

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh bakteri metanogen dalam kondisi tanpa udara (*anaerob*) (Widarto *et al.*, 1997). Bakteri ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik, seperti limbah ternak dan sampah organik (Wahyuni, 2008). Umumnya, biogas diproduksi dengan alat yang disebut reaktor biogas (*digester*) yang dirancang agar kedap udara (*anaerob*), sehingga proses penguraian limbah oleh mikroorganisme dapat berjalan secara optimal.

Biogas sangat potensial sebagai sumber energi alternatif, karena kandungan metana (CH_4) yang tinggi dan nilai kalornya yang cukup tinggi. Metana (CH_4) yang memiliki satu karbon dalam setiap rantainya, dapat menghasilkan pembakaran yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar berantai karbon panjang (Suyitno *et al.*, 2010). Menurut Wahyuni (2008) umumnya biogas merupakan campuran 50-70% gas metan, 30-40% karbon dioksida, 5-10% gas hidrogen dan sisanya berupa gas-gas lain dalam jumlah yang kecil.

2.2. Ampas Tahu

Ampas tahu merupakan hasil sisa perasan bubur kedelai, dalam ampas tahu masih terdapat kandungan nutrisi untuk digunakan sebagai bahan campuran feses ternak untuk produksi biogas. Ampas tahu mempunyai kandungan air

82,69%; abu 0,55%; lemak 0,62%; protein 2,42% dan karbohidrat 13,71% (Widiarti *et al.*, 2012). Ampas tahu ini mempunyai sifat cepat basi dan berbau tidak sedap jika tidak segera ditangani dengan cepat. Ampas tahu akan menimbulkan bau yang tidak sedap pada 12 jam setelah dihasilkan (Suprapti, 2005).

2.3. Feses Sapi Peranakan Friesian Holstein (PFH)

Di Indonesia sapi Friesian Holstein (FH) yang telah di silangkan dengan sapi lokal dan menghasilkan keturunan sapi yang dikenal dengan nama sapi Grati, karena dikembangkan pertama kali di daerah Grati, Pasuruan (Syarif *et al.*, 1984). Feses sapi PFH berpotensi sebagai bahan isian digester dalam pembuatan biogas karena kandungan nutrisi dalam feses sapi PFH masih dapat dimanfaatkan dalam pembuatan biogas. Feses sapi PFH mengandung hemisellulosa sebesar 18,6%; selulosa 25,2%; lignin 20,2%; nitrogen 1,67%; fosfat 1,11% dan kalium sebesar 0,56% (Sihotang, 2010).

Kandungan nutrisi utama untuk bahan pengisi digester biogas adalah nitrogen, fosfor dan kalium (Widodo *et al.*, 2006). Kandungan nitrogen dalam bahan sebaiknya sebesar 1,45%; sedangkan fosfor dan kalium masing-masing sebesar 1,10%. Kandungan nutrisi utama tersebut dapat diperoleh dari pencampuran feses sapi perah dan limbah ampas tahu yang dapat meningkatkan rasio karbon nitrogen (C/N) dalam produksi biogas. Produksi biogas tergantung pada nilai N (nitrogen), namun demikian nilai N juga tergantung pada C (karbon). Jadi, perbandingan C dan N akan menentukan proses produksi biogas (Yunus, 1995). Salah satu faktor yang mempengaruhi produksi biogas yang perlu

diperhatikan agar mendapat produksi yang optimal yaitu rasio karbon nitrogen (C/N).

2.4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas

2.4.1. Bahan Baku Isian

Bahan baku isian digester berupa bahan organik seperti kotoran ternak dan sisa dapur. Bahan baku isian dengan kadar air yang rendah dapat ditingkatkan dengan menambahkan air dengan perbandingan tertentu sesuai dengan kadar bahan kering bahan tersebut (Wiratmana *et al.*, 2012). Bahan baku isian harus terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, plastik, dan beling (Wahyuni, 2008).

2.4.2. pH

Nilai pH mempengaruhi produksi metana, jika nilai pH semakin mendekati 7 atau netral, maka semakin tinggi juga produksi metana yang dihasilkan. Peningkatan pH yang optimal dapat meningkatkan proses pembusukan. Sehingga meningkatkan efektifitas kerja mikroba dan berdampak pada peningkatan produksi biogas (Mahajoeno, 2008). Bakteri metanogenik tumbuh atau hidup di kisaran pH 6,8 - 7,2 sehingga bakteri tersebut dapat bekerja secara optimal dan cepat mengurai bahan organik yang terdapat pada substrat menjadi metana, sehingga dapat menghasilkan produksi metana yang tinggi. Pembentukan metana terjadi saat nilai pH berada pada rentang pH netral, yakni 6,8 - 7,2 (Eckenfelder, 2000).

2.4.3. Temperatur

Temperatur sangat berpengaruh terhadap produksi biogas, temperatur yang baik adalah temperatur pada suhu kamar. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri anaerob yaitu berkisar antara 30 - 35°C (Sahidu, 1983). Temperatur yang berada di bawah maupun di atas batas kisaran temperatur normal, maka transportasi nutrisi akan terhambat dan proses kehidupan sel akan terhenti, dengan demikian temperatur berpengaruh terhadap proses perombakan anaerob bahan organik dan produksi gas (Darmanto *et al.*, 2012).

2.4.4. Rasio C/N

Feses ternak memiliki kadar C/N yang berbeda, pemilihan feses untuk bahan isian digester biogas dapat ditentukan oleh perbandingan C (karbon) dan N (nitrogen). Perbandingan C/N dalam produksi biogas adalah faktor penting dalam berkembangnya bakteri metanogenik yang menguraikan bahan organik tersebut untuk menghasilkan biogas. Rasio C/N yang terkandung dalam bahan organik sangat menentukan kehidupan mikroorganisme. Rasio C/N yang optimum bagi mikroorganisme perombak adalah 25 - 30 (Gerardi, 2003). Selain dari perpaduan komposisi dan jenis bahan, adanya pengadukan, derajat keasaman, kandungan air, suhu digester, bahan yang digunakan, dan perbandingan C/N merupakan beberapa parameter dalam pembentukan biogas (Yulistiawati, 2008).

2.4.5. Pengadukan

Pengadukan dalam digester akan mempermudah bakteri untuk menyerap substrat yang diberikan, karena substrat akan menjadi material kecil, merata, dan

kemungkinan akan mengalami proses fermentasi anaerob. Semakin banyak jumlah pengadukan maka proses produksi gas menjadi semakin cepat. Jika tidak dilakukan pengadukan akan terjadi penggumpalan atau pengendapan bahan organik yang menyebabkan terhambatnya biogas (Jiwantoro, 2005). Proses pengadukan menghasilkan kontak yang cukup antara substrat dengan bakteri dan juga menghasilkan kondisi yang homogen dari limbah (Meroney *et al.*, 2009). Pengadukan substrat tidak dapat merata jika jumlah penambahan air kurang. Dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tergantung kadar air (Haq *et al.*, 2011).

2.5. Tahap-tahap Produksi Biogas

2.5.1. Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis terjadi pelarutan bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk primer menjadi bentuk monomer (Milono *et al.*, 1981). Komponen organik sederhana yang larut dalam air (monomer-monomer) digunakan oleh bakteri pembentuk asam. Digesti pada fase ini mengubah protein menjadi asam amino, karbohidrat menjadi gula sederhana, dan lemak menjadi asam lemak rantai panjang. Pada tahap hidrolisis, mikroorganisme yang berperan adalah *Cellulomonas sp*, *Cytopaga sp*, *Cellvibrio sp*, *Pseudomonas sp*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, dan *Lactobacillus plantarum*. Hidrolisis molekul kompleks dikatalisasi oleh enzim ekstraselular seperti *selulose*, *amilase*, *protease* dan *lipase* (Amaru, 2004).

2.5.2. Asidogenesis

Asidogenesis adalah pembentukan asam dari senyawa sederhana. Pada tahap ini memproses senyawa terlarut pada hidrolisis menjadi asam-asam lemak rantai pendek yang umumnya asam asetat dan asam format. Hasil dari tahap hidrolisis akan dikonversi atau diubah oleh bakteri asetogenik dari marga *desulfovibrio* menjadi gas H₂, CO₂, dan beberapa Volatile Fatty Acid (VFA) lain seperti asam butirat, asam asetat, dan asam propionat (Gerardi, 2003). Hubungan yang baik antara fase asidogenesis dan metanogenesis adalah saat berada pada kondisi netral yaitu pH = 7 dan tidak ada peningkatan keasaman dan alkalinitas yang cukup drastis (Anunputtikul *et al.*, 2004).

2.5.3. Asetogenesis

Asetogenesis, yaitu tahap penguraian asam butirat dan propionat oleh bakteri pembentuk asam menjadi asam asetat, gas H₂, dan CO₂. Produk yang dihasilkan dari tahap inilah yang nantinya akan menjadi bahan baku untuk menghasilkan gas metan. Produk dari asidogenesis tidak dapat langsung diubah menjadi metana oleh bakteri metanogen, namun diubah menjadi substrat metanogen selama asetogenesis. Volatile Fatty Acid (VFA) dengan rantai karbon lebih dari dua unit dan alkohol dengan rantai karbon lebih dari satu unit, dioksidasi menjadi substrat metanogen seperti asetat, hidrogen dan karbondioksida. Produksi hidrogen meningkatkan tekanan parsial hidrogen. Menurut Weissman (1991) asam organik rantai pendek yang dihasilkan dari tahap fermentasi dan asam lemak yang berasal dari hidrolisis lemak akan difermentasi menjadi asam asetat, hidrogen dan karbon dioksida oleh bakteri asetogenik. Hal

ini dapat dianggap sebagai produk limbah dari asetogenesis karena menghambat metabolisme bakteri asetogenik. Selama metanogenesis, hidrogen diubah menjadi metana. Asetogenesis dan metanogenesis biasanya berjalan paralel sebagai simbiosis dua kelompok organisme. Bakteri non metanogen bekerja lebih dulu dalam proses pembentukan biogas untuk mengubah senyawa yang kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Bakteri non metanogen terbagi menjadi beberapa golongan, yaitu bakteri aerob dan bakteri anaerob yang termasuk golongan bakteri hidrolitik, fermentatif, dan asetogenik (Madigan *et al.*, 2003).

2.5.4. Metanogenesis

Metanogenesis adalah proses pembentukan gas metan oleh bakteri pembentuk metan seperti *Mathanobacterium*, *Mathanobacillus*, *Methanosarcinia*, dan *Methanococcus*. Tahap ini mengubah asam-asam lemak rantai pendek menjadi H_2 , CO_2 , dan asetat. Asetat akan mengalami dekarboksilasi dan reduksi CO_2 , kemudian bersama-sama dengan H_2 dan CO_2 menghasilkan produk akhir, yaitu metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Tahap metanogenesis sangat tergantung oleh pH, pH optimum untuk reaksi *anaerob* tahap metanogenesis berada pada rentang 6,8 - 7,2 (Eckenfelder, 2000). Tahap metanogenesis merupakan tahap paling akhir dalam pembentukan biogas. Pada tahap ini, bakteri metanogenik atau bakteri pembentuk metan menghasilkan gas metan, karbondioksida, sedikit gas lain (seperti H_2S), dan air. Sekitar 70% gas metan dibentuk dari asam asetat, dan sisanya dibentuk dari gas hidrogen dan karbondoksida. Tahapan tersebut merupakan faktor yang menentukan kecepatan produksi biogas (Sterling *et al.*, 2001).