

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

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 (Pertiwiningrum, 2016).

Biogas merupakan kumpulan dari beberapa gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada senyawa-senyawa organik melalui proses fermentasi anaerobik. Biogas memiliki kandungan utama yaitu metana dan karbon dioksida tetapi juga mengandung unsur lain. Biogas dapat diproduksi selama 5 hari setelah *Digester* terisi penuh, dan akan mencapai puncaknya dalam 20 hari sampai 25 hari. Proses produksi biogas yang harus diperhatikan adalah sumber bahan baku atau limbah yang digunakan, karena kualitas dan kuantitas biogas yang dihasilkan akan sangat berpengaruh (Yahya dkk, 2017). Gas alam merupakan gas yang terdiri dari beberapa unsur gas yang memiliki komposisi kimia berbeda, komposisi biogas yang dihasilkan oleh proses anaerobik meliputi metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), beberapa gas inert, dan senyawa sulfur. Metana merupakan gas yang berasal dari gas alam yang dapat dibakar (Deublein dan Steinhauser, 2008).

Biogas diproduksi oleh fermentasi *anaerob* yang memproses berbagai komponen limbah organik, seperti limbah organik padat dan limbah organik cair. Pada beberapa penelitian, proses produksi biogas pada limbah organik padat awalnya jauh lebih lambat dibandingkan limbah organik cair. Namun, pada akhirnya biogas yang dihasilkan dari limbah organik padat dapat menyusul sebagian besar biogas dalam limbah organik cair. Limbah organik padat

berpotensi menjadi sumber energi alternatif dengan menyumbang 56,22% total output CH_4 dari limbah organik cair. Di sisi lain, limbah organik cair hanya menyumbang 43,45% total output CH_4 dari limbah organik padat. Pengaruh limbah organik dan komponen kotoran sapi terhadap kualitas dan kuantitas biogas menunjukkan bahwa biogas yang dihasilkan dari kotoran hewan dan limbah organik menghasilkan jumlah biogas tertinggi (Armi dan Mandasari, 2017).

Pemanfaatan biogas merupakan salah satu energi yang perlu diperhatikan. Produksi biogas dari bahan baku limbah biomassa, selain mereduksi kuantitas limbah biomassa juga memberikan nilai tambah dari bahan limbah biomassa tersebut. Penggunaan biogas sebagai energi alternatif relatif lebih mengurangi terjadinya polusi. Disamping mencegah terjadinya penumpukan limbah biomassa yang dapat menjadi tempat berkembangnya penyakit, bakteri, dan polusi udara. Keunggulan produksi biogas adalah dihasilkannya produk samping berupa lumpur kompos maupun cair (Hardoyo dkk, 2014).

Limbah biogas yaitu kotoran ternak yang telah hilang gasnya (*slurry*) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan unsur-unsur tertentu seperti protein, selulosa, lignin, dan lain-lain tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia. Pupuk organik dari biogas telah dicobakan pada tanaman jagung, bawang merah, dan padi (Pratiwi dkk, 2019).

Karakteristik biogas adalah sebagai berikut :

- Biogas kira-kira memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan udara dan memiliki suhu pembakaran antara 650-750°C.
- Biogas tidak berbau dan apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG.
- Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m³ dengan efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas.
- Nilai kalor rendah (LHV) (CH_4) = 50,1 MJ/kg.
- Densitas (CH_4) = 0,717 kg/m³.
- Biogas hanya dapat terbakar apabila kandungan metan di dalamnya mencapai 45% atau lebih.

2.1.1 Komposisi Biogas

Contoh bahan organik tersebut yaitu sisa makanan, sisa-sisa tanaman, kotoran hewan, limbah lumpur, bagian organik limbah padat perkotaan, dan lain sebagainya. Materi tersebut akan terdekomposisi menghasilkan komposisi gas metana (CH_4) sebesar 40% sampai dengan 70% dari total volume gas yang dihasilkan, sedangkan sisanya sebagian besar merupakan karbon dioksida (CO_2) dan gas lainnya. Biogas terbakar secara sempurna tanpa meninggalkan jelaga dan bau (Abbasi dkk, 2012).

Komposisi dari biogas tergantung pada bahan baku yang digunakan. Apabila menggunakan bahan baku kotoran manusia, kotoran hewan, atau limbah cair tempat pemotongan hewan, gas metan yang diproduksi dapat mencapai 70%. Bahan baku dari tumbuh-tumbuhan seperti batang padi dan jerami menghasilkan gas metan sekitar 55% (Hardoyo dkk, 2014). Komposisi dari gas penyusun tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Biogas

Komponen Gas	% Volume Total Gas
Metana	55 – 75
Karbon dioksida	25 – 45
Nitrogen	0 – 0,3
Hidrogen	1 – 5
Hidrogen Sulfida	1 – 5
Oksigen	0,1 – 0,5

(Pertiwiningrum, 2016)

Kandungan yang terdapat dalam biogas dapat memengaruhi sifat dan kualitas biogas sebagai bahan bakar. Kandungan yang terdapat dalam biogas merupakan hasil dari proses metabolisme mikroorganisme. Biogas yang kandungan metananya lebih dari 45% bersifat mudah terbakar dan merupakan bahan bakar yang cukup baik karena memiliki nilai kalor bakar yang tinggi. Tetapi jika kandungan CO_2 dalam biogas sebesar 25–50%, maka dapat mengurangi nilai kalor bakar dari biogas tersebut. Sedangkan kandungan H_2S dalam biogas dapat menyebabkan korosi pada peralatan dan perpipaan serta nitrogen dalam biogas juga dapat mengurangi nilai kalor bakar biogas tersebut.

Selain itu, terdapat uap air yang juga dapat menyebabkan kerusakan pada pembangkit yang digunakan (Yano, 2021).

2.1.2 Manfaat dan Kelebihan Penggunaan Biogas

Di Indonesia, nilai potensial pemanfaatan biogas diprediksi akan terus meningkat karena adanya jumlah bahan baku biogas yang melimpah dan rasio antara energi biogas dan energi minyak bumi yang menjanjikan. Biogas yang dihasilkan apabila dimanfaatkan memiliki kesetaraan energi dengan sumber energi lain, dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Kesetaraan 1 m³ Biogas dengan Sumber Energi Lain

Volume	Kesetaraan
1 m ³ Biogas	0,5 Kg LPG
	0,6 L Minyak tanah
	5,5 Kg Kayu bakar
	0,55 L Minyak solar
	0,45 L Bensin
	1,5 Kg Batubara
	2 kWh listrik /energi untuk menyalakan lampu gas 60 Watt selama 7 hari (sekitar 5 jam nyala lampu per hari)

(Hardoyo dkk, 2014)

Beberapa manfaat dan kelebihan penggunaan biogas, diantaranya :

a. Manfaat penggunaan biogas

Manfaat penggunaan biogas antara lain :

- Bahan bakar pengganti minyak tanah untuk keperluan memasak.
- Digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak pada pembangkit tenaga listrik atau generator.
- Bahan bakar kendaraan bermotor.
- Digunakan pada oven dan lampu rumah, meningkatkan konsentrasi CO₂ dalam rumah kaca yang digunakan pada proses fotosintesis.
- Sebagai bahan untuk memproduksi metanol

b. Kelebihan penggunaan biogas

Beberapa kelebihan penggunaan biogas, antara lain :

- Mengurangi limbah biomassa
Biomassa dapat diproduksi dari berbagai macam limbah biomassa, sehingga penggunaannya akan mengurangi kuantitas limbah biomassa.
- Mengurangi pemanasan global
Gas metan yang merupakan komponen utama biogas adalah salah satu gas rumah kaca yang utama setelah karbon dioksida dalam hal jumlah emisi, namun dengan potensi mengurangi pemanasan global 22 kali lipat dibandingkan karbon dioksida.
- Memacu perekonomian di daerah dengan penggunaan energi terbarukan dengan harga terjangkau.
- Biogas tidak menghasilkan asap, sehingga mengurangi risiko gangguan pernapasan.
- Proses produksinya ramah lingkungan.
- Mendukung teknologi tepat guna yang ada di berbagai daerah.

2.2 Bahan Baku Pembuatan Biogas

Bahan baku produksi biogas adalah bahan-bahan yang mengandung zat organik yang kebanyakan terdapat pada bahan biomassa. Beberapa bahan yang dapat terurai secara organik dapat digunakan sebagai bahan baku produksi biogas, baik berupa bahan padat maupun cairan. Limbah biomassa merupakan bahan baku biogas yang melimpah di Indonesia. Keuntungan yang didapat dari penggunaan limbah biomassa adalah nilai ekonomis biogas, pencemaran lingkungan dari penumpukan limbah biomassa dapat diminimalisasi, serta pemakaian hasil samping produksi biogas sebagai pupuk pertanian (Hardoyo dkk, 2014).

Bahan yang banyak digunakan sebagai bahan baku produksi biogas adalah limbah peternakan dan pertanian, baik dalam bentuk padat maupun cair. Contoh dari limbah padat yang digunakan untuk produksi biogas adalah kotoran ternak, kotoran manusia, dan limbah domestik. Sedangkan limbah cair yang dapat digunakan antara lain limbah industri tahu, limbah industri tapioka, dan lain-lainnya. Pada penelitian ini, bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan

biogas ini adalah kotoran sapi dan air, sedangkan bahan tambahan adalah probiotik yang mengandung bakteri metanogen.

2.2.1 Kotoran Sapi

Kotoran sapi sebagai bahan baku untuk pembuatan biogas diperoleh dari Peternakan Sapi di Jalan Kancil Putih, Palembang. Pengambilan kotoran sapi dilakukan sehari sebelum memulai *running* biogas. Berikut merupakan gambar kotoran sapi, dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kotoran Sapi (Fiatno dkk, 2022)

Kotoran sapi adalah limbah peternakan berupa sisa hasil pencernaan (Gunawan dkk, 2013). Sapi merupakan salah satu hewan ruminansia yang memiliki saluran pencernaan khusus yaitu rumen. Makanan yang tertelan masuk kedalam rumen dan menghasilkan proses fermentasi oleh mikroorganisme di dalam rumen. Sisa hasil pencernaan sapi (kotoran sapi) juga mengandung beberapa jenis bakteri. Salah satu bakteri rumen adalah bakteri yang terkandung di dalam kotoran sapi yaitu bakteri metanogen (Here, 2012).

Kotoran sapi adalah biomassa yang mengandung karbohidrat, protein, dan lemak. Biomassa yang mengandung karbohidrat tinggi akan menghasilkan gas metana yang rendah dan CO_2 yang tinggi, jika dibandingkan dengan biomassa yang mengandung protein dan lemak dalam jumlah yang tinggi. Kotoran sapi mengandung ketiga unsur bahan organik tersebut sehingga dinilai lebih efektif untuk dikonversi menjadi gas metana (Drapcho dkk, 2008).

Kotoran ternak bila tidak dimanfaatkan dan tidak dikelola dengan baik dapat menurunkan mutu lingkungan dan mengganggu kenikmatan hidup masyarakat. Tumpukan kotoran ternak yang tercecer akan terbawa oleh aliran air hujan ke daerah-daerah yang lebih rendah. Hal ini akan mencemari air tanah dan air sungai yang sebenarnya jauh dari lokasi dari lokasi peternakan. Gas metana (CH_4) yang dihasilkan secara alami oleh kotoran yang menumpuk merupakan gas penyumbang terbesar pada efek rumah kaca, jumlah gas yang dihasilkan melebihi dari jumlah oksigen (O_2) yang terdapat di atmosfer (Hastuti, 2009). Komposisi kotoran sapi yang umumnya telah diteliti, dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Kotoran Sapi

Senyawa	Persentase
Hemiselulosa	18,6 %
Selulosa	25,2 %
Lignin	20,2 %
Protein	14,9 %
Debu	13 %

(Afrian, 2012)

2.2.2 Mikroorganisme Pembantu

Pada penelitian ini, selain menggunakan kotoran sapi untuk menghasilkan gas metan (CH_4). Peneliti juga menggunakan probiotik yang mengandung bakteri metanogen dalam proses fermentasi biogas. Berikut probiotik yang digunakan dalam pembuatan biogas ini, dapat dilihat pada Gambar 2.2.



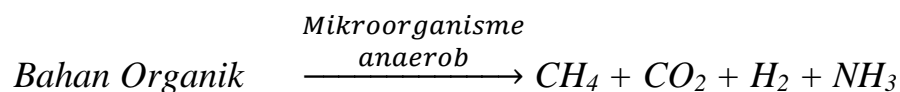
Gambar 2.2 Probiotik Biogas

Proses pembentukan biogas tidak terlepas dari kinerja mikroorganisme. Mikroorganisme yang berupa bakteri metanogenik ini membantu proses fermentasi hingga pembentukan biogas. Bakteri ini bekerja merombak bahan organik dan merubahnya menjadi gas metana. Karakteristik bakteri metanogenik dapat hidup dalam lingkungan anaerobik (tanpa oksigen), umumnya bakteri ini terdapat pada kotoran rumen dan kotoran manusia. Bakteri metanogenik dapat diperoleh dari kotoran ternak itu sendiri atau diisolasi dari rumen sapi sebagai starter. Selain terkandung di dalam kotoran padat, bakteri metanogenik juga terkandung dalam bentuk cair dan campuran bahan organik (Wahyuni, 2013).

Pada dasarnya, bakteri sangat sensitif terhadap perubahan suhu lingkungan, sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk mempertahankan populasi bakteri pada kadar yang diperlukan. Perubahan suhu yang tiba-tiba dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan bakteri dan berdampak pada rendahnya produksi gas metana. Karena itu, sangat penting untuk menempatkan *Digester* pada posisi dan lokasi yang tepat agar suhu yang dihasilkan dapat mendukung kinerja bakteri metanogenik.

2.3 Tahapan Proses Pembentukan Biogas

Secara umum pembentukan biogas memanfaatkan proses pembusukan dari limbah organik secara *anaerob* (bakteri yang hidup pada kondisi kedap udara). Kondisi ini menjadi kelebihan dari sistem biogas, yaitu tidak adanya bau atau aroma dari proses pengolahan biogas. Mekanisme pembentukan biogas secara umum, yaitu:



Proses perombakan bahan organik secara anaerob yang terjadi di dalam *Digester*, terdiri atas empat tahapan proses terdiri dari hidrolisis, asedogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Berikut beberapa tahapan proses terbentuknya biogas :

2.3.1 Hidrolisis

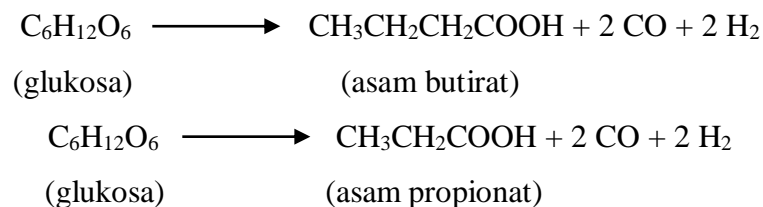
Hidrolisis merupakan langkah awal untuk hampir semua proses penguraian dimana bahan organik akan dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana sehingga dapat diurai oleh bakteri pada proses fermentasi. Pada tahap ini

senyawa-senyawa organik polimer kompleks seperti polisakarida, protein, dan lemak didegradasi oleh mikroorganisme hidrolitik menjadi monomer gula, asam amino, dan peptida. Sejumlah besar mikroorganisme anaerob dan fakultatif yang terlibat dalam proses hidrolisis antara lain *Clostridium* (Hardoyo dkk, 2014)

2.3.2 Asedogenesis

Pada tahap ini, monomer-monomer hasil proses hidrolisis dikonversi menjadi senyawa organik sederhana, seperti asam lemak yang mudah menguap (asam asetat, asam butirat, dan asam propionat), asam laktat, alkohol, CO₂, H₂. Pada tahap ini, konversi dilakukan oleh kelompok mikroorganisme yang kebanyakan adalah bakteri obligat *anaerob* dan sebagian adalah bakteri *anaerob* fakultatif (Hardoyo dkk, 2014).

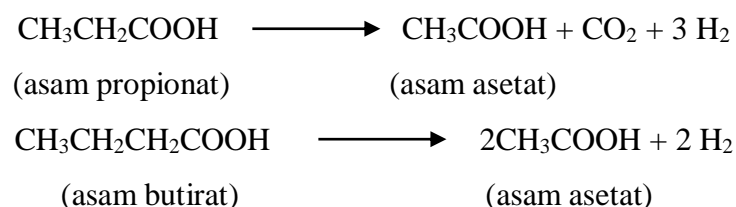
Reaksi asidogenesis dapat dilihat di bawah ini :



2.3.3 Asetogenesis

Pada tahap asetogenesis, sebagian besar hasil fermentasi asam harus dioksidasi di bawah kondisi anaerobik menjadi asam asetat, CO₂, dan hidrogen yang akan menjadi substrat bakteri metanogen. Asetogenesis juga termasuk pada produksi asetat dari hidrogen dan karbon dioksida oleh asetogen dan homoasetogen. Kadang-kadang proses asedogenesis dan asetogenesis dikombinasikan sebagai satu tahapan saja.

Reaksi asetogenesis dapat dilihat di bawah ini:



2.3.4 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 metan. *Digester over loading* perubahan suhu atau masuknya besar oksigen dapat mengakibatkan penghentian produksi metana.

2.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Proses produksi biogas dari bahan baku bahan-bahan organik dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor biotik dan faktor abiotik. Faktor biotik berupa jenis mikroorganisme dan jasad renik yang aktif dalam perombakan bahan organik menjadi biogas. Faktor abiotik meliputi komposisi bahan baku, temperatur, derajat keasaman (pH), rasio C/N, pengadukan, pengaruh tekanan, starter, dan waktu retensi.

Faktor – faktor pengaruh tersebut antara lain :

1. Temperatur

Temperatur merupakan faktor yang memengaruhi proses perombakan anaerob bahan organik menjadi biogas, karena temperatur merupakan faktor penting yang memengaruhi aktivitas mikroorganisme. Suhu optimal proses fermentasi anaerob dibedakan menjadi tiga, yaitu psikrofilik (0-25°C), mesofilik (25-45°C), dan termofilik (45-70°C). Temperatur optimal kebanyakan mikroorganisme mesofilik dicapai pada 35°C, sedangkan temperatur optimal kebanyakan mikroorganisme termofilik adalah 55°C. Temperatur optimal untuk berbagai desain biodigester adalah 30-35°C (Haryati, 2006). Kisaran temperatur tersebut merupakan kondisi terbaik untuk pertumbuhan mikroorganisme maupun produksi metan (Hardoyo dkk, 2014).

2. Derajat Keasaman (pH)

Tingginya derajat keasaman atau pH terkait dengan kinerja dari mikroorganisme dalam membantu proses fermentasi. Mikroorganisme akan efektif pada kisaran pH 6,5-7,5. Pada saat tahap awal fermentasi, pH akan cenderung turun di bawah 6 atau lebih rendah. Namun setelah 2-3 minggu, pH akan kembali naik seiring dengan pertumbuhan bakteri metanogenik. Laju penurunan atau peningkatan pH yang terlalu ekstrem biasanya cenderung mengakibatkan populasi mikroba terutama bakteri ikut turun sehingga proses

pencernaan *anaerob* ikut terganggu. Hal ini dapat dicegah dengan menambahkan kapur seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau CaCO_3 (Wahyuni, 2013).

3. Rasio C/N

Rasio C/N merupakan perbandingan antara karbon dan nitrogen pada suatu bahan organik. Karbon dan nitrogen merupakan dua unsur utama yang membentuk substrat bahan organik. Keduanya diperlukan sebagai sumber energi mikroorganisme dalam melakukan aktivitas perombakan. Mikroorganisme perombak akan beraktivitas optimal pada tingkat rasio C/N sebesar 25-30. Nilai C/N yang tinggi akan mengakibatkan kinerja mikroba menjadi rendah. Imbasnya, produksi gas metana juga akan ikut rendah. Sementara itu, rasio C/N yang terlalu rendah akan mengakibatkan terbentuknya asam-asam organik dalam jumlah tinggi (Wahyuni, 2013).

4. Pengadukan

Pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku pembuatan biogas, seperti kotoran ternak, limbah pertanian, dan bahan-bahan lainnya. Pasalnya pada saat pencampuran dilakukan, bahan-bahan tersebut tidak tercampur dengan baik dan merata. Pengadukan dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam *Digester* atau ketika bahan tersebut sudah berada di dalam *Digester*. Bahan-bahan seperti kotoran sapi kering perlu ditambahkan air sebelum diaduk agar tidak terjadi pengendapan yang menimbulkan kerak di dalam *Digester*. Pengendapan seperti ini dapat mengakibatkan produksi gas terhambat karena mikroorganisme tidak dapat memanfaatkan bahan tersebut secara optimal (Wahyuni, 2013).

5. Pengaruh Tekanan

Semakin lama waktu retensi maka tekanan yang dihasilkan semakin tinggi. Kondisi tersebut berbanding lurus dengan volume biogas yang dihasilkan dimana menandakan aktivitas mikroorganisme sedang bekerja merombak bahan organik yang menghasilkan gas.

6. *Slurry*

Slurry merupakan limbah sisa yang keluar dari lubang pengeluaran *digester* setelah mengalami proses fermentasi oleh bakteri metanogen dalam kondisi fermentasi *anaerob* dalam bentuk lumpur. Setelah mengekstrak biogas, *slurry* yang dihasilkan dari dalam *tank digester* dari proses pencernaan secara *anaerob* dapat dikelola (Saputra, 2016).

7. Kadar Air

Campuran air sangat berperan penting pada proses pembuatan biogas. Apabila pembuatan biogas dari limbah kering seperti limbah ternak kering dicampur dengan sisa-sisa limbah rumput atau dengan bahan limbah kering lainnya, maka diperlukan penambahan air. Berbeda dengan limbah yang akan digunakan berbentuk lumpur dari selokan yang sudah mengandung bahan organik sangat tinggi, seperti dari bekas sisa pemotongan hewan yang dicampur dengan limbah organik basah maka tidak diperlukan penambahan air yang berlebihan. Takaran jumlah air yang digunakan tidak terlalu berlebihan dan tidak terlalu kekurangan (Saputra, 2016).

8. *Starter*

Starter merupakan bahan tambahan berupa mikroorganisme perombak yang berguna untuk mempercepat proses perombakan. *Starter* yang digunakan dapat berupa *starter* alami maupun buatan. *Starter* alami merupakan bahan yang berasal dari alam berupa lumpur organik aktif atau cairan isi rumen. Sementara itu, *starter* buatan diperoleh dengan cara pembiakan di laboratorium (Wahyuni, 2013).

9. Waktu Fermentasi

Waktu Fermentasi merupakan waktu rata-rata saat bahan dimasukkan ke dalam *digester* dan selama bahan mengalami proses fermentasi oleh bakteri metanogenik. Faktor ini sangat ditentukan oleh faktor-faktor lainnya, seperti suhu, pengenceran, dan laju pengisian ulang bahan. Waktu fermentasi biasanya berkisar 29-60 hari, bergantung pada jenis bahan organik yang digunakan (Wahyuni, 2013).

2.5 Digester Biogas

Untuk mendapatkan biogas dari bahan organik, diperlukan alat yang disebut *Biogas Digester*. *Digester* berfungsi untuk menampung dan lokasi untuk memfermentasi bahan organik oleh mikroba sampai biogas terproduksi. *Biogas Digester* harus menggunakan penampungan yang dapat menyimpan bahan campuran limbah dengan memperhatikan proses fermentasi *anaerob* (kedap udara) sehingga menghasilkan gas bio berupa gas metana yang dapat dikelola. Biogas yang dihasilkan dikirim ke penyimpanan biogas, dan lumpur fermentasi yang tersisa juga dilepaskan pada saat yang sama untuk menjadi pupuk alami yang dapat digunakan untuk pertanian dan penanaman. Teknologi biogas terus berkembang dengan berbagai jenis model *Digester* yang digunakan menunjukkan ini. Berdasarkan tata letaknya, *Digester* dapat dibedakan menjadi tiga yaitu:

1. *Digester* diletakkan di atas tanah

Digester jenis ini biasanya dibuat dari drum bekas minyak tanah dan sebagainya. Kerugian dari *Digester* ini adalah kapasitas volume yang dibutuhkan relatif kecil, sehingga biogas yang dihasilkan hanya dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga. Kelemahan lainnya adalah ketahanan material yang buruk terhadap korosi. Untuk *Digester* biogas berukuran besar, *Digester* biogas jenis ini juga membutuhkan lahan yang luas.

2. *Digester* diletakkan sebagian di bawah permukaan tanah

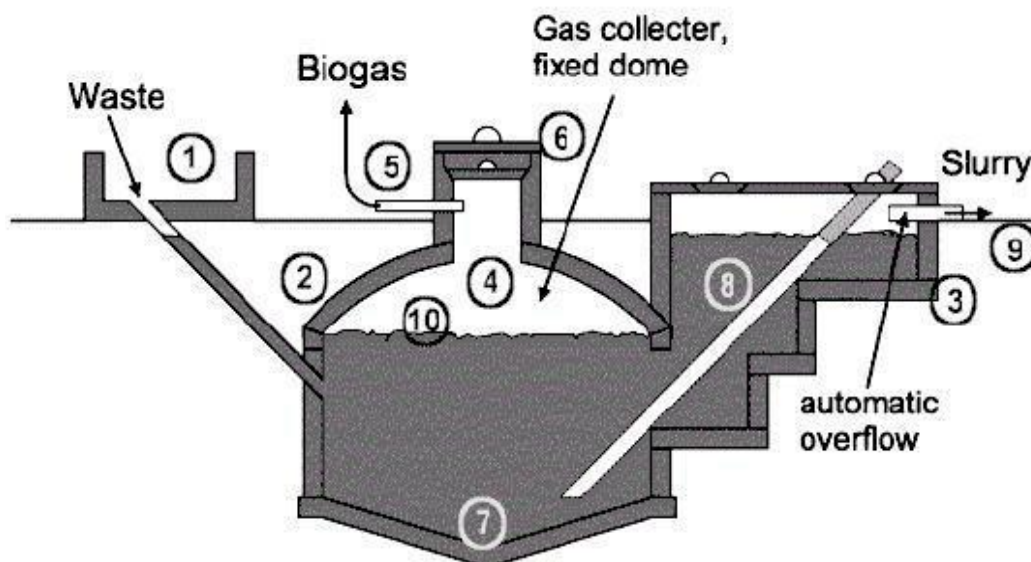
Tipe *Digester* yang digunakan biasanya terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, kapur, dan berbentuk seperti sumur kemudian ditutup dengan pelat baja atau struktur semen. Ukuran tangki penyimpanan dapat disesuaikan secara proporsional untuk memenuhi kebutuhan yang berbeda. Kelemahan dari sistem ini adalah ketika ditempatkan di tempat bersuhu rendah, suhu rendah yang diterima lembaran baja menyebar ke bahan baku biogas dan diketahui bakteri mencapai suhu maksimum dalam rentang suhu tertentu, jadi aksi bakteri menjadi lambat.

3. *Digester* diletakkan di bawah permukaan tanah

Model ini paling populer di Indonesia. Semua *Digester* biogas dipasang di bawah permukaan tanah dan memiliki struktur permanen. Selain itu, dapat menghemat ruang lahan dan *Digester* yang diletakkan di bawah permukaan tanah

dapat menjaga suhu tetap stabil dan mendukung pertumbuhan bakteri penghasil metana. Kekurangan dari *Digester* yang diletakkan di dalam permukaan tanah apabila terjadi kebocoran gas sangat sulit untuk diperbaiki.

Pada umumnya komponen utama *Digester* biogas ada enam yaitu tangki *inlet*, ruang *digestion* (ruang fermentasi) pada ruangan ini juga dapat ditambahkan tempat penyimpanan gas, dan tangki *outlet*. Campuran limbah dan air (dicampur ke dalam ruang *digestion*) mengalir melalui saluran inlet pipa menuju *Digester*. Campuran tersebut menghasilkan gas melalui proses fermentasi *anaerob* di reaktor dan gas yang telah dihasilkan kemudian disimpan dalam penampung gas (bagian atas kubah). *Slurry* mengalir keluar dari *Digester* menuju pipa *outlet* dan mengalir ke lubang *slurry* melalui *overflow*. Kemudian gas dialirkan ke dapur melalui saluran pipa (Wulandari dan Labiba, 2017)



Gambar 2.3 Komponen utama *Digester* biogas (Pertiwiningrum, 2016)

Keterangan :

1. Bak penampung kotoran ternak dengan pipa masukan kotoran ternak (*Inlet*)
2. *Digester*
3. Bak penampung lumpur sisa fermentasi (*Sludge*)
4. Bak penampung gas (*Gas Holder*)
5. Pipa biogas keluar (*Outlet*)
6. Penutup *Digester* dengan penahan gas (*Gas Sealed*)
7. Lumpur aktif biogas
8. Pipa keluar *slurry*

Tipe *Digester* dibedakan menjadi dua yaitu tipe *batch* dan tipe kontinyu. Pada tipe *batch*, diisi sekali selama pengoperasian *Digester* dan ketika jumlah gas yang dihasilkan berkurang, maka bahan baku dapat diganti dengan yang baru. Tipe *batch* digunakan jika bahan baku sudah tersedia. Sedangkan tipe kontinyu dirancang untuk jenis *Digester* mengalir, dan ketersediaan bahan baku harus selalu tersedia (Pertiwiningrum, 2016).

Berikut tipe *Digester* berdasarkan beberapa kriteria teknik pengisian bahan baku, seperti di bawah ini:

a. *Digester* Tipe *batch*

Yang dimaksud dengan sistem pengisian *batch/curah* (SPC) adalah cara pengantian bahan yang dilakukan dengan mengeluarkan sisa bahan yang sudah dicerna dari tangki pencerna setelah produksi biogas berhenti, dan selanjutnya dilakukan pengisian bahan baku yang baru. Sistem ini terdiri dari dua komponen yaitu tangki pencerna dan tangki pengumpul gas. Untuk memperoleh biogas yang banyak, sistem ini perlu dibuat dalam jumlah yang banyak agar kecukupan dan kontinuitas hasil biogas tercapai.

b. *Digester* Tipe Kontinyu

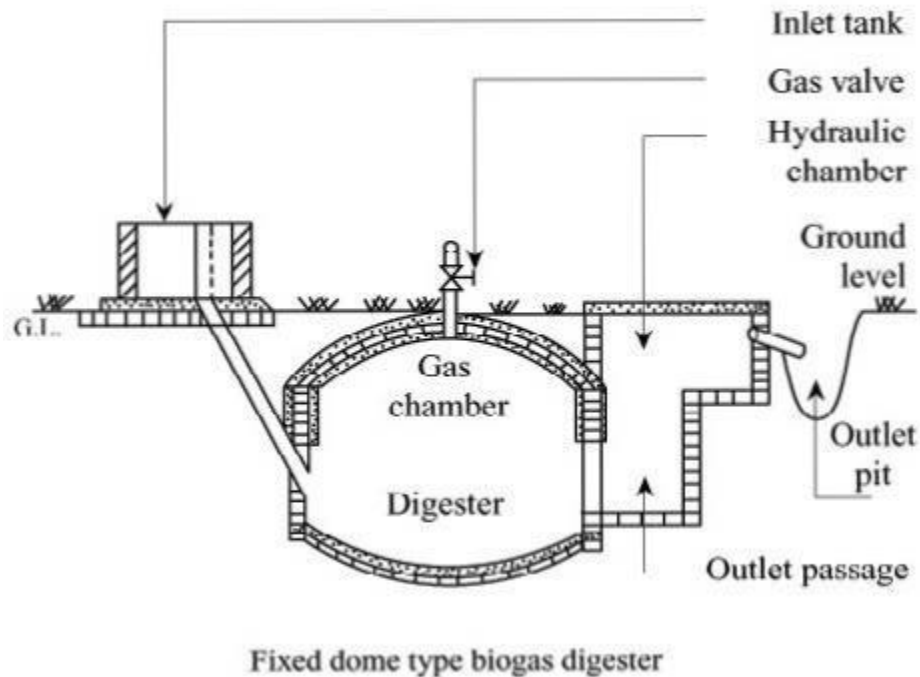
Yang dimaksud dengan pengisian kontinyu adalah bahwa pengisian bahan baku ke dalam tangki pencerna dilakukan secara kontinyu (setiap hari) tiga hingga empat minggu sejak pengisian awal, tanpa harus mengeluarkan bahan yang sudah dicerna. Bahan baku segar yang diisikan setiap hari akan mendorong bahan isian yang sudah dicerna keluar dari tangki pencerna melalui pipa pengeluaran yang sudah dicerna dari tangki pencerna melalui pipa pengeluaran.

Terdapat beberapa jenis *Digester* yang dapat dilihat berdasarkan konstruksi, jenis aliran, dan posisinya terhadap permukaan tanah. Jenis *Digester* yang dipilih dapat didasarkan pada tujuan pembuatan *Digester* tersebut. Hal yang penting adalah apapun yang dipilih jenisnya, tujuan utama adalah mengurangi kotoran dan menghasilkan biogas yang mempunyai kandungan metana (CH₄) tinggi.

Ada empat jenis *Digester*, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangan yaitu:

1. Reaktor Kubah Tetap (*Fixed Dome Plant*)

Tipe *Fixed Dome Plant* terdiri dari *Digester* yang memiliki penampung gas dibagian atas *Digester*. *Digester* Tipe *Fixed Dome Plant*, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tipe *Digester Fixed Dome Plant* (Pertiwiningrum, 2016)

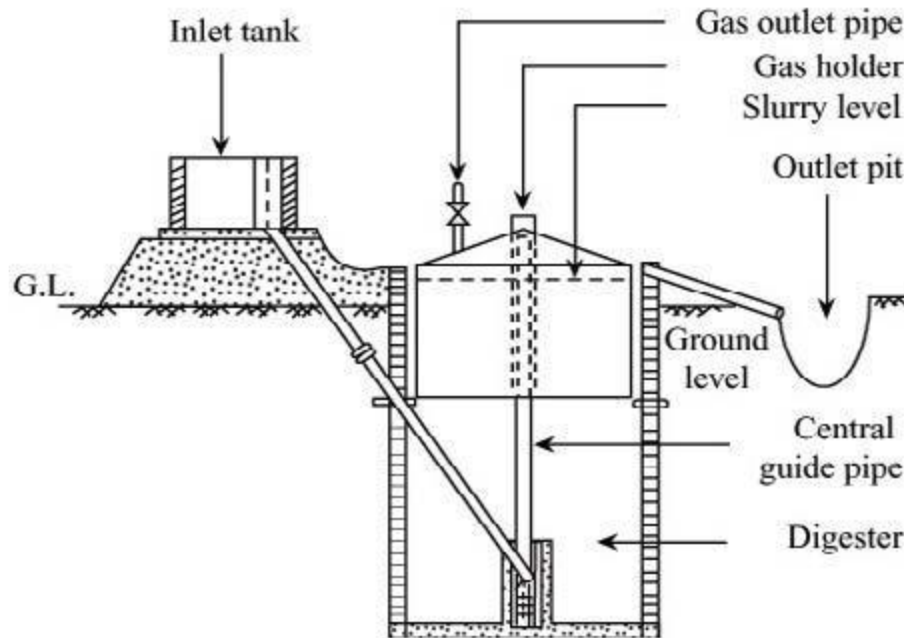
Digester jenis ini mempunyai volume tetap. Seiring dengan dihasilkannya biogas, terjadi peningkatan tekanan dalam *Digester*. Karena itu dalam konstruksinya *Digester* jenis kubah tetap gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor. Indikator produksi gas dapat dilakukan dengan memasang indikator tekanan. Berikut kelebihan dan kekurangan dari *Digester Fixed Dome Plant*, yaitu :

Keunggulan : biaya pembuatan murah, bagian-bagian digester tetap, dapat bertahan selama 20 tahun atau lebih, dan tidak ada bagian baja yang berkarat.

Kelemahan : tekanan naik turun secara substansial dan sering kali mengalami kenaikan.

2. Kubah Apung (*Floating Drum Plant*)

Tipe *Floating Drum Plant* terdiri dari satu *Digester* dan penampung gas yang bisa bergerak. *Digester* Tipe *Floating Drum Plant*, dapat dilihat dalam Gambar 2.5.



Floating dome type biogas digester

Gambar 2.5 Tipe *Digester Floating Drum Plant* (Pertiwiningrum, 2016)

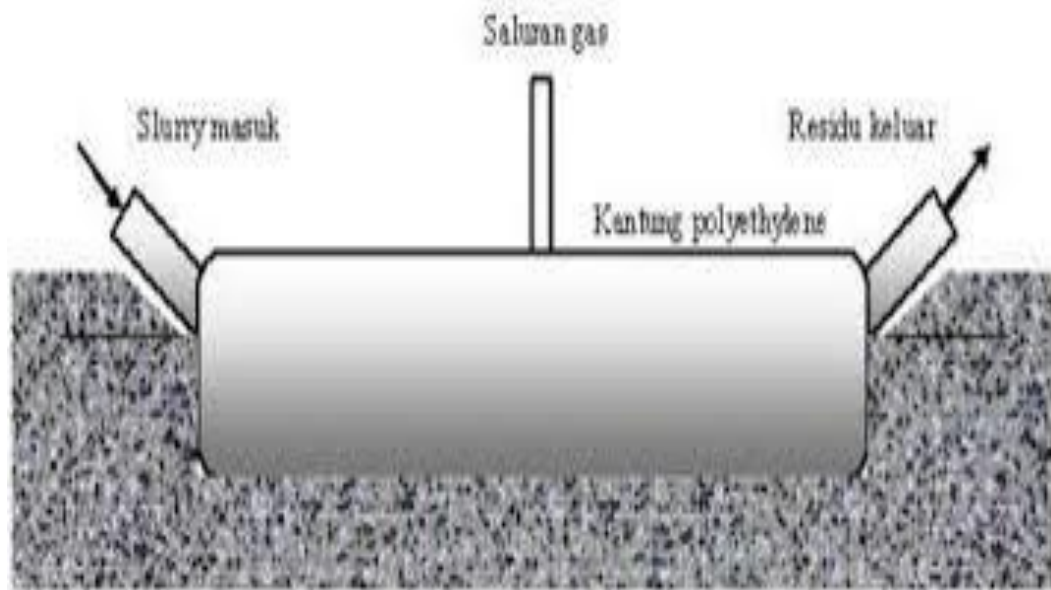
Pada *Digester* jenis ini terdapat bagian yang reaktor yang dapat bergerak seiring dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian kubah dapat dijadikan indikasi bahwa produksi biogas sudah mulai atau sudah terjadi. Bagian yang bergerak juga berfungsi sebagai penampung gas. Penampung gas ini akan bergerak keatas ketika gas bertambah dan turun lagi ketika gas berkurang, seiring dengan penggunaan dan produksi gasnya. Berikut kelebihan dan kekurangan dari *Digester Floating Drum Plant*, yaitu :

Keunggulan : kelemahan tekanan gas yang berfluktuasi pada reaktor *Biodigester* jenis kubah tetap dapat diatasi sehingga tekanan gas menjadi konstan.

Kelemahan : biaya pembangunan mahal, banyak bagian yang dapat berkarat, menghasilkan dengan masa waktu yang singkat (di atas 15 tahun), dan biaya perbaikan yang rutin disebabkan oleh pengecatan.

3. Reaktor Balon (*Balloon Plant*)

Digester Tipe *Balloon Plant*, dapat dilihat dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Tipe *Digester Balloon Plant* (Wulandari dan Labiba, 2017)

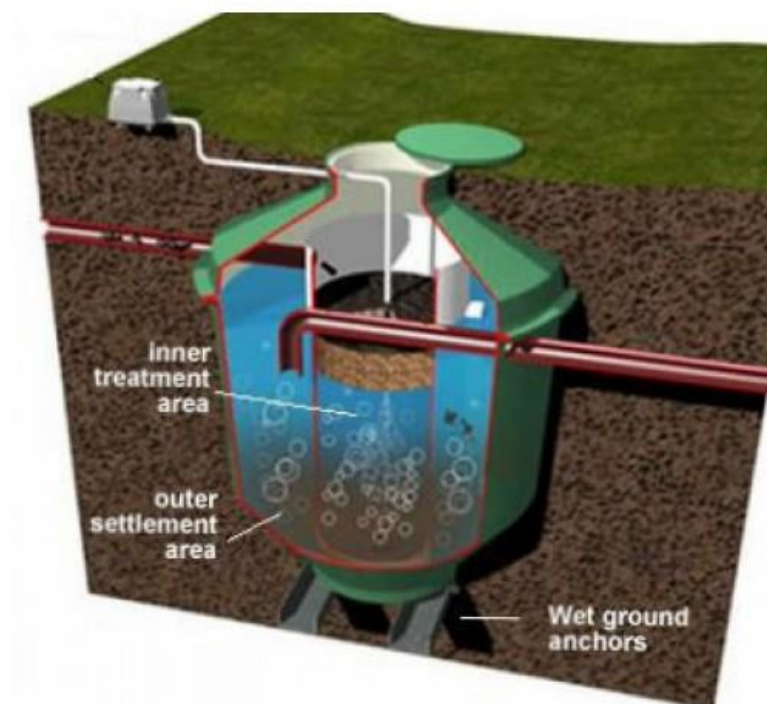
Digester balon merupakan jenis *Digester* yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisiensi dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. *Digester* ini terdiri dari suatu bagian yang berfungsi sebagai *Digester* dan penyimpanan gas masing-masing bercampur dalam suatu ruangan tanpa skat. Material organik terletak dibagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Berikut kelebihan dan kekurangan dari *Digester Balloon Plant*, yaitu :

Keunggulan : biaya pembuatan murah, mudah dibersihkan, dan mudah dipindahkan.

Kelemahan : waktu pakai relatif singkat dan mudah mengalami kerusakan.

4. *Digester* dari bahan *fiberglass*

Digester dari bahan *fiberglass*, dapat dilihat dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Tipe *Digester* dari *fiberglass*

Digester bahan *fiberglass* merupakan jenis *Digester* yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan *fiberglass* sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai *Digester* dan penyimpanan gas masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa skat.

Berikut kelebihan *Digester* dari *fiberglass*, yaitu :

Kelebihan : reaktor dari bahan *fiberglass* ini sangat efisien karena sangat kedap, ringan, dan kuat. Jika terjadi kebocoran mudah diperbaiki atau dibentuk kembali seperti semula dan yang lebih efisiennya adalah reaktor dapat dipindahkan sewaktu-waktu jika peternak sudah tidak menggunakannya lagi.

2.6 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah parameter yang menunjukkan total bahan yang dapat dioksidasi secara kimia dalam sampel dan oleh karena itu menunjukkan kandungan energi bahan baku. COD mewakili energi maksimum yang ada dalam bahan baku karena mikroba mengubah energi kimia menjadi

metana. Analisis COD dapat memberikan kesalahan yang cukup tinggi karena ketidakhomogenan sampel dan banyaknya jumlah langkah perlakuan sampel yang diperlukan (pengenceran, penimbangan, dan titrasi). Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan oleh personel yang berpengalaman untuk bahan baku biogas yang khas, yang mengandung bahan organik terkonsentrasi tinggi dan bahan yang besar.