

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Masyarakat di Indonesia

Konsumsi bahan bakar fosil di Indonesia sangat problematik, hal ini dikarenakan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) melebihi produksi dalam negeri sehingga untuk menutupinya pemerintah mengimpor BBM dari luar negeri. (Tabel 2.1) Pemerintah mencari solusi bagi masyarakat untuk meminimalisir penggunaan BBM, tetapi yang ada pemerintah malah menaikkan harga BBM. Hal ini tidak menjadi solusi bagi masyarakat tetapi menjadi masalah baru bagi masyarakat Indonesia. Penggunaan BBM di Indonesia sangat berlebihan karena masyarakat secara umum masih bergantung pada bahan bakar dari fosil maka dari itu melalui inovasi biogas organik ini diharapkan menjadi solusi bagi masyarakat.

Tabel 2.1 Konsumsi BBM di Indonesia (Deptan, 2009)

Tahun	Mogas	Solar	Minyak Tanah	BBM Bersubsidi	Jumlah Penduduk	BBM Bersubsidi Per Kepala
2005	101.867.000	175.518.000	67.395.000	344.780.000	227.303.175	1,52
2006	99.458.000	164.656.000	59.412.000	323.526.000	229.918.547	1,41
2007	105.940.000	166.448.000	58.672.000	331.050.000	232.461.746	1,42
2008	114.796.000	175.148.000	46.836.000	336.780.000	234.951.154	1,43
2009	129.255.000	173.134.000	28.332.000	330.721.000	237.414.495	1,39
2010	148.575.000	174.669.000	18.093.000	341.337.000	239.870.937	1,42

Sumber: diolah dari data Kementerian ESDM dan Bank Dunia.

2.2 Sampah

Sampah sekarang ini, menjadi masalah besar di Indonesia. Rata – rata masyarakat Indonesia menghasilkan sampah 2 kg per orang per harinya. Dengan kondisi seperti ini, volume sampah meningkat setiap tahunnya. Volume sampah pada tahun 2010 ada 200.000 ton/hari dan pada tahun 2012 ada 490.000 ton per hari atau total 178.850.000 ton setahun (Kementrian LH, 2012). Sampah rumah tangga di Indonesia, 50% belum di tangani dengan baik. Baru sekitar 24,5% sampah diangkut petugas dan diolah menjadi kompos, sedangkan 75,5% belum ditangani. Sampah – sampah ini menyebabkan berbagai permasalahan di antaranya pemanasan global, banjir, penyakit dan lainya. Ini dapat di lihat secara nyata dari kondisi sungai di Indonesia, bahwa 75% permukaan air di Indonesia sudah dalam keadaan tercemar, di mana 60% sampai 80% di antaranya adalah limbah rumah tangga, dan sisanya dari industri. Sekitar 76,3% dari 53 sungai di Jawa, Sumatera, Bali dan Sulawesi tercemar oleh bahan organik dan 11 sungai utama oleh amonium. Pembuangan sampah yang tidak diurus dengan baik akan mengakibatkan masalah besar, karena penumpukan sampah atau membuangnya sembarangan ke kawasan terbuka akan mengakibatkan pencemaran tanah yang juga akan berdampak ke saluran air tanah. Demikian juga pembakaran sampah akan mengakibatkan pencemaran udara, pembuangan sampah ke sungai akan mengakibatkan pencemaran air, tersumbatnya saluran air dan banjir (Sicular 1989).

2.3 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerob atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya kotoran manusia, ternak, limbah domestik (rumah tangga), sampah biodegradable atau setiap limbah organik yang biodegradable dalam kondisi anaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metan dan karbondioksida (CO_2). Biogas memanfaatkan proses pencernaan yang dihasilkan oleh bakteri methanogen yang produknya berupa gas metana (CH_4). Limbah pertanian merupakan sumber bahan organik yang tersedia dalam jumlah banyak dan terus menerus diproduksi tapi belum dimanfaatkan secara optimal.

Di daerah yang banyak industri pemrosesan makanan antara lain tahu, tempe, ikan, pindang atau brem bisa menyatukan saluran limbahnya ke dalam sistem biogas, sehingga limbah industri tersebut tidak mencemari lingkungan di sekitarnya. Hal ini memungkinkan karena limbah industri tersebut diatas berasal dari bahan organik yang homogen.

Bahan bakar biogas tidak menghasilkan asap merupakan suatu pengganti yang unggul untuk menggantikan bahan bakar minyak atau gas alam. Gas ini dihasilkan dalam proses yang disebut pencernaan anaerob, merupakan gas campuran metan (CH_4), karbondioksida (CO_2), dan sejumlah kecil nitrogen, amonia, sulfur dioksida, hidrogen sulfida, dan hidrogen. Secara alami, gas ini terbentuk pada limbah pembuangan air, tumpukan sampah, dasar danau atau rawa. Mamalia termasuk manusia menghasilkan biogas dalam sistem pencernaannya, bakteri dalam sistem pencernaan menghasilkan biogas untuk proses mencerna selulosa.

Biomassa yang mengandung kadar air yang tinggi seperti kotoran hewan dan limbah pengolahan pangan cocok digunakan untuk bahan baku pembuatan biogas.

Limbah peternakan merupakan salah satu sumber bahan yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas, sementara perkembangan atau pertumbuhan industri peternakan menimbulkan masalah bagi lingkungan karena menumpuknya limbah peternakan. Polutan yang dihasilkan dari dekomposisi kotoran ternak yaitu BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*), bakteri patogen, polusi air, debu, dan polusi bau. Di banyak negara berkembang kotoran ternak, limbah pertanian, dan kayu bakar digunakan sebagai bahan bakar. Hal inilah yang menjadi perhatian karena emisi metan dan karbondioksida yang menyebabkan efek rumah kaca dan mempengaruhi perubahan iklim global.

Jika dilihat dari segi pengolahan limbah, proses anaerob juga memberikan beberapa keuntungan yaitu menurunkan nilai COD dan BOD, total *solid*, *volatile solid*, nitrogen nitrat, dan nitrogen organik. Bakteri *caliform* dan patogen lainnya, telur insek, parasit, bau juga dihilangkan atau menurun. Di daerah pedesaan yang tidak terjangkau listrik, penggunaan biogas memungkinkan untuk belajar dan melakukan kegiatan komunitas di malam hari. Kesetaraan biogas dengan sumber energi lain dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Kesetaraan biogas dengan sumber energi lain (Deptan ,2009)

1 m ³ Biogas	0.46 Kg LPG
	0.62 liter Minyak tanah
	3.5 Kg Kayu bakar

Beberapa alasan lain mengapa biogas dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif dan semakin mendapat perhatian yaitu :

- (a) harga bahan bakar yang terus meningkat,
- (b) dalam rangka usaha untuk memperoleh bahan bakar lain yang dapat diperbarui,
- (c) dapat diproduksi dalam skala kecil di tempat yang tidak terjangkau listrik atau energi lainnya,
- (d) dapat diproduksi dalam konstruksi yang sederhana

2.4 Proses Pencernaan Anaerob

Proses pencernaan anaerob, yang merupakan dasar dari reaktor biogas yaitu proses pemecahan bahan organik oleh aktivitas bakteri metanogenik dan bakteri asidogenik pada kondisi tanpa udara. Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti kotoran binatang, manusia, dan sampah organik rumah tangga. Proses anaerob dapat berlangsung di bawah kondisi lingkungan yang luas meskipun proses yang optimal hanya terjadi pada kondisi yang terbatas.

Tabel 2.3 Kondisi pengoperasian pada pencernaan anaerob (Anema,2013)

Parameter	Nilai
Temperatur	
Mesofilik	35° C
Termofilik	54° C
pH	7-8

Alkalinitas	2500 mg/L Minimum
Waktu retensi	10-30 hari
Laju terjenuhkan	0.15-0.35 kg.VS/m ³ /hari
Hasil biogas	4.5-11 m ³ /kg.VS
Kandungan metana	60-70 %

Pembentukan biogas meliputi tiga tahap proses yaitu :

- (a) Hidrolisis, pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik kompleks menjadi sederhana, perubahan bentuk struktur polimer menjadi monomer;
- (b) Pengasaman, pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bakteri asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butir, gas karbondioksida, hidrogen dan amonia.
- (c) Metanogenik, pada tahap ini terjadi proses pembentukan gas metan. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu untuk mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida.

Bakteri yang berperan dalam proses pencernaan anaerobik yaitu bakteri hidrolitik yang memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino, bakteri fementatif yang mengubah gula dan asam amino menjadi asam organik, bakteri asidogenik merubah asam organik menjadi hidrogen, karbondioksida dan asam asetat, dan bakteri metanogenik yang menghasilkan gas metan dari asam asetat, hidrogen, dan karbondioksida. Bakteri metanogenik akan menghasilkan biogas yang bagus (kandungan

gas metan tinggi) pada suhu 25°-30° C. Di dalam digester biogas terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan yaitu bakteri asidogenik dan bakteri metanogenik. Kedua bakteri ini harus dipertahankan jumlahnya seimbang. Bakteri-bakteri inilah yang merubah bahan organik menjadi gas metan dan gas lainnya dalam siklus hidupnya.

Kandungan gas metan dalam biogas yang dihasilkan tergantung pada jenis bahan baku yang dipakai. Sebagai contoh komposisi biogas dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Komposisi gas (%) dalam biogas yang berasal dari kotoran ternak dan sisa pertanian (Anema , 2013).

Jenis Gas	Kotoran Sapi	Campuran Kotoran Sapi dan Sampah Pertanian
Metana (CH ₄)	65.7	55-70
Karbondioksida (CO ₂)	27.0	27-45
Nitrogen (N ₂)	2.3	0.5-3.0
Karbonmonoksida (CO)	0.0	0.1
Oksigen (O ₂)	0.1	6.0
Propan (C ₃ H ₈)	0.7	-
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	Tidak Terukur	Sedikit sekali
Nilai Kalor (kkal/m ³)	6513	4800-6700

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 selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri metanogenik. Kondisi keasaman yang optimal pada pencernaan

anaerobik yaitu sekitar pH 6,8 sampai 8, laju pencernaan akan menurun pada kondisi pH yang lebih tinggi atau rendah.

Bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik membutuhkan beberapa elemen sesuai dengan kebutuhan organisme hidup seperti sumber makanan dan kondisi lingkungan yang optimum. Bakteri anaerob mengkonsumsi karbon sekitar 30 kali lebih cepat dibanding nitrogen. Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen dinyatakan dengan rasio karbon/nitrogen (C/N), rasio optimum untuk digester anaerobik berkisar 20 - 30. Jika 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 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. Kotoran ternak sapi mempunyai rasio C/N sekitar 24. Hijauan seperti jerami atau serbuk gergaji mengandung persentase karbon yang jauh lebih tinggi, dan bahan dapat dicampur untuk mendapatkan rasio C/N yang diinginkan. Rasio C/N beberapa bahan yang umum digunakan sebagai bahan baku biogas disajikan pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Rasio karbon dan nitrogen (C/N) dari beberapa bahan baku
(Anema, 2013)

Bahan	Rasio C/N
Kotoran bebek	8
Kotoran manusia	8
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12

Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran sapi/kerbau	24

Slurry kotoran sapi mengandung 1,8 - 2,4% nitrogen, 1,0 - 1,2% fosfor (P205), 0,6 - 0,8% potassium (K 20), dan 50 - 75% bahan organik. Kandungan solid yang paling baik untuk proses anaerobik yaitu sekitar 8%. Untuk limbah kotoran sapi segar dibutuhkan pengenceran 1 : 1 dengan air. Teknologi pencernaan anaerob bila digunakan dalam sistem perencanaan yang matang, tidak hanya mencegah polusi tetapi juga menyediakan energi berkelanjutan, pupuk dan rekoveri nutrisi tanah. Untuk itu proses ini dapat mengubah limbah dari suatu masalah menjadi suatu yang menguntungkan.

Tabel 2.6 Potensi produksi gas dari berbagai jenis kotoran hewan
(Anema , 2013)

Jenis Kotoran	Produksi Gas per Kg (m ³)
Sapi/Kerbau	0.023-0.040
Babi	0.040-0.059
Unggas	0.065-0.116
Manusia	0.020-0.028

2.5 Digester Biogas

Ada beberapa jenis reaktor biogas yang dikembangkan diantaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (*Fixed-dome*), reaktor terapung (*Floating drum*), reaktor jenis balon, jenis horizontal, jenis lubang tanah, jenis *ferrocement*. Dari keenam jenis digester biogas yang sering digunakan adalah jenis kubah tetap (*Fixed-dome*) dan jenis Drum mengambang (*Floating drum*). Beberapa tahun terakhir ini dikembangkan jenis reaktor

balon yang banyak digunakan sebagai reaktor sederhana dalam skala kecil (Shodikin, 2011). Tetapi dalam alat ini digester yang di gunakan secara sederhana dari drum bekas yang di desain untuk bisa terjadi proses fermentasi.

Saat ini berbagai bahan dan jenis peralatan biogas telah banyak dikembangkan sehingga dapat disesuaikan dengan karakteristik wilayah, jenis, jumlah dan pengelolaan kotoran ternak. Secara umum terdapat dua teknologi yang digunakan untuk memperoleh biogas. Pertama, proses yang sangat umum yaitu fermentasi kotoran ternak menggunakan digester yang khusus dalam kondisi anaerob. Kedua, teknologi yang baru dikembangkan yaitu dengan menangkap langsung gas metan dari lokasi tumpukan sampah tanpa harus membuat digester khusus. Peralatan dan proses pengolahan dan pemanfaatan biogas (Deptan ,2009).

Beberapa keuntungan kenapa digester anaerobik lebih banyak digunakan antara lain :

1. Keuntungan pengolahan limbah
 - (a) Digester anaerobik merupakan proses pengolahan limbah yang alami
 - (b) Membutuhkan lahan yang lebih kecil dibandingkan dengan proses kompos aerobik ataupun penumpukan sampah
 - (c) Memperkecil volume atau berat limbah yang dibuang
 - (d) Memperkecil rembesan polutan
2. Keuntungan energi
 - (a) Proses produksi energi bersih

- (b) Memperoleh bahan bakar berkualitas tinggi dan dapat diperbaharui
- (c) Biogas dapat dipergunakan untuk berbagai penggunaan

3. Keuntungan lingkungan .

- (a) Menurunkan emisi gas metan dan karbondioksida secara signifikan
- (b) Menghilangkan bau
- (c) Menghasilkan kompos yang bersih dan pupuk yang kaya nutrisi
- (d) Memaksimalkan proses daur ulang
- (e) Menghilangkan bakteri coliform sampai 99% sehingga memperkecil kontaminasi sumber air

4. Keuntungan ekonomi

Lebih ekonomis dibandingkan dengan proses lainnya ditinjau dari siklus ulang proses

Bagian utama dari proses produksi biogas yaitu tangki tertutup yang disebut digester. Desain digester bermacam-macam sesuai dengan jenis bahan baku yang digunakan, temperatur yang dipakai dan bahan konstruksi. Digester dapat terbuat dari cor beton, baja, bata atau plastik dan bentuknya dapat berupa seperti silo, bak, kolam dan dapat diletakkan di bawah tanah. Sedangkan untuk ukurannya bervariasi dari 4-35 m³.

Biogas dengan ukuran terkecil dapat dioperasikan dengan kotoran ternak 3 ekor sapi, 7 ekor babi atau 500 ekor unggas (Deptan ,2009).

Biogas yang dihasilkan dapat ditampung dalam penampung plastik atau digunakan langsung pada kompor untuk memasak, menggerakkan generator listrik, patromas biogas, penghangat ruang/kotak penetasan telur dll.

2.6 *Mobile* TANGKAS

Mobile tangkas adalah teknologi tepat guna yang berfungsi sebagai tempat sampah organik dan pembuatan biogas dari sampah organik. Selain itu alat ini juga sebagai solusi permasalahan di lingkungan kita, dimana jerami padi yang sebagian besar tidak bermanfaat dan hanya menjadi masalah besar di Indonesia, dengan alat ini dapat di gunakan sebagai tempat pembuangan jerami yang sekaligus sebagai pembuatan biogas. Sistem dari alat ini yaitu mesin penghancur sampah organik yang di oprasikan dari gerakan sepeda sehingga sampah menjadi kecil dan di fermentasikan pada tabung reaktor, yang selanjutnya di alirkan ke tabung penampung. Alat tersebut di desain dalam alat seperti gerobak dan menggunakan pergerakan pidal sepeda sehingga tidak menggunakan sumber energi lain. Dengan terobosan alat ini di harapkan dapat menghemat energi di Indonesia dan mendukung pemerintah dalam menciptakan energi alternatif dan ramah lingkungan dari teknologi tepat guna yang sederhana.