

Pengecekan Peningkatan Kemampuan Degradasi Asam Propionat dalam Reaktor Anaerobik melalui Injeksi Asam Propionat, Gliserol, dan Asam Butirat

H. Budiastuti

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung
INDONESIA

E-mail: herabudi@rocketmail.com

Abstrak

Penelitian dilaksanakan dalam dua reaktor anaerobik yang identik dengan volume yang sama, 2 L yang dijaga pada suhu 37 °C. Satu reaktor dioperasikan dengan pengumpanan secara berkala/intermiten dan yang lainnya dengan pengumpanan secara kontinyu. Injeksi asam propionat dengan konsentrasi 3,8 dan 5,5 mM, 20 mM gliserol, dan 6,5 mM asam butirat masing-masing dilaksanakan dalam rangka pengecekan peningkatan kemampuan degradasi asam propionat dalam reaktor. Kecepatan degradasi asam propionat pada reaktor intermiten meningkat dari 0,4 menjadi 0,8 mM/gVSS/jam dengan meningkatnya injeksi asam propionat dari 3,8 menjadi 5,5 mM. Reaktor dengan pengumpanan secara kontinyu mempunyai kecepatan degradasi asam propionat tetap (0,2 mM/gVSS/jam). Pada reaktor intermiten, injeksi gliserol terakumulasi 2,8 mM pada jam ke 7 namun kembali ke konsentrasi awal < 1 mM pada jam ke 40. Reaktor kontinyu tetap terakumulasi 3,9 mM gliserol walaupun degradasi telah dilaksanakan selama 40 jam. Dalam waktu operasi 15 jam, injeksi asam butirat turun dari 6,5 mM menjadi < 1 mM pada reaktor intermiten sedangkan pada reaktor kontinyu asam butirat tetap pada konsentrasi > 4 mM. Setelah operasi berlangsung selama 40 jam kedua reaktor dapat menurunkan konsentrasi asam butirat < 1 mM. Peningkatan degradasi asam propionat dalam reaktor anaerobik terjadi dengan adanya peningkatan mikroba pendegradasi oleh pengaturan sistem pengumpanan secara intermiten.

Kata kunci: asam propionat, peningkatan degradasi, injeksi gliserol, asam butirat, pengumpanan intermiten

1. PENDAHULUAN

Air limbah yang berasal dari industri gula, pulp dan kertas, produk-produk farmasi secara umum mempunyai kandungan organik tinggi. Oleh karena itu biasanya tidak efektif jika digunakan pengolahan secara aerobik dalam menanggulangi permasalahan air limbah industri-industri tersebut. Pengolahan air limbah secara anaerobik menjadi pilihan yang tepat selain keefektifan sistem pengolahan ini dalam menanggulangi air limbah dengan kandungan organik tinggi namun juga adanya biogas yang dihasilkan yang dapat digunakan sebagai sumber energi bagi industri tersebut. Tidak diperlukannya energi untuk aerasi dan rendahnya kuantitas lumpur yang dihasilkan serta bebas bau merupakan kelebihan lain dari sistem pengolahan secara anaerobik dibandingkan pengolahan secara aerobik (Kim dkk, 2002, Bjornsson, 2000).
Sebaiknya *start up* yang panjang dari sistem pengolahan secara anaerobik merupakan salah

satu kekurangan sistem ini. Hal ini dikarenakan kecepatan pertumbuhan yang lambat dari mikroba anaerobik selain kondisi dan kuantitas yang tepat dari mikroba anaerobik yang harus dipertahankan dalam reaktor anaerobik (Michaud dkk, 2002). Kondisi lingkungan dan persyaratan pertumbuhan mikroba seperti temperatur, pH, makro dan mikro nutrien yang seimbang mutlak diperhatikan untuk memperoleh pertumbuhan yang optimal dari mikroorganisme yang harus dipertahankan dalam reaktor anaerobik (Brock dan Madigan, 2006).

Jenis mikroba anaerobik penghasil gas metana yang diteliti oleh Jerger dan Tsao (2006) antara lain *Alcaligenes sp*, *Aerobikacter sp*, *Clostridium*, *Escherichia sp*, *Methanobacteriaceae*, dan *Propionibacterium*.

Beban kejut baik secara hidrolis maupun organik merupakan kendala lain yang harus diperhatikan

dalam penerapan sistem anaerobik. Pada kondisi ini jumlah mikroba aktif pendegradasi air limbah tidak dapat dipertahankan dalam reaktor, selain terjadinya penurunan biogas dan kesulitan memperoleh kembali (*recovery*) mikroba yang bertanggung jawab dalam proses degradasi.

Dekomposisi senyawa organik secara anaerobik secara umum terjadi dalam tiga tahap yakni tahap hidrolisis, asetogenesis, dan metanogenesis. Pada tahap hidrolisis terjadi dekomposisi senyawa organik seperti lipid, polisakarida, dan protein menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti asam-asam lemak, monosakarida, asam amino. Reaksi enzimatik melibatkan enzim selulose, amilase, protease, dan lipase terjadi pada tahap ini. Tahap asetogenesis mengkonversi lebih lanjut senyawa organik sederhana menjadi asam format, hidrogen, dan karbon dioksida. Pada tahap asetogenesis dihasilkan pula asam-asam yang mudah menguap (*volatile fatty acids/VFA*) seperti asam-asam butirat, propionat, dan asetat. Pada tahap metanogenesis mikroba penghasil metana akan mengkonversi asam-asam yang mudah menguap ini menjadi metana (Brock dan Madigan, 2006).

Sistem pengumpanan air limbah ke dalam reaktor anaerobik ternyata mempengaruhi jenis mikroba pendekomposisi asam propionat yang mendominasi reaktor pada tahap metanogenesis. Sistem pengumpanan secara berkala menghasilkan pendekomposisi asam propionat yang lebih banyak dibandingkan dengan sistem pengumpanan secara kontinyu (Budiastuti, 2004). Hal ini diperlihatkan dengan meningkatnya kemampuan degradasi asam propionat dalam sistem berkala yang kemungkinan disebabkan oleh degradasi via asam propionat yang mendominasi sistem pengumpanan secara berkala sedangkan degradasi via asam asetat mendominasi sistem pengumpanan secara kontinyu (Budiastuti dkk, 2012).

Penelitian ini dilakukan dalam rangka pengecekan peningkatan kemampuan degradasi asam propionat dalam sistem pengumpanan secara berkala dibandingkan sistem pengumpanan secara kontinyu. Dengan diketahuinya kekhasan degradasi sistem pengumpanan secara berkala ini maka industri yang menghasilkan air limbah secara berkala dapat menerapkan sistem pengumpanan air limbah secara berkala tanpa kekhawatiran adanya beban kejutan yang disebabkan oleh sistem pengumpanan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Sistem pengumpanan secara berkala dilaksanakan sehari sekali sedangkan sistem pengumpanan secara kontinyu dilaksanakan secara terus menerus dengan laju alir sesuai dengan kecepatan pembebanan hidrolisis yang diterapkan yakni sebesar 20 hari. Pompa peristaltik model MP-3 *Eyela Microtube* dipergunakan untuk mendapatkan laju alir yang tetap. Kedua reaktor dijaga pada suhu tetap pada 37 °C dengan menggunakan pengontrol suhu *Thermomix MM Heater* dan pengadukan menggunakan *Magnetic Stirrer* model *Thermolyne Cimarec2*. Kecepatan pembebanan yang diterapkan ditingkatkan secara berkala mulai dari 1 menjadi 1,3 g COD/l/hari, 1,3 menjadi 1,9 g COD/l/hari, dan 1,9 menjadi 3,8 g COD/l/hari. Setelah diperoleh kondisi *steady state* pada kecepatan pembebanan 3,8 g COD/l/hari, injeksi asam propionat, asam butirat, dan gliserol diumpangkan pada kedua reaktor. Reaktor terbuat dari modifikasi 2L *Schott bottle* yang dikondisikan secara anaerobik. Inokulum dan komposisi umpan serta cara pengambilan efluen dari kedua reaktor secara detail dapat dilihat pada Budiastuti dkk (2012).

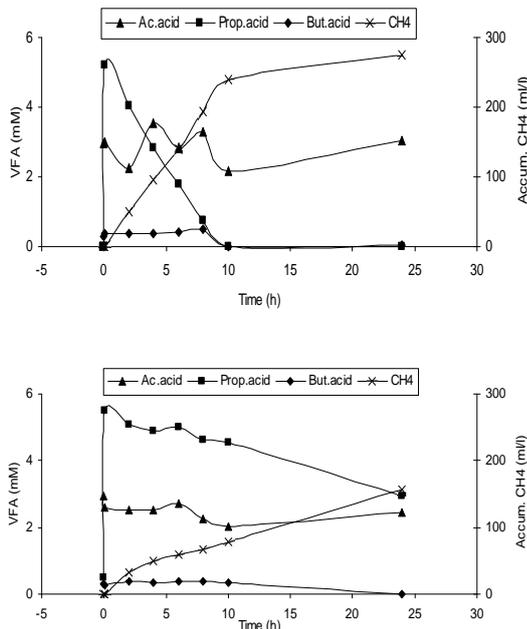
Injeksi asam propionat ke dalam kedua reaktor diberikan sebanyak tiga kali yakni 3,8 mM dan dua kali dengan konsentrasi 5,5 mM masing-masing pada periode yang berbeda. Injeksi gliserol diumpangkan ke dalam kedua reaktor dengan konsentrasi 20 mM setelah kondisi *steady state* dengan beban organik 3,8 g COD/l/hari telah diperoleh kembali. Begitu pula injeksi asam butirat yang diberikan dengan konsentrasi 6,5 mM dilaksanakan pada saat kondisi *steady state* kedua reaktor dengan beban organik 3,8 g COD/l/hari telah diperoleh kembali. Pada saat injeksi dilaksanakan, pengumpanan influen ke dalam reaktor distop sehingga hanya asam-asam tersebut dan gliserol yang akan didegradasi oleh mikroba anaerobik dalam dua reaktor yang diteliti. Injeksi dilaksanakan secara *batch*.

Analisis kandungan organik dilakukan dengan pengecekan *Chemical Oxygen Demand* (COD) menggunakan metoda Hach (1999) dan analisis kandungan VFA menggunakan Kromatografi Gas model *Varian Star 3400*. Penentuan padatan yang mudah menguap (*volatile suspended solids/VSS*) menggunakan metode Standar APHA (1995).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Injeksi Asam Propionat

Tabel 3.1 memperlihatkan kecepatan degradasi asam propionat pada kedua reaktor. Reaktor yang diumpani secara berkala (selanjutnya disebut reaktor intermiten) mempunyai kecepatan degradasi asam propionat semakin meningkat dengan meningkatnya konsentrasi injeksi asam propionat sedangkan reaktor kontinu mempunyai kecepatan degradasi asam propionat yang konstan (0,02 mM/gVSS/jam). Hasil ini menunjukkan bahwa reaktor intermiten memiliki mikroba pendegradasi asam propionat lebih banyak dari pada reaktor kontinu. Hal ini didukung dengan profil degradasi asam propionat (dengan injeksi 5,5 mM asam propionat) pada reaktor intermiten yang selalu kembali ke konsentrasi awal selama 10 jam operasi (Gambar 3.1a). Profil degradasi asam propionat pada reaktor kontinu tidak dapat kembali ke konsentrasi awal asam propionat meskipun proses degradasi telah dilaksanakan lebih dari 24 jam (Gambar 3.1b). Pada injeksi asam propionat dengan konsentrasi 3,8 mM didapatkan profil yang hampir sama.



Gambar 3.1. Profil VFA dan akumulasi metana dengan injeksi 5,5 mM asam propionat pada reaktor intermiten (a) dan reaktor kontinu (b)

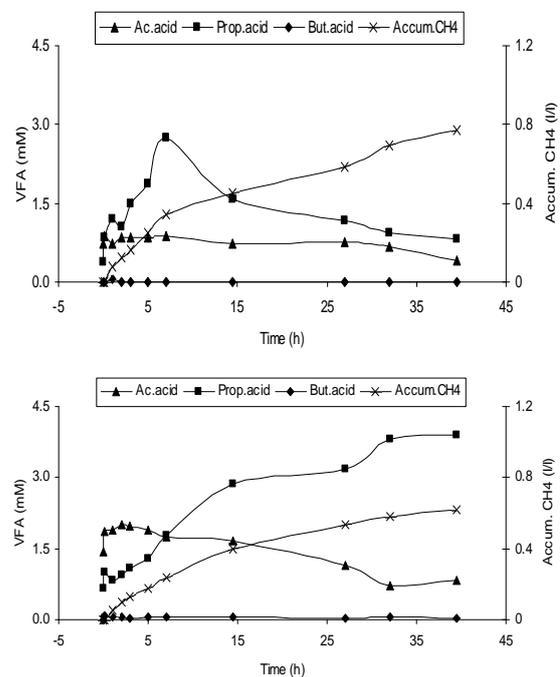
3.2 Injeksi Gliserol

Gliserol dipilih pada penelitian ini karena produk utama degradasi senyawa organik ini adalah asam propionat (Himmi dkk, 2000). Produk degradasi gliserol oleh *Propionibacterium acidipropionici*

terdiri dari 84% asam propionat dan sisanya berupa asam suksinat, asam asetat, asam format, dan n-propanol.

Pada reaktor intermiten, mula-mula terjadi akumulasi asam propionat pada konsentrasi 2,8 mM pada jam ke 7 namun berangsur-angsur turun dan kembali ke konsentrasi awal sebelum injeksi (< 1 mM) pada jam ke 40 (Gambar 3.2a). Pada reaktor kontinu, asam propionat tetap terakumulasi pada konsentrasi 3,9 mM walaupun degradasi telah dilaksanakan selama 40 jam (Gambar 3.2b). VFA total pada reaktor kontinu 4 kali lebih tinggi (0,5 g COD/l) dibandingkan VFA total pada reaktor intermiten (0,12 g COD/l). Tingginya VFA total ini menyebabkan rendahnya akumulasi metana (0,62 l/l pada reaktor kontinu dibandingkan 0,77 l/l pada reaktor intermiten).

Hasil di atas kembali menunjukkan bahwa reaktor intermiten kemungkinan memiliki mikroba pendegradasi asam propionat lebih banyak dari pada reaktor kontinu.



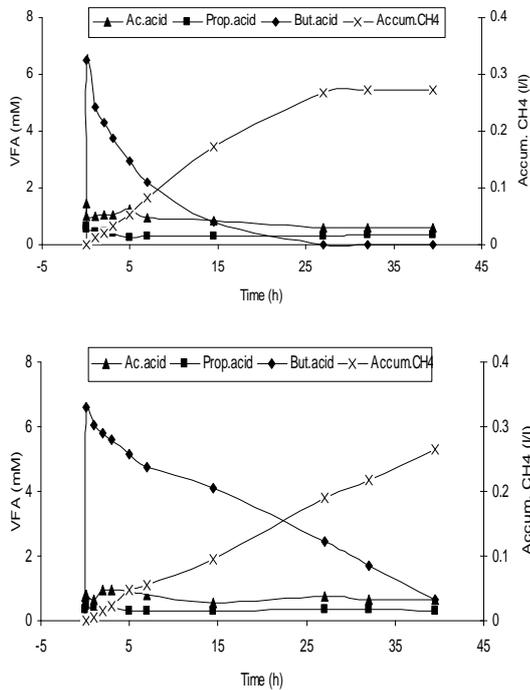
Gambar 3.2. Profil VFA dan akumulasi metana dengan injeksi 20 mM gliserol pada reaktor intermiten (a) dan reaktor kontinu (b)

3.3 Injeksi Asam Butirat

Seperti hasil dua macam degradasi di atas, reaktor intermiten dapat mendegradasi injeksi asam butirat (Gambar 3.3a) lebih cepat dari pada reaktor kontinu (Gambar 3.3b). Konsentrasi asam butirat turun dari 6,5 menjadi < 1 mM dalam waktu 15 jam sedangkan pada reaktor kontinu konsentrasi

asam butirat masih > 4 mM dalam 15 jam operasi walaupun kedua reaktor dapat mendegradasi injeksi asam < 1 mM dalam 40 jam operasi. Profil yang diproduksi kedua reaktor sama-sama sebesar 0,27 l/l reaktor pada akhir pengecekan. Perbedaannya pada waktu produksi. Pada reaktor intermiten, tidak ada gas metana yang diproduksi setelah 25 jam namun gas metana tetap diproduksi sampai dengan jam ke 40 pada reaktor kontinyu.

Degradasi asam butirat dihambat oleh tingginya tekanan partial hidrogen yang tinggi dan tingginya konsentrasi asetat dan produk akhir lain dari degradasi asam butirat. Jika konsentrasi asetat terakumulasi maka degradasi butirat tidak akan terjadi (Ahring dan Westermann, 1988). Pada penelitian ini tidak terjadi hal tersebut di atas, konsentrasi asam asetat baik pada reaktor intermiten maupun reaktor kontinyu pada konsentrasi yang rendah, yakni 1 mM.



Gambar 3.3. Profil VFA dan akumulasi metana dengan injeksi 6,5 mM asam butirat pada reaktor intermiten (a) dan reaktor kontinyu (b)

Tabel 3.1. Kecepatan degradasi asam propionat (r_{PA}) dan total VFA

Tahap injeksi	Penambahan asam propionat (mM)	Reaktor intermiten		Reaktor kontinyu	
		r_{PA} (mM/gVSS/jam)	Total VFA (gCOD/l)	r_{PA} (mM/gVSS/jam)	Total VFA (gCOD/l)
I	3,8	0.04	0,23	0.02	0,37
II	5,5	0.06	0,20	0.02	0,49
III	5,5	0.08	0,13	0.02	0,37

produksi gas metana pada kedua reaktor merefleksikan sisa substrat sepanjang proses degradasi (Budiastuti, 2004). Total gas metana Kecepatan degradasi asam butirat yang lebih tinggi pada reaktor intermiten mendukung hasil bahwa peningkatan degradasi asam propionat dihasilkan dari meningkatnya mikroba pendegradasi asam propionat dalam reaktor yang pengumpanannya dilaksanakan secara berkala/intermiten.

4. KESIMPULAN

- Kecepatan degradasi pada reaktor intermiten meningkat dari 0,4 menjadi 0,8 mM/gVSS/jam dengan meningkatnya injeksi asam propionat dari 3,8 menjadi 5,5 mM. Reaktor dengan pengumpanan secara kontinyu mempunyai kecepatan degradasi asam propionat tetap (0,2 mM/gVSS/jam).
- Pada reaktor intermiten, injeksi gliserol terakumulasi 2,8 mM pada jam ke 7 namun kembali ke konsentrasi awal < 1 mM pada jam ke 40. Reaktor kontinyu tetap terakumulasi 3,9 mM gliserol walaupun degradasi telah dilaksanakan selama 40 jam.
- Dalam waktu operasi 15 jam, injeksi asam butirat turun dari 6,5 mM menjadi < 1 mM pada reaktor intermiten sedangkan pada reaktor kontinyu tetap > 4 mM. Setelah operasi berlangsung selama 40 jam kedua reaktor dapat menurunkan konsentrasi asam butirat < 1 mM.
- Peningkatan degradasi asam propionat dalam reaktor anaerobik terjadi dengan adanya peningkatan mikroba pendegradasi oleh pengaturan sistem pengumpanan secara intermiten.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. APHA (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC, American Public Health Association.
2. Ahring, B.K. dan Westermann, P. (1988). Product Inhibition of Butyrate Metabolism by Acetate and Hydrogen in Thermophilic Coculture. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 54 (2393-2398).
3. Bjornsson, L. (2000). *Intensification of the Biogas Process by Improved Process Monitoring and Biomass Retention*. Dissertation, Lund University.
4. Brock dan Madigan (2006). *Biology of Microorganisms*. McGraw-Hill, Inc.
5. Budiastuti. H. (2004). *Intensification of Single Stage Continuously Stirred Tank Anaerobic Digestion Process Using Carriers*. Dissertation, Murdoch University.
6. Budiastuti. H., Pullammanappallil, P, Cord-Ruwisch, R, *Effect of Feeding Patterns towards Methane and Volatile Fatty Acids Production in Single Stage Stirred Tank Anaerobic Digesters*, Proceeding of The 2nd Korea-Indonesia Workshop and International Symposium on Bioenergy from Biomass, Serpong-BSD City, 13-15 Juni 2012.
7. Hach (1999). DR/2010 Spectrophotometer. USA, Hach Company.
8. Himmi, E.H., Bories, A., dkk (2000). Propionic Acid Fermentation of Glycerol and Glucose by *Propionibacterium acidipropionici* and
9. *Propionibacterium freudenreichii* ss.p *shermanii*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. Vol. 53 (435 – 440).
10. Jerger. W. and Tsao. G. T. (2006). *Anaerobic Bacterial in Ecological Aspects of Used-Water Treatment*. London: Academic Press.
11. Kim, M., Ahn, Y.H., Speece, R.E. (2002). Comparative Process Stability and Efficiency of Anaerobic Digestion. *Water Research*. Vol. 36 (4369 – 4385)
12. Michaud, S. Bernet, N, dkk. (2002). Methane Yield as a Monitoring Parameter for the Start-Up of Anaerobic Fixed Film Reactors. *Water Research*. Vol. 36 (1385 – 1391)