

BIOGAS

untuk Kehidupan



Kementerian Pertanian Republik Indonesia
Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
2021

BIOGAS

untuk Kehidupan

Cetakan 1, 2021

Hak cipta dilindungi undang-undang

©Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2021

Tim Penyusun

Pengarah	:	Kepala Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Penanggung Jawab	:	Koordinator Substansi Penyebaran Teknologi Pertanian
Penulis	:	Okky Steviano Eni Kustanti
Tata Letak & Perancang Sampul	:	Heru Tri Handoko
Editor	:	Yani Trisnawati Slamet Sutriswanto Ifan Muttaqien

Katalog dalam terbitan (KDT)

STEVIANO, Okky

Biogas untuk Kehidupan/ Okky Steviano dan Eni Kustanti.—Bogor: Pusat
Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2021
iv, 28 hlm.: ill.; 21 cm

ISBN 978-902-322-056-4

978-602-322-057-1 (PDF)

1. Biogas

I. Judul

2. Energi alternatif

II. Kustanti,E.

662.787.2

Diterbitkan oleh:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian

Jalan Ir. H. Juanda No. 20 Bogor 16122

Telp. +62-251-8321746. Faks. +62-251-8326561

Kata Pengantar

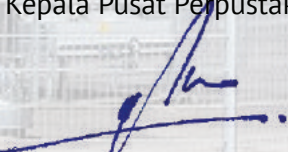
Biogas merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang umumnya merupakan produk samping dari usaha peternakan. Peluang pengembangan biogas skala rumah tangga di Indonesia cukup besar. Hal ini karena sebagai negara agraris, petani di Indonesia sebagian besar memiliki usaha peternakan untuk memanfaatkan hasil sampingnya sebagai bahan pembuatan biogas produk pertanian.

Penerbitan buklet tentang biogas ini sebagai bagian dari upaya mengenalkan pemanfaatan biogas kepada masyarakat. Informasi yang disajikan antara lain berkaitan dengan pengenalan umum biogas, proses pembentukan biogas, pembuatan instalasi biogas, cara pembuatan biogas, dan pengolahan residu biogas menjadi pupuk.

Semoga penerbitan buklet ini dapat melengkapi informasi mengenai biogas dan bermanfaat bagi masyarakat secara umum.

Bogor, Juni 2021

Kepala Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian



DR. Ir. Abdul Basit, M.S.

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
1 PENDAHULUAN	1
A. Pengertian Biogas	2
B. Manfaat Biogas	2
C. Nilai Ekonomi Biogas.....	4
2 PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS.....	6
3 PEMBUATAN INSTALASI BIOGAS.....	9
4 CARA MEMBUAT BIOGAS.....	13
5 SISA HASIL PEMROSESAN BIOGAS	17
A. Pengolahan Residu Produksi Biogas Menjadi Pupuk Organik Cair	17
B. Pengolahan Residu Produksi Biogas Menjadi Pupuk Padat	21
6 PENUTUP.....	26
Daftar Pustaka.....	28

1

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia tak lepas dari kebutuhan energi penggerak aneka kebutuhan manusia, mulai dari energi yang berasal dari bahan bakar minyak (BBM) sampai gas bumi. Sayangnya bahan bakar minyak dan gas bumi merupakan sumber energi yang tidak terbarukan. Untuk itu, perlu dikembangkan alternatif energi yang bisa diproduksi ulang dan ramah lingkungan.

Alternatif energi yang dikembangkan adalah energi yang berasal dari tumbuhan dan limbah peternakan serta rumah tangga. Tumbuhan yang memiliki potensi besar untuk dijadikan biodiesel pengganti bahan bakar minyak di antaranya bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) dengan kandungan minyak 25-50%, jarak, kesambi (*Schleichera oleosa* Merr) dengan potensi kandungan minyak 70%, dan kemiri sunan (*Aleurites trisperma* Blanco) dengan kandungan minyak mentahnya 43,3%. Sedangkan alternatif gas dapat diperoleh dari hasil fermentasi kotoran ternak, kotoran manusia, dan limbah rumah tangga lainnya yang disebut biogas.





Kotoran sapi sumber biogas (kiri) dan iji kesambi sumber BBM (kanan)

A. Pengertian Biogas

Biogas didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, sampah rumah tangga, atau limbah organik lainnya difermentasi sehingga mengalami proses metanisasi di dalam biodigester.

Gas metana menjadi unsur penting yang menjadi tolok ukur jumlah energi atau nilai kalor yang ada pada biogas. Jika gas metana memiliki nilai tinggi maka biogas tersebut memiliki energi besar, dan demikian sebaliknya. Gas metana tidak berwarna, namun cukup bau. Jika dibakar maka metana akan menghasilkan api biru tanpa mengeluarkan asap. Tingkat panasnya lebih tinggi dibanding pembakaran pada minyak tanah, arang, dan bahan tradisional lainnya. Dengan demikian, biogas memiliki sifat yang mudah terbakar sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif untuk kebutuhan rumah tangga, seperti memasak dan penerangan.

B. Manfaat Biogas

Biogas memiliki manfaat langsung dan tidak langsung

1. Manfaat langsung

Dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk penerangan, memasak, pengganti bahan bakar, dan tenaga penggerak.

Berikut ini nilai konversi biogas.

Manfaat langsung	Energi dari 1 m ³ biogas
Penerangan	Setara dengan lampu 60-100 Watt selama 6 jam
Memasak	Memasak 3 jenis makanan untuk 5-6 orang
Bahan bakar	Setara dengan 0,7 kg bensin
Tenaga pengangkut	Setara dengan energi untuk motor 1 pk selama 2 jam
Listrik	Setara dengan 1,25 kWh listrik

2. Manfaat tidak langsung

a. Mengurangi efek gas rumah kaca

Gas metan termasuk gas rumah kaca seperti gas karbondioksida yang berperan dalam pemanasan global. Jika konsentrasi kedua gas ini dibiarkan tinggi di udara terbuka maka akan menyebabkan peningkatan suhu bumi. Dengan memproduksi biogas yang berbahan baku kotoran ternak maka risiko efek gas rumah kaca dapat dikurangi.



b. Mengurangi polusi bau

Dengan diolahnya kotoran ternak dalam lingkungan tertutup, polusi bau yang dihasilkan oleh kotoran tersebut dapat dikurangi. Hal ini membantu meningkatkan kualitas udara sekitar peternakan.

C. Nilai Ekonomi Biogas

1. Meningkatkan pendapatan usaha ternak

Selain bermanfaat untuk lingkungan, biogas juga bermanfaat secara ekonomis untuk usaha peternakan. Dengan rata-rata bobot kotoran sapi 10 kg/ekor/hari, dapat dihasilkan 0,36 m³ biogas. Sedangkan konsumsi biogas yang dibutuhkan untuk memasak setiap hari berada pada kisaran 1,25 m³, maka dari itu membutuhkan setidaknya 4 ekor sapi untuk memperoleh jumlah biogas yang cukup





Panen pupuk cair dari limbah biogas

untuk memperoleh energi yang setara dengan 3-4 liter minyak tanah setiap harinya. Apabila keuntungan tersebut dikonversi ke dalam mata uang, harga minyak tanah pada Januari tahun 2021 berada pada kisaran Rp 11.770, maka produksi biogas tersebut dapat memberikan penghematan Rp 11.770/hari atau Rp 4.296.050/tahun dari pengolahan kotoran sapi menjadi biogas.

2. Produk turunan dari produksi biogas

Selain diolah menjadi energi dan bahan bakar alternatif, sisa hasil olahan bahan baku biogas juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Pupuk yang dihasilkan dapat digunakan dalam wujud padat maupun cair.

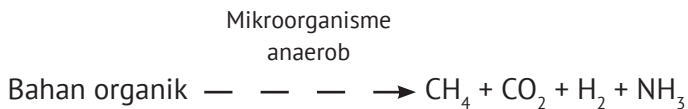
2

PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS

Biogas merupakan campuran dari berbagai jenis gas. Namun bagian terbesar dari biogas adalah gas metan. Gas metan murni (100%) memiliki nilai kalor gas 8.900 kkal/m³. Biogas yang dihasilkan dari bahan baku kotoran sapi memiliki nilai kalor pada kisaran 4.800–6.700 kkal/m³. Biogas yang dihasilkan dari bahan baku kotoran sapi mengandung gas metan sebanyak 54–70%, karbondioksida 27–45%, nitrogen 0,5–3%, oksigen 0,1%, dan sisanya terdiri atas hidrogen sulfida, amoniak, dan nitrogen oksida.

Jenis Gas	Volume (%)
Metana	65,7
Karbondioksida	27
Nitrogen	2,3
Hidrogen Sulfida	Tidak terukur (terlalu kecil)
Propana	0,7
Oksigen	0,1

Proses pembentukan biogas membutuhkan ruangan dalam kondisi kedap atau tertutup agar stabil. Pembentukan biogas melalui beberapa proses yang berlangsung dalam ruang yang anaerob atau tanpa oksigen. Proses di dalam tempat ruang tertutup ini memberikan keuntungan secara ekologi karena berdampak pada tereliminasi bau dari bahan baku. Berikut mekanisme pembentukan biogas secara umum



Terdapat tiga tahap pembentukan biogas, yaitu tahap pelarutan (hidrolisis), pengasaman (asidifikasi), dan metanogenesis. Keseluruhan proses ini membutuhkan peran mikroorganisme anaerob.

1. Tahap pelarutan (hidrolisis): merupakan tahap awal dari proses fermentasi. Pada tahap ini bahan organik diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa-senyawa yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan dijadikan sumber energi bagi mikroorganisme pada tahap pengasaman atau asidifikasi.
2. Tahap pengasaman (asidifikasi): pada tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan senyawa-senyawa asam organik, seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan asam laktat beserta produk sampingan berupa alkohol, CO₂, hidrogen, dan zat amonia. Bakteri metanogen, seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, dan *methano bacterim* akan mengubah produk lanjutan dari tahap pengasaman menjadi gas metan, kabondioksida, dan air yang merupakan komponen penyusun biogas.

Jenis bakteri pembentuk asam dan gas metana

Bakteri pembentuk asam	Bakteri pembentuk gas Metana
<i>Pseudomonas</i>	<i>Methanosarcina</i>
<i>Escherichia</i>	<i>Methanococcus</i>
<i>Flavobacterium</i>	<i>Methanobacterium</i>
<i>Alcaligenes</i>	

3. Tahap metanogenik: pada tahap ini jumlah energi yang dihasilkan dalam pembentukan biogas sangat bergantung pada konsentrasi gas metana. Semakin tinggi kandungan metana yang dihasilkan maka semakin besar pula energi yang terbentuk.



3

PEMBUATAN INSTALASI BIOGAS

Untuk membuat produksi biogas yang lebih sempurna dibutuhkan instalasi produksi yang lebih stabil. Beragam bentuk konstruksi instalasi yang dapat dibangun. Namun, secara prinsip harus memiliki bagian penampungan awal bahan baku biogas, reaktor biogas (*digester*) yang tertutup, penampung biogas, dan saluran biogas. Berikut perlengkapan yang dibutuhkan.

1. Bak penampung kotoran

Bak ini digunakan untuk mengumpulkan dan melurutkan bahan baku yang kemudian dialirkan ke reaktor biogas.

Bak penampung kotoran

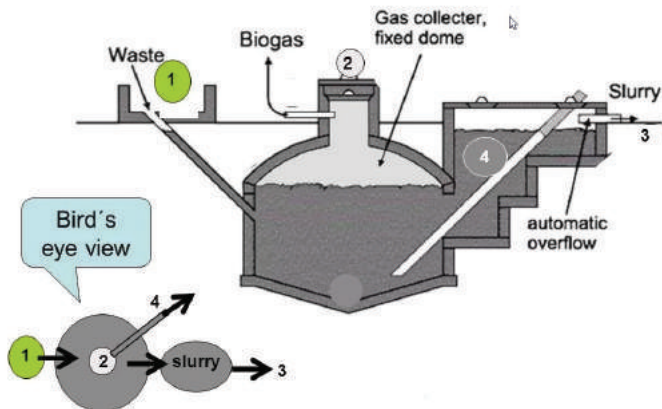
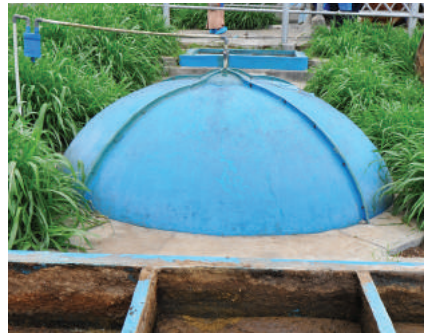


2. *Digester* anaerob / bak / kubah reaktor biogas

Reaktor biogas merupakan tempat kotoran ternak menjalani proses fermentasi dan menghasilkan biogas.

3. Tempat penampung biogas

Apabila reaktor biogas berupa kubah, penampung biogas hasil produksi termasuk dalam ruang reaktor itu sendiri.



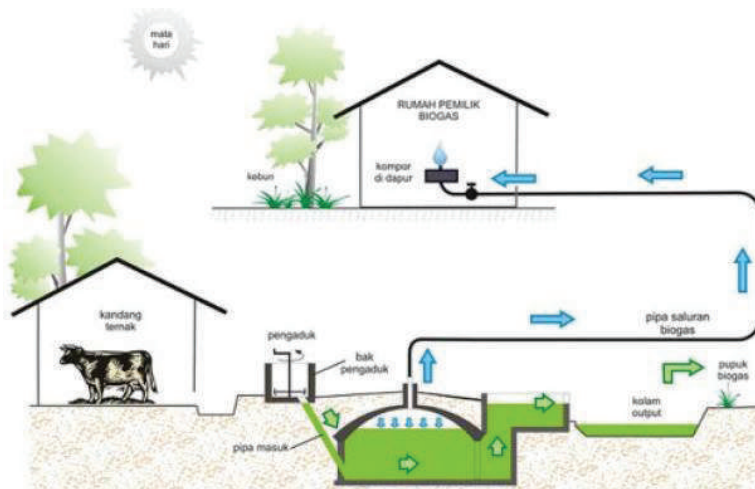
Bak penampung kotoran

4. Saluran biogas

Biogas yang dihasilkan kemudian dapat disalurkan dengan medium yang kedap udara sehingga kebocoran gas dapat dicegah.

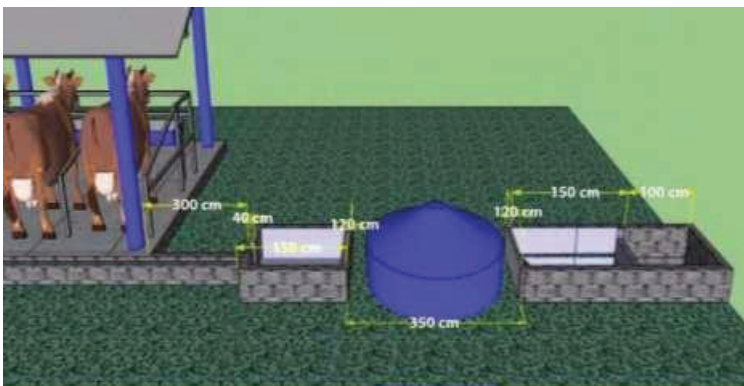
Pengaturan lokasi kandang, reaktor biogas, dan rumah pengguna biogas dapat dilihat pada skema berikut ini.

- a. Lokasi rumah, kandang sapi, dan bioreaktor saling terpisah sehingga secara estetis menjadi lebih nyaman.



Saluran biogas

- b. Model yang kedua, bangunan pengguna biogas, kandang sapi, instalasi biogas berada dalam satu garis lurus.



Panen pupuk cair dari limbah biogas

DRUM BEKAS ALTERNATIF *DIGESTER*

- *Digester drum*

Digester yang terbuat dari material bekas, seperti drum bekas minyak tanah atau aspal, memiliki kapasitas kecil dan diletakkan di atas permukaan tanah. *Digester* drum rentan terhadap korosi/karat. Lebih aman jika menggunakan tong plastik.



Digester drum. Diletakkan di atas permukaan tanah

- *Digester pelat baja*

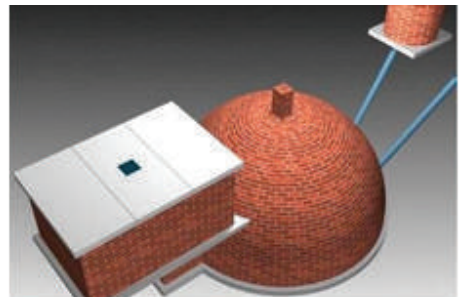
Digester ini diletakkan sebagian di bawah permukaan tanah. Terbuat dari semen, pasir, kerikil, dan kapur yang dibentuk seperti sumur dan ditutup dengan plat baja. Namun, pelat baja ini mudah menyerap suhu lingkungan. Jika suhu lingkungan rendah maka proses produksi biogas terhambat.



Digester dari pelat baja. Rentan terhadap suhu dingin

- *Digester batu-bata*

Digester ini dipasang di bawah permukaan tanah seluruhnya. Terbuat dari semen, pasir, kerikil, dan batubata, yang disusun membentuk kubah. *Digester* model ini mampu mempertahankan kestabilan suhu dalam *digester* sehingga produksi biogas optimal.



Digester di bawah permukaan. Paling ideal untuk produksi biogas

4

CARA MEMBUAT BIOGAS

Pada prinsipnya, bahan baku untuk membuat biogas berasal dari substrat bahan organik atau sisa jasad renik, baik yang sudah mengalami dekomposisi maupun yang masih segar. Sebagian besar bahan baku yang dapat digunakan untuk pembuatan biogas merupakan limbah sisa aktivitas manusia, seperti limbah peternakan, limbah pertanian, limbah industri, limbah perairan, dan sampah organik.

Bahan baku produksi biogas berasal dari kotoran ternak yang berasal dari peternakan rakyat. Untuk gambaran berikut disajikan data potensi produksi kotoran per jenis ternak.



Jenis ternak	Bobot ternak (kg/ekor)	Produksi kotoran (kg/ekor)
Sapi potong	400-500	20-29
Sapi perah	500-600	30-50
Ayam petelur	1,5-2,0	0,10
Ayam pedaging	1,0-1,5	0,06
Domba	30-40	2,00

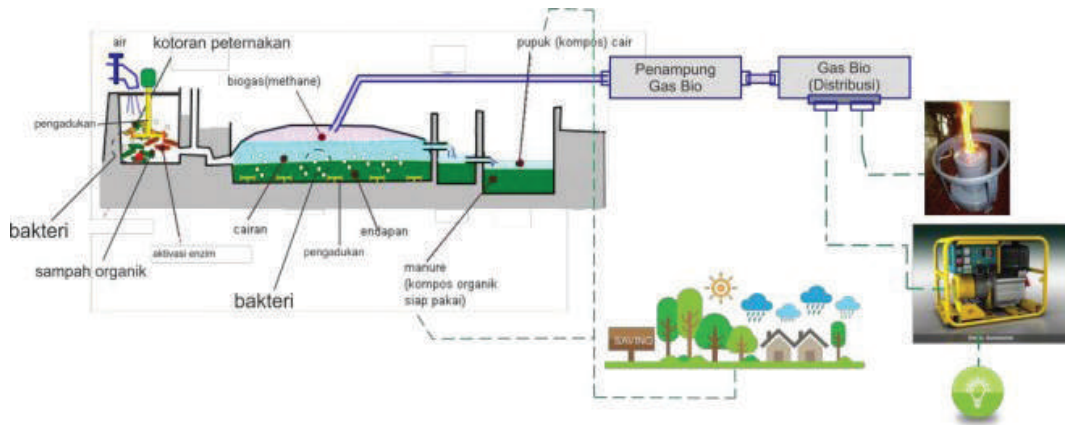
Sesuai data pada tabel di atas maka ternak yang paling tinggi potensi produksi kotorannya adalah sapi perah dan sapi potong. Untuk itu, pada pembahasan produksi biogas ini diasumsikan menggunakan kotoran sapi.

Cara pembuatan

1. Kumpulkan kotoran sapi, larutkan dengan air agar tercapai konsentrasi bahan kering (BK) yang sesuai (7-9%).
2. Perhatikan kondisi di reaktor biogas. Rasio unsur karbon (C) dan nitrogen (N) atau C/N ratio yang dibutuhkan sebesar 20–24. Apabila C/N ratio terlalu tinggi, bakteri metanogen

Menambah air ke bahan baku utama biogas





Flowchart proses produksi biogas

akan mengonsumsi terlalu banyak nitrogen sehingga produksi gas metan sedikit. Namun jika C/N ratio terlalu rendah, nitrogen akan dilepaskan dan membuat lingkungan reaktor menjadi penuh dengan akumulasi amonia (NH_4).

3. Pastikan pH lingkungan reaktor antara 6,8–8 agar bakteri pembentuk gas metan dapat berkembang dengan baik. Apabila pH terlalu asam ($< 6,8$) atau terlalu basa ($> 8,5$) maka bakteri metanogenik yang bertugas menghasilkan gas metana akan terhambat perkembangannya.
4. Hindarkan faktor penghambat bakteri metanogenik, seperti logam berat berupa tembaga, kadmium, dan kromium. Selain itu, penggunaan disinfektan, deterjen, dan antibiotik juga dapat menghambat terbentuknya biogas.
5. Setelah larutan bahan baku masuk ke reaktor biogas, dibutuhkan waktu sekitar 1 minggu sampai biogas terbentuk dan siap digunakan sebagai energi alternatif.

6. Produksi harian biogas dari seekor sapi berkisar 600–1.000 liter per hari. Sedangkan kebutuhan energi satu keluarga untuk masak dan penerangan rata-rata 2.000 liter biogas per hari. Dengan demikian untuk satu rumah tangga dibutuhkan bahan baku dari 3 – 4 ekor sapi.

Jika ingin mencoba bahan biogas dari kotoran hewan lain dapat dicoba dari kotoran ayam petelur, ayam pedaging, atau domba. Namun, produksi kotoran ternak ini jauh lebih sedikit dibanding sapi. Untuk kebutuhan memasak dan penerangan satu keluarga dibutuhkan kotoran dari 1.500-2.000 ekor ayam petelur, 2.500-3.333 ekor ayam pedaging, atau 75-100 ekor domba.



5

SISA HASIL PEMROSESAN BIOGAS

A. Pengolahan residu produksi biogas menjadi pupuk organik cair

Setelah proses pembuatan biogas, terdapat residu yang dapat dimanfaatkan menjadi pupuk organik cair (POC) yang banyak mengandung unsur hara, seperti nitrogen, nitrat, fosfor, dan kalium. Pupuk organik cair ini juga berguna untuk memperbaiki sifat fisik tanah, membantu menggemburkan lapisan *top soil*, meningkatkan jasad renik, meningkatkan daya serap dan daya simpan air, dan juga dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Kelebihan utama yang dimiliki POC terletak pada kemudahan pada pengaplikasiannya. Selain itu, unsur hara pada pupuk cair tersebut akan lebih mudah diserap tanaman dan mengandung mikroorganisme yang jarang terdapat dalam pupuk organik padat.

1. Cara membuat pupuk organik cair
 - a. Kumpulkan lumpur sisa produksi biogas.



- b. Saring lumpur menggunakan saringan yang terbuat dari kawat halus.
 - c. Tampung hasil penyaringan ke dalam *container*/drum plastik. Setelah itu, air yang tersaring dapat ditambahkan bahan peningkat kualitas pupuk.



- d. Setelah tujuh hari, air tersebut disaring kembali menggunakan kain bekas (bekas kemasan tepung terigu)

lalu diperas. Cairan hasil penyaringan dan perasan ditampung dalam drum plastik dan didiamkan selama 3-4 hari.



e. Pasang aerator untuk membuang sisa gas.



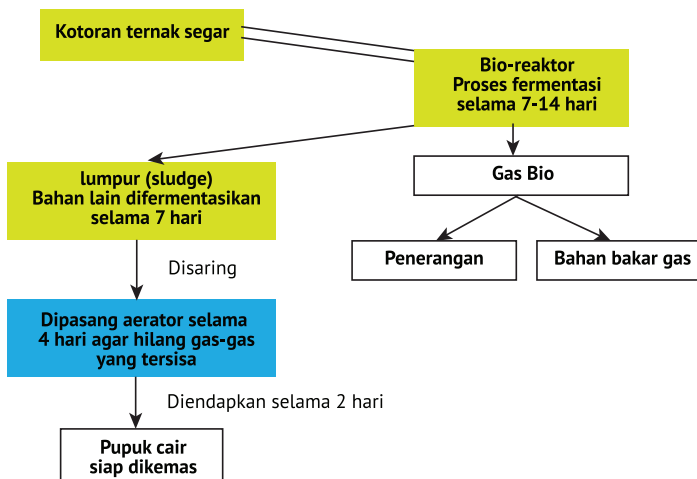
f. Setelah itu, lepas kembali aerator, diamkan hasil penyaringan selama 2 hari agar partikel-partikel yang masuk mengendap di dasar dan cairan yang dihasilkan menjadi bening.



- g. Cairan yang bening tadi merupakan POC yang siap kemas atau langsung digunakan/dijual.

Secara garis besar, waktu yang dibutuhkan dari bahan baku menjadi POC adalah 20-27 hari.

Flowchart *produksi dari bahan baku menjadi biogas dan pupuk cair*



2. Cara Menggunakan POC

- POC digunakan dengan cara disiramkan langsung ke lahan pertanian.
- Mengalirkan bersamaan air irigasi.
- Penyemprotan langsung ke tanaman.



Penyiraman pupuk cair

B. Pengolahan residu biogas menjadi pupuk padat

Residu pembuatan biogas berupa *sludge*/lumpur dapat digunakan sebagai pupuk.

Residu dari produksi biogas ini telah mengalami proses fermentasi anaerob dan dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman. Lumpur sisa tersebut juga dapat dikeringkan untuk kemudian dijadikan pupuk kering dan juga pakan ikan, terutama ikan nila atau ikan mas.

1. Cara membuat pupuk padat limbah biogas

Komposisi bahan pupuk padat:

a. limbah biogas kering 80%,



b. serbuk kayu 5%,



c. pemicu organisme 2%,

d. limbah pakan yang berasal dari dedaunan 8%, dan



e. abu serbuk kayu 5%.

Tahapan pembuatan:

- a. Sebelum membuat pupuk padat perlu disiapkan tempat pengolahan bahan bakunya. Buat tempat pengolahan ukuran 4x3 m dengan kapasitas 20 kg sekali olah yang terbuka, namun diberi atap.
- b. Campurkan limbah biogas yang sudah kering dengan serbuk kayu, limbah pakan atau dedaunan, dan abu. Aduk campuran tersebut menggunakan sekop.
- c. Sembari mengaduk, tambahkan cairan mikro organisme lengkap (MOL) yang dibuat pada proses sebelumnya. MOL ini dicampur air dengan perbandingan 1:10 liter. Aduk kembali sampai semua bahan tercampur rata.
- d. Tutup adukan bahan dengan plastik terpal atau dedaunan agar bahan adukan tidak diganggu hewan lain dan agar suhu tetap hangat.

Tempat pembuatan pupuk padat limbah biogas





Pupuk padat yang siap digunakan berwarna hitam

- e. Setelah satu minggu campuran diaduk kembali dan siram dengan MOL atau air untuk menjaga kelembapan campuran secara merata. Proses ini dilakukan sampai dengan 4 kali dengan jarak perlakuan seminggu sekali. Pupuk organik padat bisa digunakan jika warnanya sudah lebih hitam, tidak berbau, tekstur hancur, dan sudah tidak panas.
- f. Pupuk organik padat dikeringkan selama 5 hari, lalu diayak menggunakan ayakan kawat.
- g. Pupuk organik padat siap dikemas atau langsung digunakan.

2. Cara Menggunakan Pupuk Padat

Pupuk padat yang berasal dari limbah produksi biogas dapat digunakan pada tahap pengolahan tanah. Pengolahan tanah dan proses panen sering menyebabkan hilangnya unsur hara dan bahan organik lainnya di tanah. Kehilangan terbesar terjadi pada lapisan tanah bagian atas. Untuk itu, taburkan pupuk padat tersebut di permukaan tanah yang digemburkan. Kebutuhan pupuk padat per hektar sekitar 10–20 ton.



Penambahan pupuk organik padat saat pengolahan lahan

Pupuk jenis ini juga dapat digunakan sebagai campuran media tanam lain, seperti gambut maupun pasir. Penggunaan lain juga dapat diaplikasikan untuk tanaman umur panen pendek (40 – 80 hari masa tanam), seperti aneka jenis sayuran

Demikianlah pupuk cair dan pupuk padat yang berasal dari proses produksi biogas dapat digunakan sendiri maupun dijual. Setidaknya penggunaan untuk penyubur lahan sendiri, berarti telah terjadi penghematan biaya dan bahkan bisa mendapatkan manfaat ekonomi tambahan.



6 PENUTUP

Biogas dengan bahan baku kotoran hewan sangat potensial dikembangkan di pedesaan. Bila setiap rumah tangga memiliki 4 ekor sapi maka tidak hanya akan swasembada daging atau susu segar, namun desa tersebut akan swasembaga energi listrik dan gas rumah tangga. Jika setiap rumah dapat menghemat biaya rumah tangga untuk listrik dan gas sebesar Rp4.296.050/tahun. Dengan demikian kegiatan tersebut membantu negara menghemat subsidi tarif listrik.

Jenis biogas yang berasal dari bahan limbah tanaman, sampah rumah tangga atau kotoran manusia juga dapat dikembangkan. Tentu disesuaikan dengan potensi sumber bahan baku di daerah setempat. Ketersediaan bahan baku adalah kunci keberlanjutan produksi energi terbarukan ini.

Pengembangan biogas juga bermanfaat untuk menekan efek gas rumah kaca, bahkan setiap rumah tangga akan menghasilkan pupuk cair dan padat yang bernilai ekonomi. Pupuk ini dapat digunakan untuk kebutuhan sendiri maupun dijual ke petani lain atau pengepul. Sungguh potensi yang luar biasa dari pengembangan biogas. Semoga kelompok masyarakat yang sudah memulai pembuatan biogas terus teguh menyempurnakan dan menularkan ke kelompok lain. Mari songsong kemandirian energi dan kelestarian lingkungan!



Biogas dengan bahan baku kotoran sapi



Bioreaktor biogas dengan bahan baku sampah organik

Daftar Pustaka

- Admin. 2017. Sejahtera dengan Bisnis Bio-slurry. <https://www.biru.or.id/>. [30 April 2021].
- Fahri, Anis. *Teknologi Pembuatan Biogas dari Kotoran Ternak*. Riau. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Hardoyo, M. C. Tri Atmodjo, Dadang Rosadi, dan Sigit Cahyono. 2018. *Panduan Praktis membuat Biogas Portabel Skala Rumah Tangga & Industri*. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- Khairlah, Sembiring, E., Yufdy, M. P., & Fadly, M. (2007). *BIOGAS Kotoran Sapi Sebagai Penghasil Gas* (p. 1). Sumatera Utara: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara.
- Sukma, Rika Widya. 2016. *Biogas Dari Limbah Ternak*. Bandung. Nuansa Cendikia.
- Wahyuni, Sri. 2018. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, dan Listrik*. Jakarta. Agromedia.