
UJI POTENSI METANA BIOKIMIA TERHADAP BIOLUMPUR DENGAN PENGOLAHAN AWAL OZONASI DAN SONIKASI

Desiana, Tjandra Setiadi

Kelompok Keahlian Perancangan dan Pengembangan Produk Teknik Kimia

Program studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri ITB

Jl. Ganesha no 10 Telp (022) 2500989 fax 2501438 Bandung 40132

E-mail: desiana_cnn@yahoo.com

Naskah diterima 1 Maret 2006, dinilai 10 Maret 2006, dan disetujui 10 April 2006

Abstrak

Proses anaerob merupakan teknik yang paling fundamental untuk mengurangi biolumpur. Uji efisiensi proses anaerob selama ini dilakukan berdasarkan nilai rasio nilai COD dan BOD. Pada tahun 1979, kelompok Owen mengembangkan suatu uji sederhana untuk mengetahui potensi pembentukan metana biokimia yang relatif lebih mewakili kondisi anaerob sebenarnya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metoda uji potensi pembentukan metana terhadap biolumpur, yakni berdasarkan uji ATA (Anaerobic Toxicity Assay) lanjutan dan metoda BMP (Biochemical Methane Potential) yang dikembangkan oleh kelompok Owen. Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan uji tingkat racun (ATA). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa tingkat racun biolumpur segar, biolumpur hasil ozonasi, dan biolumpur hasil sonikasi cenderung tidak menghambat laju produksi gas pada konsentrasi rendah (4%), namun bersifat racun pada konsentrasi lebih tinggi. Untuk biolumpur, perhitungan potensi pembentukan metana dengan metoda BMP yang dikembangkan oleh kelompok Owen kurang tepat, namun uji ATA lanjutan memberikan hasil lebih baik, terutama pada konsentrasi uji yang rendah (sekitar 4%) atau pada beban COD berkisar 1.500 mg/L. Potensi pembentukan metana biokimia berdasarkan uji ATA lanjutan ternyata relatif tinggi, dengan nilai biodegradabilitas yang mencapai sekitar 62%.

Kata Kunci : ATA, BMP, BOD, COD, Proses Anaerob

Abstract

The anaerobic digestion is a basic technique in reducing bio-sludge. The efficiency process anaerob doing based on value ratio COD and BOD. One simple test for knowing biochemical methane potential was developed in 1779 by Owen group. A study on BMP (Biochemical Methane Potential) and ATA (Anaerobic Toxicity Assay) on bio-sludge were carried out in this research. The effect of pretreatment to biodegradability and toxicity were also studied. The results of experiments showed that toxicity of raw bio-sludge, ozonation, and sonication on bio-sludge have no toxic effect to the production rate of gas on low concentration (around 4%), but it has been toxic on higher concentration. The potential measurement of methane production that was developed by Owen et al., was not accurate enough to be applied on bio-sludge. The extended ATA measurements gave a better result especially on low concentration (around 4%) or on COD level around 1.500 mg/L. Based on extended ATA measurement, biochemical methane production was relatively high as biodegradability valued around 62%.

Keywords : Anaerobic Digestion, ATA, BMP, BOD, COD

1. Pendahuluan

Residu dari rangkaian pengolahan air limbah industri dan rumah tangga menghasilkan biolumpur (*sludge*) dalam jumlah besar sekitar 20-40 kg biolumpur kering untuk setiap populasi per tahun (Kroiss, 2004). Jumlah biolumpur ini menjadi masalah dalam pengolahannya. Secara konvensional, pengolahan biolumpur seperti lahan-urug (*landfill*), insinerasi/pembakaran, pengomposan, dan lain-lain masih terbatas. Lahan-urug paling banyak diterapkan di negara yang masih berkembang termasuk Indonesia. Sistem ini dalam skala besar menimbulkan masalah lingkungan, terutama karena timbulnya gas yang berbau dari hasil fermentasi dan kemungkinan polusi air permukaan dan air tanah (Heredia dan Garcia, 2005).

Di negara-negara maju, lahan-urug langsung telah dilarang bahkan dihentikan. Alternatif pengolahan biolumpur saat ini yang intensif dilakukan penelitiannya adalah proses anaerob (*digestion anaerob*). Pilihan proses anaerob tersebut berkembang dikarenakan memiliki banyak keunggulan, yakni (1) biayanya rendah, (2) membutuhkan sedikit energi dan nutrisi, serta (3) kemampuan bakteri anaerob untuk mengubah hampir semua senyawa organik menjadi metana (Heredia dan Garcia, 2005). Goel dkk. (2003) menyatakan bahwa pada pengolahan limbah padat, proses anaerob merupakan cara yang paling mendasar untuk mengurangi jumlah padatan (biolumpur). Berbagai penelitian mengenai proses anaerob saat ini difokuskan untuk meningkatkan reduksi biolumpur melalui pengolahan awal (*pre-treatment*).

Uji efisiensi proses anaerob biasanya dilakukan berdasarkan rasio nilai BOD dan COD. Metoda ini kurang efektif karena tidak menggambarkan proses anaerob. Owen dkk. (1979) mengembangkan uji potensi pembentukan metana atau BMP (*biochemical methane potential*) dan uji tingkat racun atau ATA (*anaerobic toxicity assay*) yang sederhana dan murah.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan metoda uji potensi pembentukan metana terhadap biolumpur yakni berdasarkan metoda yang dikembangkan Owen dkk. (1979) dan berdasarkan uji ATA lanjutan.

2. Fundamental

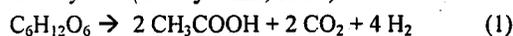
Proses anaerob atau *biomethanation* adalah proses penguraian biokimia untuk mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa sederhana dalam serangkaian interaksi metabolik dari sekelompok mikroorganisme yang bekerja pada kondisi tanpa oksigen (Juanga, 2005).

Biasanya, pada proses anaerob senyawa organik yang ada dalam umpan diubah menjadi biogas (Lissens dkk., 2004). Residu dari proses ini bentuknya mirip tanah gambut (*peat*), yang dapat dimanfaatkan untuk mengatur kelembaban tanah. Sedangkan residu cairnya, pada beberapa sistem dapat digunakan sebagai pupuk (Juanga, 2005). Dengan demikian proses anaerob merupakan cara aman dalam mengurangi jumlah padatan.

Proses anaerob dibagi dalam tiga tahap utama yakni hidrolisis (bakteri hidrolitik), asetogenesis (asetogenik) dan metanogenesis (metanogenik). Tahap pertama dari proses anaerob pada limbah padat adalah depolimerisasi atau pelarutan polimer (makromolekul) substrat padat menjadi molekul sederhana, yang dikenal dengan reaksi hidrolisis. Reaksi hidrolisis dibantu oleh enzim ekstraselular yang disebut hidrolase yang berperan sebagai katalis. Secara kimia, hidrolisis berarti reaksi pemutusan biomolekul rantai panjang dengan adanya air. Air berperan penting untuk mempercepat proses hidrolisis. Secara biologi, hidrolisis bekerja karena adanya pengaruh enzim. Pada substrat padat, hidrolisis biasanya paling lambat dan tahap penentu (*limiting-step*) proses anaerob (Eastmand dan Ferguson, 1981).

Ada tiga jenis bakteri hidrolitik utama: (1) proteolitik menghasilkan enzim yang dikenal sebagai protease untuk memecah protein dan peptida menjadi amonia dan asam amino, (2) lipolitik menghasilkan enzim lipase untuk memecah lipid menjadi asam lemak (*fatty acid*) dan gliserol, dan (3) bakteri selulolitik menghasilkan enzim hidrolase untuk mengubah polisakarida menjadi gula. Pada umumnya, mikroorganisme ini bersifat anaerob dan sebagian kecil bersifat fakultatif (Juanga, 2005).

Senyawa organik terlarut hasil hidrolisis diubah menjadi asam (organik) terbang, alkohol, keton, aldehyd, air, format, asetat, karbondioksida dan hidrogen (persamaan 1, 2, dan 3), oleh bakteri pembentuk asam (fermentatif) yang dikenal dengan asidogenik. Bakteri jenis ini tumbuh cepat (waktu regenerasi 30 menit) pada temperatur 35°C. Asam asetat sebagai produk utama yang diubah dari glukosa, menghasilkan energi terbesar bagi bakteri pembentuk asam untuk pertumbuhannya. Contoh bakteri pembentuk asam adalah: *Clostridium acetobutylicum*, *Clostridium propionicum*, *Clostridium butylicum*, *Clostridium histolyticum* (Grady dkk., 1980).



Asam asetat

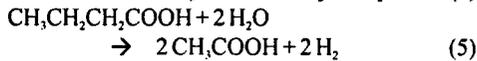
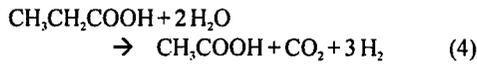


Asam propionat



Asam butirat

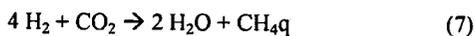
Produk tahap asidogenesis (asam lemak) diubah menjadi asam asetat, format, hidrogen dan karbondioksida. Pengubahan ini dilakukan oleh bakteri penghasil hirogen atau OHPA (*obligate hydrogen producing bacteria*) (persamaan 4 dan 5).



Metana dibentuk melalui dua jalur yakni jalur asam asetat dan jalur CO₂ dan H₂. Bakteri yang terlibat adalah bakteri asetoklastik (*acetoclastic methane bacteria*) yang bersimbiosis dengan bakteri pembentuk asam, mengubah asam asetat sehingga pH sistem dapat dikontrol. Bakteri pengonsumsi hidrogen (*hydrogen-utilizing bacteria*) membentuk metana dari CO₂ dan H₂. Tahap akhir adalah pengubahan asam asetat menjadi metana dan karbondioksida, yang dilakukan oleh bakteri pembentuk metana, dengan persamaan reaksi (6) sebagai berikut (Grady dkk., 1980):



Tahap pengubahan metana merupakan penentu keberhasilan pembentukan gas karena laju pertumbuhan bakteri ini lambat dengan waktu penggandaan minimum (*minimum doubling time*) 2-3 hari pada kondisi optimum. Hal inilah yang menyebabkan proses anaerob memerlukan waktu tinggal lebih lama. Pengontrolan sistem pH bergantung pada bakteri asetoklastik dengan mengkonversi asam asetat menjadi metana (misalnya *Methanobacterium barkeri*, *Methanobacterium soehngeni*). Pada sistem anaerob, selain adanya bakteri pengonsumsi asetat juga terdapat bakteri pengonsumsi hidrogen yang mampu mengonsumsi hampir seluruh hidrogen yang ada dalam sistem (persamaan 7).



Bakteri ini memiliki waktu pertumbuhan yang cepat dengan waktu penggandaan minimum adalah 6 jam. Bakteri ini sensitif dengan pH, dimana pada daerah pH diluar 6,7-7,4 pertumbuhannya akan terhambat. Hidrogen dalam sistem dipengaruhi oleh kecepatan produksi asam (bakteri pembentuk asam). Jika konsentrasi hidrogen tinggi, pengubahan asam-asam akan terhambat dan sebaliknya (Grady dkk., 1980).

3. Metodologi

Alat dan bahan yang digunakan antara lain botol uji ukuran 160 mL, gas nitrogen, jarum suntik, inkubator, botol BOD, botol COD, neraca

elektronik, peralatan gelas, dan lain-lain. Bibit/inokula yang digunakan telah diaklimatisasi dengan biolumpur selama 1 bulan.

Biolumpur segar dan biolumpur hasil pengolahan awal dikarakterisasi berdasarkan parameter COD (*chemical oxygen demand*), BOD (*biochemical oxygen demand*), TKN (*total kjedhal nitrogen*), TVFA (*total volatile fatty acid*), TS (*total solid*), TVS (*total volatile solid*) dan pH, sesuai dengan metode baku.

Uji tingkat racun atau ATA (*Anaerobic Toxicity Assay*) dan potensi pembentukan metana atau BMP (*Biochemical Methane Potential*) dilakukan secara paralel dalam botol sederhana (secara *batch*). Ke dalam botol uji dimasukkan 30 mL larutan media, 30 mL bibit dan sampel (4, 10, 20 40 mL) yang ditambahkan aquades hingga mencukupi volume kerja 100 mL. Untuk uji ATA, dilakukan penambahan 2 mL asam asetat-propionat yang mengandung 75 mg asetat dan 26,5 mg propionat. Botol uji yang telah berisi sampel, larutan media dan bibit kemudian dialirkan gas nitrogen selama 3 menit, ditutup rapat dan diinkubasi pada temperatur 35°C. Skema uji BMP dan ATA dapat dilihat pada Gambar 1.

Akumulasi gas yang dihasilkan selama inkubasi diambil dengan alat injeksi (*syringes method*). Jika terdapat gas, maka piston injeksi akan terdorong ke atas karena adanya tekanan di dalam botol. Pada uji ATA pengukuran dilakukan setiap hari pada 5 hari pertama, lalu dihitung laju produksi gasnya (persamaan 8).

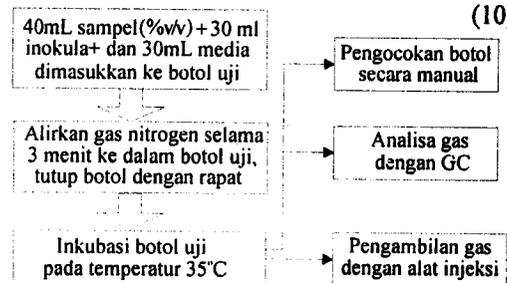
$$\text{toxicity (\%)} = [(k_c - k_e) / k_c] \times 100 \quad (8)$$

Sedangkan pada uji BMP, inkubasi dilakukan sampai hari ke 60. Persentase COD yang terkonversi membentuk metana dihitung dengan persamaan 9.

$$\text{CODkonsumsi (g/L)} = \frac{(V_{gs} - V_{gk}) \times \% \text{CH}_4}{V_s \times 395} \quad (9)$$

Untuk menghitung efisiensi COD terurai menjadi metana, dihitung berdasarkan persamaan 10:

$$\text{efisiensi COD terurai} = \frac{\text{Jumlah COD konsumsi (g/L)}}{\text{COD total (g/L)}} \times 100\% \quad (10)$$



Gambar 1. Skema Uji BMP/ATA

4. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi biolumpur disajikan pada Tabel 1. Biolumpur memiliki kandungan COD, BOD dan TKN relatif tinggi yakni masing-masingnya berkisar 11.000-30.000; 1.600-6.400; dan 765-890 mg/L. Perbandingan BOD/COD adalah 0,17. Berdasarkan perbandingan ini, biolumpur tergolong memiliki biodegradabilitas yang rendah (Alerts, 1987).

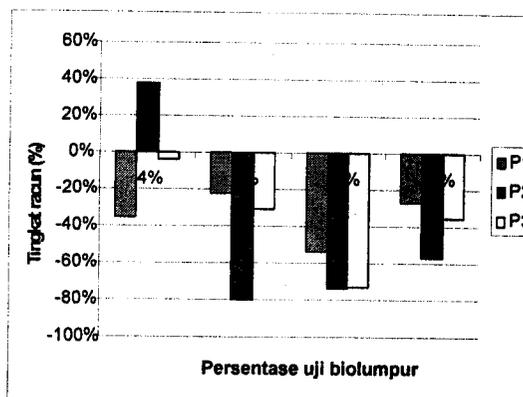
Tabel 1. Karakterisasi Biolumpur

Parameter	Sampel Biolumpur		
	P1	P2	P3
COD (mg/L)*	19.680-30.000 (25.215)	17.200-26.000 (21.823)	11.600-26.800 (18.858)
BOD (mg/L)**	1.600-7.831 (4.945)	1.200-6.357 (3.449)	1.600-4.252 (2.836)
TKN (mg/L)***	887,3	803,2	765,9
TVFA (mg/L)***	14,7	22,1	1.573,5
TS* (g/L)	14,50-15,30 (14,98)	14,30-16,50 (15,32)	12,70-13,60 (13,60)
TVS*	76 %-78% (77%)	72%-76% (73%)	71%-75% (73%)
pH* (rata-rata)	8,7	8,6	8,5

Ket: * diambil dari 12 data ** diambil dari 4 data *** diambil dari 1 data
 P1=biolumpur segar, P2= biolumpur hasil ozonasi, P3 = biolumpur hasil sonikasi

Kandungan cairan biolumpur segar tinggi yakni 98,38% dengan padatan volatil (*volatile solid*) sekitar 77% dari TS (*total solid*). Hal ini menunjukkan fraksi material bukan terbang (*non-volatile materials*) biolumpur rendah, yaitu sekitar 33% terhadap TS. Tingginya kandungan cairan dan fraksi organik biolumpur, merupakan hal menarik untuk diproses secara anaerob (Juanga, 2005). Karena dengan tingginya kandungan cairan, biasanya tahap hidrolisis yang membatasi proses anaerob tidak akan menghambat pada awal proses.

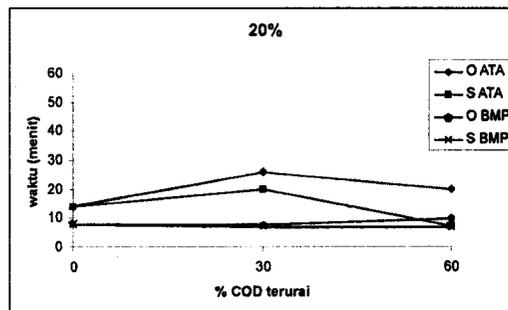
Persentase tingkat racun biolumpur setelah diinkubasi selama 5 hari disajikan pada Gambar 2. Umumnya, persentasenya lebih rendah dibandingkan kontrol, yang menunjukkan adanya racun pada biolumpur yang mengganggu kerja bakteri metanogenik.



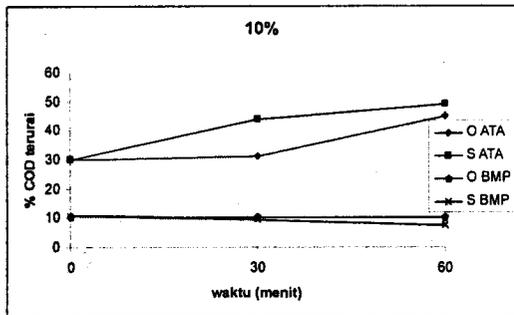
Gambar 2. Tingkat Racun pada Hari Ke-5

Tingkat racun dihitung sampai hari ke-5 berdasarkan perbandingan laju produksi gas sampel terhadap kontrol. Untuk konsentrasi uji 4% di hari ke 5, biolumpur P2 produksi gasnya lebih tinggi, P3 sedikit lebih rendah dan P1 lebih rendah dibandingkan kontrol, yakni 38%, -4%, dan -35%. Artinya biolumpur P2 tidak bersifat racun, P3 sedikit menghambat, dan P1 racun terhadap kerja bakteri metanogenesis.

Persentase COD terurai berdasarkan uji BMP disajikan pada Gambar 3. Perbedaan biodegradabilitas signifikan antara uji ATA dengan uji BMP. Pada konsentrasi 10% v/v uji, ATA menunjukkan biodegradabilitas naik dengan makin lamanya waktu pengolahan awal, sedangkan BMP memperlihatkan keadaan sebaliknya. Biodegradabilitas kontrol (bio-lumpur segar) berbeda jauh yakni 30% (ATA) dan 10,58%. Penyimpangan yang sangat besar ini memperlihatkan adanya suatu kondisi sistem yang menghambat produksi gas pada uji BMP, dan kondisi sistem yang mempercepat produksi gas pada uji ATA. Hasil uji ATA dan BMP yang sangat signifikan ini juga menunjukkan bahwa uji BMP kurang maksimal untuk melihat potensi pembentukan metana pada sampel padat (*solid*).



(a)

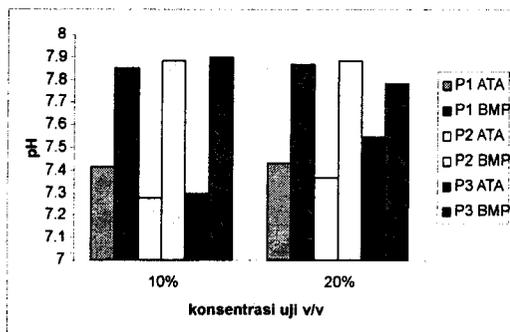


(b)

Gambar 3. Persentase COD Terurai Uji ATA Dan BMP pada (a) Konsentrasi Uji 10%, (b) Konsentrasi Uji 20%

Hal yang membedakan kedua uji ini adalah pada ATA terdapat penambahan asetat-propionat 2 mL yang mengandung 75 mg asetat dan 26,5 mg propionat, sedangkan pada uji BMP tidak ditambahkan senyawa tersebut. Kedua senyawa ini merupakan makanan yang paling mudah dikonsumsi oleh bakteri metanogenesis, atau dikenal juga sebagai prekursor yang paling penting dari pembentukan metana. Wang dkk (1986) menyatakan dalam laporan penelitiannya bahwa asam asetat sebagai prekursor metanogenesis menunjukkan kontribusi untuk meningkatkan produksi metana.

Berdasarkan data pH sistem setelah inkubasi selama 60 hari, menunjukkan bahwa pH uji BMP relatif lebih tinggi dibandingkan uji ATA. Perbandingan pH kedua uji ini disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan pH Setelah Uji ATA dan BMP

Sistem anaerob merupakan suatu koloni dari tiga kelompok bakteri yang saling terkait yang mengubah hasil hidrolisis menjadi asetat dan hidrogen atau format, asetat menjadi metana, dan hidrogen atau format menjadi metana. Pada kondisi awal yang telah tersedia asetat-propionat (uji ATA), memudahkan kerja bakteri metanogenesis membentuk metana. Sedangkan

tahap hidrolisis yang telah dibantu dengan pengolahan awal, mempercepat kerja asetogenesis membentuk asam. Terlihat adanya sistem kerja *buffer* alami antara bakteri metanogenesis yang memanfaatkan asam dan bakteri asetogenesis yang akan memproduksi asam dengan cepat. Dalam sistem tersebut, akan terjadi kesetimbangan pH yang menguntungkan bagi kerja metanogenesis, dimana ia akan mengkonsumsi asam namun ia tidak menyukai kondisi lingkungan yang terlalu asam. Adanya sistem *buffer* ini mencegah terjadinya akumulasi asam pada awal masa inkubasi, sehingga metanogenesis mendapatkan kondisi lingkungan yang lebih baik untuk pertumbuhannya di awal masa proses anaerob. Hal inilah yang mendorong tingginya akumulasi gas pada uji ATA.

Sedangkan pada uji BMP, pada awal inkubasi metanogenesis belum punya makanan. Asetogenesis memproduksi asam sangat cepat, sehingga pH sistem turun. Metanogenesis bekerja baik pada pH mendekati netral, namun karena kerja bakteri ini lambat menyebabkan terjadinya akumulasi asam pada sistem. Akibatnya, metanogenesis sudah terhambat pertumbuhannya sejak awal masa inkubasi, sehingga sistem *buffer* alami tidak bekerja. Selain itu, hal yang menyebabkan terhambatnya pembentukan gas pada uji BMP adalah tingginya kandungan total nitrogen biolumpur. Biolumpur terdiri dari sel-sel yang hidup maupun yang telah mati. Ericson dkk (2004) menyatakan bahwa senyawa yang berasal dari kerangka yang telah mati memiliki potensi yang sangat besar untuk metanogenik, namun pada kenyataannya kondisi tersebut dihalangi oleh deaminasi dari penguraian protein yang menghambat metanogen. Keadaan sistem yang kaya akan asam di awal inkubasi telah menghambat metanogenesis, sehingga produksi gasnya kecil. Di akhir masa inkubasi, pH yang terukur lebih tinggi dibandingkan uji ATA. Hal tersebut disebabkan oleh makin tingginya konsentrasi amonia yang berasal dari penguraian protein.

Potensi pembentukan metana biokimia berdasarkan uji ATA yang dilanjutkan disajikan Tabel 2. Potensi pembentukan metana menurun dengan naiknya konsentrasi uji. Potensi metana biokimia tertinggi adalah pada konsentrasi uji rendah (4%) atau beban COD berkisar pada 1.424–1.040 mg/L, yakni berkisar 62–73%. Pada konsentrasi 10% beban kerja CODnya berkisar 2.600–3.560 mg/L; konsentrasi uji 20% dengan beban kerja COD berkisar 5.200–7.120 mg/L; dan konsentrasi uji 40% (beban COD 10.400–14.240 mg/L). Persentase potensi metana biokimia masing-masing adalah berkisar 30–48%; 7–26% dan 4–8%.

Tabel 2. Potensi Pembentukan Metana Biokimia Berdasarkan Uji ATA Lanjutan

sampel	COD total (g/L)	% CH ₄	sampel (% v/v)	Vol gas (mL)	% COD terurai
P1	30	60,05	4	106	62
			10	117	30
			20	111	14
			40	104	6
P2	26	60,58	4	103	69
			10	110	31
			20	144	26
			40	111	8
P3	26.8	60,37	4	108	73
			10	141	48
			20	80	7
			40	83	4

*selisih vol gas sampel dengan kontrol
 P1=biolumpur segar, P2= biolumpur hasil ozonasi, P3 = biolumpur hasil sonikasi

Rendahnya potensi pembentukan metana biokimia dengan naiknya konsentrasi uji memperlihatkan adanya kondisi sistem anaerob yang menghambat aktivitas bakteri metanogenik. Beberapa analisis yang mungkin menyebabkan rendahnya biodegradabilitas biolumpur pada konsentrasi uji tinggi ini adalah: (1) perbandingan jumlah bibit dan jumlah biolumpurnya makin kecil, sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengkonsumsi senyawa organik yang ada, (2) ketersediaan nutrisi yang makin sedikit dengan makin tingginya jumlah biolumpur. Beberapa senyawa logam seperti Fe²⁺, Ni²⁺, Co²⁺ diperlukan untuk merangsang kerja bakteri metanogenik. Misalnya Fe²⁺, jika diberikan pada 50 mg/l FeCl₂ dapat meningkatkan laju produksi metana 167% dibandingkan kontrol yang tidak disuntikkan Fe²⁺. Oleh karena itu Fe²⁺ bisa dikatakan sebagai pembatas bioavailabilitas [Speece dkk., 1986], (3) tingginya kandungan nitrogen total dengan makin banyaknya jumlah biolumpur. Hal ini disebabkan sifat dari biolumpur yang sebagian besar berasal dari biomasa. Biomasa terdiri dari sel-sel yang hidup maupun yang telah mati. Ericson dkk. (2004) menyatakan bahwa senyawa organik yang berasal dari kerangka yang telah mati memiliki potensi yang sangat besar untuk metanogenik, namun pada kenyataannya kondisi tersebut dihalangi oleh deaminasi dari penguraian protein yang menghambat metanogen.

Berdasarkan analisa tersebut, dapat dikatakan bahwa uji potensi pembentukan metana biokimia berdasarkan ATA berlanjut lebih efektif dilakukan pada konsentrasi uji rendah (4%) atau pada beban COD yang berkisar 1.500 mg/L. Pada

konsentrasi ini biodegradabilitasnya paling maksimum, karena minimalnya pengaruh-pengaruh yang menyebabkan biodegradabilitas rendah.

5. Kesimpulan

Beberapa hal yang disimpulkan dari penelitian ini adalah: (1) residu lumpur aktif mengandung cairan yang tinggi (98%) dengan padatan volatil (TVS) sekitar 77% terhadap total padatan (TS), (2) berdasarkan nilai perbandingan BOD/COD, biolumpur tergolong memiliki biodegradabilitas yang rendah, yakni rasionya ~0,17, (3) perhitungan potensi pembentukan metana dengan metoda BMP yang dikembangkan Owen dkk. kurang tepat untuk biolumpur. Uji ATA yang dilanjutkan memberikan hasil lebih baik, terutama pada konsentrasi uji yang rendah ~4% atau pada beban COD berkisar 1.500 mg/L, (4) potensi pembentukan metana biokimia berdasarkan uji ATA yang dilanjutkan, relatif tinggi yakni nilai biodegradabilitasnya adalah ~62%.

Daftar Notasi

- k_e = laju pembentukan gas untuk sampel, mL/jam
- k_c = laju pembentukan gas oleh kontrol, mL/jam
- V_{gs} = akumulasi volum yang dihasilkan sampel, mL
- V_{gk} = akumulasi volum yang dihasilkan kontrol, mL
- V_s = volum sampel yang ditambahkan ke dalam botol uji, liter
- % CH₄ = komposisi CH₄ pada gas (dianalisa dengan GC)

Daftar Pustaka

- [1] Alaerts, G., Santika, S.S., (1987), "Metoda Penelitian Air", Usaha Nasional
- [2] Ericson, L.E., Faryet, E., Kakumanu, B.K., Davis, L.C., (2004), "Anaerobic Digestion Chapter 7", National Agricultural Biosecurity, Kansas State University
- [3] Grady, C.P.L.Jr., Henry, C., Lim, (1980), "Biological Wastewater Treatment (Theory and Application)", Marcel Dekker Inc.
- [4] Juanga, J.P., (2005), "Optimizing Dry Anaerobic Digestion of Organic Fraction of Organic Fraction of Municipal Solid Waste", Master Thesis. Asian Institut Technology, Thailand.
- [5] Lissens, G., Thomsen, A.B., De Baere, L., Verstraete, W., dan Ahring, B.K., (2004), "Thermal Wet Oxidation Improves

- Anaerobic Biodegradability of Raw and Digested Biowaste", *J. Env. Sci.* **38**, hal. 3418-3424
- [7] Owen, W.F., Stuckey, D.C., Healy, J.B., Young, Jr.L.Y dan McCarty, P.L., (1979), "Bioassay for Monitoring Biochemical Methane Potential and Anaerobic Toxicity", *J. Wat. Res.* vol. 13, hal. 485-492
- [8] Speece, R.E., Parkin, G.G., Takashima, M., dan Bhattacharya, S., (1986), "Trace Nutrient Requirements of Anaerobic Digestion", *Water Treatment Conference*, Aquatech, Drexel University, USA