

J. Tek. Ling.	Vol. 8	No. 3	Hal. 217-222	Jakarta, September 2007	ISSN 1441-318X
---------------	--------	-------	--------------	-------------------------	----------------

UNJUK KERJA REAKTOR ANAEROB LEKAT DIAM TERENDAM DENGAN MEDIA PENYANGGA POTONGAN BAMBU

Indriyati

Pusat Teknologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Fixed Bed Anaerobic reactor that use support material from bamboo rings can be used as waste water biological treatment without oxygen inside reactor. On the experiment that use soybean sauce waste water with high organic content. According to the experiment, the optimum performance result was 3.5 days with loading rate 0.71 kg COD/m³.day and bamboo rings can be used as support material.

Key words : Anaerob, media penyangga.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Reaktor anaerobik lekat diam terendam (*Fixed Bed Reaktor*) dengan menggunakan media penyangga potongan bambu dapat digunakan sebagai alat pengolah limbah cair organik dengan menggunakan sistem reaktor anaerobik (proses pengolahan secara biologi tanpa oksigen).

Pengolahan secara biologi merupakan alternatif dalam pengolahan limbah sisa aktivitas kegiatan manusia, baik dalam kegiatan industri, kegiatan komersial atau kegiatan domestik dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme.

Pengolahan secara biologi ini bertujuan untuk mentransformasikan bahan-bahan tercemar baik bahan organik atau anorganik dalam bentuk terlarut maupun koloid menjadi bentuk gas atau jaringan sel yang lebih mudah untuk dipisahkan melalui proses fisik seperti pengendapan.

Proses biologi tersebut pada prinsipnya dapat dibagi dalam dua kategori yaitu proses aerob dan proses anaerob.

Pada proses aerob memerlukan oksigen sebagai faktor utama bagi proses yang berlangsung didalamnya, sedangkan dalam proses anaerob, proses dapat berlangsung tanpa oksigen atau hanya memerlukan oksigen yang sangat terbatas.

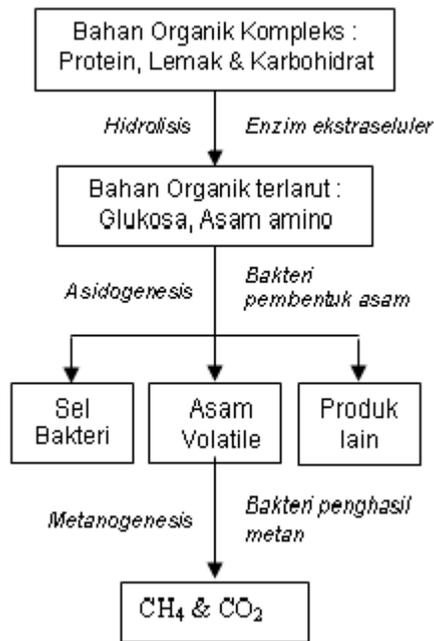
Beberapa keuntungan pengolahan secara anaerob adalah dihasilkannya energi dalam bentuk biogas, lumpur yang dihasilkan sedikit, tidak memerlukan lahan yang besar dan tidak membutuhkan energi untuk aerasi. Sedangkan kekurangannya adalah pertumbuhan mikroorganisme lambat dibandingkan pertumbuhan mikroorganisme pada proses aerob.

1.2. Tinjauan pustaka

Degradasi senyawa organik secara anaerobik secara skematis ditunjukkan pada Gambar 1. Pada proses anaerob, penguraian senyawa organik berlangsung secara bertahap dan pada setiap tahapan terdapat aktivitas suatu jenis bakteri tertentu

yang dominan dan setiap jenis bakteri mempunyai kondisi lingkungan optimum yang menjadi salah satu parameter penting⁽¹⁾.

Sesuai dengan tahapan-tahapan tersebut, masing-masing proses yang terjadi dalam proses degradasi anaerobik adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Degradasi anaerobik senyawa organik⁽¹⁾.

a. Proses Hidrolisis. Pada proses hidrolisis ini, aktivitas kelompok bakteri Saprofilik menguraikan bahan organik kompleks. Aktivitas terjadi karena bahan organik tidak larut seperti polisakarida, lemak, protein dan karbohidrat akan dikonsumsi bakteri Saprofilik, dimana enzim ekstraseluler akan mengubahnya menjadi bahan organik yang larut dalam air.

b. Proses Asidogenesis. Pada proses ini, bahan organik terlarut akan diubah menjadi asam organik rantai pendek seperti asam butirat, asam propionat, asam amino, asam asetat dan asam-asam lainnya oleh bakteri Asidogenik. Salah satu bakteri yang hidup dalam kelompok Asidogenik adalah bakteri pembentukan asam asetat yaitu bakteri

Asetogenik, bakteri ini yang berperan dalam tahap perombakan asam propionat, asam amino, asam butirat, maupun asam rantai panjang lainnya menjadi asam organik yang mudah menguap/volatil seperti asam asetat.

c. Proses Metanogenesis. Proses Metanogenesis adalah proses dimana bakteri Metanogenik akan mengkonversi asam organik volatil menjadi gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2).

Teknologi pengolahan limbah secara anaerobik dapat dikelompokkan dalam 3 (tiga) kelompok berdasarkan sistem pertumbuhan mikroorganismenya, yaitu : Pertumbuhan tersuspensi, pertumbuhan hybrid dan pertumbuhan melekat. Pertumbuhan tersuspensi terdiri dari digester teraduk sempurna dan kontak anaerob; pertumbuhan hybrid terdiri dari UASB, *Upflow Sludge Blanked/Fix* dan kolam anaerobik; sedangkan pertumbuhan terlekat terdiri dari *Fixed bed* dan *Extended/Fluidized bed*.

Reaktor anaerobik dengan media tetap (*Fixed Bed reactor*) diperkenalkan pada tahun 1967⁽²⁾. Reaktor ini yang selanjutnya disebut sebagai bioreaktor, terdiri dari tangki berisi bahan pembantu berupa media penyangga tetap. Fungsi dari media penyangga adalah sebagai tempat menempel atau rumah mikroorganisme, sehingga mikroorganisme tidak ikut terbawa cairan sisa buangan atau effluen yang keluar dari reaktor.

Tabel 1. Karakteristik Beberapa Macam Penyangga/Media⁽³⁾.

Jenis	Luas Permukaan (m^2/m^3)	Porositas (%)
Kerikil	>50	50
Bambu	81	75
Leca	400	40
Hollow-rings	65	97
Pall-ring	102	95
Flocor R	320	97
Clay Block	140	55
Plasdek C-10	148	96

Media penyangga tetap dalam bioreaktor dapat berfungsi memperbanyak jumlah bakteri didalam reaktor⁽³⁾. Beberapa contoh media penyangga dan karakteristiknya disajikan dalam Tabel 1.

Beberapa hal penting yang terjadi pada proses dalam reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* antara lain:

- o air buangan yang akan diolah dialirkan ke dalam reaktor melewati media penyangga.
- o dicapai waktu tinggal yang pendek dan beban organik yang tinggi, akibat pertumbuhan biofilm pada permukaan media.
- o tidak semua bakteri melekat pada media.
- o bakteri yang melekat pada media berada pada ruang-ruang diantara media sehingga kecepatan aliran dapat dijaga agar tidak terlalu cepat karena akan mengakibatkan bakteri-bakteri tersebut terlepas dari media penyangga dan terbawa keluar.
- o media penyangga tetap dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang mempunyai sifat tidak terdegradasi, seperti : potongan bambu, plastik, keramik, tanah liat, batu apung atau bahan alam lainnya.
- o ukuran dan bentuk material penyangga tetap yang digunakan dapat berbentuk tidak beraturan dan dapat dibuat dari sejenis plastik dengan bentuk geometri tertentu dan potongan bambu dengan ukuran tertentu.

Pertumbuhan mikroorganisme yang aktif didalam reaktor dipengaruhi oleh efektifitas media penyangga tetap. Efektifitas tersebut bergantung kepada :

- o luas permukaan area material penyangga tetap yang dinyatakan dalam m^2/m^3 . Rasio luas permukaan ini berpengaruh terhadap jumlah mikroorganisme yang menempel sebagai biofilm per unit volume reaktor. Kekasaran permukaan media penyangga tetap memegang peranan penting dalam periode inokulasi.
- o bentuk dan ukuran media penyangga tetap, menentukan dalam pengadukan dan cara pengaliran di dalam reaktor.
- o porositas reaktor, yaitu perbandingan total volume kerja reaktor setelah diisi media penyangga tetap dengan total volume

reaktor sebelum diisi material penyangga tetap, dinyatakan dalam persen (%). Porositas besar akan semakin baik karena tidak akan menyebabkan penyumbatan dalam proses, apabila limbah yang akan diolah mempunyai konsentrasi partikulat yang tinggi.

Pada proses pengolahan dengan proses anaerob, beberapa faktor yang mempengaruhi stabilitas reaktor, antara lain adalah :

- o **Waktu tinggal hidraulik**
Waktu tinggal dengan satuan hari, dipengaruhi oleh volume reaktor yang berbanding terbalik dengan debit substrat. Waktu tinggal pada reaktor anaerobik berkisar antara 1 sampai 20 hari⁽³⁾.
- o **Laju pembebanan organik**
Laju pembebanan organik adalah besaran yang menyatakan jumlah material organik dalam air buangan yang diuraikan oleh mikroorganisme dalam reaktor per unit volume per hari.
- o **Derajat Keasaman (pH)**
Pada proses anaerobik, pH adalah salah satu parameter penting karena bakteri metan sangat sensitif terhadap perubahan sehingga pH harus selalu dikondisikan pada rentang 6,5~7,5 meskipun proses masih dapat berjalan pada rentang pH 6,0~8,0. pH yang rendah dan berlebihan produksi asam akan menjadi penghambat untuk bakteri metanogenik⁽⁴⁾. Untuk mengontrol pH pada pengolahan anaerob dapat digunakan Sodium Bikarbonat⁽⁵⁾.
- o **Alkalinitas**. Alkalinitas pada proses anaerob diperlukan untuk mempertahankan pH agar tetap dalam rentang yang optimum sehingga bakteri metan dapat tumbuh dengan baik dan dapat menghasilkan biogas dengan perbandingan 55~75% gas metan dan 25~45% gas karbondioksida. Untuk mencapai perbandingan gas diatas, dengan kondisi pH 6,5 dibutuhkan nilai alkalinitas pada rentang 500-900 mg/l $CaCO_3$ ⁽⁶⁾.
- o **Temperatur**. Berdasarkan pada kondisi pengoperasian reaktor anaerobik, bakteri yang hidup dalam reaktor dibedakan menjadi dua golongan yaitu : (a) termofilik yang hidup pada suhu antara 40 – 60 °C, dan (b) mesofilik yang hidup pada

suhu antara 25 – 40 °C. Temperatur optimum untuk pertumbuhan bakteri mesofilik adalah pada temperatur 35 °C.

- o **Nutrisi.** Kebutuhan nutrisi bakteri anaerobik khususnya N dan P yang dibutuhkan untuk memproduksi enzim untuk mencerna karbon. Rasio perbandingan C : N : P berkisar 400 : 7 : 1 dan 1000 : 7 : 1 tergantung pada tinggi rendahnya beban yang akan diolah ⁽⁵⁾.
- o **Senyawa racun atau penghambat.** Pada proses anaerob, senyawa penghambat dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu penghambat fisik dan penghambat kimia. Penghambat fisik adalah temperatur, sedangkan penghambat kimia adalah logam berat, antibiotik dan *volatile fatty acid* (asam lemak volatil). Pada proses anaerob konsentrasi asam volatile dalam rentang 200 – 400 mg/l sebagai asam asetat menunjukkan kondisi reaktor yang baik⁽³⁾.

1.3. Tujuan

Tujuan penulisan paper ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja reaktor anaerobik lekat diam terendam yang menggunakan media penyangga berupa potongan bambu.

2. METODE PENELITIAN

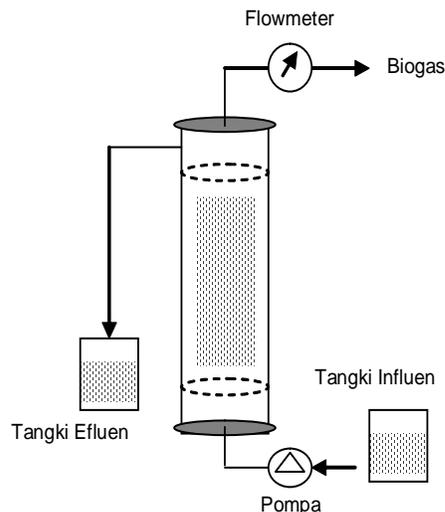
Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yaitu persiapan, *seeding*, aklimatisasi dan penelitian inti dengan variasi waktu tinggal.

Tahap persiapan dilakukan instalasi alat dan penyiapan reagen kimia, pada tahap inokulasi, bibit mikroorganisme yang berasal dari cairan isi rumen dan cairan kotoran sapi disirkulasikan ke dalam reaktor. Tahap aklimatisasi merupakan tahap dimana mikroorganisme menempel, tumbuh, berkembang biak dan diadaptasikan dengan limbah cair pabrik kecap sebagai limbah yang akan diolah pada penelitian inti. Penelitian inti yaitu pengoperasian reaktor dengan waktu tinggal tertentu, bilamana degradasi bahan organik (COD terlarut) telah mencapai nilai lebih dari 80 % dan juga reaktor telah menunjukkan keadaan stabil yaitu berkisar 6, 5 – 7, 5 dan suhu yang

stabil. Hal lain yang menjadi parameter adalah keadaan reaktor sudah stabil pada kondisi presentasi produksi gas metan (CH_4) sekitar 70% atau lebih.

Pada percobaan ini digunakan satu buah reaktor dengan jenis media penyangga berupa potongan bambu kecil yang diletakkan secara acak didalam reaktor. Titik sampling dan analisa parameter pada penelitian ini dilakukan pada 2 titik yaitu titik influen dan efluen (Gambar 2).

Pengambilan sampling dilakukan setiap dua hari sekali, Pada pengamatan ini data yang dipakai adalah pada saat penelitian inti, pengukuran dilakukan secara duplo. Selain itu dilakukan pula pengukuran volume gas yang terjadi dengan membaca angka pada gas flowmeter pada waktu tertentu dan dihitung dalam satuan liter per hari. Kandungan gas metan diukur menggunakan methane tester dengan membaca skala persen gas CH_4 .



Gambar 2. Bagan alir reaktor anaerobik lekat diam terendam.

3. HASIL PEMBAHASAN.

Pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengukuran volume total reaktor = 5,6 liter dan volume kerja reaktor = 4,0 liter. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut maka reaktor dengan media bambu yang digunakan dalam

penelitian ini mempunyai porositas 0,71% dan luas area permukaan potongan bambu $108 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Tahap awal penelitian yaitu *seeding* dan aklimatisasi dilakukan dengan melakukan re-sirkulasi bibit mikroorganisme anaerob dan dilanjutkan dengan melakukan adaptasi mikroorganisme yang sudah tumbuh serta melekat pada media potongan bambu dengan limbah cair pabrik kecap dengan kandungan organik yang cukup tinggi. Hasil pengamatan unjuk kerja reaktor anaerobik lekat diam dalam penelitian yang dilakukan dapat dilihat dari pada Tabel 1. Hasil pengamatan terhadap reaktor lekat diam terendam menggunakan media potongan bambu menunjukkan bahwa semakin panjang waktu tinggal hidraulik semakin besar penyisihan/degradasi COD terlarut bersama efluen.

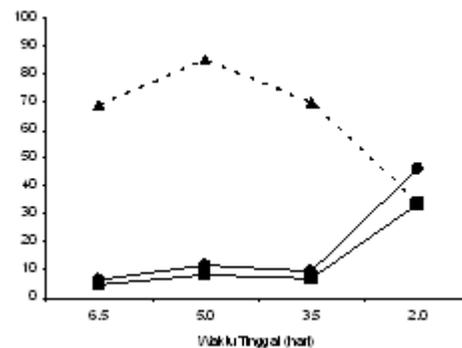
Peningkatan efisiensi penyisihan bahan organik sejalan dengan peningkatan waktu tinggal hidraulik disebabkan semakin panjang waktu kontak antara bahan organik dengan bakteri di biofilm, semakin banyak pula kesempatan bakteri untuk mempergunakan bahan organik untuk metabolis tubuhnya.

Kinerja dari reaktor lekat diam terendam dengan media potongan bambu ini dapat dilihat dari parameter-parameter yang diukur yaitu :

- Laju beban organik optimum yang dicapai oleh reaktor media bambu yaitu $0,71 \text{ kgCOD}/\text{m}^3/\text{hari}$ dengan waktu tinggal 3,5. Laju beban organik yaitu jumlah total bahan organik di dalam limbah yang diolah dalam reaktor per unit volume per harinya. Kemampuan degradasi reaktor dengan media cukup baik yaitu sebesar 70%.
- Pada percobaan ini waktu tinggal optimum yang tercapai adalah 3,5 hari. Efisiensi COD terlarut dengan media potongan bambu adalah 70%. bilamana menunjukkan nilai efisiensi yang kecil disebabkan karena akumulasi asam-asam volatil. Selain itu penyisihan COD tidak seluruhnya menjadi gas metan pada akhirnya, penyisihan COD tersebut dijadikan dalam bentuk asam-asam non alkohol dan senyawa-senyawa lain.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Unjuk Kerja Reaktor Anaerobik Lekat Diam Menggunakan Media Potongan Bamboo

NO	PARAMETER	WAKTU TINGGAL (Hari)			
		6,50	5,00	3,50	2,00
1.	Laju Beban Total (kg COD/M ³ .hari)	0,64	1,19	0,96	4,62
2.	Laju Beban Terlarut (kg COD/M ³ .hari)	0,47	0,84	0,71	3,35
3.	Gas Bio (liter/hari)	0,76	0,57	0,31	0,17
4.	Gas Metan (Liter/hari)	0,55	0,44	0,20	0,07
5.	Kandungan Metan (%)	73	78	65	41
6.	Degradasi COD Terlarut (%)	69	85	70	34
7.	Total SSM Effluent (%)	0,23	0,45	0,37	0,41
8.	Total Suspended Solid Effluent (%)	0,01	0,02	0,06	0,06
9.	VSS Effluent (mg/l)	389	262	222	962
10.	pH Effluent	8,24	7,88	7,71	5,04



Gambar 3. Pengaruh waktu tinggal terhadap degradasi COD dan laju beban

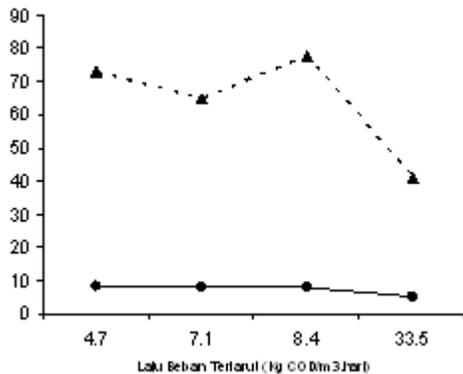
Keterangan :

2% : Degradasi COD Terlarut(%)

% : Laju Beban Terlarut ($10^{-1} \text{ kg COD}/\text{M}^3/\text{hari}$)

1% : Laju Beban Total ($10^{-1} \text{ kg COD}/\text{M}^3/\text{hari}$)

- Waktu tinggal bahan organik adalah organik volumetrik yaitu besaran yang menyatakan bahan organik yang diuraikan dalam reaktor per unit volume per harinya.
- Gas bio dan gas metan yang dihasilkan pada kondisi optimum adalah 0,31 liter/hari dan 0,20 liter/hari. Disini terlihat bahwa semakin besar laju beban organik, pH semakin turun sehingga terjadi gangguan proses anaerob yang dapat mengakibatkan *wash out*. (Gambar 2)
- Konsentrasi optimum TSS dan VSS efluen reaktor dengan media potongan bambu yaitu sebesar 0,06% dan 222 mg/l. konsentrasi TSS dan VSS yang besar ini dihasilkan dari limbah organik yang mengandung organik tersuspensi yang tinggi itu yang tidak terolah semua, yaitu masih tertinggal karena penyisihan COD terlarut kecil.



Gambar 4. Pengaruh Laju Beban Terlarut terhadap Kandungan Metan yang Dihasilkan.

Keterangan :

•% : Kandungan Metan (%)

—% : pH Effluent

- Luas permukaan efektif media yang lebih kecil mempengaruhi banyaknya bakteri yang menempel pada media pembentukan biofilm. Selain itu porositas reaktor media. Nilai tersebut mempengaruhi kinerja reaktor karena semakin besar porositas, semakin kecil laju aliran sehingga bakteri yang menempel lebih bertahan dan tidak terbawa keluar aliran, kontak substrat dengan bakteri lebih lama, dan tidak menyebabkan penyumbatan apabila substrat yang masuk mempunyai partikulat yang tinggi seperti limbah cair pabrik permen yang dipakai.
- Kekasaran permukaan media plastik yang lebih kasar membantu penempelan bakteri pada tahap pembibitan.
- Sumber bakteri untuk seeding dan aklimatisasi pada reaktor yang menggunakan efluen dari pengolahan anaerob dari Rumah Potong Hewan (RPH) Cakung juga berpengaruh pada kinerja reaktor. Bakteri yang dikembangkan di dalam reaktor tersebut cukup baik. Jika dari tahap pertama pengoperasian, bakteri tidak memiliki kinerja yang kuat, maka untuk tahap selanjutnya kinerjanya tidak akan cukup sempurna.

4. KESIMPULAN.

Unjuk kerja reaktor anaerob lekat diam dalam penelitian ini dicapai pada kondisi waktu tinggal optimum 3,5 hari, laju beban 0,71 Kg COD/m³.hari, gas bio 0,31 l/hari, kandungan gas metan 65%, degradasi COD terlarut 70% dan pH efluen 7,71.

Sumber bakteri yang berasal dari cairan isi rumen cukup.

DAFTAR PUSTAKA

1. Benefield, L.D and Randall, C.W, 1980. *Biological process Design For Wastewater Treatment*. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs.
2. Weiland, P and K. Wulfret, 1986. *Pilot Plant Studies of Different Anaerobic Filter Types for Silage Treatment*, EWPCA Conference on Anaerobic Wastewater Treatment, September, Amsterdam
3. Chavadej, s.1980. *Anaerobic Filter for Biogas Production*. J. Energy Head Mass Transfer.
4. Weiland, P. 1987. *Development of Anaerobic Filters for Treatment of high Strength Agro Industrial Waste Water*, Bio Process Engineering 2, Springer, Verlag.
5. Malina, Joseph F and Frederick G. Pohland 1992. *Design of Anaerobic processes for the Treatment of Industrial and Municipal Waste*. Pennsylvania: Tehnomic Publishing Company, Inc.
6. Rittman, B.E and Mc Carty P.L. 2001. *Environmental Biotechnology Principles and Application*, Boston : Mc Graw Hill.
7. Grady, C.P.L and Lim, H.C. 1980. *Biological Wastewater Treatment*, New York Marcel Dekker, inc.