



PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI JAMU DAN FARMASI MENGGUNAKAN ANAEROBIC BAFFLED REACTOR SECARA SHOCK LOADING DALAM UPAYA MENGHASILKAN BIOGAS

Fachry Amin N., Afifah Darda N.I., Indro Sumantri *)

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jln. Prof. Soedarto, S. H., Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

PT. Sidomuncul merupakan salah satu pabrik yang menghasilkan limbah. Limbah cair yang dihasilkan sebesar 130m³ per hari. Dari banyaknya limbah cair yang dihasilkan maka perlu adanya proses yang singkat untuk menampung limbah tersebut sehingga dalam pengolahannya tidak diperlukan lahan yang besar dan waktu yang lama. Limbah hasil pengolahan PT. Sidomuncul memiliki nilai COD sekitar 15000 mg/l. Limbah dengan kadar COD tinggilebih baik diolah secara anaerobik dibandingkan secara aerobik. Proses pengolahan limbah secara anaerobik bisa dilakukan jika nilai COD minimal adalah 1500mg/l. Pada penelitian ini akan dicoba untuk mengolah limbah cair dengan metode anaerobik menggunakan lumpur aktif dan dilakukan secara shockloading. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kestabilan lumpur aktif terhadap shock loadingserta pengaruh terhadap penurunan COD dan produksi biogas dengan variabel berubah design reaktor, HRT, jenis lumpur aktif, dan tinggi lumpur aktif. Respon yang diamati adalah pH effluent, kadar COD, dan volume biogas. Hasil penelitian menunjukkan proses anaerobic secara shock loading pada limbah cair industry jamu dan farmasi bisa menurunkan kadar COD berkisar 78,46% hingga 93,97% dan menghasilkan biogas paling banyak pada variabel lumpur pupuk organik 1/3 H ABR.

Kata kunci: limbah cair, anaerobik, shock loading, anaerobic baffled reactor, biogas

Abstract

PT. Sidomuncul is one of the factories that produce waste. Wastewater generated at 130m³ per day. Because of the big amount of wastewater produced, it is necessary to accommodate a short in time wastewater processing, that won't required a large area and much time. Wastewater processing results of PT. Sidomuncul has a COD value of about 15000 mg /l. Wastes with high levels of COD is well treatedby anaerobically better than aerobic. Anaerobic wastewater treatment can be done if the value of minimal COD is 1500mg /l. This research will try to process the wastewater anaerobically by shockloading method using activated sludge. The purpose of this study was to determine the activated sludgestability when it is done with shock loading method and also the effect of COD level and biogas production as changed variables such rector design, HRT, activated sludge type, and activated sludge height. Observed responses are pH effluent, COD levels, and gas production. The results of this research are the process of anaerobic wastewater shock loading on herbal medicine and pharmaceutical industry could reduce COD levels ranged from 78.46% to 93.97% and produce biogas at it's best using organic fertilizer sludge with 1/3 height of ABR.

Key words: wastewater, anaerobic, shock loading, anaerobic baffled reactor, biogas

1. Pendahuluan

Perkembangan industri di Indonesia semakin mengalami peningkatan, baik munculnya industri baru, maupun perluasan produksi dari industri yang telah ada. Meningkatnya jumlah industri yang ada di Indonesia juga akan meningkatkan jumlah produksi limbah yang akan dibuang ke lingkungan. Seperti industri manufaktur atau cabang industri yang mengaplikasikan mesin, peralatan, dan tenaga kerja suatu medium proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi untuk dijual. Agar pembuangan limbah tidak merusak lingkungan, maka perlu adanya suatu proses tambahan yang sering kita sebut dengan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). PT. Sido Muncul adalah salah satu industri pembuatan jamu yang menghasilkan limbah padat maupun cair. Maka dari itu perlu adanya suatu pengolahan untuk membuang limbah yang memiliki baku mutu yang sesuai dengan peraturan pemerintah yang berlaku untuk daerah tersebut.

*) Penulis Penanggung Jawab (Email: email_dosen@undip.ac.id)



Air limbah yang dihasilkan oleh aktivitas industri PT. Sido Muncul mempunyai *hidroulic load* sekitar $130 \text{ m}^3 / \text{hari}$, *flow time* sekitar 18 jam mulai dari jam 06.00 – 24.00 WIB dengan *peak flow* sekitar $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ (Dian Risdianto, 2007). Karakterisasi air limbah dari produksi jamu Kuku Bima dari PT. Sido Muncul adalah: pH 4,94; kadar COD 3610 mg/l; BOD 990 mg/l; fenol 9,8; dan TSS 549. Karakterisasi tersebut sangat jauh dari nilai ambang batas yang dicanangkan oleh pemerintah Jawa Tengah No. 10 Tahun 2004 yaitu pH 6-9; kadar COD 150 mg/l; BOD 75 mg/l; fenol 0,2; dan TSS 75 (Nurita-Sukma).

Telah menjadi isu global bahwa sumber energi bahan bakar sudah semakin menipis, langka dan mahal. Hal ini dikarenakan energi yang umum dipakai berasal dari bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui. Untuk itu perlu adanya upaya baru untuk mendapatkan sumber energi yang terbarukan salah satunya dari pengolahan limbah menjadi biogas. Biogas dapat dihasilkan dari limbah yang memiliki kandungan organik tinggi. Kandungan organik ini yang dimanfaatkan oleh bakteri *methane* untuk dirubah menjadi *methane*. *methane* inilah yang sering kita namakan sebagai biogas.

Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan listrik. Biogas yang dihasilkan oleh aktifitas anaerob sangat populer digunakan untuk mengolah limbah biodegradable karena bahan bakar dapat dihasilkan sambil menghancurkan bakteri patogen dan sekaligus mengurangi volume limbah buangan. Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Saat ini, banyak negara maju meningkatkan penggunaan biogas yang dihasilkan baik dari limbah cair maupun limbah padat atau yang dihasilkan dari sistem pengolahan biologi mekanis pada tempat pengolahan limbah (Rahmi, 2009).

Pengolahan air limbah yang telah dilakukan PT. Sido muncul secara kimia yaitu dengan koagulasi flokulasi. Proses koagulasi dan flokulasi dipilih karena operasionalnya yang cepat dan mudah, tetapi untuk pengoperasian koagulasi dan flokulasi menghasilkan limbah lagi berupa padatan. Biaya untuk pembelian bahan koagulan dan flokulasi juga dinilai mahal serta operasional yang dilakukan oleh PT. Sidomuncul belum optimal (Dian Risdianto, 2007). Untuk menangani limbah cair yang dihasilkan banyak sebesar $\pm 130 \text{ m}^3$ maka diperlukan lahan yang cukup luas untuk menangani limbah tersebut. Jika pengolahan limbah yang dilakukan menghasilkan limbah samping maka akan menimbulkan masalah baru. Proses yang dinilai cocok untuk segala permasalahan diatas adalah dengan mengolah limbah dengan cara anaerobik menggunakan lumpur aktif. Proses ini dipilih karena nilai COD yang lebih dari 1000 mg/L. menurut penelitian-penelitian yang sudah ada cara ini dapat menurunkan nilai BOD limbah 70%-95% (Hammer, 1986).

Proses lumpur aktif dilakukan dengan metode anaerobik dengan menggunakan *Anerobic Baffled Reactor* yang memanfaatkan lumpur aktif sebagai sumber mikroba. Proses yang biasa dilakukan diawali dengan tahap *seeding* (pembiasaan) selama 2 minggu. Melihat masalah diatas limbah yang dihasilkan banyak maka lahan penampungan yang ada tidak mencukupi untuk menampung limbah selama 2 minggu. Maka dari itu diperlukan proses yang lebih cepat sehingga limbah tidak terakumulasi dalam jumlah banyak. Proses anaerobik dicoba menggunakan metode *shock loading* sehingga tidak terjadi penumpukan limbah.

Cara ini bisa dilakukan walaupun ada beberapa mikroba yang nantinya tidak bisa bertahan dengan COD yang tinggi. Dengan hipotesa awal adalah mikroba yang tahan itulah yang akan mengolah limbah jamu tersebut. Dengan pengolahan secara anaerobik, dapat juga dihasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai *fuel*. Hal ini sangat ekonomis, karena selain mengolah limbah cair yang memiliki kadar COD yang tinggi, juga akan diperoleh biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar yang relatif bersih. Limbah cair yang selama ini dilihat sebagai barang yang tidak memiliki nilai ekonomis, ternyata memiliki potensi untuk mengefisienkan pembelian bahan bakar sehingga dapat menguntungkan.

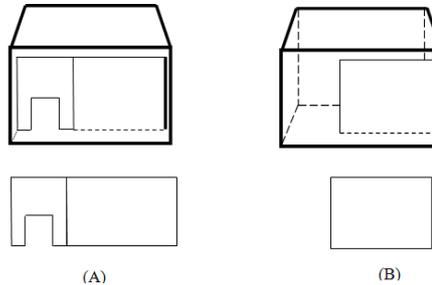
2. Bahan dan Metode Penelitian

Rancangan Percobaan

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan berubah. Sebagai variabel tetap adalah volum tetap lumpur dan limbah dalam reaktor yaitu 18,5 L, laju alir umpan ($0,2 \text{ ml/s}$ untuk HRT 1 hari, dan $0,1 \text{ ml/s}$ untuk HRT 2 hari), suhu reaktor, tekanan reaktor, pH netral, dan makro nutrient (pupuk urea dan SP-36). Sebagai variabel berubah adalah design sekat reaktor A dan B, hydraulic retention time 1 hari dan 2 hari, jenis lumpur aktif dari IPAL tahu dan pupuk kompos organik, serta tinggi lumpur aktif $1/3$ dan $1/2$ tinggi reaktor. Respon yang diamati dalam penelitian ini adalah penurunan kadar COD dan pH pada setiap variabel berubah serta volum biogas pada variabel tinggi dan jenis lumpur.

Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah jamu Kuku Bima PT. Sidomuncul sintetis, dan diolah menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* dengan dua tipe rancangan sekat yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Jenis sekat ABR yang digunakan

Prosedur Percobaan

Analisis sampel dilakukan sebelum dan sesudah proses. Parameter limbah yang digunakan oleh peneliti adalah COD dan pH limbah cair jamu.

Pengolahan limbah cair dengan menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor*

Limbah sintetis dibuat dengan menggunakan Kuku Bima Energy Drink dengan kadar COD yang telah disesuaikan dengan kadar limbah Kuku Bima Energy Drink asli, yaitu 13.000 mg/l dengan melarutkan 1 sachet Kuku Bima Energy Drink pada 1 L air. Alat yang harus dipersiapkan adalah *Anaerobic Baffled Reactor*, klep pengaman, selang, valve, serta tangki penyimpanan bahan baku dan produk. Proses pengolahan limbah:

- Bahan baku yang sudah ditambahkan nutrient kemudian dikondisikan agar berada pada pH 7 (netral) dan ditambahkan kapur.
- Selanjutnya umpan dengan laju alir yang telah ditentukan dimasukkan kedalam reaktor pada suhu lingkungan. Bahan diumpankan ke dalam reaktor secara *shock loading*.
- Setelah itu dilakukan fermentasi dalam ABR dengan variabel HRT yang telah ditentukan.
- Setelah proses fermentasi pada reaktor sesuai dengan waktu yang diinginkan kemudian hasil proses dianalisis sesuai dengan parameter yang diinginkan yaitu COD dan pH kemudian mengukur volume biogas yang dihasilkan.

Analisa Hasil

Analisa Kadar COD

Untuk mengetahui kadar akhir dari COD produk, maka perlu dilakukan analisis kadar COD. Analisis kadar COD berdasarkan SNI 19-1423-1989, menggunakan $KMnO_4$.

Analisis Volume Biogas

Volume biogas dianalisis dengan melihat secara kualitatif produksi biogas yang dihasilkan menggunakan jeriken dan balon penampung gas pada variabel tinggi dan jenis lumpur.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengolah limbah cair industri jamu dan farmasi dengan parameter penurunan COD, sekaligus untuk mengetahui volum biogas yang dihasilkan secara kualitatif. Dari penelitian ini dapat dilihat pengaruh design sekat reaktor, waktu tinggal limbah, tinggi lumpur aktif, dan jenis lumpur terhadap penurunan COD, waktu stabil terhadap shock loading, dan biogas yang dihasilkan secara kualitatif.

Tabel 1. Pengaruh HRT, tinggi lumpur, dan jenis ABR pada waktu stabil COD lumpur IPAL tahu

HRT (Hari)	Tinggi Lumpur	Jenis ABR	Waktu Stabil	COD	Penurunan COD
1	1/2 H	A	6	1300	90,00%
		B	6	1488	88,55%
	1/3 H	A	6	1600	87,69%
		B	6	1716,8	86,79%
2	1/2 H	A	6	784	93,97%
		B	6	916	92,95%
	1/3 H	A	6	1288	90,09%
		B	6	1602	88%

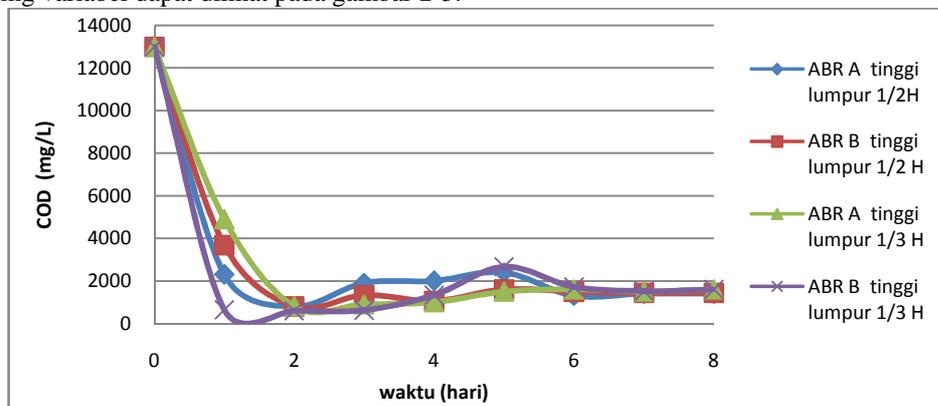


Tabel 2. Pengaruh HRT, tinggi lumpur, dan jenis ABR pada waktu stabil COD lumpur pupuk kompos organik

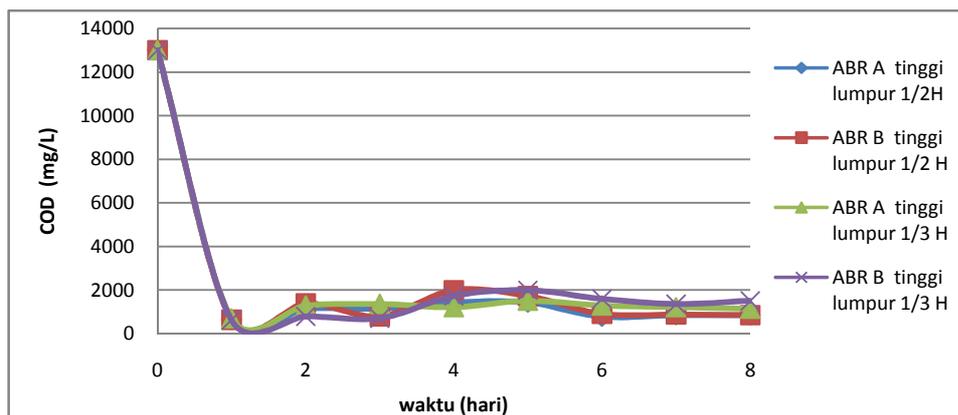
HRT (Hari)	Tinggi Lumpur	Jenis ABR	Waktu Stabil	COD	Penurunan COD
1	1/2 H	A	4	2100	83,85%
		B	3	2200	83,08%
2	1/3 H	A	3	2000	84,62%
		B	3	2400	81,54%
	1/2 H	A	7	2600	80,00%
		B	9	1500	88,46%
	1/3 H	A	10	2100	83,85%
		B	9	2800	78,46%

Pengaruh Design Sekat ABR Terhadap COD Effluent

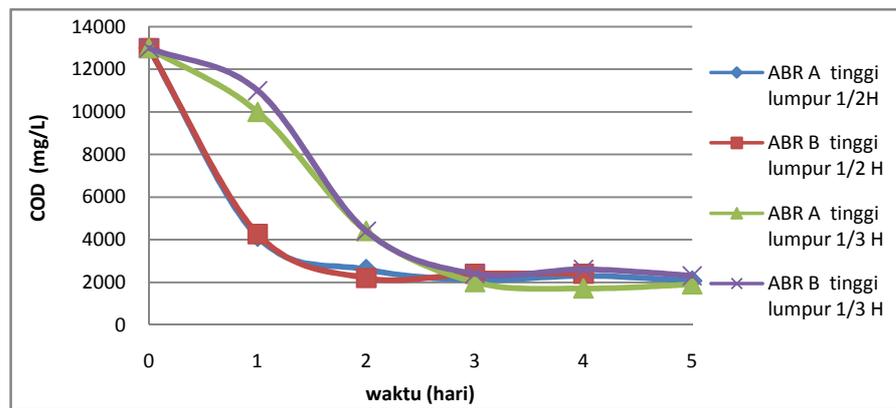
Tujuan penambahan sekat pada ABR A dalam percobaan ini untuk membuat aliran fluida lebih sempurna agar kontak antara fluida dengan lumpur aktif tidak hanya terjadi di permukaan lumpur aktif saja sehingga penurunan COD-nya akan menjadi lebih besar. Perbandingan nilai COD yang diperoleh dari effluent masing-masing variabel dapat dilihat pada gambar 2-5.



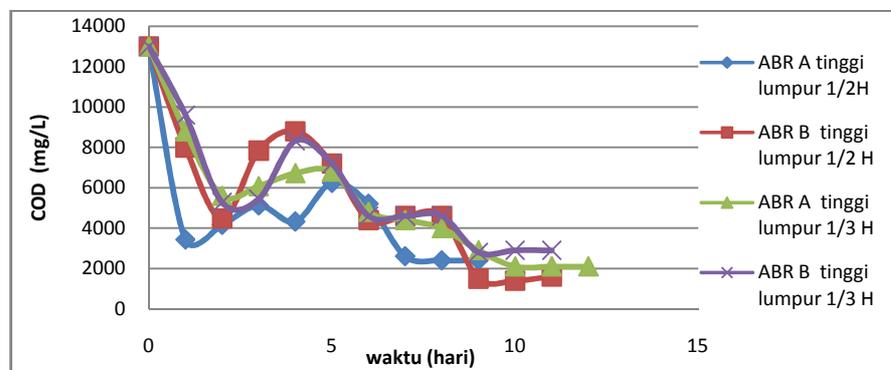
Gambar 2. Penurunan COD pada variabel lumpur IPAL tahu HRT 1 hari



Gambar 3. Penurunan COD pada variabel lumpur IPAL tahu HRT 2 hari



Gambar 4. Penurunan COD pada variabel lumpur pupuk kompos HRT 1 hari



Gambar 5. Penurunan COD pada variabel lumpur pupuk kompos HRT 2 hari

Secara deskriptif pada gambar 2-5 menunjukkan pemakaian sekat menambah tinggi penurunan COD pada air limbah. Hal ini disebabkan karena aliran fluida yang lebih sempurna. Aliran yang sempurna ini memungkinkan kontak antara lumpur aktif dengan air limbah menjadi lebih merata bila dibandingkan dengan tanpa sekat. Tanpa adanya sekat kontak antara lumpur aktif dan air limbah hanya akan terjadi di permukaan saja sehingga akan membuat COD removal akan sangat berbeda.

Nilai penurunan tidak cukup signifikan bahkan perbandingan pada (Gambar 5) nilai penurunan COD lebih besar pada ABR B dengan tinggi lumpur 1/2 H ABR. Hal tersebut dipengaruhi oleh permeabilitas lumpur aktif. Permeabilitas adalah kemampuan tanah dalam meloloskan air (nabilussalam,2011). Dalam hal ini lumpur aktif dalam percobaan ini juga memiliki nilai permeabilitas tersendiri. Permeabilitas tanah pada lapisan atas berkisar antara (0,3-9,46 cm/jam) sedangkan lapisan tanah bagian bawah (1,1 – 3,62) (suharta,2008). *Hydraulic Retention Time* mencapai 1 hari atau 24 jam dan 2 hari atau 48 jam. Jika dihitung-hitung dengan permeabilitas yang terkecil maka dengan waktu 24 jam fluida air limbah sudah bisa mencapai dasar ABR $24 \times 0,3 = 7,2$ cm/jam. Untuk tinggi lumpur aktif 1/2 H ABR, tinggi lumpur berkisar ± 7 cm sedangkan 1/3 H tinggi lumpurnya ± 5 cm. Permeabilitas lumpur yang cukup rendah ini yang menyebabkan nilai penurunan COD yang hampir sama.

4.1. Pengaruh Tinggi Lumpur Aktif Terhadap COD Effluent dan Volum Biogas

Tinggi lumpur secara tidak langsung menunjukkan banyaknya jumlah mikroorganisme yang ada di dalam ABR. Tinggi lumpur 1/3 H artinya lumpur aktif yang diisikan ke dalam ABR dengan ketinggian 1/3 x tinggi ABR. Sehingga jumlah lumpur aktif yang dimasukkan adalah $\pm 1/3 \times 20 \text{ L} = 6,667 \text{ L}$. Untuk tinggi lumpur 1/2 H lumpur yang dimasukkan adalah $1/2 \times 20 \text{ L} = 10 \text{ L}$. Jumlah lumpur yang dimasukkan ke dalam ABR sebanding dengan jumlah mikroorganisme yang dimasukkan. Jumlah mikroorganisme ini bisa dihitung dengan menghitung MLSS (*Mix Liquor Suspended Solid*) lumpur aktif. Perhitungan MLSS diartikan sebagai berat lumpur persatuan volume. Hasil pengamatan ditunjukkan pada gambar 2-5.

Hasil pengamatan menunjukkan 75% dari percobaan menunjukkan COD effluent pada penambahan tinggi 1/2 H lebih kecil dari pada penambahan 1/3 H. Hal ini dikarenakan mikroorganisme perombak komponen

organik dalam air limbah yang jumlahnya lebih besar sehingga penurunan COD-nya juga akan lebih tinggi. Komponen organik di dalam air limbah diubah oleh mikroorganisme di dalam lumpur aktif menjadi biogas sesuai dengan reaksi :

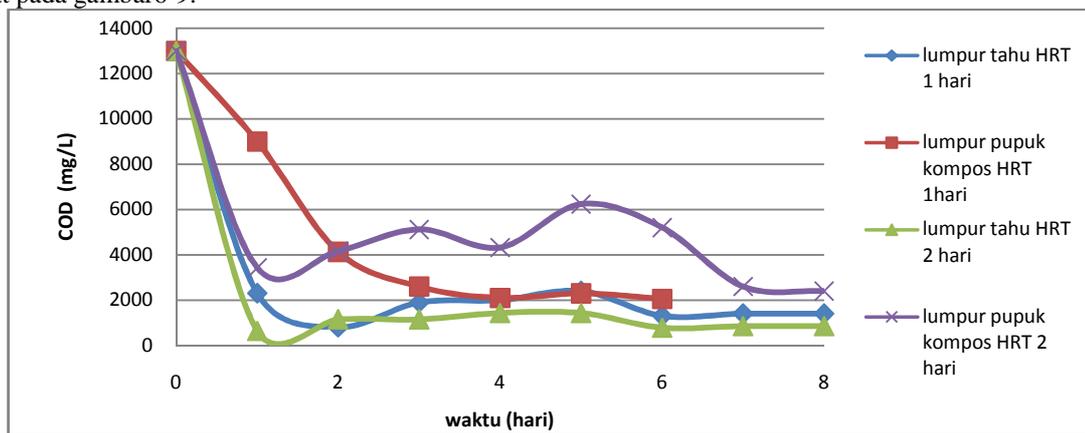


Pada penambahan lumpur 1/2 H jumlah mikroorganisme lebih banyak dari penambahan 1/3 H yang menyebabkan perombak lebih banyak sehingga penurunan COD-nya juga akan lebih tinggi.

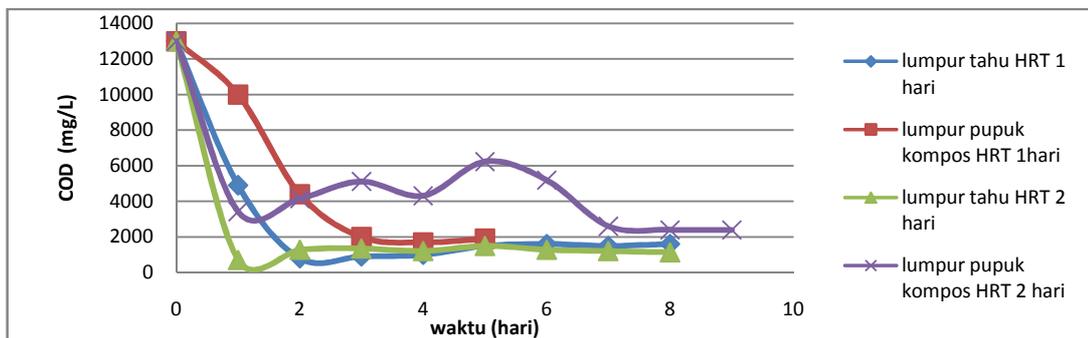
Sebanyak 25% dari percobaan menunjukkan COD effluent pada penambahan lumpur 1/3 H yang lebih rendah dari pada penambahan lumpur 1/2 H. Penambahan lumpur aktif akan sebanding dengan penambahan nilai MLSS-nya. Hal ini akan mempengaruhi nilai F/M rasio yang merupakan indikasi beban organik yang masuk ke dalam system lumpur aktif dan nilainya diwakili dengan kilogram BOD₅ per kilogram MLSS per hari (L. M. Arief, 2012). Semakin tinggi nilai MLSS maka F/M rasionya akan semakin kecil hal inilah yang membuat 25% percobaan menemui fenomena yang berbeda. F/M rasio menunjukkan jatah makanan tiap mikroorganisme berkurang yang menyebabkan kinerja dari mikroorganisme mengalami penurunan. Sebab yang sama mempengaruhi produksi biogas. Pada tinggi lumpur 1/3 H ABR dan jenis lumpur pupuk kompos diketahui biogas paling banyak terproduksi disebabkan rasio makanan terhadap mikroba yang besar sehingga limbah banyak terkonversi menjadi biogas.

Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap COD Effluent

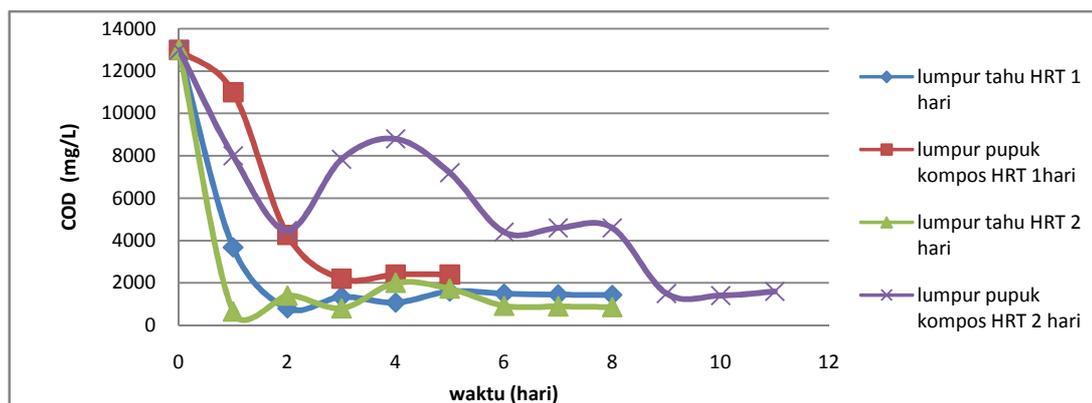
Waktu tinggal adalah lamanya limbah berada dalam reaktor. Waktu tinggal yang dirancang adalah 24 jam (1 hari) dan 48 jam (2 hari). Perbandingan COD yang diperoleh dari effluent masing-masing variabel dapat dilihat pada gambar6-9.



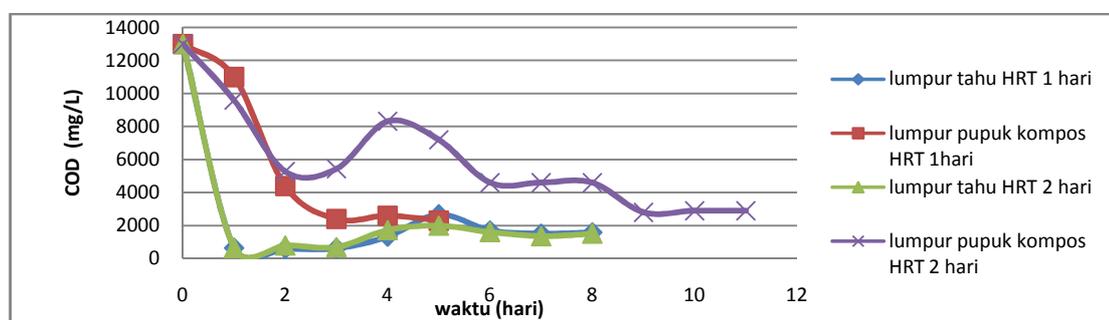
Gambar 6 Penurunan kadar COD hingga waktu stabil pada ABR A Tinggi lumpur 1/2 H



Gambar 7 Penurunan kadar COD hingga waktu stabil pada ABR A Tinggi lumpur 1/3 H



Gambar 8 Penurunan kadar COD hingga waktu stabil pada ABR B Tinggi lumpur 1/2 H



Gambar 9 Penurunan kadar COD hingga waktu stabil pada ABR B Tinggi lumpur 1/3 H

Pada gambar 6-9 dapat dilihat bahwa kadar COD paling rendah saat telah stabil didapatkan pada variabel waktu tinggal 2 hari pada ABR A menggunakan lumpur IPAL tahu 1/2 H ABR, dengan kadar COD 784 mg/l (COD removal 93,97%). Hal ini disebabkan karena limbah berada dalam reaktor dengan waktu tinggal yang lebih lama yaitu 48 jam. Sehingga zat-zat organik yang berada dalam limbah dapat diuraikan secara optimal oleh mikroorganisme yang berada dalam lumpur aktif.

Nilai COD saat telah stabil pada beberapa variabel lain juga menunjukkan hasil yang lebih rendah pada waktu tinggal 2 hari, yaitu pada seluruh variabel lumpur IPAL tahu dan ABR B lumpur pupuk 1/2 H. Sedangkan beberapa variabel menunjukkan nilai COD yang lebih tinggi pada waktu tinggal limbah 2 hari. COD saat stabil yang lebih tinggi pada waktu tinggal limbah 2 hari merupakan COD pada effluent lumpur pupuk kompos organik. Hal ini disebabkan karena pupuk kompos organik masih mengandung banyak kandungan organik di dalam pupuk itu sendiri sehingga menambah beban organik yang harus diuraikan oleh mikroorganisme. Pada waktu tinggal 1 hari, pada lumpur pupuk kompos, *hydraulic rate* yang besar membuat kandungan organik di dalam pupuk cepat keluar bersama effluent ke luar reaktor dikarenakan proses hidrodinamikanya. Sedangkan pada waktu tinggal 2 hari, *hydraulic rate* lebih kecil, sehingga kandungan organik dalam lumpur sulit keluar. Pada waktu tinggal 1 hari, waktu stabil COD terhadap *hydraulic shock loads* menunjukkan hasil lebih cepat dibandingkan waktu tinggal 2 hari.

Pada lumpur tahu pengaruh waktu tinggal terlihat memberikan pengaruh yang positif untuk banyak variabel, sedangkan pada variabel yang lainnya tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan senyawa organik pada limbah sangat mudah untuk didegradasi, sehingga pada waktu tinggal 24 jam telah menghasilkan effluent dengan kadar COD yang rendah dan kadar COD pada waktu tinggal 48 jam menunjukkan penurunan COD yang tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan waktu tinggal 24 jam.

Pengaruh Jenis Lumpur Terhadap COD Effluent dan Volum Biogas

Lumpur aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah lumpur dari IPAL tahu, Semarang dan pupuk kompos organik merek ANWUSA produksi Perusa ANWUSA, Demak. Pada lumpur yang diambil dari IPAL tahu Semarang adalah lumpur yang berada pada kolam pengolahan bagian aerob. Lumpur IPAL tahu tersebut telah terbiasa mengolah limbah tahu yang banyak mengandung kandungan organik yang tinggi dan kompleks. Sedangkan pupuk kompos organik merupakan pupuk kompos dengan kandungan mikroorganisme yang telah

*) Penulis Penanggung Jawab (Email: email_dosen@undip.ac.id)



dirancang untuk membantu menyuburkan tanah, diketahui lebih dari 2000 mikroorganisme rata-rata terdapat dalam pupuk kompos organik. Penurunan kadar COD dengan perbandingan jenis lumpur disajikan dalam grafik perbandingan COD effluent yang dapat dilihat dalam gambar 6-9.

Dari gambar 6-9 dapat dilihat kadar COD pada effluent saat telah stabil jauh lebih kecil dengan menggunakan lumpur IPAL tahu. Dengan waktu stabil dipengaruhi oleh waktu tinggal limbah. Pada waktu tinggal limbah 1 hari pada pupuk kompos, waktu stabil lebih cepat karena kandungan organik yang terdapat dalam kompos dan limbah yang masih agak tinggi dapat keluar dari reaktor dengan cepat. Namun pada lumpur kompos organik sulit mencapai nilai COD yang rendah karena pada pembuatan pupuk kompos organik, suhu pupuk pernah mencapai kondisi sangat tinggi sekitar 50°C. Suhu yang tinggi menyebabkan banyak bakteri yang mati. Sisanya yang dapat bertahan, berkembang biak dalam reaktor dengan nutrisi yang diberikan. Namun, bila dilihat secara kuantitatif gas yang keluar pada lumpur pupuk kompos organik lebih besar dibandingkan pada lumpur IPAL tahu. Hal tersebut disebabkan oleh manure yang dipakai pada pupuk kompos adalah manure sapi yang banyak mengandung bakteri methanogens, selain itu proses pemanasan menyebabkan terseleksinya bakteri sehingga yang banyak hidup dan berkembang adalah bakteri penghasil biogas.

Kadar COD effluent pada lumpur IPAL tahu, berhasil mencapai minimum pada nilai 784 mg/L. Rendahnya kadar COD yang didapat dengan menggunakan lumpur IPAL tahu dikarenakan lumpur tersebut memang sudah berada pada IPAL dan digunakan untuk menurunkan COD, mikroorganisme yang berada dalam lumpur telah terbiasa mengurai bahan organik yang kompleks pada tahu. Namun, secara kuantitatif, gas yang dihasilkan oleh variabel lumpur tahu lebih sedikit dibandingkan oleh lumpur pupuk, hal ini disebabkan karena bakteri yang terdapat dalam lumpur IPAL tahu lebih beragam, yang kebanyakan adalah jenis bakteri anaerob *acid forming bacteria* dan *acetogenic bacteria*, yang mengubah bahan organik menjadi asam-asam volatil.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian pengolahan limbah cair industri jamu dan farmasi menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* secara *shock loading* dalam upaya menghasilkan biogas adalah sebagai berikut:

1. Waktu stabil terhadap *hydraulic shock loads* pada jenis lumpur IPAL tahu Semarang, rata-rata 6 hari sedangkan untuk lumpur pupuk kompos organik bervariasi yaitu 4 hari pada variabel HRT 1 hari dan waktu stabil 10 hari pada variabel HRT 2 hari.
2. Penggunaan sekat A dapat menurunkan COD lebih banyak dari pada sekat B. Penurunan COD untuk sekat A rata-rata 86,33% sedangkan penurunan COD pada sekat B rata-rata sebesar 85,98%.
3. Semakin banyak volume lumpur yang ditambahkan akan menambah presentasi penurunan COD. Biogas lebih banyak dihasilkan dengan tinggi lumpur 1/3 H pada pupuk kompos organik, dan 1/2 H pada lumpur IPAL tahu.
4. Semakin lama waktu tinggal limbah di dalam reaktor, maka penurunan COD yang didapatkan semakin besar. Kecuali untuk variabel jenis lumpur pupuk kompos organik, kadar COD yang diperoleh pada HRT 1 hari lebih rendah dibandingkan 2 hari.
5. Jenis lumpur sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar COD. Penurunan COD pada lumpur IPAL tahu lebih besar daripada lumpur pupuk kompos organik. Dalam memproduksi biogas lumpur pupuk kompos organik lebih baik dibandingkan lumpur IPAL tahu.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Pengolahan Limbah atas kontribusinya sebagai tempat penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anonim. 1981. *Food, Fuel, and Fertilizer From Organic Wastes*. Washington: National Academy Press.
- Basuki, Bambang Triono. 2001. Pengolahan Limbah Cair Tank Cleaning Tangki Timbun Instalasi Pertamina UPPDN IV Semarang. *Jurnal Reaktor, Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Hammer, Mark J. 1931. *Water and Wastewater Technology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Hermawan, Beni dkk. 2007. Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Sumber Biogas Untuk Mengatasi Krisis Energi Dalam Negeri. *Karya Tulis Ilmiah Mahasiswa. Universitas Lampung. Bandar Lampung*.
- McInerney, M. J. 1999. *Anaerobic metabolism and its regulation*. In: H. -J. Rehm, G. Reed, A. Pühler, and P. Stadler (ed.), *Environmental processes-Wastewater and waste treatment*. Vol. 11a. Biotechnology, 2nd Edition. Germany: VCH, Weinheim,.
- Metcalf and Eddy. 2004. *Wastewater Engineering, 4th edition*. New York: Mc Graw Hill International Editions.



- Milasari, Nurita I. dan Ariyani, Sukma B. 2010. Pengolahan Limbah Cair Kadar Cod dan Fenol Tinggi Dengan Proses Anaerob Dan Pengaruh Mikronutrient. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Diponegoro. Semarang.*
- Murbandono, L.H.S. 2000. *Membuat Kompos*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nachaiyasit, S., dan Stuckey, D. C. 1997. The Effect Of Shockloads On The Performance Of An Anarobic Baffled Reactor (ABR). 2. Step and Transient Hydraulic Shocks At Constant. *Pergamon*, PIh S0043-1354(97)00134-6.
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th edition*. New York: Mc Graw Hill International Editions.
- Poompavai, S. 2002. Treatment of Different Industry Wastewaters. *Mphil Thesis, Pondicherry University, Pondicherry, 103*.
- Price, E., dan Paul, N. C. 1981. *Biogas Production and Utilization*. Michigan: Ann Arbor Science Publisher Inc.
- Rahman, B. 2005. Biogas Sumber Energi Alternatif. <http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1123717100&3>(dikunjungi 5 juli 2012).
- Rahayu, Driyanti. 2007. Produksi Polihidroksialkanoat Dari Air Limbah Industri Tapioka dengan Sequencing Batch Reaktor. *Jurnal Penelitian Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Bandung*.
- Ramasamy, E.V., Gajalakshmi, S., Sanjeevi, R., Jithes, M.N. dan Abbasi, S.A. 2004. Feasibility Studies on the Treatment of Dairy Wastewaters with Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors. *Bioresourc Technology*, 93, 209-212.
- Risdiyanto, Dian. 2007. Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Romli, M. 2010. *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. Bogor: TML Publikasi.
- Sa'adah, Nur Rahmi dan Puji Winarti. 2009. Pengolahan Limbah Cair Domestic Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang*.
- Sahidu, S. 1983. *Kotoran Sebagai Sumber Energi*. Jakarta: Dewaruci Press.
- Sasse, L. 1992. *Pengembangan Enegi Alternatif dan Pertanian Terpadu di Boyolali-Jawa Tengah*. Solo: Lembaga Pengembangan Teknologi Pedesaan.
- Suharta, N. and B. H. Prasetyo. 2009. Mineralogical And Chemical Characteristic Of Spodosols In Toba Highland, North Sumatra. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 10(2), 2009: 54-64.
- Sutapa, dan Ignasius DA. 1999. Lumpur Aktif : Alternatif Pengolah Limbah Cair. *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan; No.3; 25-38, Peneliti Puslitbang Limnologi-LIPI, Cibinong*.
- Sutapa, dan Ignasius D.A. 2000. Teori Bioflokulasi Sebagai Dasar Pengelolaan Sistem Lumpur Aktif. *Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan, Vol. 2, No.1; 76-83, Peneliti Puslitbang Limnologi-LIPI, Cibinong*.
- Ting, Y.P., *H. Imai and S. Kinoshita. 1994. Effect of Shock-Loading of Heavy Metals on Total Organic Carbon and Phosphat Removal in an Anaerobic- Aerobic Activated Sludge Process. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*.
- Wijayanti, H. 1993. Pengaruh pH, Alkalinitas, dan Nutrient Terhadap Produksi Gas Methan Pada Pengolahan Limbah Industri Alkohol Secara Anaerobik Dengan dan Tanpa Pengadukan. *Jurnal Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya*.
- M., Yani dan Darwis AA. 1990. *Diktat Teknologi Biogas*. Bogor: Pusat Antar Universitas Bioteknologi- IPB.
- Zhang, Y., Yan L., Chi L., Long X., Mei Z., & Zhang Z. 2008. Startup and operation of anaerobic EGSB reactor treating palm oil effluent. *Journal of Environmental Science*. 20:658-663.