

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob. Biogas dapat dihasilkan pada hari ke 4–5 sesudah *biodigester* terisi penuh, dan mencapai puncaknya pada hari ke 20–25. Akan tetapi perlu juga dipertimbangan ketinggian lokasi pembuatannya karena pada temperatur dingin biasanya bakteri lambat berproses sehingga biogas yang dihasilkan mungkin lebih lama. Komponen biogas yang paling penting adalah gas metan, selain itu juga gas-gas lain yang dihasilkan dalam *digester*. Biogas yang dihasilkan oleh *biodigester* sebagian besar terdiri dari 54–70% metan (CH_4), 27–35% meliputi karbondioksida (CO_2), nitrogen (N_2), dan hidrogen (H_2), 0,1% karbon monoksida (CO), 0,1% oksigen (O_2) dan hidrogen sulfida (H_2S). Biogas memiliki nilai kalori sebesar 5500–6700 kcal/m³. Angka ini setara dengan menggunakan lampu 60 watt selama 6–7 jam. Kesetaraan biogas dengan sumber energi lain, yaitu 1 m³ biogas setara dengan elpiji 0,46 kg., minyak tanah 0,62., liter, minyak solar 0,52 liter., bensin 0,80 liter., gas kota 1,50 m³, dan kayu bakar 3,50 kg (Wahyono dan Sudarno, 2012).

2.2 Sejarah Biogas

Menurut beberapa literatur, sejarah keberadaan biogas sendiri sebenarnya sudah ada sejak kebudayaan Mesir, China, dan Romawi Kuno. Masyarakat pada waktu itu diketahui telah memanfaatkan gas alam ini yang dibakar untuk menghasilkan panas. Namun, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah Alessandro Volta (1776), sedangkan Willam Henry pada tahun 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai metan. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882) memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan (Wahyono dan Sudarno, 2012).

2.3 Prinsip Kerja Biogas

Biogas memerlukan suatu ruangan yang kedap udara atau kondisi anaerob seperti tangki atau bangunan yang berfungsi sebagai tempat pencernaan atau tempat terjadinya fermentasi, tempat ini disebut *digester*. Bahan organik di dalam *digester* tertutup dan diproses secara anaerobik tergantung pada jumlah bahan baku. Gas yang dihasilkan dapat berupa karbondioksida (CO_2), hidrogen (H_2), metan (CH_4), nitrogen (N_2), dan amoniak (NH_3).

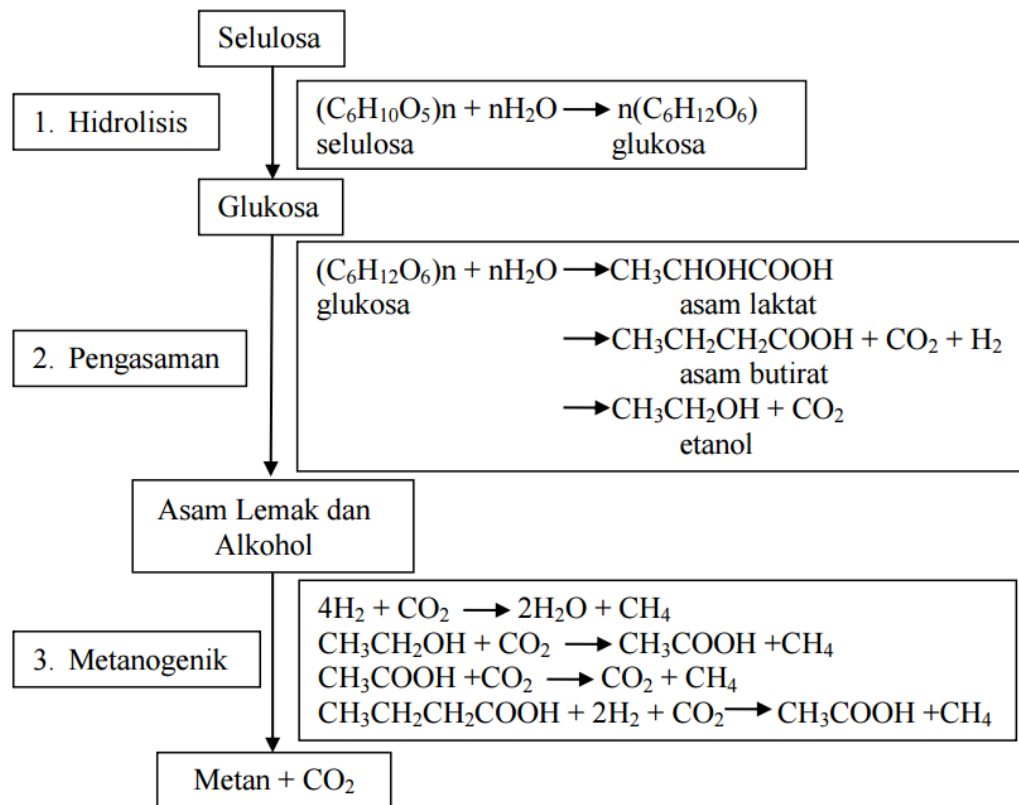
1. Karbondioksida timbul karena aktivitas bakteri, gas ini dapat timbul sebagai hasil pernafasan aerob maupun anearob, kebanyakan senyawa yang cepat terurai oleh bakteri serta menghasilkan CO_2 adalah golongan gula.

2. Hidrogen, gas ini biasa timbul bersama CO₂ sebagai hasil penguraian karbohidrat atau asam amino. *Echerichia coli* dalam keadaan tertentu dapat menguraikan asam semut (HCOOH) menjadi CO₂ dan H₂
3. Gas metan, gas ini timbul sebagai hasil penguraian bermacam-macam senyawa organik. *Metano bacterium* dalam keadaan anaerob menghasilkan metan.
4. Nitrogen, gas ini timbul akibat penguraian nitrat maupun nitrit, peristiwa ini dikenal sebagai denitrifikasi. Denitrifikasi terjadi di tempat-tempat tertutup.
5. Amoniak, merupakan hasil penguraian protein dan senyawa-senyawa lain yang mengandung nitrogen (Made, 2012).

Pembentukan gas yang dilakukan oleh mikroba pada kondisi anaerob memiliki tahap proses diantaranya terlihat pada proses perombakan selulosa hingga terbentuk gas (Gambar 1).

1. Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer.
2. Pengasaman, pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirir, gas karbondioksida, hidrogen, dan amonia.

3. Metanogenik, pada tahap metanogenik terjadi proses pembentukan gas metan. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida .



Gambar 1. Diagram alir proses fermentasi anaerobik (FAO, 1996)

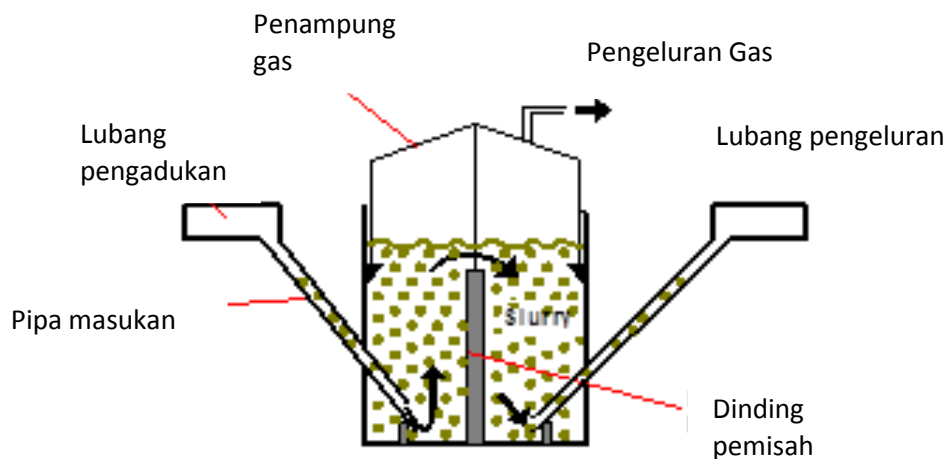
2.4 Digester

Untuk mendapatkan biogas dengan memanfaatkan bahan organik diperlukan suatu ruangan yang kedap udara seperti tangki atau bangunan yang berfungsi sebagai tempat pencernaan atau tempat terjadinya fermentasi, tempat ini disebut digester (Made, 2012). Digester dapat terbuat dari berbagai jenis bahan dan berbagai ukuran, disesuaikan dengan kebutuhan. Digester memiliki fungsi untuk membuat

keadaan *anaerob*, agar proses fermentasi berlangsung dengan baik. Beberapa contoh digester fermentasi basah yang umum digunakan adalah:

a) Digester *floating drum*

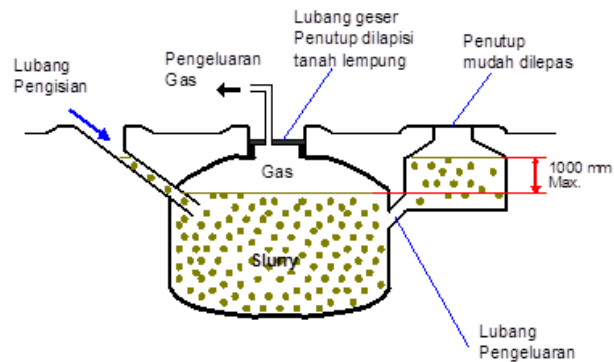
Jashu Bhai Patel J kebangsaan India pada tahun 1956 mengembangkan digester bentuk drum. Digester bentuk drum secara cepat menjadi populer di India dan di dunia. Digester ini terdiri dari dua bagian utama yaitu tempat isian dan tempat penampungan hasil gas. Digester *floating drum* terlihat pada Gambar 2 (FAO, 1996).



Gambar 2. Digester *Floating Drum* (Nurhasanah dkk., 2006).

b) *Fixed dome*

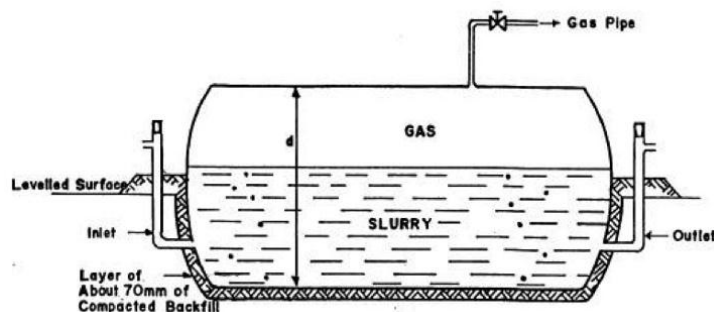
Fixed Dome dibangun di Cina pada awal tahun 1936, digester ini menghilangkan pemakaian baja ringan yang mahal selain itu baja mudah terkorosi. Tempat isian dan tempat penampungan gas menjadi satu bagian. Digester *fixed dome* terlihat seperti Gambar 3 (FAO, 1996).



Gambar 3. Digester *Fixed Dome* (Nurhasanah dkk., 2006).

c) Tipe balon

Digester ini dikembangkan di Taiwan pada tahun 1960. Digester tipe ini mudah dipindahkan dan mudah cara pemakaiannya. Digester tipe balon terlihat seperti Gambar 4 (FAO, 1996)

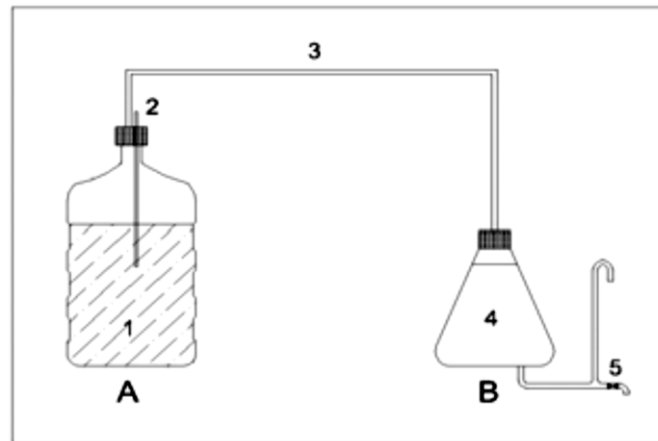


Gambar 4. Digester Tipe Balon (FAO, 1996)

d) Digester *batch*

Tipe digester 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. Tipe *batch* memiliki keuntungan lain yaitu dapat digunakan ketika bahan tersedia pada waktu-waktu tertentu dan bila memiliki kandungan padatan tinggi (25%). Bila

bahan tersebut sulit untuk diproses, tipe *batch* akan lebih cocok, karena lama proses dapat ditingkatkan dengan mudah. Bila dalam proses terjadi kesalahan, misalnya karena bahan keracunan, proses dapat dihentikan dan mulai dengan yang baru.



Gambar 5. Digester percobaan sistem *batch* (Ratnaningsih dkk., 2009)

Keterangan:

- A. Tabung air mineral 6000 ml berisi bahan penelitian
- B. Tabung erlenmeyer 1000 ml berisi larutan NaCl
- 1. Campuran penelitian dengan *starter*
- 2. Termometer
- 3. Selang penghubung
- 4. Larutan NaCl 10%
- 5. Leher angsa

Biogas yang dihasilkan dari tabung air mineral (A) akan mengalir ke tabung *Erlenmeyer* (B) melalui selang penghubung. Gas yang dihasilkan akan mendesak larutan pada tabung B, sehingga larutan tersebut akan keluar karena tekanan gas, melalui saluran leher angsa. Volume larutan yang keluar akan sebanding dengan volume gas yang dihasilkan (Gambar 5). Termometer untuk mengukur temperatur bahan isian dan temperatur ruang. Produksi biogas ditandai dengan turunnya larutan akibat tekanan gas yang masuk ke dalam tabung erlenmeyer B. Volume tersebut diukur dengan gelas ukur. Pengamatan terhadap volume gas yang

dihasilkan dilakukan setiap hari (24 jam) sampai larutan pada tabung *erlenmeyer* B tidak keluar selama tiga hari. Diasumsikan apabila larutan NaCl pada tabung *erlenmeyer* B tidak keluar selama tiga hari maka produksi gas telah berhenti (Ratnaningsih dkk., 2009).

2.5 Faktor yang mempengaruhi produksi biogas

Faktor yang mempengaruhi keberhasilan produksi biogas ialah faktor pendukung untuk mempercepat proses fermentasi yaitu kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan bakteri perombak. Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas yakni sebagai berikut:

2.5.1 Total Solid (TS)

Secara analitik, kandungan *total solids* (total padatan) didefinisikan sebagai semua materi yang tersisa sebagai residu setelah penguapan 103–105°C (di dalam oven). Materi yang memiliki tekanan uap pada temperatur tersebut akan hilang selama penguapan. Berdasarkan proses produksi biogas per volume bahan, maka campuran bahan organik dan *starter* diharapkan kadar TS sekitar 7–9%. Hal ini menunjukkan bahwa TS optimum untuk produksi biogas antara 7–9% (Budiyono dkk., 2009).

2.5.2 Temperatur

Temperatur merupakan syarat aktif bakteri penghasil biogas dan untuk berlangsungnya proses pembentukan biogas. Bakteri metanogenik tidak aktif pada

temperatur sangat tinggi atau rendah. Kondisi optimum yaitu pada temperatur sekitar 32–35°C pada kondisi mesofilik atau 50–55°C pada termofilik. Jika temperatur turun menjadi 10°C, produksi gas akan terhenti. Biogas yang dihasilkan pada kondisi di luar temperatur tersebut mempunyai kandungan karbon dioksida yang lebih tinggi (Tuti, 2006).

2.5.3 Derajat keasaman (pH)

Pembentukan biogas lebih besar pada proses fermentasi tahap dua disebabkan adanya proses hidrolisis yang merupakan proses degradasi senyawa kompleks sehingga mempermudah proses pembentukan asam oleh bakteri aseogenik dan juga proses pembentukan metan oleh bakteri metanogenesis. Pembentukan asam yang terlalu cepat menyebabkan banyaknya bakteri metanogenesis yang mati karena tidak tahan dengan suasana asam (Gita dan Ika, 2013). Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap kehidupan bakteri. Kegagalan proses pencernaan anaerobik dalam digester biogas bisa dikarenakan tidak seimbangnya populasi bakteri metanogenik terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang menghambat kelangsungan hidup bakteri metanogenik. Kondisi keasaman yang optimal pada pencernaan anaerobik yaitu sekitar pH 6,8–8, laju pencernaan akan menurun pada kondisi pH yang lebih tinggi atau rendah (Tuti, 2006).

2.5.4 Rasio C-N

Nilai atau bandingan antara unsur C (karbon) dengan unsur N (nitrogen) secara umum dikenal dengan nama rasio C-N. Perubahan senyawa organik menjadi gas metan dan gas karbondioksida memerlukan persyaratan rasio C-N antara 20–30. Bakteri anaerob mengkonsumsi karbon sekitar 30 kali lebih cepat dibanding nitrogen. Rasio optimum untuk digester anaerobik berkisar 20–30. Jika rasio C-N terlalu tinggi, nitrogen akan dikonsumsi dengan cepat oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhannya dan hanya sedikit yang bereaksi dengan karbon akibatnya gas yang dihasilkan menjadi rendah. Sebaliknya jika rasio C-N rendah, nitrogen akan dibebaskan dan berakumulasi dalam bentuk amonia (NH_4) yang dapat meningkatkan pH, jika pH lebih tinggi dari 8,5 akan menunjukkan pengaruh negatif pada populasi bakteri metanogen (Tuti, 2006). Sedangkan rasio C-N yang ideal untuk isian digester menurut Wahyuni (2011) adalah 25–30.

2.5.5 Hydraulic Retention Time (HRT)

Waktu tinggal hidrolis (HRT), juga dikenal sebagai waktu tinggal hidrolis atau dapat dikatakan lamanya limbah akan menginap di dalam sistem pengolahan. Lebih lama limbah menginap maka proses pengolahan lebih baik tetapi konstruksi menjadi besar. Sebaliknya bila terlampau cepat maka praktis hanya lewat saja hingga tidak terjadi proses pengolahan. HRT bertujuan untuk menetapkan jumlah waktu yang tersedia untuk pertumbuhan bakteri dan konversi berikutnya dari bahan organik ke gas, dengan rumus (Denis dan Burke, 2001):

$$\text{HRT} = V / Q \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

HRT	= Waktu tinggal hidrolis	(hari)
V	= Volume tangki	(m ³)
Q	= Aliran harian	(m ³ /hari)

Konversi padatan yang mudah menguap untuk produk gas dalam digester anaerobik dikendalikan oleh HRT. Desain HRT adalah fungsi dari disposisi akhir dari lumpur dicerna. HRT mungkin relatif tinggi atau rendah jika lumpur dicerna harus diterapkan tanah atau dibakar masing-masing. Namun meningkatkan dalam tahanan waktu > 12 hari tidak memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kerusakan volatile padatan. Nilai HRT mempengaruhi laju dan tingkat produksi metan. Dari semua operasi, kondisi operasional dalam sebuah digester anaerobik, misalnya, temperatur, padatan konsentrasi, dan mudah menguap kandungan padatan lumpur pakan, HRT adalah kondisi operasional yang paling penting yang mempengaruhi konversi volatil padatan untuk produk gas (Gerrardi, 2003).

2.6 Bahan Biogas

Bahan yang umum dimanfaatkan untuk memproduksi biogas adalah limbah peternakan (Tuti, 2006), limbah pertanian (Robby dkk., 2013) dan limbah industri (Kori, 2010). Pada penelitian ini bahan yang digunakan yaitu tanaman singkong yang meliputi umbi singkong sebagai bahan utama biogas, daun singkong sebagai bahan pelengkap, sedangkan limbah cair singkong, dan kotoran sapi sebagai *starter*.

2.6.1 Umbi Singkong

Tanaman singkong merupakan salah satu jenis tanaman pertanian utama di Indonesia. Tanaman ini termasuk *famili Euphorbiacea* yang mudah tumbuh sekalipun pada tanah kering dan miskin hara serta tahan terhadap serangan penyakit maupun tumbuhan pengganggu (gulma). Tanaman singkong mudah dibudidayakan karena tanaman ini umumnya dengan stek batang. Tanaman ini dapat ditanam di kebun, halaman rumah, dan dapat juga dijadikan pagar pembatas rumah. Akar tanaman singkong berbentuk umbi yang merupakan sumber karbohidrat. Kandungan pada singkong berpotensi sebagai sumber energi alternatif karena selain mengandung bahan organik yang tinggi, ketersediaan singkong di Indonesia sangat melimpah terlihat pada Tabel 1. Salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber biogas ialah singkong. Singkong pada umumnya digunakan sebagai penghasil tepung tapioka. Singkong dari segi ketersediaan sangat mendukung untuk dijadikan salah satu bahan baku biogas, dengan kandungannya (Tabel 2) singkong dapat dikonversi menjadi energi biogas

Tabel 1. Produksi Singkong

Daerah	Produksi (Ton)
Indonesia	1.003.494
Aceh	2.432
Sumatera Utara	42.062
Sumatera barat	5.644
Riau	4.038
Jambi	2.268
Sumatera Selatan	10.930
Bengkulu	4.496
Lampung	304.468

Sumber: (BPS, 2014).

Tabel 2. Komposisi Kandungan Umbi Singkong

No	Unsur Kandungan	Jumlah kandungan (% BK)	Sumber
1	Karbohidrat	38,24	Nurbaini dan Surfiana (2013)
2	Protein	0,42	Nurbaini dan Surfiana (2013)
3	Lemak	1,21	Nurbaini dan Surfiana (2013)
4	Serat	1,10	Nurbaini dan Surfiana (2013)
5	Rasio C-N	26,10	Ardyaningsih dkk. (2009)

2.6.2 Daun Singkong

Daun singkong merupakan bagian dari tanaman singkong yang pada umumnya diolah sebagai sayuran dan juga dapat dijadikan pakan ternak. Daun singkong dapat dijadikan bahan baku energi biogas. Tanaman singkong banyak terdapat di Indonesia, singkong pada umumnya ditanam di daerah pedesaan sebagai tanaman halaman maupun ladang. Dari ketersediaan daun singkong, daun singkong dapat digunakan sebagai salah satu bahan biogas dan daun singkong mudah didapatkan di berbagai daerah. Kandungan daun singkong terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kandungan Daun Singkong

No	Unsur kandungan	Jumlah kandungan (%BK)	Sumber
1	Protein	28,66	Surayah (1996)
2	Serat	19,06	Surayah (1996)
3	Lemak	9,41	Surayah (1996)
4	Bahan kering	23,36	Surayah (1996)
5	Rasio C-N	17,09	Euis dkk. (2011)

2.6.3 Starter

Kotoran sapi banyak digunakan menjadi bahan biogas tetapi belum optimal.

Kotoran sapi akan mengalami dekomposisi secara alami yang dapat menimbulkan bau yang tidak sedap karena kotoran sapi memiliki kandungan bahan-bahan organik yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Kotoran sapi memiliki banyak kandungan bakteri pengurai yang dibutuhkan dalam proses biogas sehingga kotoran sapi tersebut dapat dijadikan bahan *starter* pembentukan biogas. *Starter* berfungsi untuk menumbuhkan bakteri metanogen yang diinginkan pada pembentukan biogas ini. *Starter* pada umumnya dibuat perbandingan 1:1,5 antara bahan *starter* dengan air, dan dimasukkan ke dalam jerigen, diaduk hingga homogen lalu ditutup rapat dan dibiarkan secara anaerobik selama 12 hari (Aelita dkk., 2013).