

**EFISIENSI PENYISIHAN SENYAWA ORGANIK PADA
BIOWASTE FASA CAIR MENGGUNAKAN UPFLOW ANAEROBIC
FIXED BED (UAFB) REACTOR DENGAN MEDIA PENUNJANG BATU
APUNG**

**REMOVAL EFFICIENCY OF ORGANIC COMPOUND FROM
LIQUID PHASE BIOWASTE USING UPFLOW ANAEROBIC FIXED
BED (UAFB) REACTOR WITH PUMICE SUPPORTING MEDIA**

***¹Wulandari Bachtiar dan ²Prayatni Soewondo**

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
Jl Ganesha 10 Bandung 40132

e-mail : ¹wulandaribachtiar@gmail.com dan ²prayatnisoe@yahoo.com

Abstrak: Timbulan sampah kota yang semakin meningkat tidak disertai dengan meningkatnya luas lahan untuk TPA sehingga diperlukan suatu penanganan dan pengolahan sampah kota yang baik. Dilihat dari komposisi sampah, sebagian besar sampah kota di Indonesia tergolong sampah organik (biowaste). Pada penelitian ini digunakan biowaste yang berasal dari Pasar Induk Caringin Kota Bandung dengan proses biologi yang dilakukan adalah pengolahan secara anaerob menggunakan reaktor kontinu Upflow Anaerobic Fixed Bed (UAFB) dengan media penunjang batu apung, resirkulasi efluen, dan tanpa pengatur pH. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kinerja proses dan efisiensi penyisihan senyawa organik dengan reaktor UAFB skala laboratorium dalam mendegradasi biowaste fasa cair. Digunakan reaktor dengan volume operasi sebesar 9 liter dengan HRT ditentukan sebesar 6 hari dan variasi konsentrasi influen ± 12.000 , ± 10.000 , ± 8.000 , ± 6.000 , dan ± 4.000 mg/L COD terlarut. Efisiensi penyisihan COD berkisar antara 60,67-91,70% dan pada variasi konsentrasi influen ± 4.000 mg/L COD dengan beban organik sebesar $0,67 \text{ kg COD/m}^3/\text{hari}$ memberikan efisiensi penyisihan COD terbesar yaitu 91,70%. Biogas berupa gas metan yang terbentuk sebesar 52,14-77,42% (v/v) dengan pembentukan gas metan terbesar pada variasi konsentrasi influen ± 4.000 mg/L COD. Besarnya gas metan yang terbentuk menunjukkan proses metanogenesis telah terjadi. Semakin rendah konsentrasi influen, maka efisiensi penyisihan COD dan pembentukan gas metan semakin tinggi.

Kata kunci: anaerob, batu apung, biowaste fasa cair, fixed bed, konsentrasi influen.

Abstract: The increase of solid waste in urban areas has not been accommodated by the availability of landfill so that the proper handling and processing of municipal solid waste is necessary. From the view of waste composition, the majority of municipal solid waste in Indonesia is classified as organic waste (biowaste). One of the technological processes that can be used to process biowaste is Mechanical Biological Treatment (MBT) that involves the process of sorting, counting, mixing, and separation. Biowaste used in this study is obtained from the Caringin Market in Bandung with the biological processes that are applied in the anaerobic process using a continuous reactor Upflow Anaerobic Fixed Bed (UAFB) with pumice supporting media, effluent recirculation, and without pH control. This study aims to investigate a process performance and removal efficiency of organic compounds with UAFB reactor in laboratory scale to degrading liquid phase of bio-waste. A reactor with a volume of 9 liters was used for the operation applying 6 days HRT and influent concentration ± 12.000 , ± 10.000 , ± 8.000 , ± 6.000 , and ± 4.000 mg/L soluble COD. The COD removal efficiency ranged from 60.67 to 91.70% and with variation of influent concentration 4,000 mg/L soluble COD with organic loading $0.67 \text{ kg COD/m}^3/\text{day}$, the COD removal efficiency reach its highest level which is 91.70%. Biogas formed in the methane form ranged 52.14 to 77.42% (v/v) with the largest biogas formation occurs in the variation of influent concentration 4,000 mg/L soluble COD. The amount of methane formed

indicates methanogenesis process has occurred. The lower influent concentration, the higher the COD removal efficiency and methane formation will be.

Keyword: *anaerobic, fixed bed, influent concentration, liquid phase of biowaste, pumice.*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah timbunan sampah tidak diimbangi dengan peningkatan lahan untuk Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), sehingga diperlukan suatu penanganan dan pengolahan sampah kota yang tepat agar dapat mengurangi volume sampah yang dibuang ke TPA.

Di Indonesia, sampah digolongkan menjadi sampah organik dan anorganik. Sampah organik (*biowaste*) adalah sampah yang mudah membusuk atau terdekomposisi oleh aktivitas mikroorganisme. Salah satu sumber timbunan sampah organik (*biowaste*) adalah pasar. Timbunan sampah dari pasar Kota Bandung berkisar antara 0,322-1,22 liter/m²/hari dan sekitar 85,31-86,86% dari keseluruhan sampah tersebut merupakan sampah organik (Sriwidagdo, 2005 dalam Destiana, 2010). Pada penelitian ini sampel *biowaste* yang digunakan berasal dari Pasar Induk Caringin Bandung yang memiliki total timbunan sampah mencapai 135,57 m³/hari atau sama dengan 37,96 ton/hari (Makertia, 2007), sedangkan volume timbunan sampah sebesar 1,22 liter/m²/hari dengan komposisi *biowaste* sebesar 72,42%.

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah *biowaste* ini adalah *Mechanical Biological Treatment* (MBT). Teknologi MBT yang dilakukan pada penelitian ini meliputi proses pemilahan, pencacahan, pencampuran, dan pemisahan kemudian dilanjutkan dengan proses biologi (Hanuputri, 2009; Harindrati, 2010). Sampah *biowaste* memiliki kandungan organik sekitar 16.000 mg/L COD (Destiana, 2010) dan termasuk tinggi sehingga diperlukan pengolahan yang tepat. Menurut Grady dan Lim (1980), limbah cair dengan kandungan organik lebih dari 4.000 mg/L COD, maka pengolahan yang efisien adalah dengan pengolahan secara anaerob.

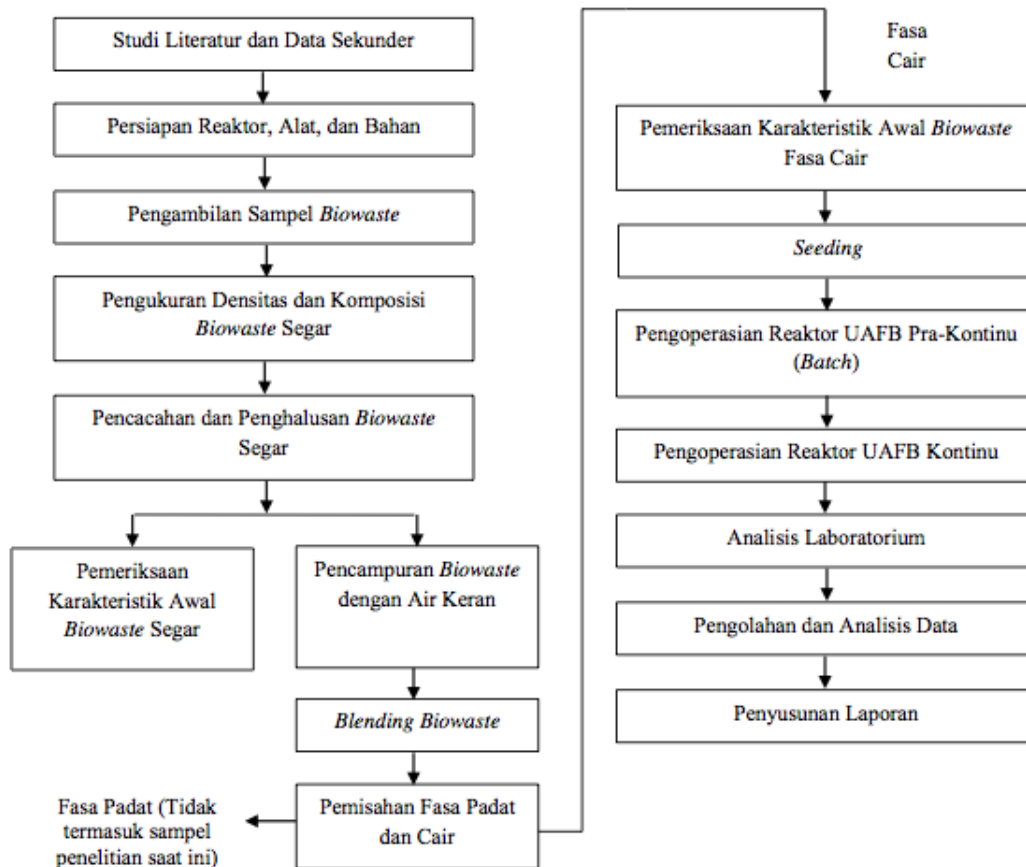
Proses pengolahan biologi secara anaerob dilakukan dengan menggunakan reaktor *Upflow Anaerobic Fixed Bed* (UAFB) secara kontinu. Reaktor UAFB merupakan salah satu jenis reaktor anaerob yang dapat digunakan untuk mengolah air buangan yang disertai dengan adanya *fixed bed* atau media tetap. Beberapa keuntungan dalam penggunaan reaktor *fixed bed* adalah biomassa yang sangat banyak tertahan di dalam media untuk menjaga *solid retention* dalam waktu retensi hidrolis (HRT) yang singkat. Reaktor ini juga memiliki kelebihan dibandingkan reaktor lain, yaitu dapat mengolah beban organik influen yang tinggi dengan waktu retensi hidrolis (HRT) yang singkat dan volume reaktornya yang lebih kecil (Atika, 2011).

Pada penelitian pengolahan *biowaste* fasa cair dengan reaktor UAFB sebelumnya, Soewondo *et al.* (2011) menggunakan media bambu untuk *fixed bed* serta menggunakan resirkulasi efluen untuk meningkatkan efisiensi penyisihan senyawa organik dalam kondisi tanpa pengatur pH. Dalam penelitian tersebut didapatkan efisiensi penyisihan terbaik mencapai 94,24% pada konsentrasi influen 10.000 mg/L COD dan HRT 6 hari. Pada penelitian ini, *biowaste* fasa cair akan diolah pada reaktor UAFB dengan media yang berbeda, yaitu media batu apung, dioperasikan dengan resirkulasi efluen, tanpa pengatur pH dengan variasi konsentrasi influen ± 12.000 , ± 10.000 , ± 8.000 , ± 6.000 , dan ± 4.000 mg/L COD terlarut dan HRT 6 hari. Pada penelitian ini digunakan batu apung sebagai media karena cukup memenuhi karakteristik media yang baik yaitu batu apung memiliki luas permukaan yang besar dan dapat menyebabkan jumlah mikroorganisme yang tumbuh dan menempel pada permukaan batu akan semakin tinggi sehingga efisiensi pengolahan akan semakin besar pula (www.kelair.bppt.go.id). Pada penelitian yang dilakukan Patel *et al.* (1999), media batu apung terbukti memiliki efisiensi lebih baik dalam penyisihan COD dan berpotensi menghasilkan gas metan lebih besar dibandingkan media lain, yaitu *bricket*, batu kerikil, dan PVC. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan Kocadagistan *et al.* (2005), digunakan media

batu apung pada reaktor UAFB untuk mengolah limbah sintetik dengan konsentrasi influen bervariasi antara 250-5.000 mg/L COD.

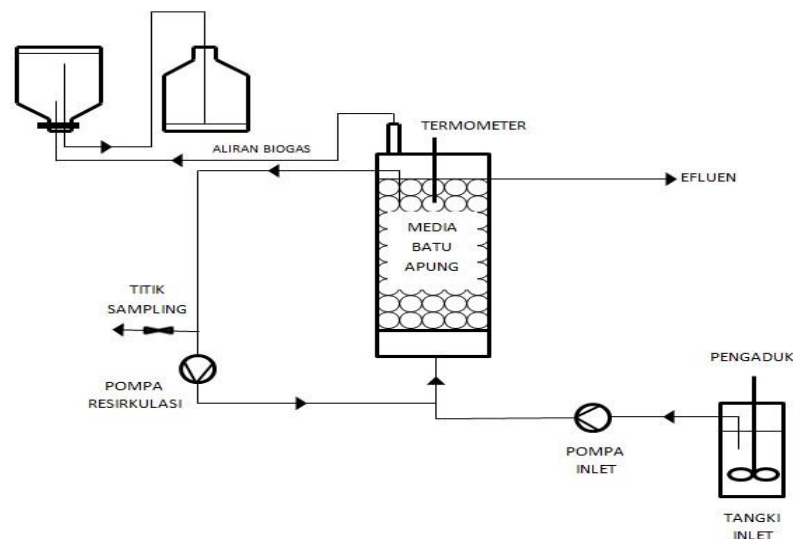
METODOLOGI

Penelitian ini difokuskan pada kinerja reaktor *Upflow Anaerobic Fixed Bed* (UAFB) dalam menyisihkan senyawa organik dari *biowaste* fasa cair. Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan ITB. Reaktor UAFB yang digunakan merupakan reaktor kontinu skala laboratorium. Sampel *biowaste* berasal dari Pasar Caringin Kota Bandung yang terdiri dari sayuran dan buah-buahan. Setelah pengumpulan *biowaste*, dilakukan pengukuran komposisi dan densitas sampah. Untuk melakukan uji densitas digunakan *quadrant method*. *Biowaste* kemudian diolah secara mekanik terlebih dahulu dengan cara dicacah dengan alat pencacah sampah yang terdapat di PPS Sabuga dengan kecepatan ± 1.500 rpm. Setelah tahap pencacahan, dilakukan pencampuran dengan air pencampur yang berupa air keran dengan perbandingan *biowaste* dan air keran 1:2 (Hanuputri, 2009), kemudian dihaluskan dengan blender berkapasitas 2 liter. Dari hasil pencampuran ini didapatkan *slurry* dan dilakukan pemisahan (*hand filter press*) antara fasa padat dan cair menggunakan kain penyaring sebagai alat *screening*, dalam penelitian ini hanya menggunakan fasa cair (Atika, 2011). **Gambar 2** merupakan skema reaktor UAFB yang digunakan.



Gambar 2. Konfigurasi Reaktor UAFB

Reaktor yang digunakan terbuat dari bahan *flexiglass*, memiliki kapasitas 14 liter dengan tinggi reaktor 88 cm dan diameter 14 cm. Reaktor dilengkapi dengan penyangga pada ketinggian 6,5 cm dasar reaktor. Pada reaktor ini, terdapat 3 buah lubang, 1 lubang di dasar reaktor untuk masuknya influen, 2 lubang di kiri atas reaktor untuk resirkulasi efluen, dan kanan atas reaktor untuk keluarnya efluen, sedangkan di bagian penutup reaktor terdapat lubang penangkap gas dan untuk termometer. Gas ditangkap dengan 2 buah botol pengukur volume gas. Transfer influen ke dalam reaktor menggunakan pompa peristaltik dengan kapasitas debit kecil. *Flushing* nitrogen dilakukan sebelum reaktor UAFB dioperasikan agar oksigen dalam reaktor hilang. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu apung dengan diameter 3-4 cm dan berjumlah 560 buah. Batu apung digunakan sebagai media penunjang *biofilm* di pengolahan air dan air limbah karena porositasnya yang tinggi dan luas permukaannya yang besar (Kocadagistan *et al.*, 2005). Batu apung dicuci bersih lalu direndam selama 1 bulan agar pori-pori batu menjadi jenuh.

Rangkaian penelitian ini diawali dengan mengoperasikan pada tahap *batch* sebagai tahap aklimatisasi. Setelah didapatkan kondisi *steady state*/tunak pada tahap *batch*, maka pengoperasian reaktor UAFB secara kontinu dapat dilakukan. Reaktor memiliki volume 12,5 liter, dioperasikan dengan volume *void* 9 liter. Volume *void* adalah volume cairan yang mengisi reaktor setelah ditambahkan media. Pada penelitian ini, digunakan waktu detensi 6 hari, mengacu pada penelitian Soewondo *et al.* (2011) mengenai pengolahan *biowaste* fasa cair reaktor UAFB dengan media bambu, dengan resirkulasi dan tanpa pengatur pH dimana waktu detensi optimum yang dapat dicapai untuk penyisihan senyawa organik dan pembentukan metan adalah 6 hari. Sedangkan penelitian saat ini menggunakan media batu apung, dioperasikan dengan resirkulasi efluen, dan tanpa pengatur pH dengan konsentrasi influen sebesar ± 12.000 , ± 10.000 , ± 8.000 , ± 6.000 , dan ± 4.000 mg/L COD terlarut. Debit influen dijaga pada 1,04 ml/menit. Pada tangki inlet, dilakukan pengaturan konsentrasi influen dengan penambahan air keran dan pengaturan pH agar berada dalam rentang 6-7,5 dengan penambahan NaOH 50%. Hal ini dilakukan karena pada rentang pH tersebut, mikroorganisme dapat mendegradasi limbah secara optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik *Biowaste*

Sumber material organik berasal dari Pasar Caringin yang meliputi sampah sayur dan buah. Sampling *biowaste* dilakukan pada musim hujan tanggal 28 Maret 2012. Sampel diambil pada pagi hari agar sampah yang diambil belum mengalami proses pembusukan dan belum diangkut oleh truk sampah PD Kebersihan. Setelah sampling dilakukan, tahap selanjutnya adalah proses pemisahan fasa padat dan fasa cair *biowaste*. Pada penelitian ini *biowaste* fasa cair yang akan diteliti. Karakteristik *biowaste* segar dapat dilihat pada **Tabel 1** dan *biowaste* fasa cair pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Karakteristik *Biowaste* Segar Pasar Caringin, Bandung, 2012

Parameter	Satuan	Nilai
Densitas	kg/L	0,45
Kadar	% BB	10,37
Kadar Air	% BB	89,63
Kadar	% BK	90,12
Kadar Abu	% BK	9,88
Karbon	% BK	157,15
Nitrogen	% BK	4,67
Total	% BK	0,24
C:N		33,65
C:P		654,79

Tabel 2. Karakteristik *Biowaste* Fasa Cair

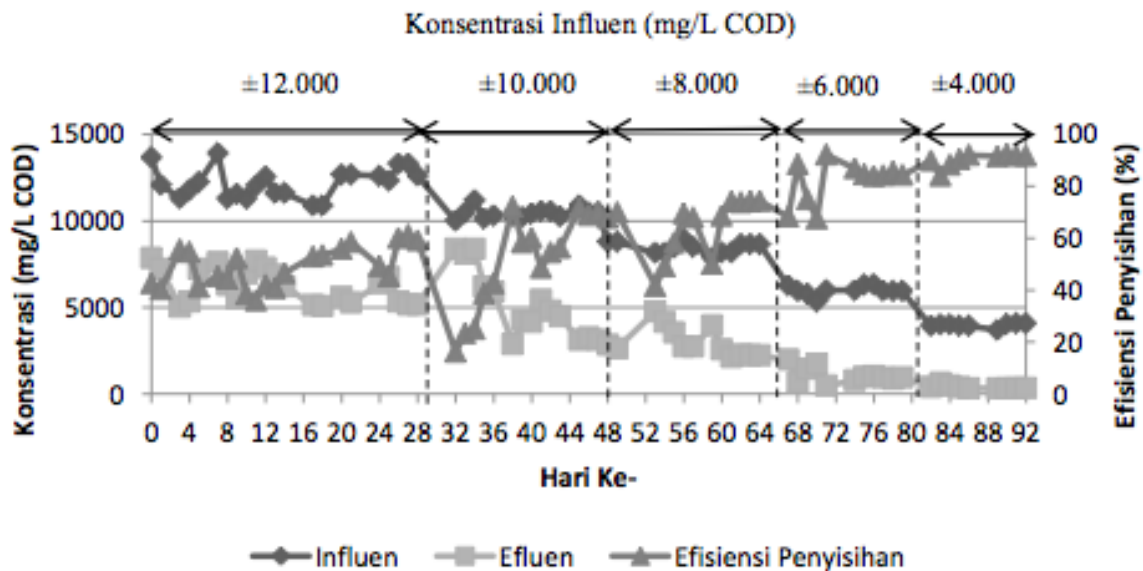
Parameter	Satuan	Sampling Ke-		
		1	2	3
pH	-	3,53	3,71	4,37
COD Total	mg/L	36.196,72	25.502,18	36.085,10
COD Terlarut	mg/L	14.163,93	12.093,02	18.917,84
Total Nitrogen (NTK)	mg/L	385	560	380,8
Total Fosfat	mg/L	20,73	27,44	37,82
Alkalinitas	mg/L	1.500	4.000	1.500
VSS	mg/L	1.790	1.470	1.700
TSS	mg/L	2.230	1.600	1.910
C:N		94,02	45,54	94,76
C:P		683,39	440,76	500,20

Menurut Tchobanoglous (1993), kadar volatil sampah adalah sekitar 95%. Kadar volatil yang terukur pada penelitian ini adalah 90,12%. Kadar volatil di dalam sampah diperlukan untuk menunjukkan kandungan materi organik yang terdapat di dalam sampah sehingga kadar volatil yang tinggi menunjukkan bahwa sampah tersebut kaya akan materi yang mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme. Pada penelitian ini konsentrasi senyawa organik dinyatakan dengan COD. Konsentrasi COD total yang terkandung pada *biowaste* fasa cair sebesar 25.502,18-36.196,71 mg/L COD. Menurut Malina dan Pohland (1992) proses anaerob cocok untuk limbah dengan konsentrasi COD sebesar 2.000 hingga lebih dari 20.000 mg/L COD total.

Setelah karakterisasi dilakukan, *biowaste* fasa cair dapat dijadikan influen untuk reactor UAFB yang kemudian akan dilihat mekanisme dan efisiensi penyisihan senyawa organiknya.

Penyisihan COD Terlarut

Chemical Oxygen Demand (COD) menyatakan banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi kandungan organik yang berada di dalam air (Metcalf dan Eddy, 1991). Kandungan organik yang terdapat di dalam air direpresentasikan sebagai nilai COD. Konsentrasi COD terlarut pada *biowaste* fasa cair yang akan diolah dimulai dari konsentrasi influen tinggi kemudian menurun hingga konsentrasi influen terendah, yaitu ± 12.000 , ± 10.000 , ± 8.000 , ± 6.000 , dan ± 4.000 mg/L COD dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 6 hari. Penggunaan variasi konsentrasi influen pada penelitian ini bertujuan untuk melihat kinerja reaktor UAFB dalam menyisihkan senyawa organik dari konsentrasi influen tinggi hingga rendah dengan tidak menggunakan pengatur pH. Pada **Gambar 3** dapat dilihat konsentrasi COD dan efisiensi penyisihan pada variasi konsentrasi influen yang terukur di setiap hari pengambilan sampel.



Gambar 3. Konsentrasi COD dan Efisiensi Penyisihan pada Reaktor UAFB

Dari **Gambar 3** dapat dilihat efisiensi penyisihan yang dicapai saat kondisi tunak berkisar antara 60,67-91,70%. Saat konsentrasi influen ± 10.000 mg/L COD nilai efisiensi berada pada rentang 68,92 hingga 70,27% dengan rata-rata efisiensi sebesar 69,60% dan rata-rata konsentrasi outlet adalah 3.185,84 mg/L COD. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan UAFB dengan media bambu, Soewondo *et al.* (2011) dengan variasi HRT 6 hari dan konsentrasi influen ± 10.000 mg/L COD, efisiensi penyisihan berada pada rentang 92,31 hingga 97,92% dengan rata-rata efisiensi penyisihan adalah 94,24% serta konsentrasi outlet sebesar 412,37 mg/L COD. Penelitian saat ini memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya. Hal ini disebabkan karena penelitian saat ini merupakan awal pengoperasian reaktor sehingga mikroorganisme masih membutuhkan waktu untuk beradaptasi dengan limbah yang akan diolah, sedangkan pada penelitian sebelumnya mikroorganisme terlekat yang ada pada reaktor telah beradaptasi selama $\pm 2,5$ tahun sehingga kemampuan untuk mendegradasi *biowaste* fasa cair semakin baik.

Semakin rendah konsentrasi influen, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan COD. Terlihat peningkatan efisiensi penyisihan dari 60,67% pada konsentrasi influen ± 12.000 mg/L

COD yang setara dengan 2 kg COD/m³/hari hingga 91,70% pada konsentrasi influen ±4.000 mg/L COD yang setara dengan 0,67 kg COD/m³/hari. Hal ini disebabkan karena pada pengoperasian awal reaktor yaitu pada konsentrasi influen tinggi, mikroorganisme masih beradaptasi dengan limbah yang akan diolah sehingga efisiensi yang didapatkan lebih rendah. Selain itu, pada tahap aklimatisasi dan pengoperasian reaktor dimulai dari konsentrasi tinggi sehingga ketika konsentrasi yang akan diolah lebih rendah, mikroorganisme akan lebih mudah mendegradasi senyawa organik sehingga efisiensi yang dicapai akan semakin tinggi.

Besarnya efisiensi pengolahan ditentukan dari kemampuan bakteri dalam mendegradasi senyawa organik yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pH, alkalinitas, dan Total Asam Volatil (TAV) di dalam reaktor.

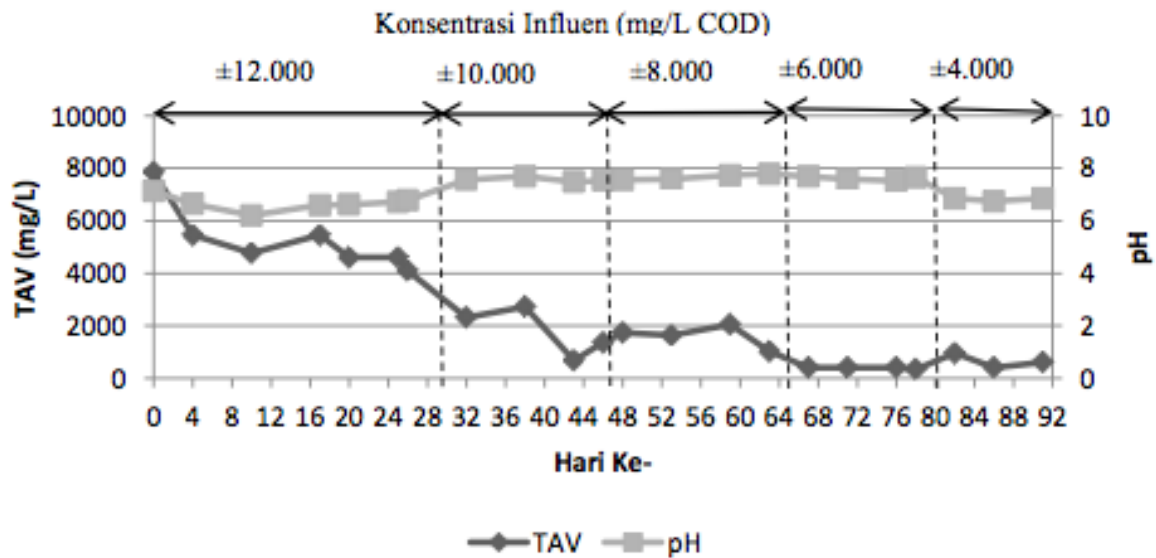
pH, Alkalinitas, dan TAV

pH merupakan salah satu faktor lingkungan penting yang mempengaruhi proses anaerob. Menurut Droste (1997) dalam Hanuputri (2009) pH yang baik pada proses anaerob berada pada rentang 6,5-7,5. Jika pH berada di atas ambang batas yaitu lebih dari 7,6 maka penguraian dapat berjalan namun efisiensi penguraian senyawa organik akan berkurang sedangkan pH di bawah 6,2 efisiensi penguraian senyawa organik akan menurun sangat cepat dan akan menghasilkan kondisi asam yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri metanogen (Syafila, 1997). pH yang terukur selama penelitian ini berkisar antara 6,04-7,83 yang merupakan pH netral.

Total Asam Volatil (TAV) merupakan produk aktivitas fermentasi oleh bakteri asidogenik yang terdiri dari beberapa asam organik (Gerardi, 2003). Nilai TAV berhubungan erat dengan nilai pH, karena apabila asam-asam ini tidak berubah menjadi gas metan secara cepat, konsentrasinya akan meningkat dan akan menurunkan nilai pH (Sawyer, 1994). **Gambar 4** menunjukkan hubungan antara pH dan TAV yang terukur pada penelitian ini.

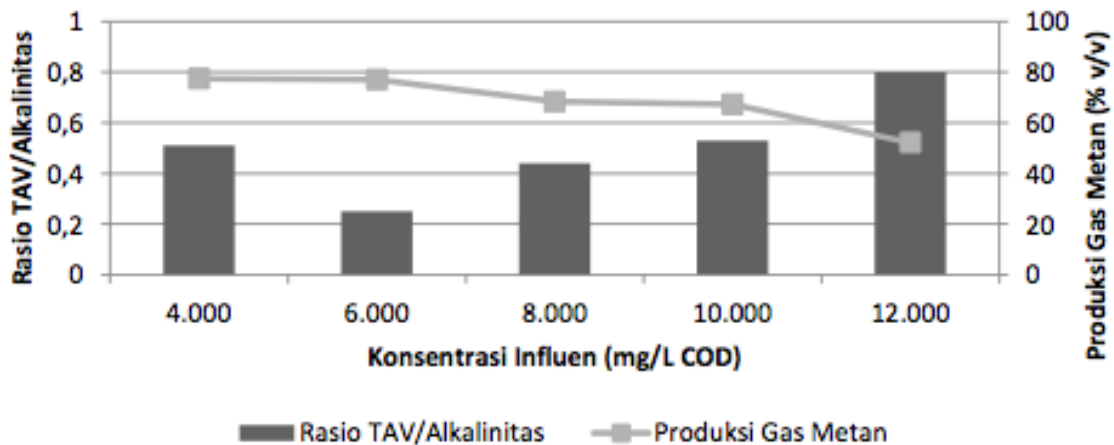
Dari **Gambar 4** dapat dilihat bahwa antara TAV dan pH terjadi hubungan berbanding terbalik, semakin besar nilai TAV maka pH akan semakin kecil. Hal ini terjadi karena peningkatan konsentrasi asam volatil sebagai *buffer* akan berdampak pada penurunan nilai alkalinitas sehingga menyebabkan penurunan nilai pH. Namun, pada awal pengoperasian reaktor kontinu pada penelitian ini nilai pH tidak terlalu rendah dan masih berada dalam rentang pH netral, yaitu 6,04-7,13, meskipun nilai TAV cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan sistem *buffer* penyangga (dalam hal ini nilai alkalinitas) dalam reaktor cukup baik.

Alkalinitas menunjukkan nilai bikarbonat yang memiliki peranan sebagai penyangga pH dalam proses anaerob bila terjadi penurunan pH dikarenakan meningkatnya asam volatil. Konsentrasi alkalinitas yang terukur cenderung naik dari hari ke hari yang berkisar antara 600-5.100 mg/L. Konsentrasi alkalinitas ini mempengaruhi nilai pH, semakin besar nilai alkalinitas maka semakin baik reaktor dalam menjaga nilai pH agar tidak turun. Proses anaerob dapat berjalan normal apabila alkalinitas berada di sekitar 1.000 – 5.000 mg/L CaCO₃ (McCarty, 1964 dalam Syafila, 1997).



Gambar 4. Hubungan antara pH dan TAV

Rasio TAV/Alkalinitas merupakan indikator penting dari keseimbangan asam basa dan stabilitas proses. Selain itu, rasio yang terbentuk berperan dalam mempertahankan pH. Mempertahankan pH sesuai dengan rentang yang cocok untuk bakteri metanogen akan memaksimalkan gas metan yang dihasilkan. Ketika rasio ini kurang dari 0,3-0,4, proses ini dianggap beroperasi dengan baik tanpa resiko pengasaman (Fannin, 1987; Sanchez *et al.*, 2005). Hubungan antara rasio TAV/alkalinitas dengan biogas khususnya gas metan yang terbentuk pada berbagai variasi konsentrasi influen dapat dilihat pada **Gambar 5**.



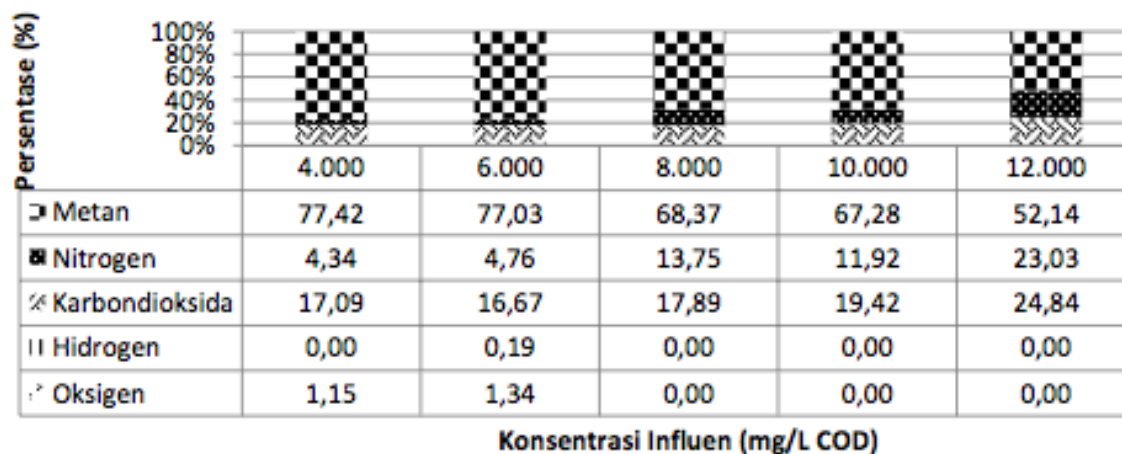
Gambar 5. Hubungan antara Konsentrasi Influen, Rasio TAV/Alkalinitas, dan Produksi Gas Metan

Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai rasio TAV/Alkalinitas, maka semakin sedikit penambahan metan yang akan terbentuk. Hal ini terjadi karena konsentrasi

asam-asam volatil yang terbentuk dapat menghambat pembentukan gas metan dalam sistem dan juga akan mengakibatkan nilai pH menjadi turun karena alkalinitas tidak dapat menjaga pH pada kondisi netral akibat menumpuknya asam-asam volatil yang terbentuk.

Biogas dan Methane Yield

Metanogenesis merupakan tahap akhir dari proses anaerob yang ditandai dengan terbentuknya gas CO₂ dan CH₄ di dalam proses. Produksi gas metan merupakan parameter keberhasilan keberjalanan proses anaerob dan tujuan utama dalam proses anaerob. Komposisi gas yang terbentuk pada reaktor dapat menunjukkan proses anaerob apa saja yang terjadi di dalam reaktor. Secara garis besar komposisi biogas terdiri dari 60-65% metan (CH₄), dan 35-40% karbon dioksida (CO₂). Kandungan lainnya antara lain Hidrogen Sulfida (H₂S), Nitrogen (N₂), Hidrogen (H₂), Oksigen (O₂), Karbon Monoksida (CO), Amonia (NH₃), Argon (Ar₂), dan kandungan volatil organik lainnya (Constant *et al.*, 1998 dalam Noyola *et al.*, 2006). Pengukuran komposisi gas dilakukan menggunakan alat *Gas Chromatograph* (GC) yang terdapat di Departemen Teknik Kimia ITB. Komposisi gas pada setiap variasi konsentrasi influen dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Komposisi Biogas

Dari **Gambar 6** dapat disimpulkan bahwa semakin rendah konsentrasi influen yang dioperasikan maka semakin tinggi produksi gas metan yang dihasilkan. Meningkatnya produksi gas metan dari hari ke hari disebabkan karena mikroorganisme metanogen semakin teradaptasi dan jumlahnya pun semakin meningkat. Berdasarkan **Gambar 6** produksi gas metan terbesar terbentuk saat variasi konsentrasi influen ± 4.000 mg/L COD dengan persentase 77,42% (v/v). Pada penelitian sebelumnya, Soewondo *et al.* (2011), perolehan gas metan tertinggi dicapai pada saat variasi konsentrasi influen ± 6.000 mg/L COD dan HRT 8 hari.

Methane yield merupakan suatu koefisien hasil pembentukan gas metan. Gas metan yang terbentuk merupakan salah satu indikator keberhasilan dalam proses pengolahan secara anaerob. **Tabel 3** menampilkan nilai *methane yield* pada setiap variasi konsentrasi influen. Dari **Tabel 3** dapat dilihat bahwa *methane yield* yang dihasilkan cenderung meningkat seiring berkurangnya konsentrasi influen. Nilai *methane yield* terbesar terjadi pada variasi konsentrasi influen ± 4.000 mg/L COD, yaitu sebesar 0,25 dan nilai ini paling mendekati literatur. Hal ini juga sesuai dengan laju rata-rata pembentukan metan yang cukup tinggi, yaitu 1,39 L/hari. Pada penelitian yang

dilakukan oleh Soewondo *et al.* (2011), *methane yield* terbesar yang dihasilkan terjadi saat variasi konsentrasi influen ± 6.000 mg/L COD dan HRT 6 hari. Nilai *methane yield* dan laju rata rata pembentukan metan yang diperoleh pada penelitian sebelumnya, yaitu 0,18 dan 1,42 L/hari. Nilai *methane yield* pada penelitian saat ini relatif lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Hal ini terbukti dengan besarnya persentase gas metan yang terbentuk lebih besar pada penelitian saat ini yaitu mencapai 77,03% (v/v), sedangkan pada penelitian sebelumnya hanya 59,31% (v/v). Besarnya *methane yield* disebabkan karena jumlah mikroorganisme sudah semakin banyak dan kemampuan adaptasinya pun semakin baik sehingga produksi methannya pun semakin besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi awal menunjukkan bahwa *biowaste* banyak mengandung kandungan organik yang mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme. Kandungan organik yang tinggi cocok dilakukan pengolahan biologi secara anaerob. Penyisihan senyawa organik pada *biowaste* fasa cair berhasil dilakukan dengan menggunakan reaktor *Upflow Anaerob Fixed Bed* (UAFB) skala laboratorium. Konsentrasi influen optimum pada keseluruhan pengoperasian reaktor UAFB ini adalah konsentrasi influen ± 4.000 mg/L COD dengan beban organik sebesar 0,67 kg COD/m³/hari karena memberikan nilai efisiensi penyisihan senyawa organik tertinggi yaitu 91,70% dan pembentukan gas metan tertinggi sebesar 77,42% (v/v) serta nilai *methane yield* terbesar yaitu 0,25 L CH₄/g COD. Semakin rendah konsentrasi influen, maka semakin tinggi nilai efisiensi penyisihan senyawa organik dan pembentukan gas metan yang dicapai. Terbentuknya gas metan menunjukkan bahwa senyawa organik dapat diolah dengan reaktor UAFB dan telah mencapai tahap metanogenesis.

DAFTAR PUSTAKA

- Atika, R.K. (2011). Penyisihan Senyawa Organik dari Biowaste Fasa cair Menggunakan Upflow Anaerobic Fixed Bed Reactor Tanpa pH Regulator. Tugas Akhir Institut Teknologi Bandung: Bandung. Buku Air Limbah Domestik DKI dalam www.kelair.bppt.go.id (diakses tanggal 2 Agustus 2012)
- Destiana, L. (2010). Penyisihan Organik *Biowaste* Fasa Cair Dengan Sequencing Batch Reactor Anaerob. Tugas Akhir Institut Teknologi Bandung : Bandung
- Eckenfelder, W.W., (2000). Industrial Water Pollution Control, 3rd edition, Mc Graw Hill Inc, Singapore.
- Fannin, K.F. (1987). Start-up, Operation, Stability and Control. In: Chynoweth, D.P., Isaacson, R. (Eds.), *Anaerobic of Biomass*. Elsevier, London, UK, 179-195
- Ganesh, R., Rajinikanth, R., Joseph, V., Thanikal, R. A. R. & Torrijos, M. (2010). Anaerobic Treatment of Winery Wastewater in Fixed Bed Reactors. *Bioprocess Biosyst Eng* 33: 619–628.
- Gerardi, M.H. (2003). *Microbiology of Anaerobic Digesters*. John Wiley & Sons: New Jersey.
- Grady and Lim. (1980). *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Hanuputri, A. D. (2009). Kinetika Penyisihan Senyawa Organik *Biowaste* Fasa Cair Dalam Upflow Anaerobic Fixed Bed Reactor (UAF-B) Bermedia Bambu. Tesis Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung : Bandung.
- Harindrati, A. N. (2010). Penyisihan Senyawa Organik *Biowaste* Fasa Cair Dalam Upflow Anaerobic Fixed-Bed (UAF-B) Reaktor Bermedia Bambu Pada Beban Menengah. Tugas Akhir Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung : Bandung.