

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Sampah

Dalam Undang-undang RI No 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, mendefinisikan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah bisa digolongkan menjadi sampah organik dan anorganik. Sampah anorganik seperti plastik dan logam tidak dapat diolah dengan cara memanfaatkan aktifitas organisme hidup lainnya. Sehingga sampah anorganik juga disebut sebagai *non-biodegradable waste*. Beberapa jenis sampah yang termasuk organik atau *biodegradable waste* adalah sisa makanan, tumbuhan, hewan, kertas, dan *manure* (Fairus dkk, 2011).

Sumber sampah yang terbanyak dari pemukiman dan pasar tradisional. Sampah pasar seperti sayur mayur, buah-buahan, ikan, dan lain-lain, sebagian besar (95%) berupa sampah organik sehingga lebih mudah untuk ditangani dan bisa diurai oleh mikroba. Sedangkan sampah yang berasal dari pemukiman umumnya sangat beragam, tetapi secara umum minimal 75% terdiri dari sampah organik dan sisanya anorganik (Sudradjat, 2006)

2.2 Karakteristik Sampah

Karakteristik sampah perlu untuk diketahui karena penting dalam rencana subsistem teknis operasional pengelolaan persampahan. Yang dimaksud dengan karakteristik sampah dalam hal ini adalah komposisi fisik dan kimia sampah, kepadatan sampah, kadar air sampah dan distribusi ukuran partikel sampah

- (1) Komposisi Fisik Sampah: Informasi dan data tentang komposisi fisik dari sampah penting dalam menganalisa.
- (2) Komposisi Kimia Sampah: Informasi mengenai komposisi kimia sampah penting dalam evaluasi pemilihan alternatif pengolahan dan pemanfaatan sampah.
- (3) Kepadatan Sampah: Kepadatan (densitas) sampah menyatakan berat sampah per satuan volume. Data kepadatan sampah penting dalam beberapa hal

seperti pemilahan jenis peralatan pengumpulan dan peralatan pemindahan. Disamping juga penting untuk perencanaan system pembuangan akhir, karena rendahnya kepadatan (densitas) sampah menyebabkan meningkatnya luas areal yang diperlukan untuk pembuangan akhir dan penurunan permukaan tanah setelah penimbunan.

- (4) Kadar Air Sampah: Data kadar air sampah berguna dalam perencanaan dan disain system pengolahan. Kadar air sampah biasanya dinyatakan sebagai berat air per satuan berat basah atau berat kering darimaterial sampah.

(Zubair, dkk, 2011)

2.3 Pengelolaan Sampah Terpadu

Tujuan pendirian unit-unit reaktor sampah terpadu adalah untuk mensosialisasikan dan mengkondisikan lingkungan masyarakat dalam penanganan dan pengolahan sampah yang tepat-guna, higienis, dan ramah lingkungan, dimulai dari proses penyortiran sampah di rumah-tangga, proses komposisasi bahan organik danpendaur-ulangan bahan non-organik sampai ke pemasaran, kompos untuk digunakan sebagai pupuk, melaluisuatu sistem dan konstruksi reaktor sampah. Pengelolaan sampah secara terpadu di suatu lingkungan masyarakat tertentu diharapkan akan memberikanbeberapa manfaat, antara lain :

- 1) Mengurangi pencemaran lingkungan
- 2) Membuka peluang lapangan kerja baru
- 3) Dapat menjadi contoh kepada masyarakat akan pentingnya kebersihan lingkungan
- 4) Mengurangi ketergantungan pada Impor bahan baku industri, sehingga dapat menghemat devisa (adanya daur ulang)
- 5) Limbah organik dan non organik akan lebih bermanfaat dan memiliki nilai ekonomi karena mampumenguraikan sampah organik secara alami dan ramah lingkungan, menjadi pupuk kompos dan bahankondisioner tanah yang memiliki nilai tambah dan nilai jual yang diharapkan. Disamping itu limbah non organik dapat didaur ulang sebagai bahan baku industri. Dengan demikian para pelaku kegiatan ini, memperoleh peluang untuk meningkatkan

pendapatan perkapitanya dan sekaligus merefleksikan adanya peningkatan pemberdayaan masyarakat. (Zubair, dkk, 2011)

2.4 Tipe Rancangan Reaktor

Tipe Rancangan reaktor harus memperhatikan lokasi reaktor, kapasitas *Volatile solid* (*bahan untuk biogas*), sumber air, lokasi rumah penduduk. Volume dan volume metrik gas metana (Vs) dan volume reaktor sehingga kualitas biogas yang dihasilkan dapat dihitung jumlahnya dengan persamaan yang ada. Dalam rancangan reaktor harus mempertimbangkan pergerakan cairan bergerak secara grafitasi sehingga dapat mengurangi pemakaian energi lain. (Taufikrahman, 2011).

2.5 Metana

Metana dihasilkan oleh beragam komunitas metabolisme bakteri dan archaea yang bertindak sebagai unit metabolik terintegrasi untuk menghasilkan metana dan karbon dioksida melalui rangkaian berurutan dan reaksi bersamaan. Produk akhir dari satu kelompok metabolisme digunakan sebagai substrat oleh kelompok berikutnya. Secara umum, produksi biologis metana dari senyawa organik kompleks yang terkandung dalam biomassa dan sumber limbah melibatkan empat fase utama: hidrolisis, fermentasi (asidogenesis), asetogenesis, dan metanogenesis. (Yuliani, 2014)

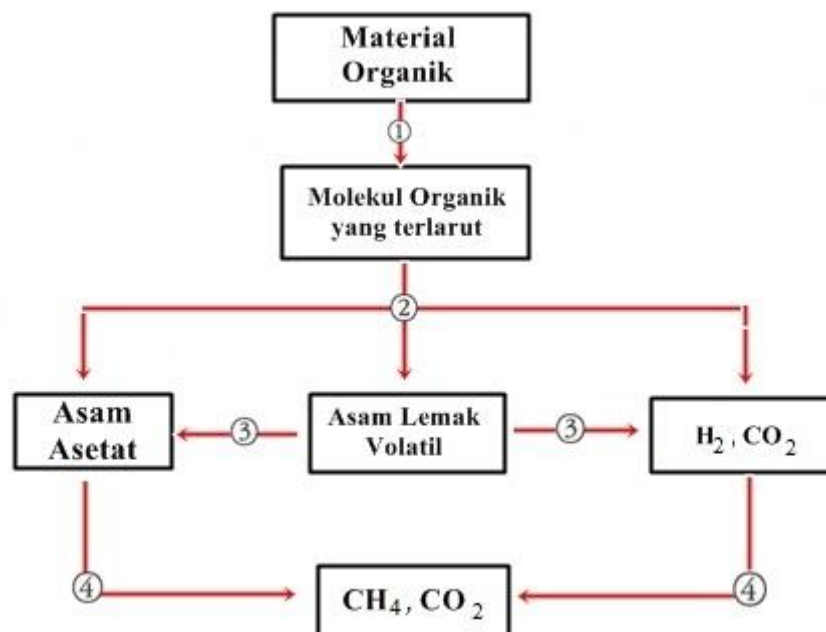
2.6 Reaksi Biokimia dalam Pencernaan Anaerobik

Pencernaan anaerobik pada material organik meliputi empat tahapan yaitu:

1. Hidrolisis
2. Acidogenesis
3. Acetogenesis
4. methanogenesis.

1. Proses *hydrolysis*, yaitu dekomposisi bahan organik polimer seperti protein, karbohidrat, dan lemak menjadi monomer yang mudah larut seperti glukosa, asam lemak, dan asam amino yang dilakukan oleh sekelompok bakteri fakultatif seperti *lipolytic bacteria*, *cellulolytic bacteria*, dan *proteolytic bacteria*.

2. Proses *acidogenesis*, yaitu dekomposisi monomer organik menjadi asam-asam organik dan alkohol. Pada proses ini, monomer organik diuraikan lebih lanjut oleh *acidogenic bacteria* menjadi asam-asam organik seperti asam format, asetat, butirat, propionat, laktat, ammonia, serta dihasilkan juga CO_2 , H_2 , dan etanol.
3. Proses *acetogenesis*, yaitu perubahan asam organik dan alkohol menjadi asam asetat. Pada proses ini senyawa asam organik dan etanol diuraikan *acetogenic bacteria* menjadi asam format, asetat, CO_2 , dan H_2 .
4. Proses *methanogenesis*, yaitu perubahan dari asam asetat menjadi metan. CH_4 adalah produk akhir dari degradasi anaerob. Pembentukan metan dapat terjadi melalui dua cara. Cara pertama adalah fermentasi dari produk utama dari tahap pembentukan asam, yaitu asam asetat menjadi CH_4 dan CO_2 : $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$ Cara kedua adalah penggunaan H_2 oleh beberapa methanogen untuk mereduksi CO_2 menjadi CH_4 . Reaksi yang terjadi adalah: $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$



Gambar 2.1 Proses Reaksi Biokimia dalam Reaktor Biogas

Dalam kebanyakan kasus biomassa terdiri dari senyawa organik besar. Agar mikroorganisme dalam digester anaerobik dapat mengakses potensi energi

kimia dari bahan organik, bahan organik rantai makromolekul pertama harus dipecah menjadi Ulasan kecil bagian penyusunnya. Ulasan ini bagian konstituen atau monomer seperti gula yang tersedia untuk mikroorganisme untuk diproses lebih lanjut. Proses melanggar Ulasan rantai ini dan melarutkan molekul yang lebih kecil ke dalam larutan yang disebut hidrolisis. Oleh karena hidrolisis molekul dengan berat molekul tinggi adalah diperlukan langkah pertama dalam pencernaan anaerobik. Ini dapat ditingkatkan dengan pretreatment mekanik, termal atau kimia limbah. Hanya hidrolisis langkah dapat biologis (menggunakan mikroorganisme hidrolitik) atau gabungan dari bio-kimia (menggunakan enzim ekstraseluler), kimia (menggunakan reaksi katalitik) serta fisik (menggunakan energi panas dan tekanan) di alam. Asetat dan hidrogen yang dihasilkan pada tahap pertama dapat digunakan langsung oleh metanogen. molekul lain seperti asam lemak volatil (VFA ini) dengan panjang rantai yang lebih besar dari asetat pertama harus catabolised menjadi senyawa yang dapat langsung dimanfaatkan oleh metanogen. Proses biologis asidogenesis adalah di mana ada rincian lebih lanjut dari komponen yang tersisa dengan Acidogenic bakteri (fermentasi). Berikut VFA ini dihasilkan bersama dengan amonia, karbon dioksida dan hidrogen sulfida serta lainnya dari produk

Ketiga pencernaan tahap anaerobik adalah asetogenesis. Berikut molekul sederhana diciptakan melalui fase asidogenesis selanjutnya dicerna oleh acetogens untuk menghasilkan asam asetat (garam) serta karbon dioksida dan hidrogen. Tahap akhir dari pencernaan anaerobik adalah proses biologis metanogenesis. Berikut archaea metanogen memanfaatkan produk antara dari tahap sebelumnya dan mengubahnya menjadi metana, karbon dioksida dan air. Ini adalah komponen yang membentuk mayoritas biogas dilepaskan dari sistem. Methanogenesis - di samping faktor-faktor lain - sensitif terhadap tinggi dan rendah nilai pH dan berkinerja baik antara pH 6,5 dan pH 8. Sisanya, non-dicerna organik dan mineral materi, mikroba yang tidak bisa memberi makan, bersama dengan residu bakteri mati merupakan digestate yang padat. (Gregor, 2001)

Gas metan termasuk gas rumah kaca (*greenhouse gas*), bersama dengan gas karbondioksida CO₂ memberikan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Pengurangan gas metan secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya penyelesaian permasalahan global (efek rumah kaca). (Taufikurrahman, 2011)

2.7 Analisa Teknologi Digester Anaerobik

Proses pencernaan anaerobik, yang merupakan dasar dari reaktor biogas yaitu proses pemecahan bahan organik oleh aktivitas bakteri metanogenik dan bakteriasidogenik 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 anaerobik dapat berlangsung di bawah kondisi lingkungan yang luas meskipun proses yang optimal hanya terjadi pada kondisi yang terbatas. Pada perencanaan ini kriteria desain disesuaikan dengan data-data sekunder penelitian terdahulu sehingga dapat diketahui desain yang direncanakan.

2.7.1 Rasio C/N Sampah

Umumnya digester didesain untuk limbah padatan seperti sayuran/hijauan. Desain yang tidak perlu pipa alir, tangki tunggal merupakan desain yang paling baik untuk digunakan. Tangki dapat dibuka dan slurry buangan proses dapat dikeluarkan dan digunakan sebagai pupuk kemudian bahan baku yang baru dimasukkan lagi. Tangki ditutup dan proses fermentasi diawali kembali. Tergantung dari jenis bahan limbah dan temperatur yang dipakai, sistem batch akan mulai berproduksi setelah minggu kedua sampai minggu keempat. Sistem batch biasanya dibuat dalam beberapa set sekaligus sehingga paling tidak ada yang beroperasi dengan baik. Limbah sayuran mempunyai rasio C : N yang tinggi dibandingkan limbah kotoran ternak sehingga perlu ditambahkan sumber nitrogen. Limbah sayuran menghasilkan biogas delapan kali lebih banyak dibandingkan limbah kotoran ternak. Campuran dari limbah kotoran ternak dan limbah sayuran merupakan campuran yang ideal untuk menghasilkan biogas, dengan perbandingan jumlah limbah sayuran yang lebih banyak.

Proses fermentasi memerlukan kondisi tertentu seperti rasio C : N, temperatur, keasaman juga jenis digester yang dipergunakan. Kondisi optimum yaitu pada temperatur sekitar 32 - 35°C atau 50 - 55°C dan pH antara 6,8 - 8 . Pada kondisi ini proses pencernaan mengubah bahan organik dengan adanya air menjadi energi gas. Dapat dilihat pada tabel xx rasio C/N pada sampah organik biodegredebel.

- a) Konsentrasi C = 28,8%
- b) Konsentrasi N = 2,51%
- c) Konsentrasi C/N = 11,47%

Tabel. 2.1 Komponen yang Terdapat Dalam Proses Biogas

No	Komponen	Satuan
1	C/N Rasio	34,56
2	pH	7
3	Volatil Acid	84%
4	Kandungan Air	
5	Massa Jenis	300 s/d 600 kg/m ³
6	Temperatur	30 derajat C

Dengan melihat komposisi C/N pada sampah yang sudah di teliti maka sudah sesuai dengan kriteria desain yang direncanakan. Rentang rasio C/N adalah 20% - 30%.

2.7.2 Temperatur Sampah

Umumnya *digester* yang digunakan untuk mengolah sampah kota (*municipal digester*) didesain untuk beroperasi pada rentang mesofilik. Secara alami rentang temperatur mesofilik (30-35°C) dapat dicapai oleh proses dekomposisi anaerobik secara normal. Dengan melihat Temperatur pada sampah yang sudah diteliti maka sudah sesuai dengan kriteria desain yang direncanakan. Rentang adalah 30°C - 40°C.

2.7.3 Kadar Air Sampah

Agar dapat beraktifitas secara normal, mikroba penghasil biogas memerlukan substrat dengan kadar air 90% dan kadar padatan 8– 10% (Sidik,

2008). Dengan melihat kadar air sampah yang sudah diteliti maka sudah sesuai dengan kriteria desain yang direncanakan dengan kadar air 60%-80%.

2.7.4 Ukuran dan Densitas Sampah

Semakin kecil ukuran bahan baku yang digunakan, proses dekomposisi akan semakin cepat karena bidang permukaan bahan yang kontak dengan mikroorganisme semakin luas. Sebaliknya, untuk bahan baku yang berukuran besar (Sudradjat, 2006).

2.7.5 Alkalinity atau pH

Terdapat perbedaan antara pH yang diperlukan oleh *acidogenic bacteria* dengan *methanogenic bacteria*. *Acidogenic bacteria* memerlukan pH berkisar 4,5 – 7. Sementara itu, *methanogenic bacteria* bekerja pada kisaran pH 6,2 – 7,8. Pada pH rendah, laju produksi dan akumulasi asam organik akan lebih berefek negatif terhadap bakteri methanogenik dari pada kelompok bakteri yang lain. Akumulasi asam-asam organik akan menghambat pertumbuhan mikroba yang terlibat dalam fermentasi dan akan membentuk buffer asam lemah yang akan menyebabkan pH semakin turun. Apabila kondisi ini berlangsung dalam waktu yang lama maka bakteri penghasilmethan yang sangat sensitif terhadap lingkungan akan mati sehingga proses fermentasi akan berhenti. Nilai pH yang tinggi akan menyebabkan produksi ammonium yang cukup banyak. Ammonium dalam konsentrasi tinggi akan bersifat racun yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam fermentasi. Kestabilan pH fermentasi dapat dijaga dengan menggunakan kapasitas penyangga (Sidik, 2008). Dengan melihat pH pada sampah yang telah diteliti maka sudah sesuai dengan kriteria desain yang direncanakan adalah 6,6-7,6.

2.8 Proses Biogas

2.8.1 Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Komponen Terbesar Biogas

Komponen terbesar umumnya gas metan (CH_4) dan CO_2 . Gas methan merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, mudah terbakar, dan dalam pengapian

berwarna biru. Karbondioksida merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan bukan gas yang mudah terbakar.

2.8.2 Proses Pembentukan Biogas

Gas metan (CH_4) dapat terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik oleh bakteri anaerobik dan bakteri biogas yang mengurangi sampah-sampah yang banyak mengandung bahan organik sehingga terbentuk gas metan yang apabila dibakar dapat menghasilkan energi panas. Secara umum kandungan senyawa karbon yang termasuk dalam *Volatile Solid* (VS) dalam sampah organik dapat dikonversi menjadi biogas (gas metan dan karbon dioksida), sedangkan kandungan bahan organik lain dapat digunakan sebagai pupuk organik.

2.8.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Fermentasi Anaerobik

Beberapa faktor seperti umpan dan lingkungan sangat mempengaruhi perolehan biogas yang dihasilkan. Umpan yang digunakan biasanya memiliki kandungan nutrisi utama yang dibutuhkan mikroorganisme yang terlibat dalam proses, yaitu: karbon, berfungsi sebagai sumber energi dan unsur pembangun tubuh mikroorganisme, nitrogen, berfungsi sebagai komponen pembangun tubuh mikroorganisme (protein dan asam lemak) dan menciptakan stabilisasi kondisi lingkungan yang optimum bagi pertumbuhan mikroba, dan posfat berfungsi sebagai komponen pembangun tubuh mikroorganisme dan sebagai makromineral serta menjaga kondisi lingkungan yang optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme. Garam-garam organik dalam jumlah kecil, berfungsi untuk mengontrol tekanan osmotik internal.

2.9 Merencanakan Desain Reaktor

Dalam perancangan desain unit instalasi pemroses biomasa faktor penting yang harus diacu adalah :

- 1) jumlah penduduk akan berpengaruh pada kuantitas kotoran manusia, urine dan jumlah air pembersih,
- 2) pengisian reaktor dipengaruhi oleh volume reaktor dan jumlah kotoran manusia yang akan digunakan,

- 3) lamanya bahan berada di dalam reaktor (*Hydraulic Retention Time*),
- 4) perkiraan tekanan gas metana yang dihasilkan
- 5) perkiraan produksi volume gas metana. (Kholiq, 2015)

Proses anaerobik pada hakikatnya adalah proses yang terjadi karena aktivitas mikroba yang dilakukan pada saat tidak terdapat oksigen bebas. Proses anaerobik dapat digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah yang bersifat biodegradable, proses ini dilakukan didalam tabung reaktor. Perencanaan tabung reaktor untuk biogas ditentukan oleh beberapa faktor yaitu kuantitas kotoran, lokasi reaktor gas dan konstruksi reaktor.

Pengembangan teknologi biogas memiliki banyak kendala yaitu kekurangan *technical expertise*, reaktor yang tidak berfungsi akibat kesalahan konstruksi, desain yang tidak bersahabat sehingga membutuhkan penanganan secara manual baik sistem pengumpan maupun sistem pengeluaran lumpur dari reaktor serta biaya konstruksi yang mahal. Dalam menentukan tipe reaktor yang akan dikembangkan sebaiknya mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, bahan biogas dan lokasi.

Ada beberapa alat pembangkit biogas atau digester (LIPI, 2006), yaitu Tipe Terapung (*Floating Type*). Tipe terapung ini banyak dikembangkan di India yang terdiri atas sumur pencernaan dan diatasnya ditaruh drum terapung dari besi terbalik yang berfungsi untuk menampung gas yang dihasilkan oleh digester. Sumur dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang biasa digunakan untuk membuat fondasi rumah, seperti pasir, batu bata, dan semen. Karena banyak dikembangkan di India, maka digester ini disebut juga dengan tipe India. (Taufikurrahman, 2011)

Keberhasilan proses pencernaan bergantung pada kelangsungan hidup bakteri metanogen dalam reaktor, sehingga beberapa kondisi yang mendukung berkembangbiaknya bakteri ini di dalam reaktor perlu diperhatikan, misalnya temperatur, keasaman, dan jumlah materi organik yang hendak dicerna. Di dalam reaktor biogas, terdapat dua jenis bakteri yang sangat berperan, yakni bakteri asam dan bakteri methan. Kedua jenis bakteri ini perlu eksis dalam jumlah yang

berimbang. Kegagalan reaktor biogas bisa dikarenakan tidak seimbangnya populasi bakteri methan terhadap bakteri asam yang menyebabkan lingkungan menjadi sangat asam (pH kurang dari 7) yang selanjutnya menghambat kelangsungan hidup bakteri methan. Keasaman substrat/media biogas dianjurkan untuk berada pada rentang pH 6,5 s/d 8. Bakteri methan ini cukup sensitif terhadap temperatur. Tipe Rancangan reaktor harus memperhatikan lokasi reaktor, kapasitas *Volatile solid* (bahan untuk biogas), sumber air, lokasi rumah penduduk. Volume dan volume metrik gasmetana (V_s) dan volume reaktor sehingga kualitas biogas yang dihasilkan dapat dihitung jumlahnya dengan persamaan yang ada. Dalam rancangan reaktor harus mempertimbangkan pergerakan cairan bergerak secara grafitasi sehingga dapat mengurangi pemakaian energi lain. (Taufikurrahman, 2011)