

## PENGOLAHAN LIMBAH CAIR ORGANIK SECARA BIOLOGI MENGGUNAKAN REAKTOR ANAEROBIK LEKAT DIAM

**Oleh :  
Indriyati**

Pusat Pengkajian Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.

### Abstract

*Organic waste water can be treated biologically by using anaerobic fixed bed reactor. Fixed bed reactor is bioreactor which is compleeted with support material inside reactor for bacteria fixation in the surface area of support material. The benefit of using this kind of technology are it needs low energy, low nutrien, low sludge production and could treat high organic concentraion waste water.*

*The support material has important role in the Fixed Bed reactor performance, therefore it must be mentioned in several factors those are : size & shape of suport material, ratio of surface area and volume which influences the attach of microorganism, porosity is a waste water volume compare to the total volume and material of support material must inert.*

*According to the benefit and the principle of Fixed Bed reactor, this kind of technology can be used to treat the organic high concentration to reduce the organic pollutant.*

Kata kunci : anarobic, Fixed Bed.

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor perindustrian di Indonesia memberikan dampak positif maupun dampak negatif yang ditimbulkan yaitu limbah industri yang kandungan bahan organik limbah cair cukup tinggi dapat merusak lingkungan. Dibutuhkan perlakuan khusus untuk menurunkan bahan-bahan berbahaya tersebut sebelum dibuang ke badan air sehingga sesuai dengan baku mutu limbah cair untuk kegiatan industri yang dikeluarkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENKLH/10/1995 tanggal 23 Oktober 1995.

Khususnya industri yang limbah cairnya mengandung bahan organik tinggi, diperlukan suatu pengolahan yang tepat dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme ini dikondisikan secara terkontrol, sehingga aktivitasnya optimal untuk mendegradasi bahan organik tersebut. Kondisi terkontrol yang dimaksud adalah kondisi anaerob dimana mikroorganisme dapat hidup di lingkungan tanpa oksigen, mikroorganisme yang memegang peranan penting yaitu bakteri Asetogenik dan Methanogenik. Bakteri tersebut mengkonversi bahan organik primer atau sekunder menjadi gas.

Pada umumnya, bahan organik yang terkandung di limbah industri makanan cukup tinggi, biasanya diukur dengan parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biological Oxygen Demand (BOD) yang merupakan

parameter pengukuran pencemaran air oleh bahan-bahan organik.

Salah satu cara pengolahan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi dan dapat mendegradasi bahan organik dengan baik adalah dengan menggunakan sistem reaktor anaerobik lekat terendam dengan menggunakan media penyangga tetap (*Anaerobic Fixed Bed Reactor*).

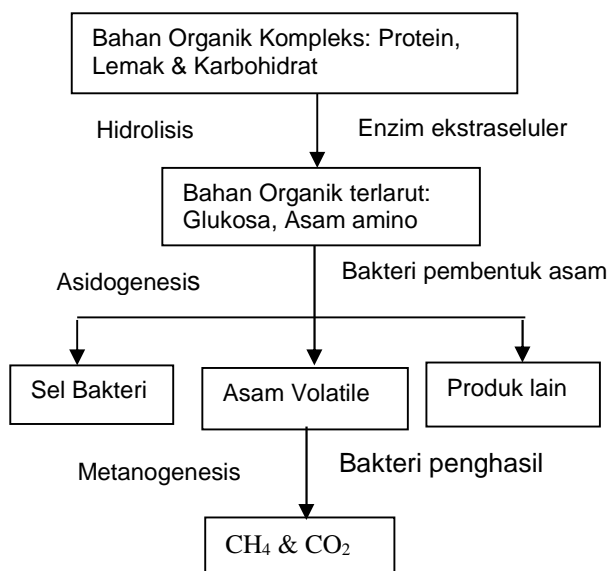
### 2. PENGOLAHAN LIMBAH SECARA ANAEROBIK

Pengolahan secara biologi adalah proses yang menggunakan kemampuan mikroba untuk mendegradasi bahan-bahan polutan organik. Proses anaerob adalah pengolahan biologi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dalam kondisi tidak didapatkan atau sangat sedikit oksigen terlarut. Keuntungan dan kerugian pengolahan anaerob<sup>2)</sup> adalah dalam prosesnya menghasilkan energi dalam bentuk biogas, lumpur yang dihasilkan sedikit, tidak memerlukan lahan yang besar dan tidak membutuhkan energi untuk aerasi.

Kekurangan yang utama pada sistem anaerobik adalah proses pertumbuhan mikroorganismenya lambat yang mempunyai waktu pertumbuhan dalam hitungan hari bila dibandingkan dengan mikroorganisme yang tumbuh pada proses aerob<sup>7)</sup>.

#### 2.1 Degradasi Anaerobik Senyawa Organik

Degradasi senyawa organik secara anaerobik terlihat pada Gambar 1 Pada proses anaerob, penguraian senyawa organik berlangsung secara bertahap dan pada setiap tahapan ada aktivitas jenis bakteri tertentu yang dominan, dan setiap jenis bakteri mempunyai kondisi lingkungan optimum yang menjadi salah satu parameter penting<sup>1)</sup>.



Gambar 1 : Degradasi Anaerobik Senyawa Organik<sup>1)</sup>.

Tahapan-tahapan yang terjadi dalam proses degradasi anaerobik seperti pada Gambar 1. diatas adalah sebagai berikut:

### 1). Proses Hidrolisis

Proses Hidrolisis adalah proses dimana 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.

### 2). 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.

### 3). Proses Metanogenesis

Proses Metanogenesis adalah proses dimana bakteri Metanogenik akan mengkonversi asam organik volatil menjadi gas metan ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ).

## 2.2 Teknologi Pengolahan Anaerobik

Teknologi pengolahan limbah secara anaerobik dapat dikelompokkan berdasar sistem pertumbuhan mikroorganismenya terbagi tiga antara lain : Pertumbuhan tersuspensi, hybrid dan pertumbuhan melekat. Pertumbuhan tersuspensi terdiri dari digester teraduk sempurna dan kontak anaerob. Hibrid terdiri dari UASB, Upflow Sludge Blanked/Fix dan lagoon anaerobik. Pertumbuhan terlekat terdiri dari Fixed bed dan Extended/Fluidized bed.

## 2.3 Reaktor Anaerobik Dengan Media tetap

Reaktor anaerobik dengan media tetap diperkenalkan pada tahun 1967<sup>9)</sup>. Bioreaktor ini adalah reaktor yang terdiri dari tangki berisi bahan pembantu berupa material penyangga tetap atau media. Fungsi dari material penyangga/media ini adalah sebagai tempat menempel atau rumah mikroorganismenya, sehingga mikroorganismenya tidak ikut terbawa cairan sisa buangan atau effluen yang keluar dari reaktor.

Proses yang terjadi pada reaktor anaerobik tipe *Fixed Bed* adalah: air buangan yang akan diolah dialirkan ke dalam reaktor melewati media. Pada reaktor ini dicapai waktu tinggal yang pendek dan beban organik yang tinggi, akibat pertumbuhan biofilm pada permukaan media. Tidak semua bakteri melekat pada media. Bakteri yang melekat pada media berada pada ruang-ruang diantara media sehingga kecepatan aliran harus dijaga agar tidak terlalu cepat karena akan mengakibatkan bakteri-bakteri tersebut terlepas dari media dan terbawa keluar.

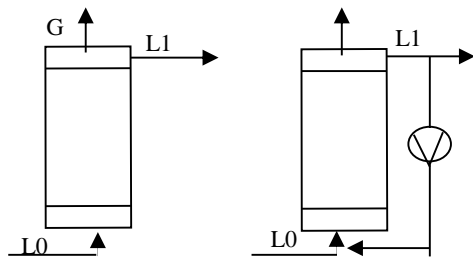
## 2.4 Modus Operasi Reaktor Anaerobik Lekat Diam.

Reaktor tipe fixed Bed atau reaktor lekat diam terendang ini dapat dioperasikan secara upflow (aliran ke atas) dan down flow (aliran ke bawah) dengan dan tanpa resirkulasi effluen (Gambar 2.5). Reaktor dengan sistem upflow, substrat umpan masuk melalui dasar reaktor yang kemudian terdistribusi di antara maerial

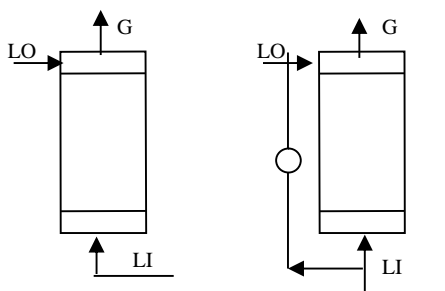
penyangga tetap dan keluar melalui bagian atas<sup>9)</sup>.

Pada sistem upflow terjadi akumulasi bakteri, sedangkan reaktor dengan sistem down flow substrat umpan masuk melalui bagian atas reaktor yang kemudian terdistribusi di antara material penyangga tetap dan keluar melalui bagian bawah.

Modus operasi reaktor dengan sirkulasi efluen dapat memberikan keuntungan, bila limbah cair yang akan diolah mempunyai konsentrasi COD atau suspended solid yang tinggi. Laju degradasi bahan organik dapat mencapai 75% sampai 95% untuk limbah cair yang tidak mengandung bahan padat dan hanya 40% sampai 50% untuk limbah cair yang mengandung padatan.



Tanpa sirkulasi Dengan sirkulasi efluen



Tanpa sirkulasi Dengan sirkulasi efluen

Gambar 2. Modus Operasi Reaktor Anaerobik Lekat Diam<sup>9)</sup>

**2.5 Material Penyangga/Media.**

Material penyangga tetap dapat dibuat dari berbagai macam bahan tidak terdegradasi, misalnya: plastik, keramik, tanah liat, batu apung atau bahan alam lainnya. Ukuran dan bentuk material penyangga tetap yang digunakan dapat berbentuk tidak beraturan, yang dibuat dari sejenis plastik dengan bentuk geometri tertentu dan potongan bambu dengan ukuran tertentu.

Material penyangga tetap dalam bioreaktor dapat berfungsi memperbanyak jumlah bakteri didalam reaktor<sup>3)</sup>.

Tabel 1 :Karakteristik Beberapa Macam Penyangga/Media.

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

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

- Luas permukaan area material penyangga tetap yang dinyatakan dalam m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Rasio luas permukaan berpengaruh terhadap jumlah mikroorganisme yang menempel sebagai biofilm per unit volume reaktor. Kekasaran permukaan material penyangga tetap memegang peranan penting dalam periode inokulasi.
- Bentuk dan ukuran material penyangga tetap, menentukan dalam pengadukan dan cara pengaliran di dalam reaktor.
- Porositas reaktor, yaitu perbandingan total volume kerja reaktor setelah diisi material 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.

**2.6 Faktor Yang Mempengaruhi Stabilitas Reaktor**

Pada proses pengolahan dengan proses anaerob, banyak faktor yang mempengaruhi stabilitas reaktor, diantaranya adalah :

**a. Waktu tinggal hidrolis.**

Waktu tinggal dengan satuan hari, dipengaruhi dengan volume reaktor dan berbanding terbalik dengan debit substrat.

Waktu tinggal pada reaktor anaerobik berkisar antara 10 sampai 20 hari <sup>3)</sup>.

#### b. 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.

#### c. 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 akan tetapi proses masih dapat berjalan pada rentang pH 6,0-8,0. pH yang rendah dan berlebihnya produksi asam akan menjadi penghambat untuk bakteri metanogenik<sup>8)</sup>. Untuk mengontrol pH pada pengolahan anaerob dapat digunakan Sodium Bikarbonat <sup>5)</sup>.

#### d. 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<sub>3</sub> <sup>7)</sup>.

#### e. Temperatur.

Berdasarkan pada pengoperasian reaktor anaerobik, bakteri yang hidup dalam reaktor dibedakan menjadi dua golongan yaitu.

- Termofilik yang hidup pada suhu antara 40 – 60 °C.
- Mesofilik yang hidup pada suhu antara 25 – 40 °C.

Temperatur optimum untuk pertumbuhan bakteri mesofilik adalah pada temperatur 35 °C.

#### f. 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 <sup>5)</sup>.

#### g. 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<sup>4)</sup>.

### 3. KESIMPULAN

- Limbah cair organik dengan konsentrasi yang tinggi, dapat diolah secara biologi menggunakan reaktor anaerobik tipe Fixed Bed atau reaktor anaerobik lekat diam.
- Jenis teknologi ini tidak membutuhkan energi yang tinggi, rendah nutrien dan produksi sludge rendah.
- Material penyangga mempunyai peranan yang penting dalam unjuk kerja reaktor.

### DAFTAR PUSTAKA.

1. Benefield, L.D and Randall, C.W, 1980. *Biological process Design For Wastewater Treatment*. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs.
2. Bitton, Gabriel. 1994. *Wastewater Microbiology*. Florida: John Wiley and Sons.
3. Chavadej, s.1980. *Anaerobic Filter for Biogas Production*. J. Energy Head Mass Transfer.
4. Grady, C.P.L and Lim, H.C. 1980. *Biological Wastewater Treatment*, New York Marcel Dekker, inc.
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. Reynolds, Tom D. 1982. *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*. United State of America: B/C Engineering.
7. Rittman, B.E and Mc Carty P.L. 2001. *Environmental Biotechnology Principles and Application*, Boston : Mc Graw Hill.
8. Sawyer, Clair N and Perry L. Mc Carty. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. Mc. Graw Hill International.
9. Weiland, P. 1987. *Development of Anaerobic Filters for Treatment of high Strength Agro Industrial Waste Water*, Bio Process Engineering 2, Springer, Verlag.
10. Weiland, P and K. Wulfret, 1986. *Pilot Plant Studies of Different Anaerobic Filter Types for Stilage Treatment*, EWPCA Conference on Anaerobic Wastewater Treatment , September, Amsterdam.