

PROSES PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DOMESTIK SECARA ANAEROB

Desi Wulandari (L2C606012) dan Riska Hesti Marlitasari (L2C606040)

Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, Universitas Diponegoro

Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Pembimbing: Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA

Abstrak

Pencemaran pada sungai-sungai di berbagai kota dirasakan sebagai akibat dari buangan limbah domestik. Limbah cair domestik mempunyai kandungan bahan organik yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai produk daripada hanya sekedar dilakukan pengolahan saja. Pengolahan dapat dilakukan secara biologi menggunakan sistem pengolahan lumpur aktif secara anaerob. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis lumpur aktif, waktu pengolahan dan produksi biogas yang dihasilkan melalui proses anaerobic digestion. Limbah domestik diambil dari selokan di Jl. Wonodri Semarang. Lumpur aktif selokan dan lumpur aktif limbah tahu digunakan sebagai sumber mikroorganisme. Pengukuran COD digunakan sebagai parameter pengolahan limbah. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah persentase penurunan COD selama 30 hari sebesar 37,3% dengan produksi biogas sebanyak 2,25 L. Hasil terbaik pada pengolahan limbah dengan menggunakan lumpur aktif tahu dengan volume limbah 10L. Penurunan COD dipengaruhi oleh waktu tinggal, banyaknya volume limbah yang diolah dan jenis lumpur aktif yang digunakan. Waktu yang diperlukan untuk mengolah air limbah agar sesuai standar baku mutu air adalah 84 hari.

Kata kunci: limbah cair domestik, pengolahan, anaerob, COD.

Abstract

The pollution occurred to rivers in many towns is considered as the impact of domestic sewage disposal. Domestic sewage contains organic matters that it can be used as products instead of treated substances. The sewage can be treated biologically by using anaerobic activated sludge system. This research purposes on determining the type of activated sludge, treatment time needed, and biogas generated from anaerobic digestion. The domestic sewage was taken from the sewer in Wonodri Street, Semarang. Activated sludge from the sewer and tofu production sewage were used as the source of microorganisms. COD analysis was used as a parameter of sewage treatment. The results of this research are the decrease of COD value during 30 days is 37,3% and the biogas generated is 2,25 L. The best result of sewage treatment by using tofu activated sludge is obtained when 10 L of sewage is treated. The decrease of COD value is influenced by retention time, the volume of sewage treated, and the type of activated sludge. The time needed in order to treat the sewage to meet the water standard is 84 days.

Key words: domestic sewage, treatment, anaerob, COD.

1. Pendahuluan

Sungai-sungai di Kota Semarang semakin hari semakin mengalami penyempitan bahkan pencemaran, seperti terjadi pada Sungai Babon yang letaknya di Kelurahan Primulyo, Kecamatan Genuk, Semarang. Berdasarkan hasil pantauan menunjukkan air sungai tersebut keruh, berwarna merah, dan berbau busuk menyengat. Kondisi serupa juga dialami Kaligarang Semarang, dan sungai-sungai kecil maupun saluran pembuangan di perkotaan. Pencemaran sungai di perkotaan lebih banyak disebabkan oleh limbah cair domestik yang mempunyai kandungan bahan organik cukup tinggi. Beberapa parameter kualitas air ditentukan oleh kandungan COD, BOD, DO, logam berat dan bahan kimia terlarut lainnya. Upaya pengendalian pencemaran perlu dilakukan agar tidak menurunkan kualitas air dan menimbulkan kerugian ekonomis.

Kandungan bahan organik pada limbah cair domestik memungkinkan untuk memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan baku untuk menghasilkan suatu produk yang berguna. Pada pengolahan limbah dengan proses anaerob selain memperbaiki kualitas air limbah juga dihasilkan biogas.

Kandungan biogas sebagian besar adalah gas metana yang dapat dimanfaatkan sebagai energi untuk keperluan industri maupun rumah tangga.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis lumpur yang paling efektif untuk mengolah air limbah domestik, mengetahui waktu yang efektif untuk mengolah air limbah, dan mengetahui produksi biogas melalui proses *anaerobic digestion*

2. Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian adalah limbah cair domestic 15L dan 10L sesuai variable, lumpur aktif selokan dan lumpur aktif tahu, bahan untuk analisis COD adalah $H_2C_2O_4$ 0,01N, H_2SO_4 4N, $KMnO_4$, dan aquadest

Cara Kerja

Lumpur aktif tahu dan lumpur aktif selokan kedalam digester, lalu memasukkan limbah cair domestic sesuai variable. Proses dikondisikan secara anaerob selama variable yang ditentukan. Sebelum diolah, limbah cair domestic sebelumnya dianalisa COD terlebih dahulu dan setelah diolah limbah cair tersebut kemudian dianalisa COD kembali untuk mengetahui kadar penurunan COD. Disamping itu kami juga menganalisa perubahan fisik yang terjadi selama proses pengolahan seperti perubahan warna, bau dan adanya gelembung-gelembung gas.

Kondisi Operasi

Tempuhan	Lumpur aktif		Vol limbah (L)
	limbah tahu (L)	selokan (L)	
1	1	-	15
2	0,5	0,5	15
3	1	-	10
4	0,5	0,5	10
5	-	1	10

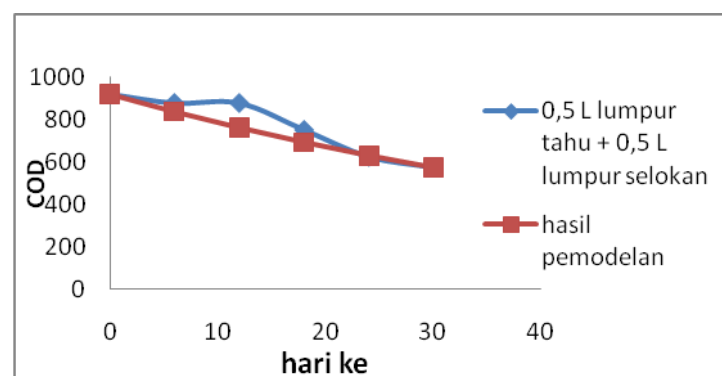
Proses dikondisikan secara anaerob selama variable yang ditentukan dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm, suhu kamar dan pH 7.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh waktu tinggal terhadap penurunan COD

Penelitian dilakukan untuk mengolah limbah selokan dan lumpur limbah tahu maupun limbah selokan sebagai sumber mikroorganismenya. Volume limbah yang diolah sebanyak 15 liter dengan menggunakan lumpur aktif selokan dan tahu masing-masing 0,5 liter. Limbah dan lumpur aktif dimasukkan ke dalam digester dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm, pH 7, suhu kamar secara anaerob, dan diberikan tambahan nutrisi berupa urea dan NPK untuk memenuhi kebutuhan makanan

bakteri anaerob. Proses pengolahan limbah dilakukan selama 30 hari di dalam digester anaerob. Setiap 6 hari sekali dilakukan analisa COD. Hasil penelitian ditunjukkan pada grafik 4.1



Grafik 3.1 Hubungan COD terhadap waktu tinggal (P 1 atm, suhu kamar, pH 7, anaerob)

Dari grafik 3.1 terlihat hasil penurunan kadar COD yang paling besar pada penelitian ini dicapai pada waktu tinggal 30 hari yaitu sebesar 575 mg/L. Hal ini disebabkan semakin lama waktu tinggal limbah dalam digester anaerob maka kontak antara limbah dengan lumpur aktif semakin lama pula. Dengan demikian kesempatan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik semakin besar dan bahan organik yang terurai semakin banyak (penurunan COD menjadi semakin besar). Hubungan COD terhadap waktu tinggal ditunjukkan pada model persamaan berikut:

$$-\frac{d[\text{COD}]}{dt} = k [\text{COD}] \quad (1)$$

$$-\int_{\text{COD}_0}^{\text{COD}_t} \frac{d[\text{COD}]}{dt} = k \int_0^t dt \quad (2)$$

$$-\ln \frac{\text{COD}_t}{\text{COD}_0} = k \cdot t \quad (3)$$

$$\frac{\text{COD}_t}{\text{COD}_0} = e^{-kt} \quad (4)$$

$$\text{COD}_t = \text{COD}_0 \cdot e^{-kt} \quad (5)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai k/hari adalah 0,0156 sehingga diperoleh model persamaan:

$$\text{COD}_t = \text{COD}_0 \cdot e^{-0,0156t} \quad (6)$$

Dengan menggunakan model persamaan (4.6) diatas diperoleh persentase penurunan COD selama 30 hari sebesar 37,3% dengan persen kesalahan sebesar 4,73%. Dari persamaan (4.6) dapat diperoleh waktu optimum untuk menurunkan kadar COD hingga batas COD yang diizinkan sesuai keputusan Menteri KLH No.03/MENKLH/II/1991 (250 ppm), yaitu sekitar 84 hari . Dari hasil penelitian COD yang diperoleh hanya mengalami sedikit penurunan atau jauh dari standar baku mutu yang diinginkan, hal ini disebabkan karena kurangnya waktu tinggal saat pengolahan dan lumpur aktif yang digunakan jumlahnya sedikit. Didalam lumpur aktif terkandung bakteri pengurai (bakteri methanogenesis) bahan organik dari limbah, karena sedikitnya lumpur aktif yang digunakan maka bahan organik (karbohidrat, lemak, protein) dalam limbah yang terdegradasi juga sedikit.

Pengaruh jenis lumpur aktif terhadap penurunan COD

Jenis lumpur aktif yang digunakan dalam penelitian ini ada 3 macam, yaitu lumpur aktif tahu dan selokan masing-masing 0,5L, lumpur aktif tahu 1L, lumpur aktif selokan 1L. Untuk mengetahui pengaruh jenis lumpur aktif terhadap penurunan COD maka pengolahan hanya dilakukan selama 6 hari untuk masing-masing jenis lumpur aktif. Kondisi operasi untuk pengolahan ini dilakukan juga pada tekanan 1 atm dan suhu kamar didalam digester anaerob dengan volume limbah yang diolah 15L dan 10L. Hasil penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Hubungan COD terhadap jenis lumpur aktif dan volume yang berbeda

Tempuhan	Volume Lumpur		Vol limbah (L)	COD (mg/L)	
	Limbah tahu (L)	Limbah selokan (L)		Awal	Proses selama 6 hari
1	1	-	15	917	750
2	0,5	0,5	15	917	875
3	1	-	10	917	625
4	0,5	0,5	10	917	750
5	-	1	10	917	875

Dari table 3.1 terlihat bahwa hasil terbaik pada pengolahan limbah dengan menggunakan lumpur aktif tahu menghasilkan penurunan COD paling besar pada volume limbah 15L maupun 10L, yaitu 750 mg/L untuk volume limbah 15L dan 625 mg/L untuk volume limbah 10L. Hal ini disebabkan karena jumlah bakteri pengurai di dalam lumpur tahu lebih banyak dibandingkan dengan jenis lumpur lainnya sehingga kemampuan untuk menguraikan bahan organik yang ada dalam air limbah semakin besar. Pada lumpur aktif tahu sebelumnya telah mengalami tahapan hidrolisa, acidogenesis, acetogenesis sehingga aktivitas mikroba untuk mendegradasi bahan-bahan organik di dalam air limbah lebih efektif dibanding dengan menggunakan lumpur aktif dari selokan dimana kandungan senyawa organik seperti protein, karbohidrat dan lemak yang akan diubah menjadi asam amino, glukosa dan asam lemak jumlahnya lebih sedikit dibanding dengan kandungan yang sama pada lumpur aktif tahu.

Pengaruh volume limbah terhadap penurunan COD

Pada penelitian ini volume limbah yang diolah adalah 15L dan 10L. jenis lumpur aktif yang digunakan untuk mengolah limbah volume 15L adalah lumpur aktif selokan dan tahu masing-masing 0,5L, lumpur aktif selokan 1L, dan lumpur aktif tahu 1L dimana jenis lumpur tersebut juga digunakan untuk mengolah limbah volume 10L dengan komposisi yang sama juga. Untuk mengetahui pengaruh volume limbah terhadap penurunan COD maka pengolahan hanya dilakukan selama 6 hari untuk masing-masing jenis lumpur aktif. Proses pengolahan dilakukan dengan kondisi operasi yang sama yaitu tekanan 1 atm, pH 7, dan suhu kamar secara anaerob. Hasil penelitian ditunjukkan pada grafik 3.2.

Tabel 3.2. Hubungan COD terhadap jenis lumpur aktif dan volume yang berbeda

Tempuhan	Vol Lumpur aktif		Vol limbah (L)	COD (mg/L)	
	Limbah tahu (L)	Limbah selokan (L)		awal	waktu tinggal 6 hari
1	1	-	15	917	750
2	0,5	0,5	15	917	875
3	1	-	10	917	625
4	0,5	0,5	10	917	750
5	-	1	10	917	875

Dari table Tabel 3.2 terlihat bahwa pada pengolahan limbah volume 10L penurunan CODnya lebih besar dibandingkan pengolahan limbah volume 15L. Hal ini disebabkan karena jumlah bahan organik yang akan diuraikan didalam limbah tidak terlalu banyak sehingga kemampuan untuk menguraikan zat organik lebih efektif.

Produksi biogas yang dihasilkan

Proses pengolahan air limbah dalam penelitian ini dilakukan selama 30 hari, dan setiap 6 hari dilakukan analisis COD dan pengamatan fisik terhadap limbah yang diolah. Hasil pengamatan penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 limbah hari ke 0

Air limbah pada hari ke-0 masih terlihat keruh, belum tampak uap air dan gelembung gas dipermukaan air karena air limbah belum mengalami proses pengolahan.



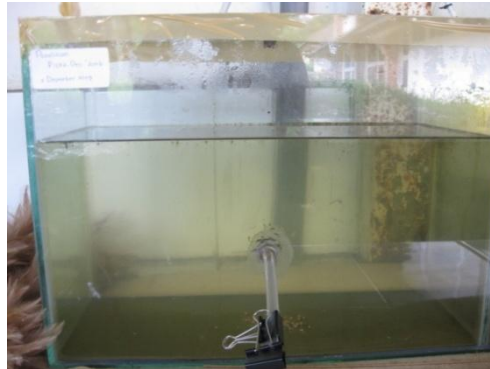
(a)



(b)

Gambar 3.2 limbah hari ke 6

Air limbah pada hari ke 6 (gambar b) sudah terlihat jernih dan mulai nampak uap air (gambar a) pada kaca penutup dan dinding digester. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengolahan secara anaerob sudah berjalan sampai tahap acidogenesis dimana senyawa organik yang telah mengalami hidrolisa menjadi senyawa sederhana diubah menjadi asam organik yang mudah menguap.



Gambar 3.3 limbah hari ke 12

Air limbah pada hari ke 12 sudah terlihat lebih jernih dan nampak gelembung-gelembung yang sangat kecil pada permukaan air limbah. Hal ini menunjukkan sudah terbentuknya gas akibat kerja mikroba anaerob dimana bahan organik jika bergabung dengan mikroba anaerob akan menghasilkan sel baru, energy, CH₄, CO₂ dan unsure lain.



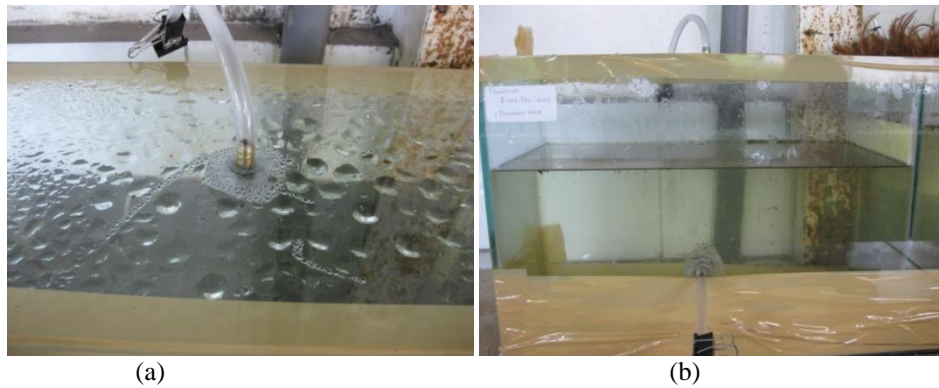
Gambar 3.4 limbah hari ke 18

Air limbah pada hari ke 18 lebih nampak jernih dari hari sebelumnya. Hal ini menunjukkan proses pengolahan secara anaerob berjalan lebih efektif dimana ditandai dengan bertambahnya jumlah gelembung di permukaan air walaupun ukuran gelembung masih kecil.



Gambar 3.5 limbah hari ke 24

Air limbah pada hari ke 24 terlihat lebih jernih dari pada hari ke 18



Gambar 3.6 limbah hari ke 30

Air limbah pada hari ke 30 (gambar b) terlihat paling jernih dibandingkan hari-hari sebelumnya dan dari gambar terlihat adanya gelembung-gelembung gas di permukaan air dengan jumlah lebih banyak dibandingkan hari-hari sebelumnya serta bau tak sedap dari limbah semakin hari semakin berkurang sebab bahan-bahan organik dari air limbah seperti karbohidrat, protein dan lemak telah mengalami degradasi oleh bakteri anaerob. Timbulnya gelembung gas pada permukaan air menunjukkan kandungan gas CH_4 , CO_2 dan gas-gas lain yang terbentuk jumlahnya semakin banyak. CH_4 merupakan salah satu kandungan gas yang ada di dalam gas bio dan gas bio itu sendiri dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Gas bio dapat dihasilkan dalam empat tahapan yaitu tahap hidrolisa, acidogenesis, acetogenesis, dan metanogenesis. Dalam penelitian ini kami menggunakan lumpur aktif selokan, tahu serta campuran selokan dan tahu. Hasil penurunan COD terbesar ditunjukkan oleh penggunaan lumpur aktif tahu. Dari hasil penurunan COD dapat dihitung berapa volume gas yang dihasilkan. Untuk variable yang menggunakan lumpur aktif tahu terlihat gelembung gas lebih banyak dalam waktu yang cukup singkat yang mengindikasikan banyaknya pula terbentuknya gas CH_4 . Hal ini disebabkan karena lumpur aktif tahu sudah mengalami tahapan hidrolisa, acidogenesis dan acetogenesis sehingga waktu untuk menuju ke tahapan metanogenesis lebih cepat. Pada tahap metanogenesis terjadi konversi asam organik (dari tahapan acetogenesis) menjadi metana, karbon dioksida dan gas-gas lain. Berikut hasil volume gas yang diperoleh untuk variable 0,5L lumpur aktif tahu dan 0,5L lumpur aktif selokan:

$$\begin{aligned} \text{COD}_0 - \text{COD}_{30} &= 917 - 575 \\ &= 342 \text{ mg/L} \times 15\text{L} \\ &= 5130 \text{ mg} \\ &= 5130 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \end{aligned}$$

Volume gas :

Penurunan 1 kg COD sebanding dengan $0,44 \text{ m}^3$ biogas, maka

$$\begin{aligned} \text{Volume gas} &= 5130 \cdot 10^{-6} \times 0,44 \\ &= 2257,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \\ &= 2,25 \text{ L} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, volume biogas yang dihasilkan relative masih sedikit. Hal ini dikarenakan COD limbah yang terlalu tinggi mengindikasikan banyaknya bahan-bahan kimia (disinfektan, detergen, dan logam berat) yang terkandung dalam air limbah, dimana bahan kimia tersebut bersifat racun bagi bakteri penghasil methane dan dapat menghambat terbentuknya gas bio. Didalam lumpur aktif terkandung bakteri pengurai (bakteri methanogenesis) bahan organik dari limbah, sehingga sedikitnya lumpur aktif yang digunakan menyebabkan bahan organik (karbohidrat, lemak, protein) dalam limbah yang terdegradasi juga sedikit sehingga gas bio yang dihasilkan juga sedikit. Sedikitnya volume biogas yang dihasilkan disebabkan juga oleh singkatnya waktu tinggal air limbah di dalam digester anaerob mengakibatkan singkatnya pula waktu fermentasi untuk mengkonversi bahan organik menjadi gas bio sehingga waktu optimum untuk menghasilkan gas bio tidak tercapai.

4. Kesimpulan

Penurunan kandungan COD pada pengolahan air limbah domestik secara anaerob dipengaruhi oleh waktu tinggal, volume air limbah yang diolah dan jenis lumpur aktif yang digunakan sebagai sumber mikroorganisme. Jenis lumpur yang paling efektif untuk mengolah air limbah dalam digester anaerob adalah lumpur pengolahan limbah tahu. Waktu yang diperlukan untuk mengolah air limbah agar

sesuai standar baku mutu air adalah 84 hari. Volume biogas yang diperoleh dari pengolahan air limbah 15L adalah 2,25L.

5.Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA selaku dosen pembimbing penelitian Staf laboratorium penelitian yang telah memberikan bantuan dan dukungan pelaksanaan penelitian ini. .


Daftar Notasi

t = waktu tinggal, hari
k = konstanta, hari⁻¹

Daftar Pustaka

- Igoni, A.H, Ayotamuno, M.J, Eze, Ogaji, SOT, Probert, SD, 2007. *Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid-waste*. Journal of ScienceDirect 430-438.
- Budiarto, Rahmawan, 2004, *Potensi Energi Limbah Pabrik Kelapa Sawit*. Program studi Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Walla, C., Schneeberger, W., 2007, *The optimal size for biogas plants*. Journal of ScienceDirect.
- Darsono, V, 2007. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob dan Aerob*. Jurnal Teknologi Industri Vol. XI No.1, Teknik Industri, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Erliza. H, 2008, *Teknologi Bioenergi*, Agromedia, Jakarta Selatan
- John Gelegenisa,_, Dimitris Georgakakisb,Irini Angelidakic, Vassilis Mavrissa, 2007. *Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure*. Journal of ScienceDirect 2147–2160.
- Konstantinos P. Tsagarakis, 2007. *Optimal number of energy generators for biogas utilization in wastewater treatment facility*. Journal of ScienceDirect 2694–2698.
- Metcalf and Eddy Inc. 1979. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. New York: 2nd Edition, Mc, Graw Hill Series Water Resource and Enviromental Engineering.
- R.P.J.M. Ravena,_, K.H. Gregersenb, 2007. *Biogas plants in Denmark: successes and setbacks*. Journal of ScienceDirect 116–132.
- S. Ishikawa a,*, S. Hoshiba a, T. Hinata b, T. Hishinuma a, S. Morita a, 2007. *Evaluation of a biogas plant from life cycle assessment (LCA)*. Journal of ScienceDirect 230–233.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Edisi 1. Universitas Indonesia. Jakarta
- W. Parawiraa,b, J.S. Readc, B. Mattiassona, L. Bjo’rnmssona, 2007. *Energy production from agricultural residues: High methane yields in pilot-scale two-stage anaerobic digestion*. Journal of ScinceDirect.

Telah diperiksa
Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA