



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Biogas

Produksi biogas adalah teknologi yang mapan terutama untuk menghasilkan energi terbarukan dan juga untuk valorisasi residu organik. Biogas adalah produk akhir dari proses biologis yang dimediasi, yang disebut pencernaan anaerobik, di mana mikroorganisme yang berbeda mengikuti jalur metabolisme yang beragam untuk menguraikan bahan organik. Proses tersebut telah dikenal sejak zaman kuno dan diterapkan secara luas di rumah tangga yang menyediakan panas dan tenaga selama ratusan tahun. Saat ini, sektor biogas berkembang pesat dan pencapaian baru menciptakan landasan untuk membangun pabrik biogas sebagai pabrik bioenergi yang maju. Degradasi atau pencernaan anaerobik (AD) adalah proses yang dimediasi mikroba di mana karbon organik diubah, melalui oksidasi dan reduksi berikutnya, ke keadaan paling teroksidasi (CO_2), dan ke bentuk paling tereduksi (CH_4). Rute biologis ini dikatalisis oleh berbagai mikroorganisme yang bekerja secara sinergis tanpa adanya oksigen. Diketahui bahwa AD bertanggung jawab atas daur ulang karbon di lingkungan yang berbeda, termasuk lahan basah, sawah, usus hewan, sedimen air, dan pupuk kandang. Proses ini juga diterapkan secara luas dalam skala industri untuk valorisasi residu organik. Pengolahan limbah dan air limbah telah menjadi prioritas politik di beberapa negara. Biowastes, yaitu lumpur, pupuk kandang, limbah organik pertanian atau industri, serta tanah yang terkontaminasi, dll., telah diterapkan secara tradisional di tanah yang tidak diolah sebagai pupuk hayati atau disimpan di tempat pembuangan sampah atau bahkan dalam kasus terburuk dibuang ke lingkungan (Kougias and Angelidaki, 2018).

II.2 Manfaat Biogas

Pemanfaatan biogas di Indonesia sebagai energi alternatif sangat memungkinkan untuk diterapkan di masyarakat terlebih seiring dengan makin mahalnya harga bahan bakar minyak dan kadang-kadang langka keberadaannya potensi biomasa seperti kayu dari kegiatan industri pengolahan hutan, pertanian dan perkebunan lebih sulit penggunaannya sebagai bahan dasar biogas dibandingkan limbah kotoran ternak seperti kuda, sapi, kerbau, dan domba. Karena lebih lama



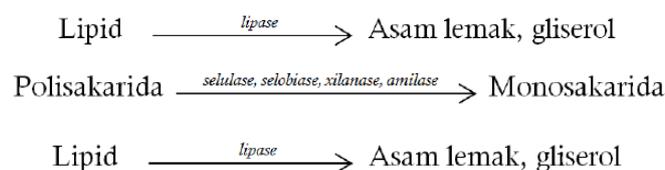
waktu yang dibutuhkan untuk proses hidrolisis. Di Indonesia, pemanfaatan Biogas masih terbatas pada bahan bakar kompor untuk memasak. Pemanfaatan Biogas untuk kebutuhan Rumah Tangga ini, beberapa penduduk di Indonesia sudah mampu membuat reaktor Biogas sendiri dengan skala kecil. Reaktor Biogas untuk skala kecil umumnya dibuat dari plastic maupun dari drum. Ketertarikan akan sumber energy Biogas akhir-akhir ini meningkat. Hal ini didasarkan pada fakta bahwa cadangan sumber energi fosil semakin berkurang. Salah satu buktinya adalah adanya kebijakan pemerintah dalam konversi minyak tanah ke Gas (LPG) (Mustikawati *et al.*, 2019).

II.3 Pembuatan Biogas

Serangkaian proses yang terjadi pada pem bentukan biogas meliputi hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Berikut adalah tahap-tahap pembentukan biogas dalam anaerobic digestionSerangkaian proses yang terjadi pada pem bentukan biogas meliputi hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Berikut adalah tahap-tahap pembentukan biogas dalam anaerobik digestion :

1. Hidrolisis

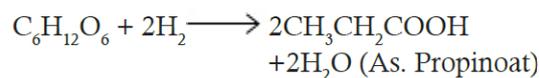
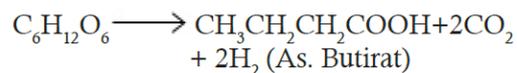
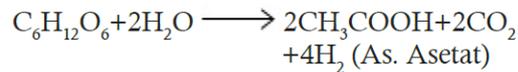
Secara teoritis, langkah pertama dalam proses pembentukan biogas adalah hidrolisis. Pada tahap hidrolisis ini, kompleks bahan organik (polimer) didekomposisi menjadi unit yang lebih kecil (mono dan oligo). Selama proses tersebut, polimer seperti karbohidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan pirimidin. Mikroorganism hidrolitik akan mensekresi enzim hidrolitik, mengubah polimer menjadi senyawa sederhana berdasarkan persamaan seperti yang ditunjukkan di bawah ini :



Proses hidrolisis membutuhkan mediasi exo-enzim yang diekskresi oleh bakteri fermentatif. Produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis lebih



lanjut diuraikan oleh mikroorganisme yang terlibat dan digunakan untuk proses metabolisme mereka sendiri. Walaupun demikian proses penguraian anaerobik sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulitik yang mengandung lignin. Pada proses ini, bakteri pengurai asam menguraikan senyawa glukosa sesuai dengan reaksi berikut :



2. Asidogenesis

Selama proses asidogenesis, produk hidrolisis dikonversi oleh bakteri asidogenik menjadi substrat metanogen. Gula sederhana, asam amino, dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbondioksida dan hidrogen (70%) serta menjadi Volatile Fatty Acid (VFA) dan alkohol (30%).

3. Asetogenesis

Selama proses asetogenesis, produk dari asidogenesis yang tidak dapat diubah secara langsung menjadi metana oleh bakteri metanogen akan diubah menjadi substrat metanogen. VFA dan alkohol dioksidasi menjadi substrat metanogen seperti asetat, hidrogen dan karbondioksida. Produk hidrogen meningkatkan tekanan parsial hidrogen, hal ini dianggap sebagai produk limbah dari proses asetogenesis dan menghambat metabolisme bakteri asidogenik. Tahap selanjutnya adalah metanogenesis, selama proses metanogenesis hidrogen akan diubah menjadi metana. Asetogenesis dan metanogenesis biasanya sejajar, sebagai simbiosis dari dua kelompok organisme.

4. Metanogenesis

Produksi metana dan karbondioksida dari produk antara dilakukan oleh bakteri metanogen, 70% dari metana yang terbentuk berasal dari asetat,



sedangkan 30% sisanya dihasilkan dari konversi hidrogen (H) dan karbondioksida (CO₂), menurut persamaan berikut :



Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses pencernaan anaerobik, karena metanogenesis merupakan reaksi biokimia paling lambat dalam proses. Proses metanogenesis sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Beberapa contoh yang mempengaruhi proses metanogenesis adalah komposisi bahan baku, perbandingan makanan, temperatur, dan nilai pH. Overload digester, perubahan temperatur, dan masuknya oksigen dalam jumlah besar dapat mengakibatkan penghentian produksi metana.

(Megawati, 2014)

II.4 Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Biogas

Secara keseluruhan, factor-faktor yang mempengaruhi kinerja Stabilitas dan efisiensi digestasi anaerobik, yaitu:

1. Temperatur

Temperatur adalah salah satu parameter penting yang sering terabaikan dari pandangan peneliti. Kegagalan untuk mengontrol temperatur reaksi dengan benar dapat menyebabkan penurunan efisiensi proses dan secara tidak langsung mempengaruhi laju reaksi, kelarutan logam berat dan karbon dioksida serta buffering. Secara teoritis, laju reaksi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur sekitar. Dengan demikian, produksi biogas juga akan meningkat. Ada tiga kisaran temperatur dalam digestasi anaerob yaitu: Psikofilik: < 25°C, Mesofilik: 25-40°C, dan Termofilik: >45°C. Kebanyakan digester konvensional menggunakan temperatur mesofilik sekitar 35°C. Dalam kisaran mesofilik, aktivitas dan tingkat pertumbuhan bakteri berkurang 50% untuk setiap penurunan 10°C. Turunnya produksi biogas dimulai, ketika temperatur menurun hingga 20°C dan produksi bahkan berhenti pada 10°C. Namun, temperatur termofilik yaitu berkisar



antara 55°C hingga 60°C patut dipertimbangkan karena akan menghasilkan lebih banyak biogas dalam waktu yang lebih singkat. Dalam hal laju reaksi, temperatur termofilik menawarkan laju reaksi yang lebih cepat dalam waktu yang lebih singkat dan karenanya, hasil gas yang lebih tinggi.

2. Lama Proses

Waktu retensi hidraulik adalah waktu rata-rata agar senyawa yang dapat difermentasi tetap berada dalam digester dalam kontak dengan biomassa dan terurai menjadi produk metabolisme. Secara teoritis, waktu retensi yang lama akan menyebabkan efisiensi proses yang rendah. Dalam kondisi anaerob, dekomposisi zat organik lambat dan ini akan membutuhkan waktu lama untuk selesai. Jenis mikroba dan kisaran temperaturnya adalah salah satu alasan yang akan mempengaruhi waktu retensi. Sistem temperatur termofilik dalam digestasi anaerob akan memiliki waktu retensi yang lebih pendek dibandingkan dengan sistem temperatur mesofilik. Pada temperatur tinggi, laju kinetika partikel meningkat begitu juga laju reaksi. Dengan demikian, proses konversi berlangsung lebih cepat dan mengurangi waktu retensi. Pada saat yang sama, waktu retensi yang lebih pendek menyebabkan koloni mikroba aktif untuk dicuci sementara waktu retensi yang lebih lama berarti volume digester yang lebih besar dan meningkatkan biaya operasional.

3. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan parameter penting dalam produksi biogas. Untuk fase hidrolitik yang optimal dan fase produksi metana, pH ditetapkan masing-masing 5 dan 6,5-8, untuk asidogenesis adalah 4,0-8,5 dengan nilai optimal sekitar 6, dan untuk asetogenesis adalah sekitar 7. Kisaran pH optimal untuk metanogen adalah 5,5-8,5. Pertumbuhan metanogenik anjlok pada pH di bawah 6,6. pH harus dijaga sekitar netral karena metanogenesis adalah proses yang paling signifikan, dan proses lain dapat berfungsi di sekitar kondisi netral. pH dalam kisaran 6,6-8,0 adalah optimal. Nilai pH mengalami perubahan dengan perubahan temperatur di media reaksi. Seiring naiknya temperatur, kelarutan CO₂ akan berkurang. Ini dapat



dinyatakan sebagai alasan untuk pH yang lebih tinggi pada digester termofilik, membandingkan digester mesofilik. Dalam digester mesofilik, asam karbonat terbentuk dengan peningkatan kelarutan CO₂, menyebabkan peningkatan keasaman. Sementara digestasi berlangsung, amonia yang dihasilkan dari pengisian fluks atau protein cenderung meningkatkan nilai pH. Namun, dengan pembentukan volatile fatty acid (VFA) dalam media reaksi, pH diturunkan. Media reaksi harus memiliki sistem penyangga yang memadai untuk menetralkan formasi VFA. Secara umum, pengelolaan pH dicapai dengan sistem buffer bikarbonat. Variasi pH ditangani oleh sistem penyangga, sesuai dengan akumulasi basa/asam. Penggunaan kapasitas penyangga yang terlalu banyak akan menyebabkan variasi pH yang tinggi, mengakibatkan penghentian sebagian atau seluruh proses.

4. Penghambat Nitrogen dan Rasio Karbon Nitrogen

Selama digestasi anaerob, rasio C:N dalam bahan organik memainkan peran penting. Untuk mencapai stabilitas proses yang lebih baik selama proses digestasi, nilai rasio C:N melalui proses harus ditingkatkan [20]. Untuk permulaan proses anaerob yang benar, beberapa penulis telah menetapkan nilai optimal sekitar 300:5:1 untuk C:N:P. Mengenai rasio C:N:P, keseimbangan optimal adalah antara 400:5:1 dan 100:28:6. Karena proporsi tidak ditemukan untuk pengolahan semua jenis limbah, salah satu alternatifnya adalah mencampurkan limbah yang berbeda untuk memastikan bahwa substrat yang diumpankan ke digester telah memiliki rasio yang memadai. Meskipun pengaruh nutrisi pada populasi mikroba mungkin berbeda tergantung pada ketersediaannya sebagai fraksi yang larut (bioavailabilitas) atau padat, penting untuk mengkarakterisasi dengan benar perbedaan substrat pada saat itu mulai dari proses untuk memilih proporsi nutrisi yang paling cocok.

5. Pengadukan

Untuk mendistribusikan muatan organik yang memasuki sistem secara seragam dengan bakteri, perlu dilakukan proses pengadukan untuk memastikan distribusi padatan dan untuk memfasilitasi pembuangan gas



yang dihasilkan. Pengadukan memungkinkan gas untuk melewati busa atau di atas permukaan cairan, mencegah bahan-bahan dalam cairan agar tidak jatuh ke bawah dan memungkinkan kontak antara bakteri dan bahan organik berlangsung homogen. Akibatnya, produksi gas meningkat 10-15%. Keuntungan lainnya adalah menyamakan perubahan temperatur limbah dalam fermentor, mengatur kepadatan populasi bakteri dalam bubur dan mempercepat reaksi dengan menyediakan campuran populasi bakteri dan limbah segar.

(Kimia, Trisakti and Sitompul, 2021)