

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Prinsip Pembuatan Biogas

Prinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida. Mikroorganisme secara alami terdapat pada limbah yang mengandung bahan organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia, dan sampah organik rumah tangga (Haryati, 2006). Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30 – 55°C. Pada suhu tersebut mikroorganisme dapat bekerja secara optimal merombak bahan-bahan organik (Ginting, 2007).

2.2. Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam lingkungan bebas oksigen atau udara. Biogas merupakan hasil akhir dari proses anaerobik dengan komponen utama CH₄, CO₂, H₂, N₂ dan gas lain seperti H₂S (Wagiman, 2007). Biogas berasal dari proses biodegradasi material organik oleh bakteri dalam kondisi anaerob (tanpa udara) (Jimmy dan Huda, 2011). Kandungan utama dalam biogas adalah gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) (Haryanti, 2006). Gas metan dalam biogas, bila terbakar relatif lebih bersih dari pada batu bara dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi

karbondioksida yang lebih sedikit (Luthfianto *et al.*, 2012). Kandungan biogas selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Biogas (Widarto dan Sudarto, 2002)

Kandungan Biogas	Komposisi ------(%)-----
Gas metan	54-70
Karbon dioksida	27-45
Nitrogen	3-5
Hidrogen	0-1
Karbon monoksida	0,1

Gas metan (CH_4) yang merupakan komponen utama biogas merupakan bahan bakar yang berguna karena mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi. Nilai kalor yang cukup tinggi tersebut menjadikan biogas dapat dipergunakan untuk keperluan penerangan, memasak, menggerakkan mesin dan sebagainya (Abdullah *et al.*, 1991; Nurhasanah *et al.*, 2006). Untuk menghasilkan biogas, bahan organik ditampung dalam biodigester. Proses penguraian bahan organik terjadi secara anaerob (tanpa oksigen). Biogas terbentuk pada hari ke 4 - 5 sesudah biodigester terisi penuh dan mencapai puncak pada hari ke 20 - 25. Biogas yang dihasilkan sebagian besar terdiri dari 50 - 70% metan (CH_4), 30-40% karbon dioksida (CO_2) dan gas lainnya dalam jumlah kecil. Komposisi biogas sebagian besar hanya terdiri dari gas metan dan karbondioksida (Muryanto *et al.*, 2006).

2.3. Feses Sapi Peranakan Fries Holland (PFH)

Selama ini pemanfaatan kotoran sapi masih belum optimal. Biasanya hanya digunakan sebagai pupuk kandang atau bahkan hanya ditimbun sehingga

dapat menimbulkan masalah lingkungan. Padahal kotoran sapi dapat dijadikan bahan baku untuk menghasilkan energi terbarukan (*renewable*) dalam bentuk biogas. Penanganan feses sapi dengan digesti secara anaerob dapat menghasilkan energi terbarukan (Herawati dan Wibawa, 2010). Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan biogas yang perlu diperhatikan agar mendapat produksi yang optimal yaitu rasio karbon nitrogen (C/N). Rentang rasio C/N antara 25 - 30 merupakan rentang optimum untuk proses penguraian anaerob (Hartono, 2009). Kotoran ternak ruminansia sangat baik untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas. Kotoran sapi memiliki imbalanced rasio C/N sebesar 27,56 : 1 dengan total karbon organik sebesar 34,72%; 1,26% total nitrogen; 0,73% fosfat; dan 0,68% kalium (Lingaih dan Rajasekaran, 1986). Pembuatan biogas dengan bahan baku kotoran sapi, nilai kalor yang diperoleh antara 4.800 dan 6.700 kkal/m³, yang akan menghasilkan biogas dengan komposisi 54 - 70% metan, 27 - 45% karbon dioksida, 0,5 - 3% nitrogen, 0,1% karbon monoksida, 0,1% oksigen, dan sedikit sekali hidrogen sulfida, amonia dan nitrogen oksida (Muryanto *et al.*, 2006).

2.4. Limbah Cair Tepung Tapioka

Limbah cair merupakan sisa dari hasil proses produksi berupa cairan yang berasal dari industri peternakan, pabrik, pertanian dan rumah tangga, umumnya mengandung konsentrasi bahan organik sangat tinggi. Bahan organik tersebut terdiri dari karbohidrat, protein, lemak dan selulosa atau ligno selulosa yang dapat didegradasi secara biologi. Besar atau kecilnya pencemaran limbah organik diukur

dengan melihat kandungan *chemical oxygen demand* (COD), dan *biological oxygen demand* (BOD) untuk limbah cair, sedangkan untuk yang berbentuk *sludge* atau lumpur diukur dengan *total volatile solid* (TVS) (Jenie dan Winiati, 1993). Tepung tapioka umumnya berbentuk butiran pati yang banyak terdapat dalam sel umbi singkong. Kandungan nutrisi tepung tapioka ditampilkan pada Tabel 2. Proses pengolahan singkong menjadi tepung tapioka, menghasilkan produk samping berupa limbah baik berupa padatan maupun cairan. Limbah cair industri tapioka dihasilkan dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan. Padatan sisa pemerasan ketela berupa onggok dan sisa pengendapan tepung tapioka berupa limbah cair. (Riyanti *et al.*, 2010).

Tabel 2. Kandungan Nutrisi Pada Tepung Tapioka (Soemarno, 2007)

Kandungan	Komposisi
	------(%)-----
Karbohidrat	88,2
Kadar air	9
Lemak	0,5
Protein	1,1

Limbah cair dari industri tepung tapioka mengandung senyawa-senyawa organik tersuspensi seperti protein, lemak, dan karbohidrat yang mudah membusuk serta menimbulkan bau tak sedap maupun senyawa anorganik yang berbahaya seperti CN, nitrit, amonia, dan sebagainya (Riyanti *et al.*, 2010). Komposisi limbah cair tepung tapioka disajikan pada Tabel 3. Limbah cair tepung tapioka mengandung bahan organik yang tinggi, apabila penanganan terhadap

limbah cair ini kurang tepat maka akan menghasilkan gas yang dapat mencemari udara.

Tabel 3. Komposisi Limbah Cair Tepung Tapioka (Soemarno, 2007)

Parameter	Kadar
<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	3.000 - 7.500 (Mg/l)
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	7.000 – 30.000 (Mg/l)
<i>Total Volatile Solid (TVS)</i>	1.500 – 5.000 (Mg/l)
pH	5 – 6,5

Permasalahan pengelolaan limbah cair tepung tapioka tersebut dapat diminimalkan dengan menerapkan pengelolaan limbah yang terpadu (*Integrated Solid Waste Management/ISWM*), diantaranya *waste to energy* atau pengolahan limbah menjadi energi (Damanhuri, 2010).

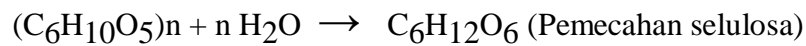
2.5. Mekanisme Pembentukan Biogas

Biogas terbentuk dengan cara fermentasi dari pemecahan bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme metanogenik dan mikroorganisme asidogenetik dengan kondisi anaerob. Mikroorganisme ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik (Haryati, 2006). Tahapan terbentuknya gas metan adalah hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

2.5.1. Hidrolisis

Biogas terbentuk diawali dengan proses hidrolisis. Hidrolisis merupakan pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana (Deublein dan Steinhauser, 2008). Senyawa kompleks berupa protein, karbohidrat dan lemak,

yang diubah menjadi senyawa sederhana berupa asam amino, glukosa, dan asam lemak oleh bakteri dengan bantuan eksoenzim karena senyawa-senyawa kompleks terlalu besar untuk dapat diserap secara langsung (Yani dan Darwis, 1990).



2.5.2. Asidogenesis

Asidogenesis merupakan tahapan terusan dari hidrolisis, proses asidogenesis merupakan proses penguraian bahan kompleks organik menjadi monomer organik terlarut yang kemudian diurai menjadi asam-asam organik *volatile* seperti asam asetat (CH_3COOH), hidrogen (H_2), asam propionat, asam butirat, asam laktat, asam valerat, metanol dan karbon dioksida (CO_2) oleh bakteri anaerobik (Deublein dan Steinhäuser, 2008).



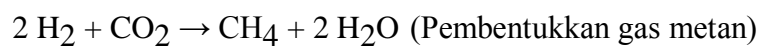
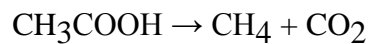
2.5.3. Asetogenesis

Asetogenesis merupakan proses pembentukan asam asetat dan hidrogen. Bakteri yang berperan dalam proses ini adalah bakteri asetogenik seperti *Acetobacterium woodii* dan *Syntrophobacter wolinii* (Weissman, 1991).

- . $CH_3CH_2COOH \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 3H_2$
- . $CH_3CH_2CH_2COOH \rightarrow 2 CH_3COOH + 2H_2$
- . (Pembentukan asam asetat)

2.5.4. Metanogenesis

Metanogenesis merupakan proses pembentukan gas metan oleh bakteri *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus*, dan *Methanosarcina*. Tahapan ini mendekarboksilasi asam asetat dan bersamaan dengan hidrogen (H₂), menghasilkan gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂), dalam proses bakteri metanogenik memerlukan waktu selama 14 hari dengan suhu rata-rata 25°C (Sofian, 2008).



2.6. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Faktor-faktor dalam pembentukan gas metan perlu diperhatikan, agar pembentukan gas metan dalam biogas dapat optimal. Faktor-faktornya yang perlu diperhatikan antara lain mikroorganisme, lingkungan anaerob, senyawa inhibitor, derajat keasaman dan temperature. Produksi biogas sangat tergantung pada lingkungan dan kondisi anaerob ditempat mikroorganisme berkembang biak (Wati dan Rukmasari, 2009).

2.6.1. Mikroorganisme

Mikroorganisme memiliki peran penting dalam produktivitas gas metan, apabila kelangsungan hidup mikroorganisme metanogenik tidak terjaga maka produktivitas gas metan yang terbentuk akan rendah. Mikroorganisme pembentuk gas metan antara lain *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus*, dan

Methanosarcina (Sofian, 2008). Wati dan Rukmanasari (2009) menyatakan bahwa untuk tumbuh dan perkembangbiakan mikroorganismenya maka nutrisi dalam substrat dan suasana pH yang stabil adalah hal yang dibutuhkan.

2.6.2. Lingkungan anaerob

Digester harus tetap dijaga dalam keadaan anaerobik (tanpa kontak langsung dengan oksigen (O_2)). Bakteri metanogenik hanya dapat berkembang biak pada keadaan bebas oksigen (O_2) (Wati dan Rukmanasari, 2009). Siddharth (2006), menyatakan bahwa proses digestasi anaerobik merupakan proses fermentasi bahan organik oleh aktivitas bakteri anaerob pada kondisi tanpa oksigen dan mengubahnya dari bentuk tersuspensi menjadi terlarut dan biogas. Oksigen (O_2) yang memasuki digester menyebabkan penurunan produksi metan, karena bakteri pembentuk gas metan tidak bekerja pada kondisi yang tidak sepenuhnya anaerob. Hal ini diperkuat oleh Sangyoka *et al.* (2007), bahwa kondisi anaerob adalah kondisi dalam ruangan tertutup (kedap udara) dan tidak memerlukan oksigen.

2.6.3. Senyawa inhibitor

Tahapan metanogenesis sangat peka terhadap senyawa inhibitor, salah satunya adalah amonia. Amonia merupakan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan bakteri anaerob, namun pada konsentrasi yang tinggi akan menghambat proses metanogenesis (McCarty, 1994). Kayhanian (1999)

menyatakan bahwa amonia terbentuk dari degradasi senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen terutama protein dan urea.

2.6.4. Derajat keasaman (pH)

Bakteri berkembang dengan baik pada keadaan yang agak asam (pH antara 6,6 - 7,0) (Wahyuni, 2011). Oleh sebab itu kunci utama dalam kesuksesan kinerja digester dengan derajat keasaman agar tetap pada kisaran 6-7. Proses fermentasi oleh bakteri anaerob pada suasana pH 6-7 (Sofian, 2008).

2.6.5. Temperatur

Produktivitas gas metan tergantung dari pertumbuhan bakteri pembentuk gas metan, dan bakteri metanogenik dapat tumbuh dan bekerja pada suhu 25° C (Sofian, 2008). Darmanto *et al.* (2012) menyatakan bila temperatur lingkungan berada pada suhu tinggi akan menyebabkan protein dan komponen sel akan mati, demikian pula bila temperatur rendah di bawah batas suhu normal maka transportasi nutrisi dan kehidupan mikroorganisme akan terhenti maka temperatur berperan penting terhadap perombakan anaerob bahan organik menjadi gas.