

# PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEMPE SECARA ANAEROBIK TIPE FIXED - BED

Oleh :

Aida Soelaeman, Rochmi widjajanti, Eva Dasmita \*)

## *Abstract*

*Tempe, a traditional famous food with a high protein, is usually produced in a small industry. Until now, most of the industries do not treat their wastewater. This research work demonstrates the ability of anaerobic processes type fixed bed process. In fixed bed reactor, grinded anaerobic microorganisms growth on the surface of the media. The result of this research show that, using anaerobic fixed bed process the COD removal rate and gas generated are over 90 % and 70 l/day )for COD inlet about 10,000 mg/l).*

## I. PENDAHULUAN

Di Indonesia khususnya di pulau Jawa terdapat industri tempe di berbagai daerah dalam potensi yang cukup besar. Kualitas air limbah industri tempe mempunyai kandungan BOD/COD cukup tinggi dan apabila dibiarkan dilingkungan mudah busuk sehingga perlu penanganan yang baik dalam mengatasi limbah industri tempe. Untuk menghindari hal tersebut perlu adanya langkah pencegahan yaitu dengan mengolah air limbah sehingga tidak mencemari lingkungan. Keberadaan pengerajin tempe biasanya berupa industri rumah tangga dan bermodal kecil maka perlu kiranya diciptakan suatu cara penanganan limbah industri tempe yang sederhana, murah dan mudah ditangani. Sampai saat ini pencemaran yang disebabkan oleh industri tempe belum dapat diatasi dengan baik bahkan masih ada industri tempe yang belum melakukan pengolahan limbah, hal ini disebabkan karena kurangnya pengetahuan dan tenaga-tenaga trampil. Saat ini Balai Besar Industri Kimia tengah mengadakan penelitian tentang pengolah-

an air limbah tempe secara biologis yang selanjutnya akan dikembangkan dilapangan. Pembangunan unit pengolahan air limbah industri tempe ini sebaiknya dilaksanakan secara kolektif dan terpusat, karena akan lebih menguntungkan dan mudah dalam penanganannya. Penelitian ini memberikan informasi cara pengolahan air limbah tempe secara biologis, baik secara teori maupun yang sudah diterapkan khususnya pengolahan air limbah tempe secara anaerobik tipe fixed-bed.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan kepada karakteristik air limbah, cara pengolahannya dibagi menjadi tiga, yaitu secara fisika, kimia dan biologis. Pengolahan secara biologis antara lain dapat dilakukan dengan metode :

- Lumpur aktif
- Penyaringan menetes/ Trickling filter
- Kolam oksidasi ( kolam aerasi)
- Fermentasi metan (pengolahan secara anaerobik)
- Denitrifikasi.

Pada penelitian kali ini akan dibatasi hanya dalam hal pengolahan air limbah secara biologis.(pengolahan secara anaerobik).

---

### \*) Staf Peneliti

Balai Penelitian Kimia Organik dan Fermentasi  
Balai Besar Industri Kimia

### A. Keuntungan Proses Anaerobik

Keuntungan yang diperoleh dari proses anaerobik antara lain :

- Tidak membutuhkan aerasi, sehingga biaya operasi berkurang, sedangkan pada pengolahan aerobik, sejumlah besar energi dibutuhkan untuk mengalirkan oksigen secara kontinyu
- Pembentukan sludge/lumpur sedikit, sedangkan pada pengolahan aerobik excess sludge terbentuk kurang lebih 30-50 % dari kandungan BOD dan pada pengolahan anaerobik, excess sludge kurang lebih 1/3-1/10 dari kandungan BOD.
- Pada proses anaerobik, selama proses dihasilkan gas metan yang dapat digunakan sebagai sumber energi.
- Operasi dan perawatannya mudah.

Pada pengolahan aerobik sering terjadi "bulking"/pengumpulan mikroorganisme

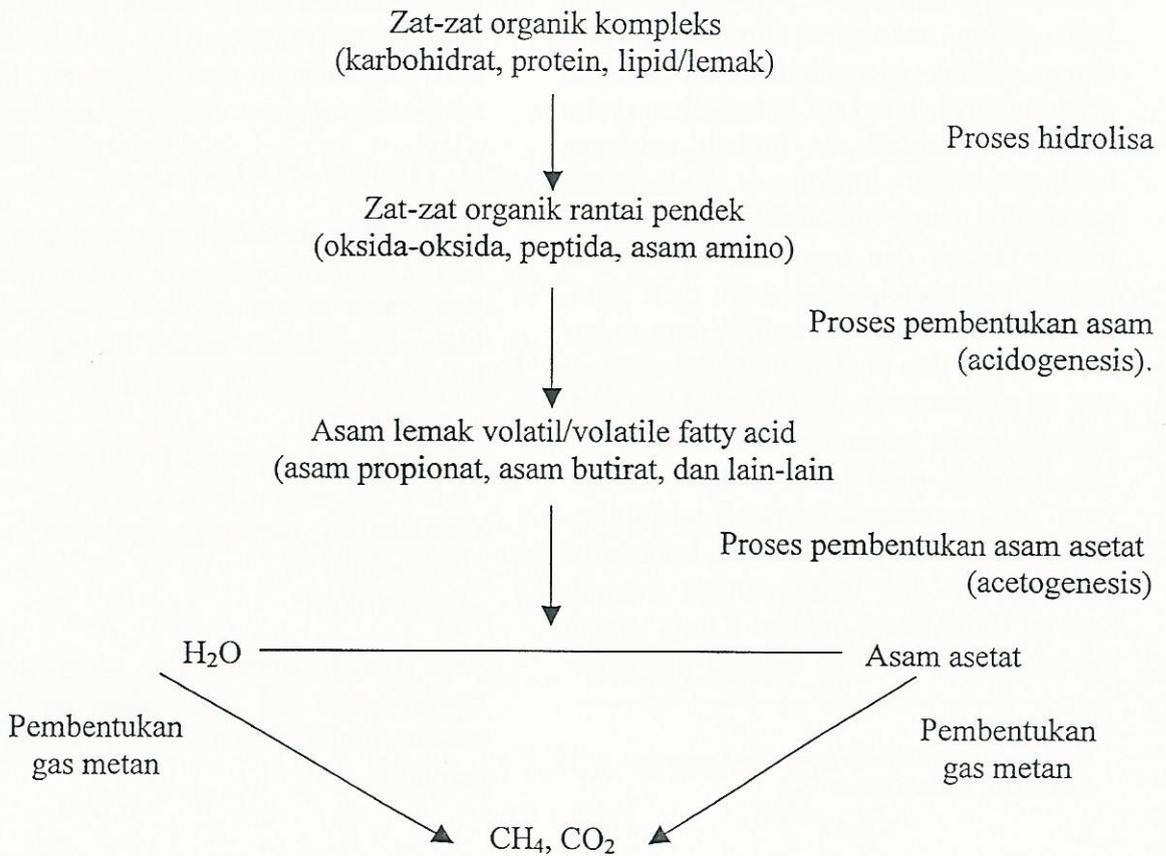
yang abnormal, sehingga harus sering mengontrol jumlah udara/oksigen yang dibutuhkan. Sedangkan pada pengolahan anaerobik tidak membutuhkan perawatan yang kompleks.

- Pengolahan anaerobik dapat mengolah limbah cair yang berkonsentrasi BOD lebih besar dari 10.000 mg/l.
- Membutuhkan sedikit nutrisi.

Pada pengolahan anaerobik, karena sedikitnya terbentuk excess sludge, maka sedikit pula terbentuknya nitrogen dan fosfor yang dibutuhkan oleh mikroba pengolah.

### B. Proses Penguraian Polutan

Adapun proses penguraian polutan khususnya zat-zat organik kompleks yang terkandung dalam air limbah adalah sebagai berikut :



### 1. Fase hidrolisa dan acidogenesis :

Proses ini dapat terjadi melalui mikroorganisme jenis mesophilic, thermophilic, obligate atau anaerobik fakultatif. Pada fase ini dihasilkan asam, seperti asam laktat, asam propionat, asam butirat dan sebagainya. Zat lain yang dihasilkan antara lain etanol, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan amonium.

### 2. Fase acetogenesis

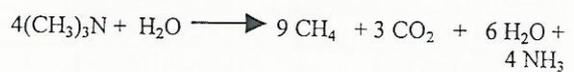
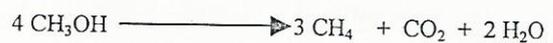
Fase ini menggambarkan bakteri non methanogenic, antara lain bakteri fakultatif, bakteri anaerob obligate yang disebut juga mikroorganisme " acidogens " atau " acid former ". Diantara bakteri non methanogenic yang sudah dapat diisolasi dari reaktor anaerobik antara lain: Clostridium spp, Peptococcus anaerobus, Bifidobacterium spp, Desulpho vibrio spp, Corynebacterium spp, Lactobacillus, Actinomyces, Staphylococcus & Escheria coli.

### 3. Fase methanogenesis :

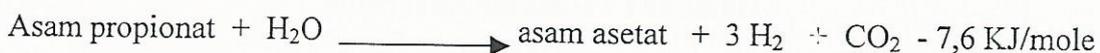
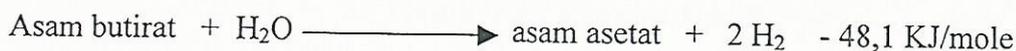
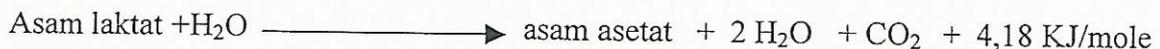
Sumber - sumber gas metan antara lain :

Substrat	Produksi CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /kg substrat)
- Gula	0,42 - 0,47
- Protein	0,45 - 0,55
- Lemak	> 1

Sumber karbon lainnya seperti metanol, formaldehid, dan metilamin juga digunakan oleh mikroorganisme untuk merubah gas hidrogen dan asam asetat melalui bakteri " acid former menjadi gas metan dan gas CO<sub>2</sub>. Bakteri ini sangat berperan untuk perubahan secara anaerobik, yang disebut juga bakteri methanogenic atau methanogens atau methane formers. Yang sangat penting dari bakteri grup metan ini adalah memanfaatkan gas hidrogen dan asam asetat. Bakteri metan ini dapat merubah gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>, asam propionat, asam asetat, metanol, metilamin menjadi gas CH<sub>4</sub> dan gas CO<sub>2</sub>.



Pada proses ini pH sekitar 6,5 - 7,5, harus dipertahankan jangan sampai turun hingga mencapai dibawah 6,2, karena pada pH ini bakteri metan tidak dapat berfungsi. Sedangkan temperatur optimum untuk grup mesophilic adalah 30- 38 °C dan untuk grup thermophilic 49 - 57 °C.



### C. Beberapa Macam Proses Pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik.

Ada beberapa macam proses pengolahan air limbah industri secara anaerobik, antara lain :

1. Proses kontak anaerobik
2. Proses UASB
3. Proses fixed - bed
4. Expanded - bed

#### 1. Proses kontak anaerobik :

Beberapa industri yang mempunyai air limbah dengan kadar BOD tinggi dapat di-

stabilkan secara efisien melalui proses kontak anaerobik. Jenis proses pengolahan air limbah secara anaerobik yang digunakan untuk mengolah limbah industri dapat dilihat pada **Tabel 1** :

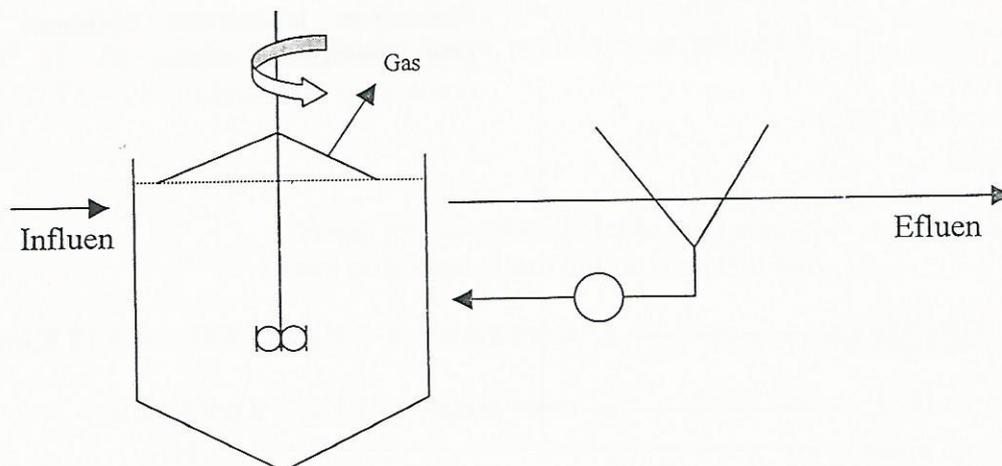
Limbah yang tidak dapat diolah bercampur dengan lumpur (sludge) yang disirkulasikan dalam suatu reaktor yang kedap udara. Isi reaktor tersebut tercampur dengan sempurna. Setelah pengolahan, campuran dipisahkan dengan klarifier atau unit flotasi vakum dan supernatan dibuang sebagai efluen, biasanya digunakan untuk pengolahan selanjutnya.

**Tabel 1 : Jenis pengolahan air limbah secara anaerobik berdasarkan kadar COD**

Proses	Konsentrasi COD (mg/l)	Waktu tinggal (jam)	Beban COD (lbCOD/ft <sup>3</sup> .j)	Penurunan COD (%)
Kontak Anaerobik	1.500 - 5.000	2 - 10	0,03 - 0,15	75 - 90
UASB	5.000 - 15.000	4 - 12	0,25 - 0,75	75 - 85
Fixed bed	10.000 - 20.000	24 - 48	0,06 - 0,3	75 - 85
Expanded bed	5.000 - 10.000	5 - 10	0,3 - 0,6	80 - 85

Catatan : lb COD/ft<sup>3</sup>.j X 16,0185 = kg COD/m<sup>3</sup>.j

Sumber : Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Re-Use



**Gambar 1 : Reaktor Anaerobik**

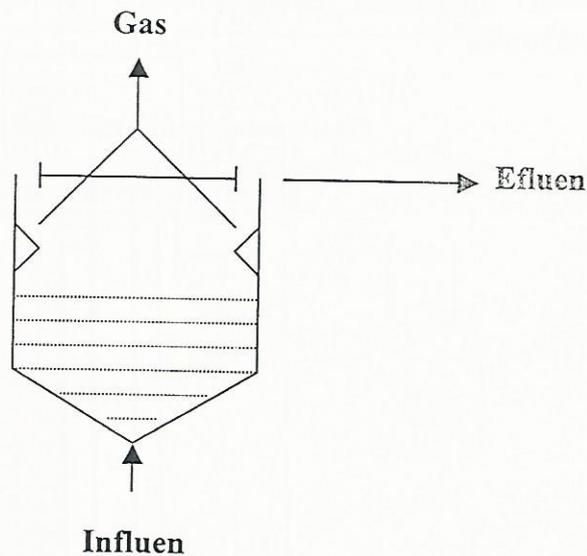
## 2. Proses UASB.

Pada proses UASB, air limbah yang akan diolah masuk melalui bagian bawah reaktor, kemudian merambat keatas melalui sludge (lumpur) yang terbungkus (sludge blanket) yang berisikan kumpulan mikroorganisme berupa granul atau partikel. Pengolahan ini terjadi, karena air limbah mengalami kontak dengan granul. Gas akan dihasilkan dalam proses anaerobik ini khususnya gas metan dan gas karbon dioksida. Gas juga dapat terbentuk pada kumpulan-kumpulan sludge yang melekat membentuk granul. Gas yang bebas dan partikel-partikel yang dilengketi gas akan naik kebagian atas reaktor. Partikel-partikel yang muncul kebagian atas reaktor akan menyentuh baffle dan kembali turun kebawah, sedangkan gas akan terbebaskan. Gas-gas tersebut akan tertampung pada suatu tempat yang terdapat pada bagian atas reaktor.

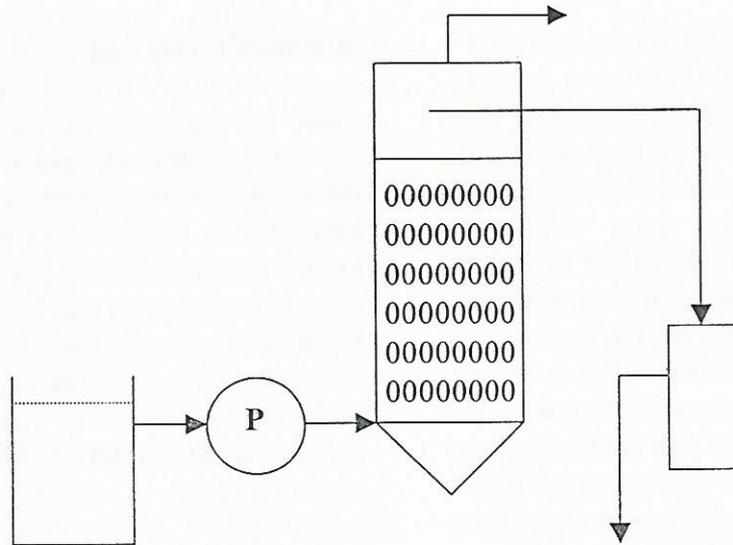
## 3. Proses Fixed Bed :

Oleh karena sulitnya melakukan pengolahan air limbah pada reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk, karena dikhawatirkan bakteri akan mudah terbawa keluar bersama efluen maka untuk mengatasi hal ini dipilih reaktor anaerobik tipe fixed bed. Sistem ini memperlihatkan bahwa bakteri anaerobik akan melekat dan berkembang biak pada media. Beberapa keistimewaan reaktor anaerobik tipe fixed bed antara lain :

1. Reaktor sangat cocok untuk pengolahan air limbah yang mengandung zat-zat organik terlarut.
2. Sludge/lumpur yang dihasilkan sedikit.
3. Mudah dalam pemeliharaan dan pengoperasian reaktor
4. Karena media sangat "porous", maka penyumbatan dikarenakan bakteri / zat-at pada lainnya sulit terjadi.



Gambar 2 : Reaktor UASB



Gambar 3 : Reaktor Fixed Bed

### III. PELAKSANAAN PERCOBAAN

#### A. BAHAN dan PERALATAN

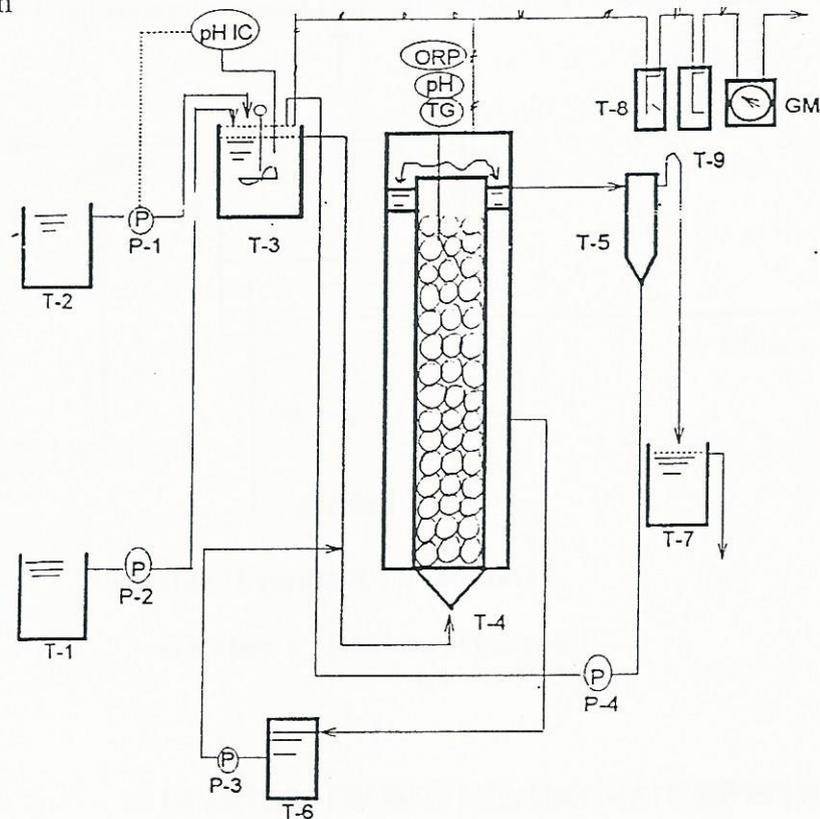
##### 1. Bahan Untuk Penelitian :

- Air rebusan kacang kedele yang diperoleh dari industri tempe
- NaOH digunakan untuk proses penetralan

- Bakteri metanogenesis yang diperoleh dari Jepang
- Media plastik

##### 2. Peralatan

Peralatan yang dipakai adalah reaktor tipe fixed bed



Keterangan gambar :

- T - 1 = Tangki air limbah
- T - 2 = Tangki NaOH
- T - 3 = Tangki Pencampur
- T - 4 = Reaktor Fixed Bed
- T - 5 = Tangki Outlet
- T - 8 = Seal pot
- T - 9 = Desulfurizing pot

GM = gas meter

M = Media Plastik

P - 1 = Pompa NaOH

P - 2 = Pompa inlet

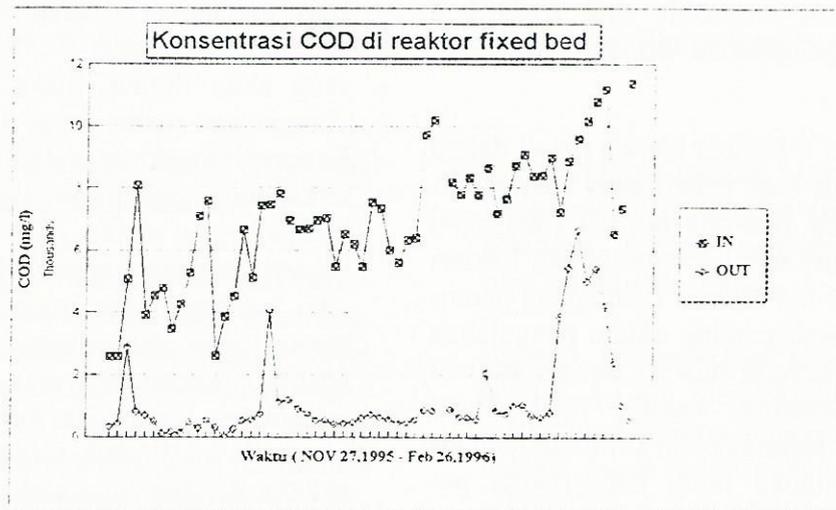
P - 3 = Pompa sirkulasi

P - 4 = Pompa sirkulasi air panas

## B. RANCANGAN PENELITIAN :

Variabel	Beban COD kg/m <sup>3</sup> .hari	Konsentrasi COD (mg/l)	Kecep.alir l/hari	Waktu tinggal(jam)
<b>Efek konsentrasi:</b>				
stage - 1	4	2.000	24 liter	12
stage - 2	8	4.000	24 liter	12
stage - 3	12	6.000	24 liter	12
stage - 4	16	8.000	24 liter	12
stage - 5	20	10.000	24 liter	12
<b>Efek kecep.alir:</b>				
stage - 1	4	350	13,7 liter	21,1
stage - 2	8	350	27,4 liter	10,5
stage - 3	12	350	41,0 liter	7,0
stage - 4	16	350	54,7 liter	5,3
stage - 5	20	350	68,4 liter	4,2

1. Grafik kadar COD dari air limbah sebelum dan sesudah diolah.



Gambar 4. Grafik Kadar COD dari air limbah sebelum dan sesudah diolah

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

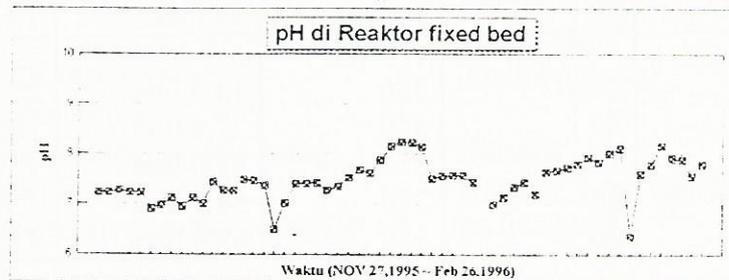
##### 1. Grafik kadar COD dari air limbah sebelum dan sesudah diolah.

Pada grafik terlihat bahwa kadar COD dari air limbah divariasikan mulai dari kadar 2000 mg/l sampai dengan kadar COD 10.000 mg/l. Dari hasil pengolahan air limbah dengan menggunakan reactor anaerobic tipe fixed bed ini terlihat bahwa penurunan kadar COD nya sudah dapat mencapai, 1000 mg/l. Namun ada beberapa titik terlihat ada yang mencapai di atas 1000 mg/l (> 3000 mg/l) ini disebabkan karena adanya :

- penyumbatan pada saluran - saluran proses pengolahan yang disebabkan banyaknya suspended solid (SS), sehingga proses pengolahan tidak berjalan dengan semestinya. Maka untuk menghindari sering terjadinya penyumbatan, saluran-saluran/pipa-pipanya harus sering dibersihkan.
- elektrode pH yang berfungsi untuk mengontrol pH, sewaktu-waktu tidak berfungsi dengan baik sehingga proses pengolahan tidak berjalan dengan baik.

Untuk menghindari tidak berfungsinya elektroda pH maka elektroda ini harus sering di kalibrasi.

##### 2. pH reaktor anaerobik tipe fixed bed selama pengolahan air limbah dalam reaktor.



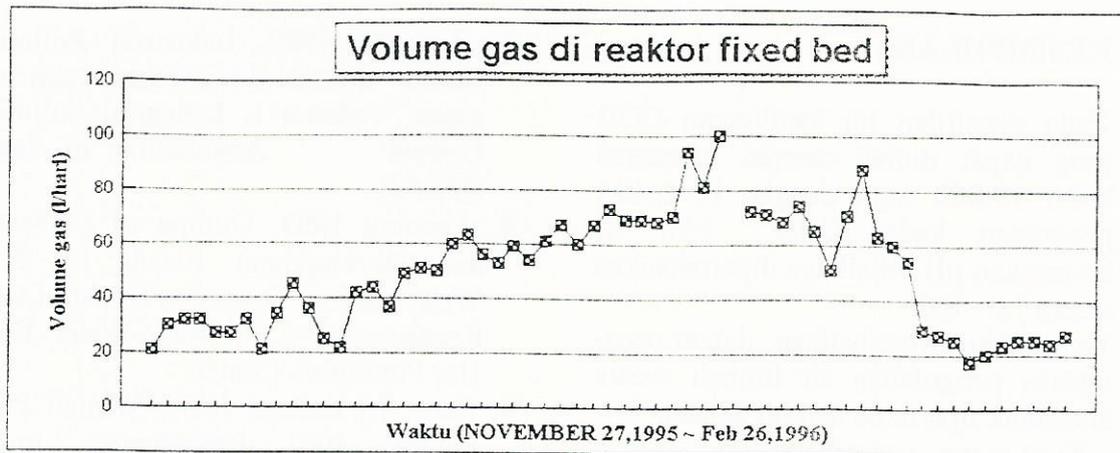
Gambar 5 : pH reaktor anaerobik tipe fixed bed

##### 2. pH reactor anaerobic tipe fixed bed selama pengolahan air limbah dalam reaktor

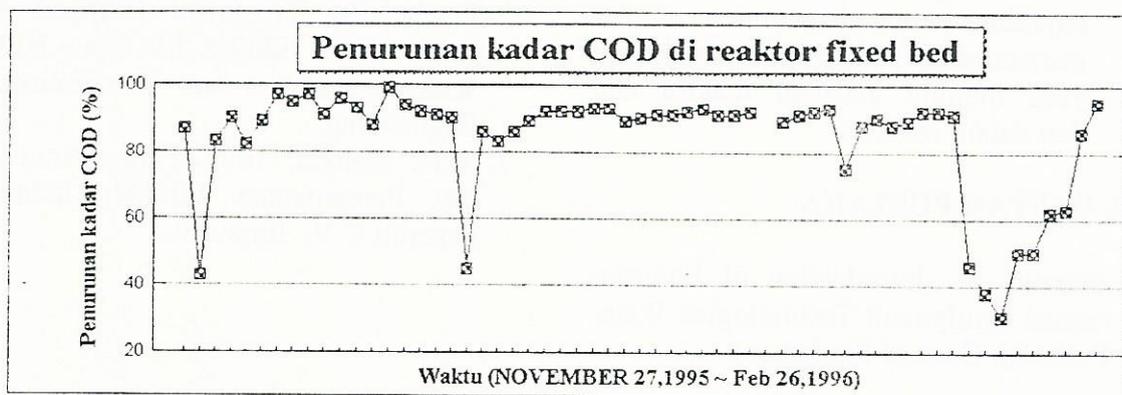
Dari gambar 5 terlihat bahwa pH di dalam reaktor pada saat pengolahan menunjukkan pH yang rata-rata normal (mencapai pH optimum) untuk pertumbuhan bakteri yaitu sekitar 6,5-7,5 ini memegang peranan yang sangat penting dalam pengolahan air limbah karena bila di bawah atau di atas pH tersebut, bakteri tidak dapat hidup/aktif, sehingga ada kemungkinan air hasil pengolahan tidak baik (kadar penurunan COD tidak dapat dicapai dengan baik).

##### 3. Volume gas metan yang dihasilkan.

Dari gambar 6 terlihat bahwa semakin meningkatnya kadar COD dari air limbah yang akan diolah, maka semakin besar volume gas metan yang akan dihasilkan, Karena banyaknya zat-zat organik yang terkandung dalam air limbah diuraikan menjadi gas metan dan gas CO<sub>2</sub> oleh bakteri methanogenesis. Namun terlihat ada beberapa penurunan volume gas metan yang dihasilkan, ini disebabkan adanya kenaikan pH pada proses pengolahan, sehingga kehidupan bakteri pengolah air limbah terganggu dan tidak bekerja dengan baik, akibatnya penurunan kadar COD pun hanya sedikit sehingga volume gas metan yang dihasilkanpun akan sedikit.



Gambar 6 : Volume gas metan yang dihasilkan



Gambar 7 : Prosentase penurunan kadar COD dari air limbah hasil pengolahan

4. Prosentase penurunan kadar COD dari air limbah hasil pengolahan .

Dari gambar 7 terlihat bahwa hasil pengolahan air limbah dengan cara anaerobic yang menggunakan media plastik (tipe fixed bed), sudah dapat mencapai penurunan kadar COD rata-rata 80 – 95 %. Namun ada beberapa titik yang penurunan kadar COD hasil pengolahan air limbahnya tidak baik (50 %), ini disebabkan karena :

- Terbentuknya banyak Lumpur (sludge) pada reaktor penetralan (mixing tank), sehingga terjadi penyumbatan pada pipa saluran air limbah.
- Adanya penunjukkan tercapainya pH sekitar 8, ini mengakibatkan bakteri tidak dapat bekerja dengan baik, karena bakteri dapat hidup pada pH optimum sekitar 6,5 – 7,5, sehingga penurunan kadar COD tidak dapat berjalan dengan baik.

## V. KESIMPULAN :

1. Pada penelitian ini kandungan COD yang dapat diolah sampai mencapai kadar 10.000 mg/l dengan kecepatan penurunan kadar COD >90 %. Sedangkan pH sebaiknya dipertahankan antara 7,0 - 8,0
2. Yang harus diperhatikan dalam penanganan pengolahan air limbah secara anaerobik tipe fixed bed ini adalah :
  - Kandungan padatan terlarut (SS = suspended solid) dalam air limbah sebaiknya tidak melebihi dari 1000 mg/, karena apabila sudah melebihi 1000 mg/l ada kemungkinan terjadinya penyumbatan - penyumbatan pada saluran air limbah yang menuju kedalam reaktor dan dari dalam reaktor.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, Introduction of Environmental Equipment Technologies Water Pollution Control Equipment.
2. Anonim, 1989. Industrial Pollution Control General Review and Practice in Japan, Volume 1. Industrial Pollution Control Association of Japan (IPCAJ).
3. Anonim, 1993. Outline of Rersearch and Development Result for New Wastewater Treatment System (Aqua Renaissance'90 Project). Water Re - Use Promotion Center.
4. Betty Sri Laksmi Jenie, Winiati Pudji Rahayu, 1993. Penanganan Limbah Industry Pangan. Penerbit Kanisius
5. Jean Louis Brault, 1991. Water Treatment Handbook Sixth Edition. Vol. 1.
6. Metcalf and Eddy, 1991. Watewater Engineering Treatment Disposal and Reuse. Third Edition. Mc.Graw Hill in Water Resources and Environmental Engineering.
7. U.N. Mahida, 1992. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industry. Penerbit C.V. Rajawali.

-----00000000000000000000-----