di dalam air dan tidak membentuk stratifikasi, maka komponen pengaduk tidak diperlukan.

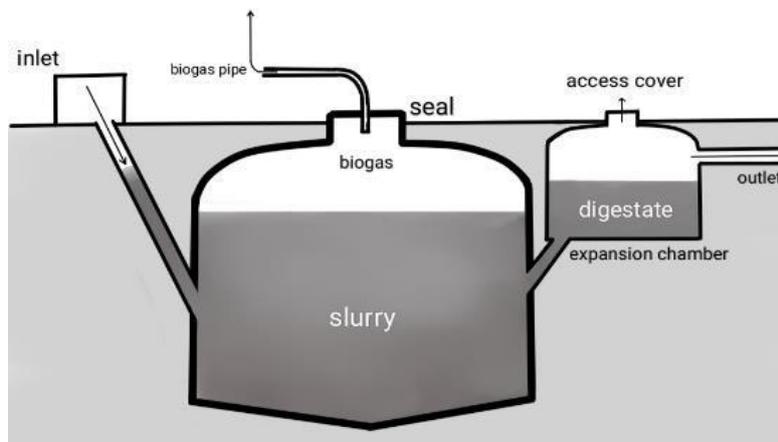
e. Saluran Gas

Saluran gas ini disarankan terbuat dari bahan polimer untuk menghindari korosi. Saluran gas bertujuan untuk mengalirkan biogas yang dihasilkan dari digester. Penggunaan saluran gas untuk pembakaran gas pada tungku disarankan agar ujung saluran pipa tersebut dapat disambungkan dengan pipa baja anti karat.

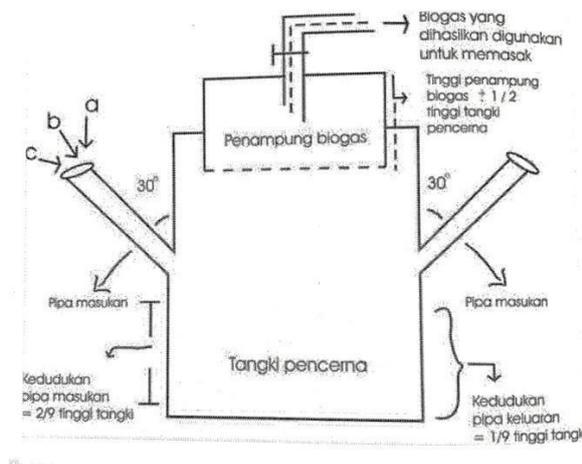
f. Tangki atau Wadah Penyimpanan Gas

Konstruksi tangka atau wadah penyimpanan gas dibuat khusus agar tidak mudah bocor dan tekanan yang terdapat dalam bahan seragam. Jenis tangka penyimpan gas terdiri dari dua macam, yaitu reaktor yang reaktor dengan unit reaktor (*fixed dome*) dan tangka yang terpisah dengan reaktor (*floating dome*). Konstruksi yang digunakan untuk membuat reaktor dengan model terpisah sebaiknya didesain secara khusus agar tidak mudah bocor dan tekanan di dalam tangka dapat seragam.

Digester yang mampu memproduksi biogas dengan kandungan metan yang tinggi harus memperhatikan bebrapa hal sebelum digester tersebut dibuat. Beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum pembuatan digester, antara lain lingkungan, temperatur, pH, nutrisi, kadar padatan, pengadukan, dan strater. Berikut ini akan dijelaskan secara detail faktor-faktor yang memengaruhi proses produksi biogas.



Gambar 2.1 Skema reaktor biogas (Triatmojo dkk., 2016)



Gambar 2.2 Tangki penyimpanan biogas (Siregar dkk., 1988)

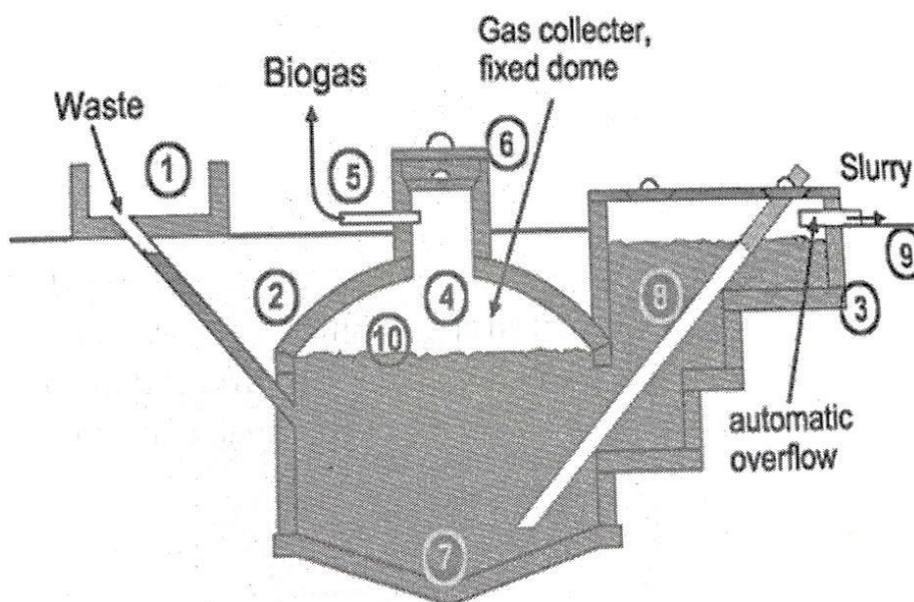
Jenis atau Model Digester

Pemilihan jenis *digester* disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan pembiayaan atau dana. Tujuan pembuatan digester sendiri adalah untuk mengurangi jumlah kotoran yang dihasilkan oleh ternak dan penghasil biogas dengan kandungan metan yang tinggi. Prinsip kerja *digester* adalah mencampur bahan-bahan organik yang dimasukkan melalui saluran masuk (*input*) dan saluran keluar (*output*) pada suatu ruangan yang kedap udara. *Digester* biogas terdiri dari tiga bagian, yaitu saluran *input*, bak penampungan dan saluran *output*. Saluran input berfungsi sebagai tempat homogenisasi bahan-bahan organik, baik berupa padat maupun cair.

a. Fixed Dome

Tipe digester fixed dome dibuat pertama kali di Cina pada tahun 1930-an dan sering disebut dengan reaktor kubah tetap. Jenis digester fixed dome memiliki dua bagian utama, yaitu digester dan kubah tetap. Digester digunakan sebagai tempat fermentasi bahan organik dan sebagai tempat bakteri pembentukan asam dan bakteri metanogen berkembang. Struktur bangunan yang dibuat pada bagian ini harus kuat menahan gas dengan kedalaman tertentu menggunakan batu bata, beton, atau batu. Bagian kedua, yaitu kubah, tetap dengan bentuk menyerupai kubah yang berfungsi sebagai tempat pengumpul gas yang tidak bergerak (fixed) sehingga ketika gas hasil perombakan bahan organik dialirkan akan tersimpan di dalam kubah ini. Digester ini juga memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan dalam reaktor (*digester*). Oleh karena itu, dalam konstruksi ini gas yang terbentuk akan seger dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor (Gambar 2.3).

Produksi gas pada jenis digester ini dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan sebagai alat untuk memantau produksi gas yang terjadi. Penggunaan tipe digester fixed dome ini mempunyai banyak kelebihan, seperti tidak membutuhkan biaya konstruksi yang mahal, mudah dikerjakan dan sederhana, material yang digunakan tidak mudah berkarat sehingga dapat bertahan dalam waktu yang cukup lama, tidak terdapat bagian yang bergerak, serta menghemat tempat karena dapat dibuat di dalam tanah. Kekurangan jenis digester ini apabila terjadi kebocoran gas tidak dapat segera terdeteksi karena bagian dalam reaktor tidak mudah terlihat dan memiliki pori-pori agak besar. Selain itu, tekanan gas yang terbentuk sangat tinggi fluktuasinya dan suhu di dalam digester rendah (Triatmojo dkk., 2016).



Gambar 2.3 Tipe fixed dome (Triatmojo dkk., 2016)

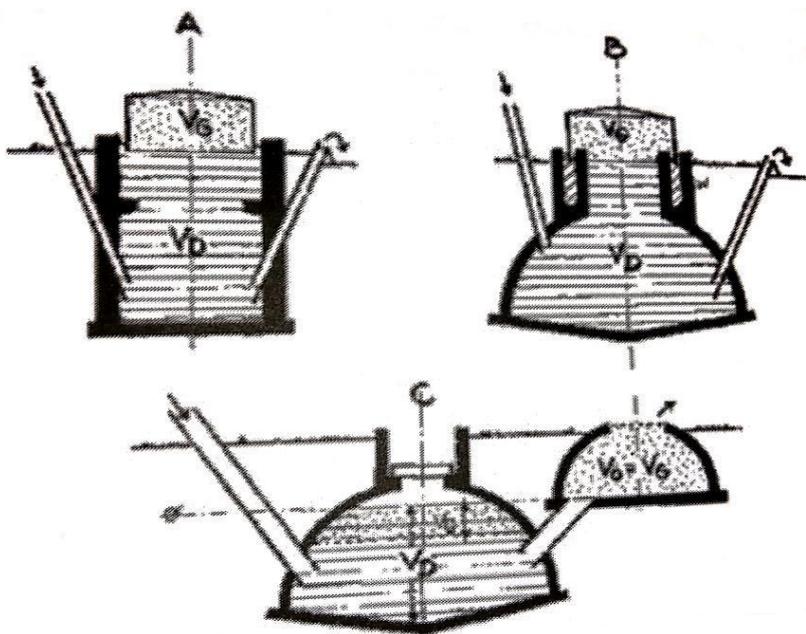
b. Floating Domes

Jenis digester floating dome sering juga disebut dengan digester kubah apung dan pertama kali dibuat di India pada tahun 1937. Tipe digester ini memiliki bagian yang sama dengan tipe fixed dome, hanya saja terdapat bagian pada konstruksi reaktor yang dapat bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor (Gambar 2.4). Peralatan yang dibuat sebagai tempat penampung gas biasanya menggunakan drum yang dapat bergerak naik turun dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan gas hasil dari perombakan bahan Organik. Pergerakan bagian reaktor ini juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas dalam reaktor biogas. Pada reaktor jenis ini, pengumpul gas berada dalam satu kesatuan dengan reaktor tersebut.

Keuntungan penggunaan jenis digester floating dome adalah tekanan gas yang dihasilkan di

dalam digester bersifat konstan (tetap) karena tempat penyimpanan gas berada pada posisi terapung dan volume gas yang tersimpan dapat dilihat secara langsung. Kelemahan tipe digester ini adalah sulitnya membuat konstruksi tampungan gas yang dapat bergerak sehingga membutuhkan keterampilan khusus dan material yang diperlukan harus bersifat tahan terhadap korosif serta membutuhkan biaya yang cukup mahal. Penggunaan drum sebagai tempat pengumpul gas menjadi kendala karena mudah korosif sehingga memiliki umur yang lebih pendek jika dibandingkan dengan menggunakan reaktor kubah tetap pada fixed dome.

(Triatmojo dkk., 2016)



Gambar 2.4 Tipe floating dome (Triatmojo dkk., 2016)

c. Reaktor Balon atau Plastik Tubular

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang paling banyak digunakan pada skala rumah tangga dan menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini hanya memiliki satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus sebagai tempat penyimpan gas yang keduanya bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Skema jenis digester reaktor balon dapat dilihat pada Gambar 9.5. Bagian bawah reaktor ini berupa material bahan organik yang memiliki berat lebih besar jika dibandingkan dengan gas yang mengisi bagian atas. Pembuatan reaktor balon tidak memerlukan peralatan dan bahan yang kuat seperti tipe fixed dome dan floating dome sehingga biaya yang dikeluarkan untuk membuat reaktor ini relative murah, tetapi mudah bocor karena hanya menggunakan plastic sebagai bahan pembuatan digester (Triatmojo dkk., 2016).





Gambar 2.7 Reaktor biogas dengan sistem digester fixed-dome (Haryanto dkk., 2020)

Faktor	Fixed dome	Floating drum	Plastik tubular
Penyimpanan gas	Penyimpanan gas internal hingga 20 m <sup>3</sup> (ukuran besar)	Penyimpanan gas internal ukuran drum (kecil)	Penyimpanan gas eksternal memakai kantung plastik
Tekanan gas	Antara 60 – 120 mbar	Hingga 20 mbar	Rendah, sekitar 2 mbar
Kemampuan kontraktor	Tinggi; tukang batu, tukang pipa	Tinggi; tukang batu, tukang pipa, tukang las	Medium; tukang pipa
Ketersediaan material	Ya	Ya	Ya
Ketahanan ( <i>durability</i> )	Sangat tinggi > 20 tahun	Tinggi; drum adalah titik lemahnya	Medium; tergantung pada liner yang dipilih
Pengadukan	Otomatis oleh tekanan biogas	Pengadukan manual	Tidak mungkin; tipe <i>plug flow</i>
Ukuran	Volume digester 6 – 124 m <sup>3</sup>	Hingga 20 m <sup>3</sup>	Memungkinkan kombinasi
Emisi metana	Tinggi	Medium	Rendah

Tabel 2.4 Perbandingan empat tipe digester (Haryanto dkk., 2020)

### Manfaat Biogas

Banyak manfaat positif yang dihasilkan dari biogas. Selain menjadi sumber energi terbarukan maupun pengurang gas emisi, biogas memiliki manfaat lain di berbagai bidang. Sisa dari kotoran yang digunakan dari proses biogas dapat dijadikan pupuk organik. Terdapat juga manfaat dari segi teknis.

#### 1. Sumber energi terbarukan

Biogas adalah energi terbarukan karena dihasilkan dari biomasa. Substrat untuk proses biogas dapat dikembangkan secara lokal dan murah seperti kotoran sapi, limbah pertanian, atau tanaman energi. Biogas akan meningkatkan ketersediaan energi suatu daerah dan juga memberikan kontribusi penting dalam penyelamatan sumber daya alam dan perlindungan terhadap lingkungan. Pengembangan dan aplikasi sistem listrik biogas yang didasarkan pada potensi sumberdaya local akan meningkatkan pasokan energi dan ketahanan energi daerah sehingga mengurangi ketergantungan pada BBM (AlSeadi *et al.*, 2008).

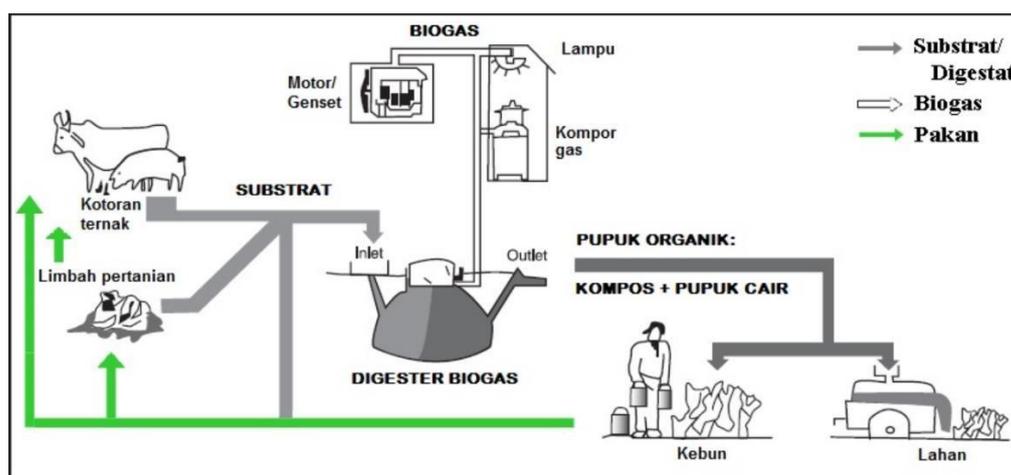
#### 2. Mengurangi emisi GRK

Penggunaan bahan bakar fosil akan mengubah karbon yang telah tersimpan jutaan tahun di dalam bumi, dan melepaskannya ke dalam atmosfer sebagai CO<sub>2</sub>. Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dapat menyebabkan pemanasan global karena CO<sub>2</sub> merupakan salah satu gas rumah kaca (GRK). Pembakaran biogas juga menghasilkan CO<sub>2</sub> ke atmosfer, tetapi secara keseluruhan netral karena dipakai oleh tanaman melalui proses fotosintesis. Daur ulang karbon dari biogas terjadi dalam waktu yang sangat singkat. Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O (dinitrogen oksida) yang terjadi pada timbunan dan aplikasi kotoran hewan juga dapat dikurangi melalui produksi biogas. Potensi GRK CH<sub>4</sub> adalah

21 kali lebih tinggi dari CO<sub>2</sub> dan untuk N<sub>2</sub>O 296 kali. Oleh karena itu, selain menggantikan BBM, listrik biogas juga mengurangi emisi GRK (Chynoweth *et al.*, 2001) sehingga dapat menurunkan potensi pemanasan global (Mitianiec, 2012).

3. Sumber pupuk organik

Digester biogas tidak hanya menghasilkan energi. Lumpur yang keluar dari digester (dinamakan digestat) merupakan pupuk yang sangat baik karena kaya nitrogen, fosfor, potasium dan unsur hara mikro. Dibandingkan dengan kompos kotoran hewan yang tidak diolah, digestat lebih homogen, memiliki nutrisi lebih tersedia, C/N rasio lebih baik, dan bau yang sudah jauh berkurang (Al-Seadi *et al.*, 2008).



Gambar 2.8 Integrasi sistem tanaman-ternak-biogas (Haryanto dkk., 2020)

4. Membuka lapangan pekerjaan

Produksi biogas melalui proses anaerobik memerlukan tenaga kerja untuk produksi bahan baku, pengumpulan dan transportasinya, pembuatan perkakas teknis, konstruksi, pengoperasian dan perawatan digester biogas. Hal ini akan memberikan kontribusi terhadap pembukaan usaha baru yang memiliki potensi ekonomi signifikan, sehingga menciptakan lapangan kerja di pedesaan dan meningkatkan pendapatan (Al- Seadi *et al.*, 2008).

5. Modifikasi mudah

Mesin genset berbahan bakar bensin dapat dikonversi ke biogas dengan mengubah karburator sehingga bisa beroperasi menggunakan bahan bakar gas. Konversi ini mudah dilakukan dan adaptor bahan bakar gas juga mudah diperoleh di pasaran. (Haryanto dkk., 2020)

6. Beroperasi secara off-grid

Pembangkit listrik rumah tangga beroperasi secara terdesentralisasi atau *offgrid*, sehingga tidak memerlukan pembuatan jaringan distribusi yang sangat mahal. Biaya pembuatan jaringan makin tinggi seiring dengan jaraknya sehingga sering menjadi kendala utama dalam pengembangan listrik di daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik pusat (Louie, 2018).

7. Lebih ekonomis

Terkait dengan aspek sosial-ekonomi masyarakat pedesaan, biogas yang dihasilkan dari sumber daya terbarukan merupakan pilihan yang tepat dan dapat memainkan peranan penting dalam memenuhi kebutuhan energi dan penyelesaian masalah lingkungan (Kabir *et al.*, 2013). Berdasarkan analisis parameter secara menyeluruh, Chandra *et al.* (2012) menyimpulkan produksi biogas dari limbah pertanian lebih menguntungkan secara ekonomi dan lingkungan serta merupakan suatu cara menghasilkan energi dari biomassa secara berkelanjutan. Biogas lebih kompetitif dari sisi



biaya dan efisien jika dibandingkan dengan bentuk energi biomassa lainnya seperti gas sintetis dan etanol (Chynoweth *et al.*, 2001). Ditinjau dari harga bahan bakar, penggunaan biogas untuk operasional mesin, cenderung lebih hemat karena diperoleh secara gratis dibandingkan penggunaan dengan BBM dengan kisaran harga Rp 5.150-11.500 setiap liternya.

## KESIMPULAN

Indonesia memiliki potensi tinggi dalam bidang peternakan, terutama peternakan sapi. Tetapi peternakan merupakan penyumbang gas emisi rumah kaca yang tinggi karena menghasilkan gas metana dari kotoran sapi. Untuk mengurangi gas emisi rumah kaca tersebut, biogas diharapkan dapat menjadi solusi. Indonesia telah mengembangkan biogas sebagai pengolahan lanjut dari kotoran sapi yang memiliki banyak sekali manfaat.

## PENGHARGAAN

Atas rahmat Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya. Bersyukur dapat menyelesaikan keseluruhan isi dari paper ini dengan tepat waktu dan dimudahkan dalam mencari sumber serta topik yang ada. Tentunya kepada kedua orang tua saya yang telah memberikan banyak fasilitas yang dapat saya manfaatkan. Terima kasih kepada seorang teman yaitu Yasminun yang telah merekomendasikan lomba ini untuk saya ikuti serta menjadi penasihat dalam penulisan paper ini. Serta teman-teman saya tercinta yang setia menemani begadang dalam pengerjaan paper ini.

## REFERENSI

[http://bappeda.jogjapro.go.id/dataku/data\\_dasar/cetak/171-peternakan](http://bappeda.jogjapro.go.id/dataku/data_dasar/cetak/171-peternakan)

Al-Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., Janssen, R. (2008).

*Biogas Handbook*. University of Southern Denmark, Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700 Esbjerg, Denmark.

Chandra, R., Takeuchi, H., Hasegawa, T. (2012). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: a review in context to second generation of biofuel production. *Renewable Sustainable Energy Review*, 16: 1462–1476.

Chynoweth, D.P., Owens, J.M., Legrand, R. (2001). Renewable methane from anaerobic digestion of biomass. *Renewable Energy*, 22(3): 1–8.

Gate. (1999). *Biogas Technology in India*. Eschborn, Germany.

Haryanto, A., dkk. (2020). Pengembangan Listrik Tenaga Biogas Skala Rumah Tangga untuk Daerah Terpencil di Indonesia. *Teknik Biosistem*, 8, 168-183.

10.29303/jrpb.v8i2.187

Kabir, H., Yegbemey, R.N., Bauer, S. (2013). Factors determinant of biogas adoption in Bangladesh. *Renewable Sustainable Energy Review*, 28: 881–889.

Louie, H. (2018). *Off-Grid Electrical Systems in Developing Countries*. Springer International Publishing AG, Switzerland: 53–82.

Mitianiec, W. (2012). Factors determining ignition and efficient combustion in modern engines operating on gaseous fuels. *Internal Combustion Engines* (Lejda, K. and Woś, P., editors). InTech, Janeza Trdine 9, Rijeka, Croatia: 3–34.

Polprasert, C. (1995). *Waste Organic Recycle*. New York: John Wiley and Sons Puspitasari, R.,

dkk. (2015). Produksi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) dari Feses Sapi FH Laktasi

dengan Pakan Rumput Gajah dan Jerami Padi. *Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 3(1); 40-45.

Siregar, H. (1998). Petunjuk Teknis Pemanfaatan ENceng Gondok untuk Bahan Bakar Biogas. Pusat



Penelitian Sumber Daya Alam dan Lingkungan Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran, Bandung.

Stevens, R.J., dkk. (1989). Effect of Acidification with Sulphuric Acid on the Volatilization of Ammonia from Cow and Pig Slurries. *Cambridge Journal of Agriculture Science*, 113, 389-395

Tchobanoglous, G., F. Burton. (1992). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. Toronto: McGraw-Hill Inc

Triatmojo, S., dkk. (2016). *Penanganan Limbah Industri Peternakan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Warner, U., Stöhr, U., Hees, N. (1989). *Biogas plants in animal husbandry*.

GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), Eschborn I, Federal Republic of Germany: 153 hal