

PENELITIAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI BERKONSENTRASI COD TINGGI SECARA ANAEROBIK DAN AEROBIK

Oleh :

Eva Dasmita *)

Abstract

One of the famous traditional food of Indonesia is tempe. Tempe is mainly produced in small scale industries. The wastewater from tempe industries contains a high organic pollutant especially from the boiling bean wastewater with COD chromium content 30, 000 mg/l - 60, 000 mg/l and usually the effluent is directly blown down to the river without any treatment. To remove the high organic pollutant in industrial wastewater generally should be treated by the anaerobic and aerobic process to dare to the low cost, while the methane gas produced can be used as a fuel to boil or cook the tempe. The simple purification system of wastewater treatment with anaerobic UASB type followed with aerobic process has successfully, remove the total rate of COD content more than 90 % in anaerobic and 85 % in aerobic.

I. PENDAHULUAN.

Industri tempe adalah salah satu jenis industri kecil yang tersebar hampir di seluruh pelosok Indonesia karena produk yang dihasilkannya adalah berupa makanan tradisional khas Indonesia yang banyak digemari oleh sebahagian besar rakyat Indonesia. Akan tetapi di sisi lain keberadaannya disekitar pemukiman pada akhir-akhir ini sudah menjadi salah satu topik perbincangan umum karena bau yang ditimbulkannya, hal ini terjadi karena adanya proses biodegradasi atau peruraian zat organik yang terkandung di dalam air limbah yang dihasilkan oleh industri ini. Limbah cair industri tempe merupakan salah satu limbah cair yang cukup berbahaya bagi lingkungan disekitarnya, karena konsentrasi bahan organiknya cukup tinggi terutama air yang berasal dari rebusan kacang kedele dimana

konsentrasi COD berkisar antara 30000 mg/l - 60000 mg/l yang apabila dibuang langsung ke badan air akan dapat mengganggu kehidupan biota air. Untuk dilakukan penelitian pengolahan air limbah industri tempe ini secara biologis (anaerobik yang diikuti dengan aerobik), karena proses ini dianggap paling efektif untuk mengolah air limbah yang mengandung bahan organik tinggi sehingga air hasil olahan tersebut dapat dibuang ke badan air.

II. TINJAUAN PUSTAKA.

Pengolahan air limbah secara biologis adalah salah satu tehnik pengolahan air limbah yang nantinya akan menghasilkan suatu perubahan terhadap kualitas air limbah dengan bantuan mikroorganisme melalui suatu proses biokimia dalam kondisi lingkungan tertentu apakah dalam kondisi anaerobik atau aerobik. Pengolahan secara biologis ini mempunyai beberapa keuntungan yaitu disamping bia-

*) Staf Peneliti
Balai Penelitian Kimia Organik dan Fermentasi
Balai Besar Industri Kimia

yanya yang relatif murah senyawa anorganik yang terkandung didalamnya akan terurai didalam air begitu juga dengan koloidal-koloidal. Berdasarkan pada kondisi lingkungannya maka pengolahan limbah secara biologis ini dapat dibagi atas 2 bagian yaitu pengolahan secara aerobik dan secara anaerobik dimana penggunaannya dapat dilakukan sendiri-sendiri atau gabungan keduanya, sedangkan berdasarkan pada pertumbuhan mikrobya maka dapat digolongkan atas dua bagian yaitu pertumbuhan melekat dan pertumbuhan tersuspensi. Pada penelitian pengolahan air limbah tempe digunakan kombinasi penggunaan secara anaerobik yang diikuti dengan aerobik

A. Pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik

Pengolahan air limbah secara anaerobik merupakan salah satu cara pengolahan air limbah yang efektif terutama untuk karakteristik air limbah yang mengandung COD tinggi. Proses anaerobik adalah proses biodegradasi senyawa organik menjadi gas metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂) tanpa tersedianya Oksigen. Pada prinsipnya proses anaerobik ini didominasi oleh dua kelompok bakteri yaitu bakteri pembentuk asam seperti asidogenik dan asetogenik yang berfungsi pada proses asidifikasi sedangkan bakteri asetofilik berfungsi membentuk gas metan pada proses metanasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada metabolisme berikut ini

1. Proses hidrolisa
Senyawa polimer → monomer
2. Proses asidifikasi
Senyawa monomer \xrightarrow{MO} asam organik + CO₂ + H₂O + alkohol
3. Proses metanasi
Asam organik \xrightarrow{MO} H₄ + CO₂ + H₂O + NH₃

Ada beberapa sistem pengolahan air limbah secara anaerobik yaitu : Kolam anaerobik, reaktor anaerobik dan septik tank. Dari ketiga bentuk pengolahan ini masing-masing mempunyai keuntungan dan kekurangannya, untuk penelitian biasanya digunakan dalam bentuk reaktor mulai dari skala laboratorium sampai dengan skala pilot dimana penggunaannya sesuai dengan kebutuhan. Efektifitas pengolahan air limbah secara anaerobik ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, beberapa faktor yang paling penting adalah pH, suhu, nutrisi. Kondisi optimum biasanya akan dicapai pada temperatur 35 – 37 °C dengan derajat keasaman 6,5 – 7,5 dan kandungan nutrisi COD : N : P = 350 : 5 : 1. Terjadinya penurunan pH dibawah 6 setelah proses asidifikasi akan mengganggu proses metanasi maka diperlukan pengaturan pH sehingga dicapai kondisi optimum.

B. Pengolahan Air limbah Secara Aerobik

Pengolahan air limbah secara aerobik adalah salah satu sistim pengolahan air limbah secara biologi dimana zat organik yang tergantung didalam air buangan akan diuraikan oleh bakteri yang hanya akan hidup dengan adanya oksigen. Adapun tahapan yang terjadi pada pengolahan air limbah secara aerobik adalah sebagai berikut :

1. Penguraian oleh mikroorganisme
 $C_xH_yO_z + O_2 \xrightarrow{enzym} CO_2 + H_2O$
2. Pertumbuhan mikroorganisme
 $C_xH_yO_z + NH_4 + O_2 \xrightarrow{enzym} CO_2 + H_2O + \text{sel baru}$
3. Sel baru + O₂ $\xrightarrow{enzym} CO_2 + H_2O + NH_3$

Beberapa sistem yang sering digunakan dalam pengolahan air limbah secara aerobik adalah : Lumpur aktif (activated -

sludge), pertumbuhan melekat (bio film), Kolam oksidasi (oxidation pond). Dari ketiga sistem diatas, metoda yang umum dan sering digunakan adalah secara lumpur aktif karena sistim ini adalah yang pertama kali digunakan dalam pengolahan air limbah sedangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain jenis limbah, Mlss, Temperatur, pH, Oksigen yang tersedia dan Nutrisi. Proses lumpur aktif adalah proses pengolahan air limbah secara biologis dengan menggunakan bakteri aerob. Lumpur aktif adalah masa mikroorganisme yang terdiri dari bakteri, protozoa dan metazoa yang tercampur dalam lumpur. Air limbah dialirkan pada campuran lumpur yang berbentuk suspensi yang telah diagitasi atau aerasi didalam suatu sistim. Lumpur yang terbentuk dipisahkan dari air hasil olahan secara grafiti sehingga larutan supernatan akan terpisah, sebahagian lumpur akan dikembalikan kedalam reaktor dan sisanya dibuang. Beberapa keuntungan dalam pengolahan air limbah secara lumpur aktif ini antara lain tidak menimbulkan bau, hasil olahan cukup jernih dan Lumpur dapat digunakan berulang-ulang. Sedangkan masalah yang sering timbul dalam praktek adalah sering terjadinya "bulking", yaitu menggumpalnya Lumpur aktif karena pertumbuhan flok yang tidak sempurna yang disebabkan oleh rendahnya oksigen terlarut, nutrisi atau pH. Dalam waktu yang bersamaan akan terjadi "deflokulasi" sehingga outlet menjadi keruh, dan "pinflok" yaitu terjadinya butiran-butiran halus yang mengapung dipermukaan karena aerasi yang berlebihan atau adanya bahan beracun.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Peralatan.

A. Bahan.

1. Air rebusan kedele sebagai sample dalam percobaan yang diambil dari industri tempe.
2. NaOH teknis, untuk menetralkan pH.
3. Bahan kimia untuk analisa COD, BOD
4. Fe_2O_3 sebagai penyerap belerang (desulfurizer).

B. Peralatan

1. Suatu unit reaktor anaerobic tipe UASB dan aerobik skala Pilot dengan kapasitas masing-masingnya $5 m^3$
2. Peralatan untuk analisa COD, BOD, pH, dan MLSS.

IV. PELAKSANAAN PENELITIAN.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dirancang dengan volume reaktor $5 m^3$, dengan kondisi air limbah berkonsentrasi 7000 mg/l dan flowrate $5 m^3$ /hari. Disamping untuk melihat seberapa banyaknya penurunan konsentrasi COD dari air limbah juga diteliti sejauh mana kemampuan alat ini dapat digunakan dalam mengolah air limbah.

A. PERLAKUAN PENDAHULUAN

Beberapa perlakuan pendahuluan dari tahapan penelitian yaitu :

1. Air limbah; diambil dari sentra produksi tempe yang berada disekitar Jakarta yaitu air rebusan kedele karena konsentrasi COD air rebusan ini paling besar jika dibandingkan dari air cucian lainnya.

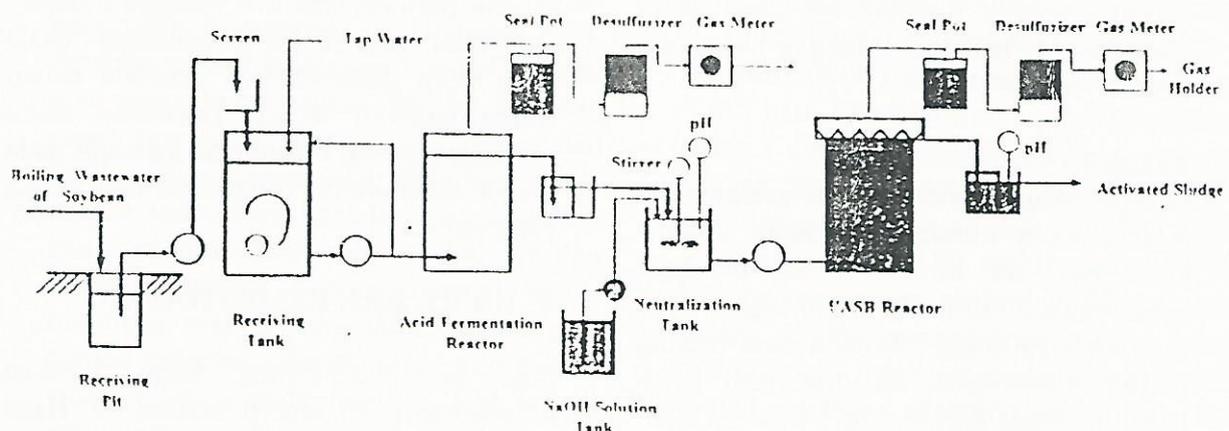
2. Pemisahan limbah padat yang mungkin terikut waktu pengambilan contoh
 3. Lumpur aktif untuk reaktor aerobik: diambil dari salah satu industri yang telah mempunyai kolam aerobik, sebelum digunakan dilakukan pengkondisian terlebih dahulu selama ± 2 minggu.
 4. Sludge yang digunakan didalam reaktor anaerobik berbentuk granule yang berasal dari Jepang, sebelum digunakan dilakukan pengkondisian terlebih dahulu selama 2 minggu.
- b. Netralkan contoh air limbah sebelum dipompakan ke dalam reaktor fermentasi metan.
 - c. Alirkan efluent yang berasal dari reaktor fermentasi metan kedalam reaktor aerobik.
 - d. Air olahan yang berasal dari reaktor aerobik dapat dibuang langsung ke badan air
 - f. Pemeriksaan air limbah dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan.

B. PERCOBAAN

- a. Encerkan air limbah sesuai dengan kondisi operasi
- b. Pompakan kedalam reaktor fermentasi asam.

Pengolahan secara aerobik ini baru kami lakukan setelah kami melaksanakan tahapan penelitian secara anaerobik selama selang waktu 200 hari sehingga dalam grafik kelihatan perbedaan dalam lamanya waktu penelitian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram dibawah ini.

Gambar 1. Diagram Proses UASB



Pengamatan dilakukan sesuai dengan jadwal sebagai berikut :

a. Untuk reaktor anaerobik

No	Hari	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat
1	PH	x	x	x	x	x
2	SS		x			x
3	COD		x			x
4	BOD					x
5	Temperatur	x	x	x	x	x

b. Untuk reaktor aerobik

No	Hari	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat
1	PH	x	x	x	x	x
2	Temperatur	x	x	x	x	x
3	SS		x			x
4	COD		x			x
5	BOD		x			x
6	SV30					x

Sedangkan variasi yang diamati selama percobaan adalah konsentrasi air limbah berubah dengan flowrate berubah, serta konsentrasi berubah dengan flowrate tetap.

Tahap 1:

Dilaksanakan setelah selesai aklimatisasi selama lebih kurang 2 minggu dimana konsentrasi air limbah dibuat berubah-ubah yaitu 2000 mg/L, 3000 mg/L, 5000 mg/L dan 7000 mg/L dimana pada masing masing konsentrasi ini dilakukan perubahan flowrate dari 0,5 m³, 1 m³, 1,5 m³, 2 m³, sampai 5 m³/hari.

Tahap 2 :

Konsentrasi air limbah berubah mulai dari 7000 mg/l dan seterusnya sampai didapat kondisi optimum dengan flow rate tetap yaitu 5 m³/hari.

Perubahan tahapan ini dilakukan setelah dalam setiap langkah yang kita lakukan selama periode waktu 2 minggu didapatkan total penurunan konsentrasi COD yang tetap diatas 85% . Apabila dalam waktu tersebut terjadi kesalahan maka konsentrasi awal diturunkan kembali pada tingkat sebelumnya sampai dicapai angka yang stabil.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dari percobaan yang kami lakukan didapatkan hasil seperti berikut ini. Hasil percobaan untuk tahap 1 dapat dilihat pada setiap tampilan grafik mulai pada hari 1 sampai hari ke 250 yaitu setelah dicapai kondisi yang diharapkan sesuai rancangan alat yaitu dengan kondisi COD yang masuk 7000 mg/L , flowrate 5m³/hari (waktu tinggal 1 hari) dengan

penurunan konsentrasi diatas 85 %. Sedangkan untuk tahap berikutnya dimulai pada hari ke 251 dilakukan perubahan konsentrasi mulai dari 7000 mg/L sampai titik maksimal yaitu sampai konsentrasi 30000 mg/L dengan flowrate tetap 5m³/hari, percobaan tidak dapat dilanjutkan karena terlalu tingginya tekanan gas yang terbentuk didalam reaktor sehingga sludge ikut keluar pada aliran pipa effluent

Tahap I.

Penelitian dilakukan dalam waktu 250 hari mulai dari tahap aklimatisasi selama 2 (dua) minggu yang bertujuan untuk mengkondisikan sludge yang digunakan dengan air limbah yang akan diolah kemudian penelitian dimulai dengan konsentrasi awal 2000 mg/l, 3000 mg/l, 5000 mg/l dan 7000 mg/l dengan flowrate 0,5 m³/hari yang dibiarkan selama 2 minggu. Flowratanya dinaikkan pelan-pelan menjadi 1, 1,5, 2, 3, 4 dan 5 m³/hari dengan catatan selama periode waktu 2 minggu tersebut proses berlangsung dalam kondisi normal dengan total penurunan konsentrasi COD diatas 85%. Apabila terjadi gangguan kondisi operasi atau maka harus segera diambil tindakan cepat agar tidak mengganggu proses dan hasil analisa karena jika dibiarkan dalam jangka waktu yang agak lama mengakibatkan rusak/kurang aktifnya bakteri dan untuk mencapai kondisi normal membutuhkan waktu yang lama. Salah satu contoh sederhana dapat dilihat grafik pada tabel 3 yaitu pada hari ke 190 terjadi penurunan total "removal rate" sampai 80% ternyata sensor pH tidak bekerja baik karena aliran listrik mati diwaktu malam hari dalam waktu yang lama dan kurang bersihnya elektroda mengakibatkan alat tidak bekerja dengan sempurna. Tindakan

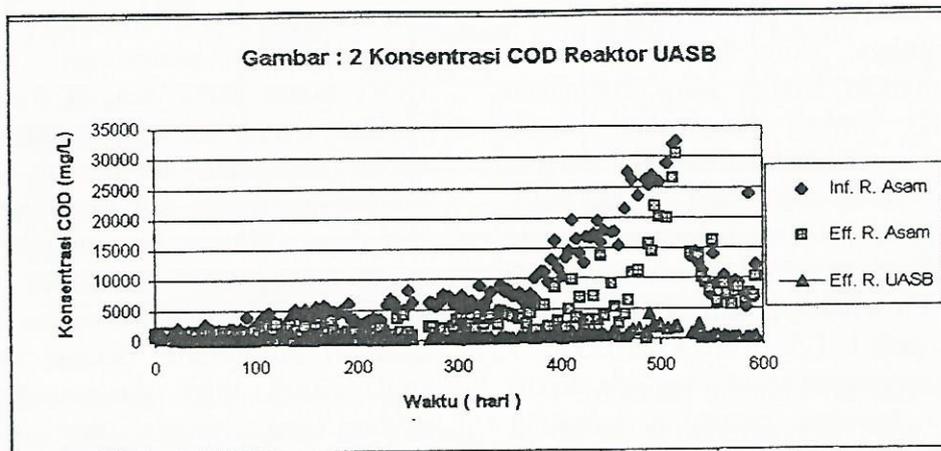
pertama yang dilakukan adalah konsentrasi air limbah yang masuk dikembalikan pada kondisi terakhir dan dipertahankan sampai nilai total penurunan konsentrasi COD tetap (didas 85%), sedangkan untuk jangka panjangnya diupayakan agar semua peralatan dijaga dalam kondisi baik dengan jalan pengecekan rutin.

Tahap II.

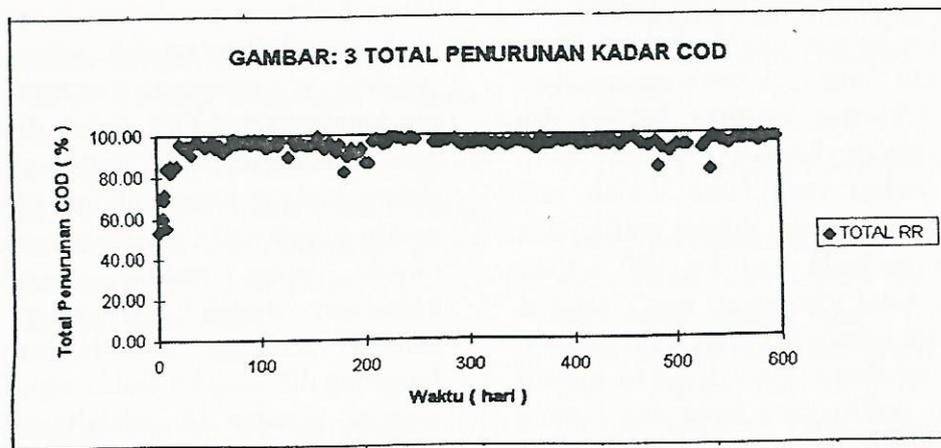
Penelitian pada tahap ke dua ini dilakukan mulai hari ke 251 sampai hari ke 600 yaitu setelah penelitian tahap I selesai dan didapatkannya penurunan konsentrasi COD diatas 90% dengan tujuan untuk melihat sejauh mana kemampuan alat ini dalam mengolah air limbah yang berkonsentrasi tinggi sehingga hasil olahannya dapat dibuang langsung ke badan air tanpa mengganggu biota air dan lingkungan disekitarnya. Penelitian awal pada tahap II ini dimulai dengan konsentrasi COD 7000 mg/l dengan flowrate 5 m³/hari (waktu tinggal 1hari), dilanjutkan dengan konsentrasi 9000 mg/l, 11000 mg/l, 13000 mg/l dan seterusnya sampai konsentrasi 30000 mg/l dengan flowrate tetap 5 m³/hari. Sama halnya dengan penelitian tahap I dimana perubahan konsentrasi air limbah dilakukan setelah selama 2 minggu tidak ada gangguan dan total penurunan konsentrasi COD stabil diatas 85%. Karena konsentrasi air limbah yang diolah dalam reaktor anaerobik ini makin lama makin tinggi maka air limbah yang sudah diolah dalam reaktor anaerobik ini kemudian diolah lagi dalam reaktor aerobik sehingga air olahannya dapat langsung dibuang ke badan air. Gambar 2 sampai gambar 8 adalah data grafik penelitian pengolahan air limbah yang dilakukan dalam waktu 600 hari.

Gambar 2 adalah grafik yang menunjukkan besarnya konsentrasi air limbah yang masuk kedalam reaktor fermentasi asam yang kemudian masuk kedalam reaktor fermentasi metan. Disini terlihat dengan jelas bahwa pada reaktor fermentasi asam ini walaupun disini baru terjadi pemecahan senyawa monomer menjadi asam-asam organik, CO₂ dan alkohol juga terjadi penurunan konsentrasi COD sehingga air limbah yang masuk kedalam reaktor fer-

mentasi metan sudah berkurang konsentrasinya, hasil olahan dari reaktor fermentasi metan ini terlihat menurun dengan tajam. Pada grafik yang terdapat pada gambar 2 terlihat dengan jelas adanya penurunan konsentrasi COD dari air limbah sebelum dan sesudah diolah, nilai ini mulai kelihatan pada minggu ke dua yaitu adanya penurunan konsentrasi sekitar 40% dan angka ini bergerak terus hingga mencapai lebih dari 90 %.



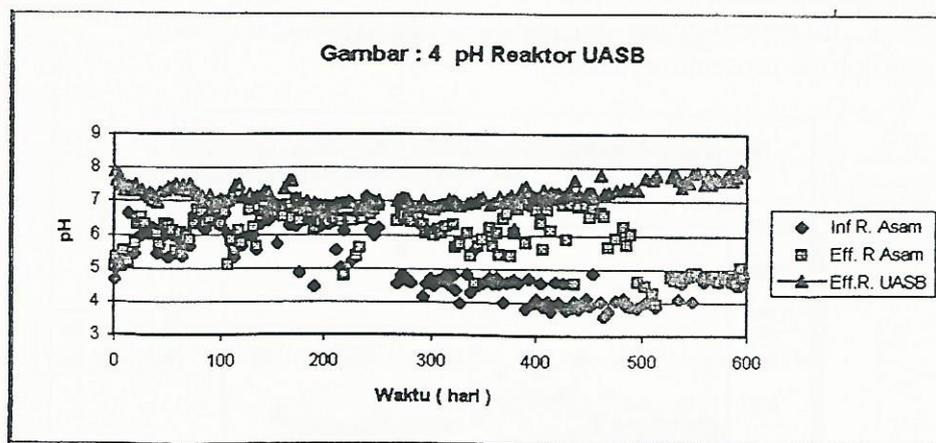
Gambar : 2 Konsentrasi COD pada reaktor UASB



Gambar : 3 Total penurunan kadar COD

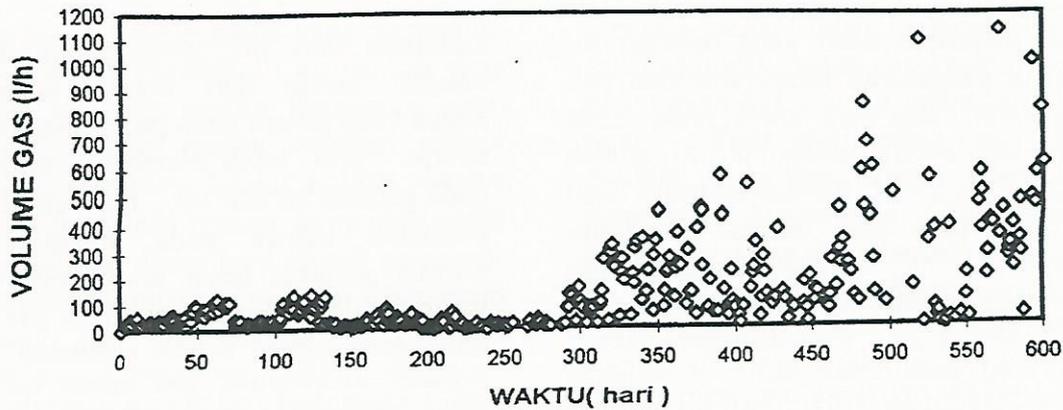
Untuk mencapai hasil yang optimal diperlukan pengaturan temperatur dan pH. Temperatur yang baik untuk pengolahan air limbah secara anaerobik ini adalah antara $35 - 37^{\circ}\text{C}$ dimana menurut hasil penelitian para ahli bahwa temperatur dibawah 35°C bakteri pembentuk gas metan kurang aktif, sedangkan pada temperatur diatas 37°C sebahagian bakteri akan mati atau tidak aktif. Sedangkan derajat keasaman (pH) dari air limbah sebelum masuk kedalam reaktor fermentasi metan harus dalam kondisi netral karena pH yang tidak sesuai dengan kondisi yang diinginkan akan mengakibatkan bakteri menjadi tidak aktif bahkan kemungkinan akan mati karena penurunan pH yang terlalu tajam mengakibatkan turunnya nilai total prosentase kadar COD yang dapat dihilangkan, ini dapat terlihat dalam grafik pada **gambar 3**. Karena itu dalam praktek di lapangan kondisi operasi harus benar-benar dijaga sedemikian rupa sehingga hal-hal yang tidak kita inginkan dapat diketahui sedini mungkin misalnya

elektroda dari pH meter harus dalam kondisi bersih dari kotoran sehingga angka yang tertera pada panel benar-benar akurat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini. Pada **gambar 4** kelihatan bahwa pada kondisi yang normal semakin besar konsentrasi COD yang akan diolah maka produksi gas akan meningkat karena proses peruraian asam organik membentuk gas metan berlangsung sempurna sesuai dengan kondisi operasi akan tetapi produksi akan menurun dengan tajam apabila terjadi perubahan kondisi (temperatur dan pH). Terjadinya perubahan ini menyebabkan zat organik yang terkandung didalamnya tidak terurai sempurna menjadi asam asetat akan tetapi sebahagian akan terurai menjadi asam propionat, gas hidrogen dan karbon dioksida yang sangat menghambat pertumbuhan bakteri pembentuk gas metan sehingga pembentukan gas metan tidak sempurna, seperti yang terlihat pada **gambar 5**.



Gambar :4 pH reaktor UASB

Gambar : 5 VOLUME GAS RATA RATA

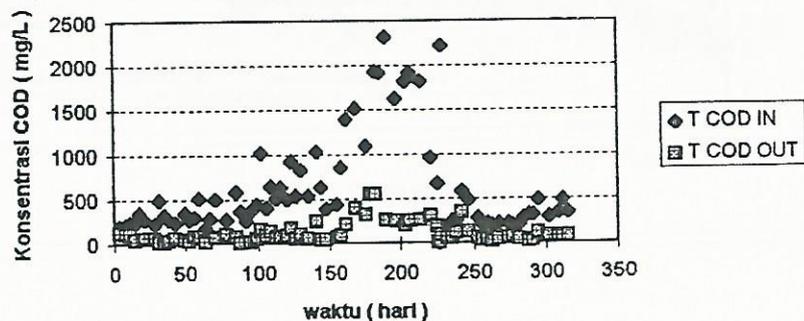


Gambar : 5 Produksi gas rata-rata setiap hari

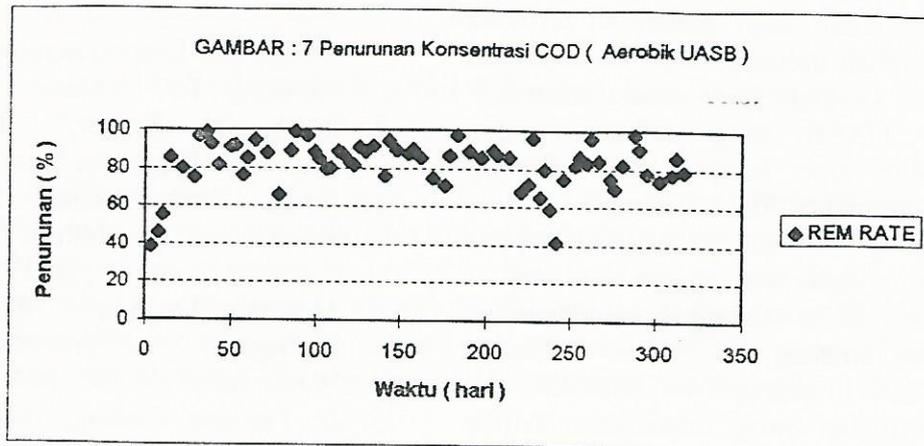
Pengolahan air limbah secara aerobik ini dimulai setelah pengolahan secara anaerobik berlangsung selama selang waktu 250 hari yaitu setelah tahapan pertama selesai, jadi adanya perbedaan jumlah waktu antara percobaan secara anaerobik dengan aerobik. Gambar 6 adalah konsentrasi COD dari reaktor aerobik, disini terlihat bahwa air limbah yang berasal dari effluent anaerobik pada kondisi normal dapat diolah secara aerobik dengan penurunan konsentrasi sampai diatas 85% bahkan sampai tidak terdeteksi. Akan tetapi jika terjadi permasalahan pada proses anaerobik secara tidak langsung akan mempengaruhi hasil olahan pada proses aerobik ini. seperti yang terlihat jelas pada grafik total prosentase penurunan

an kadar COD pada hari antara 200 - 250 yang drastis turun menjadi 40 %. Hal ini terjadi karena terlalu banyaknya terbentuk gas pada reaktor anaerobik akan mendorong sludge keluar dari reaktor, outlet yang keluar menjadi hitam sehingga konsentrasi air limbah yang masuk kedalam reaktor aerobik menjadi lebih besar dan sangat mengganggu proses selanjutnya. Sedangkan untuk mendapatkan hasil yang optimal maka diperlukan pengaturan kondisi operasi, dimana pada kondisi normal yaitu kandungan nutrisi memenuhi persyaratan yaitu perbandingan COD : N : P = 100 : 5 : 1 dan pemberian udara yang cukup (DO = 1 -2 mg/L) serta temperatur dan pH yang optimum .

Gambar : 6 Konsentrasi COD (Aerobik -UASB)



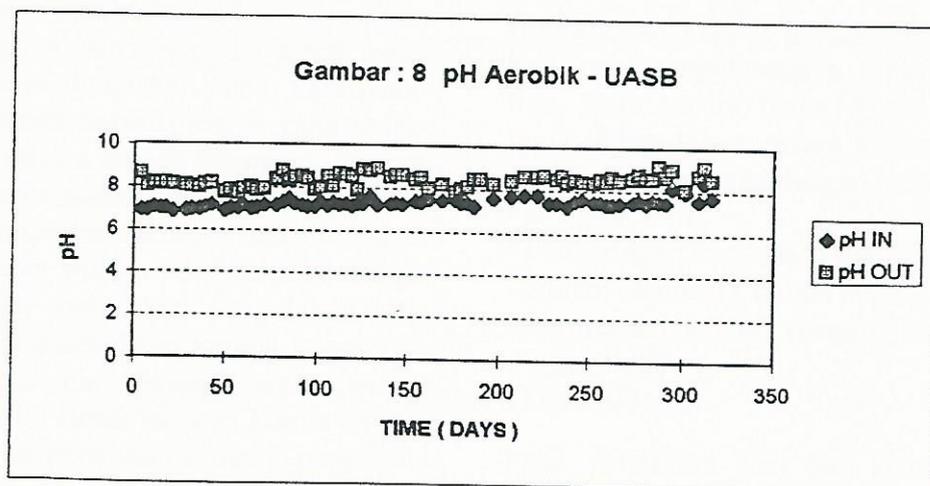
Gambar : 6 konsentrasi COD pada reaktor aerobik



Gambar : 7 Total Penurunan konsentrasi COD

Pada umumnya bakteri aerobik akan berkembang dengan baik pada temperatur 35⁰ C, pada temperatur rendah bakteri ini akan bersifat pasif/tidur sedangkan temperatur terlalu tinggi bakteri ini akan mati (40⁰C – 45⁰C) sedangkan pH yang baik untuk pengolahan secara aerobik ini adalah sekitar pH 6 – 8,5.

Sama halnya dengan temperatur perubahan pH ini sangat mempengaruhi pertumbuhan bakteri didalam reaktor sehingga berhasil atau tidaknya pengolahan secara aerobik ini sangat tergantung dengan kondisi ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8 berikut ini



Gambar 8. pH aerobik - UASB

VI. KESIMPULAN.

1. Berdasarkan hasil penelitian ternyata air limbah industri tempe dapat diolah secara biologis yaitu secara anaerobik tipe UASB yang diikuti dengan aerobik tipe lumpur aktif dengan konsentrasi COD 30.000 mg/L
2. Total penurunan kadar COD pada reaktor anaerobik 95 % dan reaktor aerobik 85 % sehingga hasil olahannya dapat dibuang ke badan air tanpa merusak lingkungan dan biota air .
3. Gas metan yang dihasilkannya jika dimanfaatkan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar dalam merebus kacang kedelai.

VII. DAFTAR PUSTAKA.

1. -----,"Activated Sludge and Lagoon aeration Process ", Bandung , 16 - 19 Maret 1998.
2. Iman W Koster," Toxicity in Anaerobic Digestion ", pp 2 – 23.
3. Japan Environmental Management Assosiacion for Industry," Industrial Pollution Control ", pp 199 – 303.
4. M.A.Winkler,MA, MSc (Eng)," Biological Treatment of Wastewater",pp 79 – 162.
5. Ir. Perdana Ginting," Mencegah dan mengendalikan pencemaran industri", hal 134 – 148.
6. Drs Unus Suriawiria," Mikrobiologi air ", hal 186 – 206.

-----ooooo00000ooooo-----