

PENGARUH PEMAKAIAN BIOFILTER STRUKTUR SARANG TAWON PADA PENGOLAH LIMBAH ORGANIK SISTEM KOMBINASI ANAEROB-AEROB (Studi Kasus : Limbah Tahu Dan Tempe)

Oleh: Arie Herlambang ^{*)}

Abstract

Wastewater treatment of a combined anaerobic-aerobic system is secondary wastewater treatment after physical treatment. Basically this wastewater treatment relies on bacteria in degrading pollutants. The use of honeycomb biofilter is to increase specific surface of media for attaching bacteria. Total volume of reactors is 280 liter, made of glass, equipped with two circulating pump and blower in the aerobic zone. The Biofilter is made of plastic, structurally like honeycomb. Its dimension is 28 cm x 25 cm x 30 cm, very light and easy to clean. It takes 14 days for seeding.

The reactors were run in four different resident time, namely 7 days, 5 days, 3 days and 1 day. The raw water used in this experiment is wastewater from tofu and fermented soybean cake industries that have BOD around 300 - 500 mg/l. The water is sampled weekly and the results from 1,872 physical and chemical parameters from 144 water samples show that the reactors that using biofilters have better performance than the reactors using no biofilters. The Efficiency process in decreasing BOD value is around 51 - 91 % for resident time one day up to 7 days. Besides such a good relatively high efficiency, the hydraulic loading is around 0,48 - 3,33 m³/m²/ day and BOD loading is around 0, 20 - 0,43 kg BOD/m³/ day.

Kata Kunci : *Wastewater treatment, organic waste, biofilter, biofilm*

1. PENDAHULUAN

Tahu dan tempe merupakan makanan yang digemari masyarakat, baik masyarakat kalangan bawah hingga atas. Keberadaannya sudah lama diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi dan murah harganya. Hampir di tiap kota di Indonesia dijumpai industri tahu dan tempe. Pada umumnya industri tahu dan tempe termasuk ke dalam industri kecil yang dikelola oleh rakyat dan beberapa di antaranya masuk dalam wadah Koperasi Pengusaha Tahu dan Tempe (KOPTI). Proses pembuatan tahu dan tempe masih sangat tradisional dan banyak memakai tenaga manusia. Bahan baku utama yang digunakan adalah kedelai (*Glycine spp*). Konsumsi kedelai Indonesia pada Tahun 1995 telah mencapai 2.287.317 Ton (Sri Utami, 1997). Sarwono (1989) menyatakan bahwa lebih dari separuh konsumsi kedelai Indonesia dipergunakan untuk diolah menjadi tempe dan tahu.

Air banyak digunakan sebagai bahan pencuci dan merebus kedelai, akibat dari besarnya pemakaian air pada proses pembuatan tahu dan tempe, maka limbah yang dihasilkan juga cukup besar. Sebagai contoh limbah industri tahu tempe di Semanan, Jakarta Barat kandungan BOD₅ mencapai 1 324 mg/l, COD 6 698 mg/l, NH₄ 84,4 mg/l, nitrat 1,76 mg/l dan nitrit 0,17 mg/l (Prakarindo Buana, 1996). Jika ditinjau dari Kep-03/MENKLH/11/1991 tentang baku mutu limbah cair, maka industri tahu dan tempe memerlukan pengolahan limbah. Akibat pencemaran limbah organik hampir semua sungai-sungai di Jakarta telah melewati baku mutu untuk peruntukannya.

Pada saat sekarang ini industri tahu tempe masih banyak merupakan industri kecil skala rumahtangga yang tidak dilengkapi dengan unit pengolah air limbah. Pengolahan limbah masih merupakan beban bagi pengrajin, terutama biaya perawatannya. Di daerah industri tahu dan tempe yang dikelola

^{*)} Staf Peneliti pada Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT

koperasi beberapa diantaranya telah memiliki unit pengolahan limbah sedehana.

1.1. Perumusan Masalah

Berdasarkan fakta bahwa pencemaran limbah organik di kota-kota besar cukup tinggi dan banyak industri rumah tangga yang tidak mempunyai pengolahan limbah, maka perlu dicari upaya untuk menurunkan kadar pencemar organik dengan cara yang sederhana dan murah. Pemakaian biofilter merupakan upaya untuk memanfaatkan aktivitas bakteri dalam pengolahan limbah, sehingga dapat dilakukan penghematan energi.

1.2. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh pemakaian biofilter struktur sarang tawon pada pengolah limbah organik sistem kombinasi anaerob-aerob, khususnya pada limbah industri tahu dan tempe. Disamping itu penelitian ini juga bertujuan mencari bagaimana kemampuan biofilter tersebut dalam menguraikan limbah organik dan mengkaji kemungkinan penerapannya di indutsri tahu dan tempe.

1.3. Karakteristik Limbah

Karakteristik buangan industri tahu ada dua hal yang perlu diperhatikan (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987), yaitu : karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, suhu, warna dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas. Karakteristik buangan industri tahu dinyatakan oleh Nurhasan dan Pramudyanto (1987) meliputi dua hal. Yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total (total solid), suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas.

Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu pada umumnya lebih tinggi dari air bakunya, yaitu 40°C sampai 46°C . Suhu yang meningkat di lingkungan perairan akan mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan (Sugiharto, 1987).

Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu

pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemaklah yang jumlahnya paling besar (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987), yang mencapai 40% - 60% protein, 25 - 50% karbohidrat, dan 10% lemak (Sugiharto, 1987). Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik ini semakin banyak, dalam hal ini akan menyulitkan pengelolaan limbah, karena beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme di dalam air limbah tahu tersebut. Untuk menentukan besarnya kandungan bahan organik digunakan beberapa teknik pengujian seperti BOD₅, COD dan TOM. Uji BOD merupakan parameter yang sering digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran bahan organik, baik dari industri ataupun dari rumah tangga (Welch, 1992).

Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah (Nurhasan dan Pramudya, 1987). Pada umumnya konsentrasi ion hidrogen buangan industri tahu ini cenderung bersifat asam. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (N-total) sebesar 226,06 sampai 434,78 mg/l. sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di peraian tersebut.

Gas-gas yang biasa ditemukan dalam limbah adalah gas nitrogen (N₂), oksigen (O₂), hidrogen sulfida (H₂S), amonia (NH₃), karbondioksida (CO₂) dan metana (CH₄). Gas-gas tersebut berasal dari dekomposisi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air buangan. Permasalahan yang sering muncul adalah kecepatan reaksi biokimia memerlukan oksigen yang lebih besar sejalan dengan meningkatnya suhu (Nurhasan dan Pramudya, 1987).

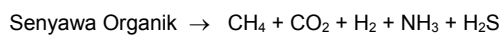
2. PENGOLAHAN LIMBAH

2.1. Pengolahan Limbah Sistem Anaerobik

Penguraian anaerobik terdiri dari serangkaian proses mikrobiologi yang merubah bahan organik menjadi metan. Produksi metan adalah fenomena umum dalam bermacam-macam lingkungan alam berkisar dari es glaser sampai sedimen, rawa, pencernaan hewan pemakan rumput,

dan ladang minyak. Fenomena alam mengenai proses pembentukan metan (*metanogenesis*) ditemukan lebih dari seabad yang lalu. Jika dalam proses aerobik mikroorganisme yang terlibat hanya dari beberapa jenis saja, sedangkan dalam proses anaerobik sebagian besar proses terjadi akibat bakteri.

Kumpulan mikroorganisme, umumnya bakteri, terlibat dalam transformasi senyawa kompleks organik menjadi metan. Lebih jauh lagi, terdapat interaksi sinergis antara bermacam-macam kelompok bakteri yang berperan dalam penguraian limbah. Keseluruhan reaksi dapat digambarkan sebagai berikut (Gabriel Bitton, 1994) :

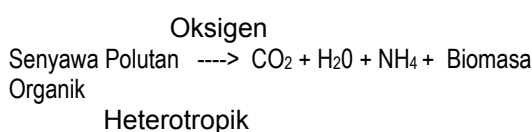


Meskipun beberapa jamur (fungi) dan protozoa dapat ditemukan dalam penguraian anaerobik, bakteri tetap merupakan mikroorganisme yang paling dominan bekerja didalam proses penguraian anaerobik. Sejumlah besar bakteri anaerobik dan fakultatif (seperti : *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*) terlibat dalam proses hidrolisis dan fermentasi senyawa organik. Ada empat kelompok bakteri yang terlibat dalam transformasi material kompleks menjadi molekul yang sederhana seperti metan dan karbon dioksida. Kelompok bakteri ini bekerja secara sinergis.

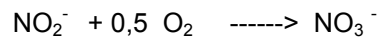
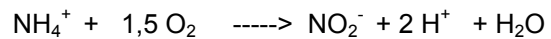
2.2. Pengolahan Limbah Sistem Aerobik

Di dalam proses pengolahan air limbah organik secara aerobik, senyawa kompleks organik akan terurai oleh aktifitas mikroorganisme aerob. Mikro-organisme aerob tersebut didalam aktifitasnya memerlukan oksigen atau udara untuk memecah senyawa organik yang kompleks menjadi CO₂ (karbon dioksida) dan air serta ammonium, selanjutnya amonium akan dirubah menjadi nitrat dan H₂S akan dioksidasi menjadi sulfat. Secara sederhana reaksi penguraian senyawa organik secara aerobik dapat dilihat pada gambar 1.

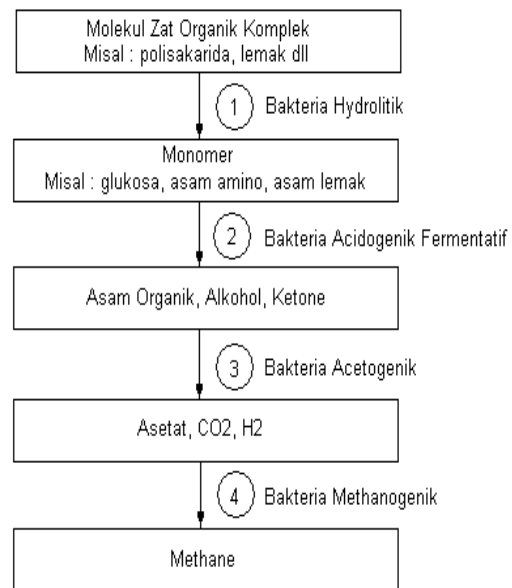
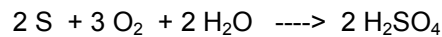
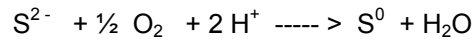
Reaksi Penguraian Organik :



Reaksi Nitrifikasi :



Reaksi Oksidasi Sulfur :



Gambar 1. Kelompok Bakteri Metabolik yang terlibat dalam penguraian limbah dalam sistem anaerobik.

2.3. Biofilter Dalam Pengolahan Limbah

Jenis –Jenis Biofilter

Alasan utama yang membuat trikling filter dengan media batu popular adalah kesederhanaannya, biaya operasi yang rendah, dan produksi Lumpur yang mudah untuk di atasi. Walaupun demikian, ketika mengolah air limbah yang tinggi atau pekat, filter tunggal satu tahap tidak mampu menurunkan bahan organik mencapai standard effluent BOD yaitu 30 mg/l, dan dalam hal system dua tahap, unit pertama akan mengalami penyumbatan dan emisi udara kotor (Viessman dan Hammer, 1985).

Dua jenis media plastik yang umum, yaitu paking dengan lembar vertikal dan random atau acak. Paking dengan lembar vertikal terbuat dari *polyvinilchloride* (PVC), dibuat dalam modul, biasanya lebar 2 ft (61

cm) dan tinggi 2 ft (61 cm), panjang 4 ft (122 cm). Permukaan spesifik berkisar 26 – 43 ft²/ft³ (90 – 140 m²/m³) tergantung pabrik pembuatnya, dan ruang kosong berkisar 95%.

Berat modul plastik yang ringan membuat modul dapat ditumpuk sampai 20 ft (6 meter). Untuk limbah rumah tangga biasanya satu tahap, setelah sedimentasi primer, sedangkan yang dua tahap dipasang ketika mengolah air limbah industri. Resirkulasi langsung diterapkan untuk memelihara aliran agar tetap berjalan. Kemampuan pengolahan filter berkisar antara 800 – 2400 g/m³/hari dengan luas permukaan spesifik berkisar 60 – 300 m²/m³/hari.

Cara Bekerja Biofilter

Oksigen dan nutrisi yang dibawa oleh air yang diolah akan terdifusi menembus lapisan biofilm sampai kepada lapisan sel yang paling dalam yang tidak dapat ditembus oleh oksigen dan nutrisi. Setelah beberapa lama, terjadi stratifikasi menjadi lapisan aerobik tempat oksigen masih dapat terdifusi dan lapisan anaerobik yang tidak mengandung oksigen. Ketebalan kedua lapisan ini bervariasi tergantung jenis reaktor dan material pendukungnya (Lihat Gambar 2).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Perkampungan Industri Kecil, PRIMKOPTI Swakerta, Kelurahan Semanan, Jakarta Barat, sedangkan penelitian dalam skala laboratoriumnya dilakukan di Bogor. Penelitian dilaksanakan Bulan Desember 1998 – Oktober 1999.

3.2. Responden dan Pengambilan Data

Dalam survei sosial ekonomi diambil 100 responden pengrajin tahu dan tempe yang bertempat tinggal di Komplek Industri Tahu dan tempe, Kelurahan Semanan, Jakarta Barat. Jumlah Pengrajin secara keseluruhan berkisar 710 – 800 pengrajin. Pengambilan data dilakukan dalam waktu satu minggu.

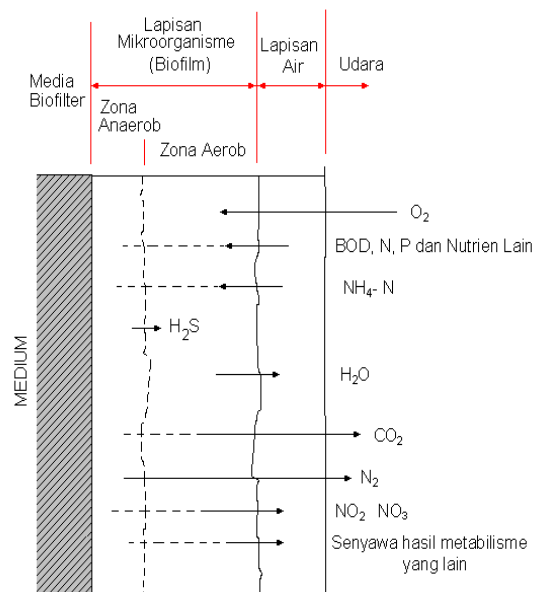
3.3. Desain sistem kombinasi anaerob-aerob

Dalam penelitian skala Laboratorium ini reaktor limbah dirancang dengan volume

140 liter untuk satu reaktornya. Dalam reaktor kombinasi ada dua reaktor, sehingga volumenya menjadi 280 liter. Reaktor ini dilengkapi dengan bak air baku, pompa sirkulasi dan pompa blower untuk pemberian udara.

3.4. Peralatan Penelitian

Penelitian ini memerlukan peralatan untuk percobaan dan pengukuran parameter-parameter yang harus diukur langsung di lapangan, yaitu : 1). Reaktor sistem kombinasi anaerob dan aerob yang terbuat dari kaca berjumlah 4 buah, 2). Bangunan pelindung sederhana ukuran 3 m x 4 m untuk melindungi reaktor dari hujan dan panas dan keamanan selama penelitian, 3). Dua buah bak air baku dan menara air, serta satu buah bak untuk mengambil air baku dan pompa hisap untuk mengambil air baku, 4). Peralatan reaktor sistem kombinasi anaerob dan aerob yang berupa : pompa air baku (*intake*) satu buah, blower untuk memompa udara dua buah, pompa sirkulasi dua buah, dan media biofilter yang terbuat dari plastik struktur sarang tawon ukuran 25 cm x 30 cm x 30 cm empat buah, serta pengatur pH, dan 5). Peralatan Pengukuran flow meter, gelas ukur, pengukur waktu, suhu, dan peralatan pengukur parameter kimia dan biologi, serta peralatan dokumentasi.



Gambar 2. Mekanisme proses metabolisme didalam biofilter (Arvin. E. dan Harremoos. P., 1990.).

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pengambilan air baku di Pusat Industri Kecil Tahu dan Tempe di Semanan, Jakarta Barat. Kemudian dilakukan pengisian reaktor dan pembiakan dengan cara mensirkulasi reaktor selama 10 - 14 hari. Percobaan dilakukan dengan media dan tanpa biofilter struktur sarang tawon. Pada tahap pertama, reaktor sistem kombinasi anaerob-aerob dijalankan dengan kondisi pengaturan kecepatan laju aliran air baku untuk mendapatkan waktu tinggal air dalam reaktor (RT) selama satu, tiga, lima dan tujuh hari. Pengambilan contoh air dilakukan pada air baku dan setiap bagian pengolahan dari awal sampai air hasil olahan untuk setiap satuan waktu tinggal (RT). Setiap satuan waktu tinggal dilakukan empat kali pengambilan contoh pada masing-masing reaktor dengan selang waktu satu minggu.

3.6. Analisis Data

Data hasil survai sosial ekonomi dianalisis dengan mempergunakan analisis statistik tabulasi silang (*crosstab*) dengan mempergunakan Perangkat Lunak SPSS, sedangkan analisis data hasil percobaan fisik dan kimia air limbah dianalisis dengan mempergunakan uji klasifikasi kelompok dan uji T dengan mempergunakan perangkat lunak SAS. Data mikrobiologi didapat dari hasil identifikasi bakteri dari limbah di lokasi percobaan, terutama terhadap dua unsur limbah utama, yaitu karbohidrat dan protein.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Sosial Ekonomi

Informasi kondisi sosial ekonomi ini diperlukan untuk mengetahui kesadaran para pengrajin tahu dan tempe terhadap lingkungan dan kesedian mereka dalam mengeluarkan biaya untuk lingkungan. Hasil survei tahun 1999 terhadap pengrajin tahu dan tempe di KOPTI Swakerta Semanan dengan 100 responden menunjukkan bahwa usia responden 54% dewasa (20 – 45 Tahun), 24% tua (45 – 60 Tahun) dan 22% muda (<20 Tahun). Gambaran penghasilan para pengrajin adalah sebagai berikut : 78% lebih dari 350 ribu rupiah tiap bulan, dan bahkan 35% diantaranya berpenghasilan lebih dari 700 ribu rupiah. Teknologi pembuatan tahu

tempe yang sederhana ini ternyata dapat dengan mudah diadaptasi oleh tenaga kerja dengan pendidikan yang tidak terlalu tinggi, hasil survei menunjukkan bahwa 83% berpendidikan Sekolah Dasar, 12% Sekolah Menengah Pertama, dan 5% berpendidikan Sekolah Menengah Atas.

Kebutuhan bahan baku kedelai untuk tiap pengrajin berbeda-beda, tergantung skala usaha dan luas pemasarannya. Hasil survei menunjukkan bahwa 51% dari pengrajin membutuhkan kedelai sekitar 26-50 kg tiap harinya, 31% membutuhkan kedelai sekitar 51-100 kg, 9% pengrajin membutuhkan lebih dari 100 kg dan hanya 9% pengrajin yang membutuhkan kurang dari 25 kg kedelai tiap harinya. Jika saat ini terdapat 800 pengrajin, maka kebutuhan kedelai tiap harinya diperkirakan dapat mencapai 45.804 kg tiap hari.

Pemakaian kedelai yang cukup besar berkaitan erat dengan pemakaian air bersih, terutama dalam proses pencucian dan perebusan. Hasil survei menunjukkan 56% memakai air kurang dari 100 liter, 11% berkisar 100 – 200 liter, 8% berkisar 200 – 300 liter, 6% berkisar 300 – 400 liter dan 19% lebih dari 400 liter tiap hari. Dengan jumlah pengrajin sekitar 800 pengrajin kebutuhan air bersih untuk memasak diperkirakan mencapai 136.000 liter tiap hari.

Dengan demikian kebutuhan air untuk memasak kedelai sekitar 3 (tiga) liter untuk tiap kilogram. Hasil survei menunjukkan kebutuhan air untuk mencuci cukup besar, 80% dari responden menyatakan kebutuhan airnya berkisar 200 – 300 liter. Dan 40% diantaranya dipakai untuk mencuci rata-rata 38 kg kedelai. Diperkirakan kebutuhan air untuk mencuci kedelai dibutuhkan air sekitar 7 liter untuk tiap kilogram kedelai, sehingga total kebutuhan air untuk memasak dan mencuci kedelai adalah sekitar 10 liter untuk tiap kilogram. Jika jumlah kedelai yang dimasak berkisar 45.804 kg, maka kebutuhan airnya adalah sekitar 5,3 liter/detik.

Penataan lingkungan memerlukan biaya dan dana swadaya masyarakat sangat diperlukan. Untuk itu informasi kemampuan dan kesediaan masyarakat untuk mengeluarkan dana bagi pengolahan limbah perlu diketahui sebelum dibangun pengolahan limbah. Hasil survei terhadap 100 responden diketahui bahwa 14% responden mampu membayar lebih dari Rp. 10.000,- setiap bulannya, 7% responden mampu membayar Rp. 7.500,- - Rp. 10.000,-, 7% responden mampu membayar Rp 2.500,- - Rp. 5.000,-

dan 51% responden hanya mampu membayar Rp. 2.500,-. Ditinjau dari segi pendidikan ternyata dari 51% responden tersebut 41% hanya berpendidikan Sekolah Dasar.

4.2. Hasil Percobaan

Fisik dan Kimia

Parameter fisik yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu, kekeruhan, padatan terlarut total, padatan tersuspensi total dan residu terlarut. Parameter suhu air selama percobaan relatif stabil, baik pada reaktor yang memakai media biofilter maupun yang tidak memakai. Kekeruhan pada reaktor yang memakai media biofilter lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak memakai biofilter untuk setiap waktu tinggal. Efisiensi penurunan kekeruhan berkisar 61 – 81% untuk reaktor yang tidak memakai biofilter, sedangkan reaktor yang memakai biofilter efisiensinya lebih tinggi atau berkisar 73 – 87%.

Seperti halnya kekeruhan padatan terlarut total pada reaktor yang memakai media biofilter lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak memakai biofilter. Efisiensi penurunan nilai padatan terlarut total pada reaktor yang tidak memakai media biofilter berkisar 75 – 86%, sedangkan pada reaktor yang memakai media biofilter efisiensinya berkisar 82 – 95%. Padatan tersuspensi juga mengalami penurunan yang sama. Efisiensinya penurunan untuk reaktor yang tidak memakai media biofilter berkisar 50 – 76%, sedangkan pada reaktor yang memakai media biofilter efisiensinya penurunannya mencapai 56 – 94%. Residu Terlarut Total juga lebih rendah pada reaktor yang memakai media biofilter dibandingkan dengan yang tidak memakai, karena media juga berfungsi sebagai penahan arus air sehingga tidak bergolak. Efisiensi penurunan Residu Terlarut Total berkisar 60 – 82% pada reaktor yang tidak memakai media biofilter dan 68 – 89% pada reaktor yang memakai media biofilter.

Parameter kimia yang diukur untuk limbah tahu tempe dengan mempergunakan reaktor kombinasi anaerob – aerob dengan mempergunakan biofilter adalah pH, Oksigen terlarut (DO), Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD₅), Kebutuhan Oksigen Kimia (COD), amonia, nitrit, nitrat, Sulfida dan Total Fosfat. Nilai pH air olahan secara umum menunjukkan kecenderungan peningkatan

dibandingkan dengan kondisi air bakunya. Tidak ada perbedaan yang berarti antara pH air dari reaktor kombinasi anaerob-aerob yang memakai media biofilter dan tidak memakai. Oksigen terlarut (DO) dalam air olahan cukup baik, yaitu sekitar 5,2 – 5,8 mg/l dan pada waktu tinggal yang lebih lama nilai oksigen terlarutnya cenderung lebih tinggi.

Efisiensi penurunan kandungan BOD₅ untuk pengolahan dengan waktu tinggal 7 hari adalah sekitar 81,61 – 82,08% pada reaktor tanpa media biofilter dan 90,08 – 91,36% pada reaktor dengan media biofilter. Efisiensi penurunan BOD₅ untuk pengolahan dengan waktu tinggal 5 hari berkisar 74,44 – 75,96% pada reaktor tanpa biofilter dan 82,22 – 84,78% pada reaktor dengan media biofilter. Efisiensi penurunan BOD₅ untuk pengolahan dengan waktu tinggal 3 hari berkisar 71,50 – 73,40% pada reaktor tanpa biofilter dan 84,41 – 86,70% pada reaktor dengan media biofilter. Efisiensi penurunan BOD₅ untuk pengolahan dengan waktu tinggal 1 hari berkisar 42,86 – 44,91% pada reaktor tanpa biofilter dan 53,33 – 65,26% pada reaktor dengan media biofilter. Pemakaian biofilter dalam reaktor menunjukkan hasil berbeda nyata dibandingkan dengan reaktor tanpa biofilter (Tabel Lampiran 1).

Efisiensi penurunan COD untuk pengolahan dengan waktu tinggal 7 hari berkisar 71,67 – 73,88% pada reaktor tanpa biofilter dan 85,34 – 85,83% pada reaktor dengan media biofilter. Efisiensi penurunan COD untuk pengolahan dengan waktu tinggal 5 hari berkisar 73,75 – 74,43% pada reaktor tanpa biofilter dan 81,00 – 85,80% pada reaktor dengan media biofilter. Efisiensi penurunan COD untuk pengolahan dengan waktu tinggal 3 hari berkisar 68,00 – 72,09% pada reaktor tanpa biofilter dan 77,00 – 78,26% pada reaktor dengan media biofilter. Efisiensi penurunan COD untuk pengolahan dengan waktu tinggal 1 hari berkisar 43,08 – 43,84% pada reaktor tanpa biofilter dan 61,15 – 64,77% pada reaktor dengan media biofilter

Biologi

Penyusun utama limbah tahu dan tempe, sebagian besar adalah karbohidrat, protein dan lemak. Dalam penelitian ini hanya dilakukan pengujian mikrobiologi kepada dua kelompok terbesar pertama. Secara mikrobiologi, diidentifikasi bahwa penyebab penurunan parameter pencemar disebabkan pula oleh hadirnya bakteri pemakan karbohidrat dalam bentuk glukosa, laktosa dan sukrosa, serta

bakteri pemakan protein, baik dalam bentuk batang maupun kokus, gram negatif maupun yang positif, ada yang berspora dan ada yang tidak. Jumlah bakteri yang melimpah dalam air limbah ini sangat mendukung bagi pembentukan lapisan biofil pada biofilter dan efektifitas prosesnya penguraian limbah secara biologi.

Kemampuan Media Biofilter

Kemampuan biofilter dapat dinyatakan dalam dua istilah yaitu dengan Laju Beban Hidrolik atau dengan Laju Beban Organik. Beban hidrolik didefinisikan sebagai jumlah air limbah yang masuk ke dalam biofilter per luas filter per hari. Laju Beban didefinisikan sebagai jumlah senyawa organik di dalam air limbah yang dihilangkan atau didegradasi di dalam biofilter per unit volume biofilter per hari.

Hasil perhitungan laju hidrolik dapat diketahui bahwa laju beban hidrolik untuk waktu tinggal 7 (tujuh) hari adalah 0,48 m³/m² media.hari, waktu tinggal 5 hari adalah 0,67 m³/m² media.hari, waktu tinggal 3 hari adalah 1,11 m³/m² media.hari, dan waktu tinggal 1 hari adalah 3,33 m³/m² media.hari. Semakin singkat waktu tinggal, maka beban hidrolik media akan semakin tinggi.

Laju beban BOD dapat diketahui besarnya berkisar 159,24 – 214 g BOD/m³.hari atau rata-rata 0,1994 kg BOD/m³.hari untuk waktu tinggal 7 hari. Untuk waktu tinggal 5 hari berkisar 153,97 – 227,67 g BOD/m³.hari atau rata-rata 0,1836 kg BOD/m³.hari. Untuk waktu tinggal 3 hari berkisar 343,12 – 404,32 g BOD/m³.hari atau rata-rata 0,3688 kg BOD/m³.hari dan Laju beban BOD untuk waktu 1 hari adalah berkisar 236,88 – 738,61 g BOD/m³.hari atau rata-rata 0,429 kg BOD/m³.hari.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Secara umum pemakaian media biofilter dapat lebih meningkatkan efisiensi proses pengolahan limbah tahu dan tempe secara nyata dibandingkan pengolahan tanpa mempergunakan biofilter untuk setiap waktu tinggal.
2. Efisiensi penurunan nilai BOD₅ pada reaktor yang memakai media biofilter berkisar 53,33 – 91,36% dan nilai COD

berkisar 61,15- 85,83% dengan waktu tinggal berkisar 1 – 7 hari.

3. Dengan laju beban hidrolik sebesar 1,11 m³/m² media.hari dan laju beban BOD₅ rata-rata 0,3688 kg BOD₅ /m³.hari, maka dalam percobaan ini waktu tinggal 3 (tiga) hari dipandang sebagai waktu tinggal yang optimal untuk pengolahan limbah tahu dan tempe karena penurunan nilai BOD sudah lebih dari 75%. Pengurangan waktu tinggal dan peningkatan efisiensi dapat dilakukan dengan penambahan media biofilter dan pasokan udara melalui pompa (untuk sistem aerobik).

5.2. Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut tentang luas permukaan spesifik media yang berbeda, untuk mencari luas permukaan yang optimal.
2. Perlu mencari bahan media biofilter yang murah terbuat dari plastik bekas.
3. Perlu seleksi lebih lanjut dalam penggunaan bakteri sebelum dilakukan percobaan dengan hanya memakai bakteri-bakteri pemakan unsur dominan dalam limbah.

DAFTAR PUSTAKA

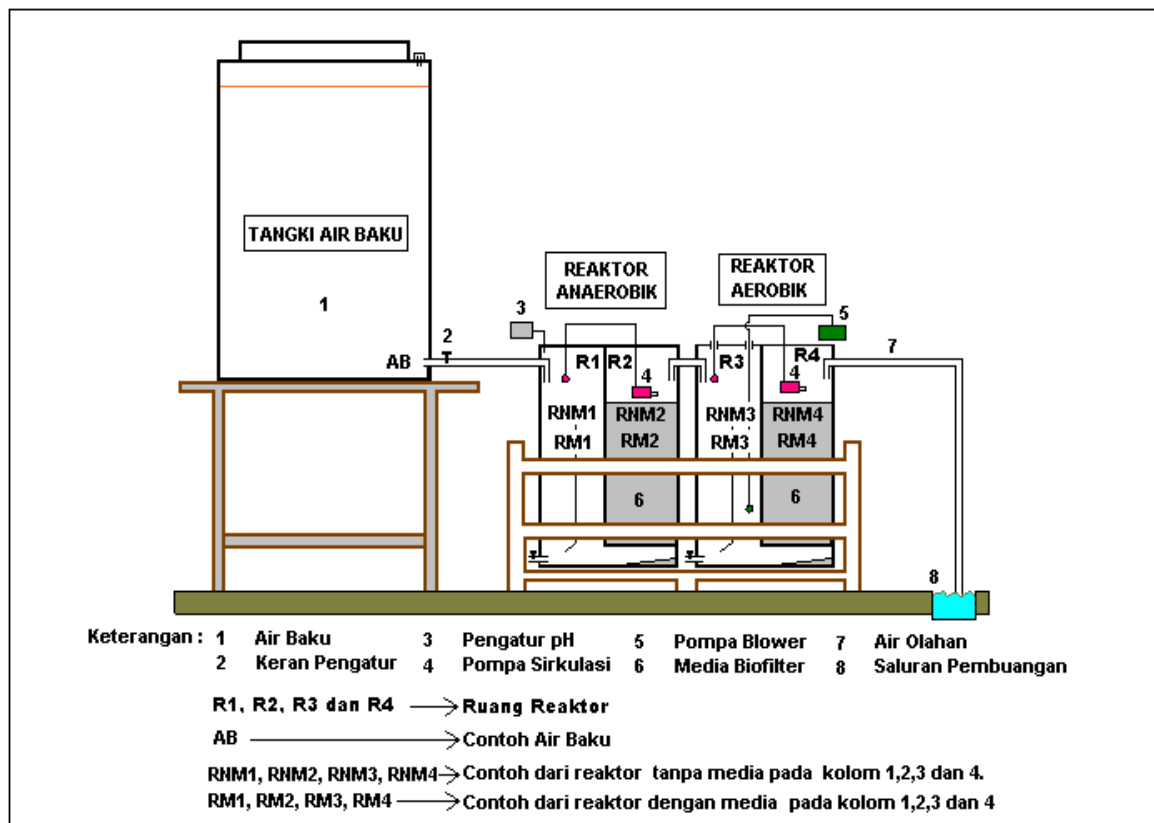
1. Arvin. E. dan Harremoes. P. 1990. *Concepts And Models For Biofilm Reactor Performance*. pp 177-192 dalam *Technical Advances in Biofilm Reactors*. Water Science and Technology. Bernard. J. (editor). Vol. 22. Number 1 / 2 1990. Printed In Great Britain.
2. Gabriel Bitton. 1994. *Wastewater Microbiology*, A John Wiley & Sons, INC., New York.
3. Menteri Negara KLH 1991. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup*. Nomor : Kep-03/MENKLH/11/1991, tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Jakarta.
4. Nurhasan dan B. Pramudyanto.1987. *Pengolahan Air Buangan Industri Tahu*. Yayasan Bina Lestari dan WALHI, Semarang. 37 p.
5. Prakarindo. 1996. *Collecting Data Air Limbah, Pengolahan Tahu Tempe dan Penyusunan the Low Cost PIK KOPTI SEMANAN*, DPU DKI Jakarta.
6. Sarwono. 1988. *Membuat Tempe dan Oncom, Seri Industri Kecil*, Penebar Swadaya, Jakarta.

7. Sugirharto, 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI Press, Jakarta.
8. Sri Utami Kuntjoro. 1997. *Strategi Pengembangan Kedelai Menuju Swasembada*, Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian Bogor, IPB.
9. Viessman. W. Jr. dan Hammer. M.J. 1985. *Water Supply and Pollution Control*. 4th Editon. Harper and Row Publishers. New York. 796 hal.
10. Welch, E.B. 1992. *Ecological Effects of Waste Water Applied Limnology and Pollutan Effect*. E & F Spon, London-Glaslogow-New York-Tokyo-Melbourne-Madras

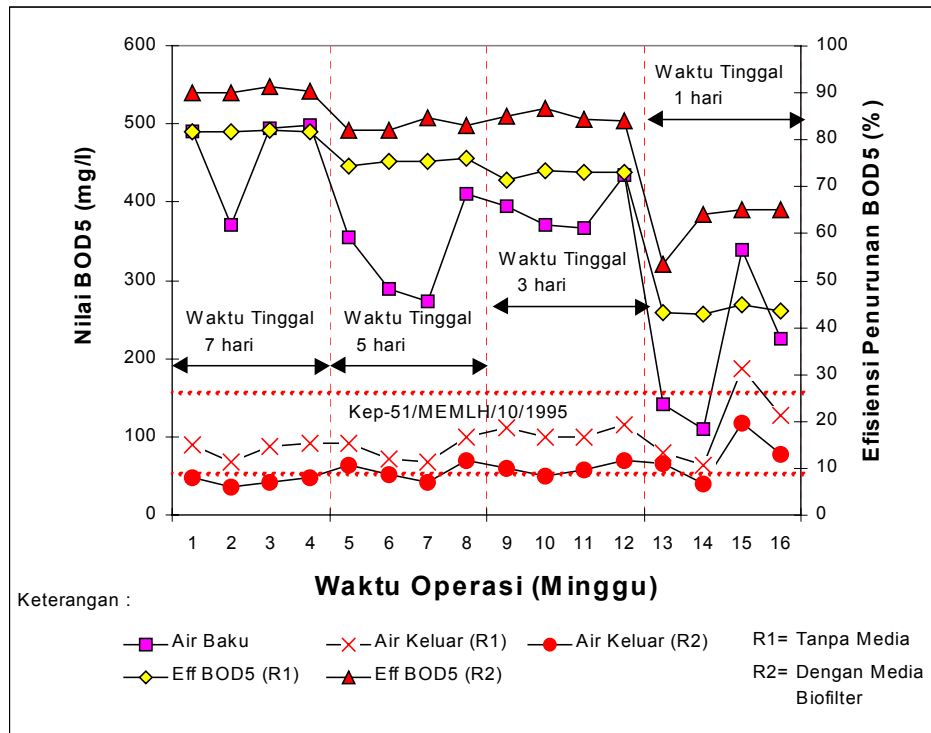
RIWAYAT PENULIS

Arie Herlambang, Lahir di Jakarta, 29 September 1960. Telah menyelesaikan pendidikan sarjana di jurusan Geologi UGM tahun 1987, menyelesaikan pendidikan pasca sarjana jurusan Teknologi Lingkungan di IPB tahun 1993. Saat ini sedang menyelesaikan pendidikan S3 jurusan Teknologi Lingkungan di IPB. Sejak tahun 1985 sampai sekarang bekerja sebagai staf peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT.

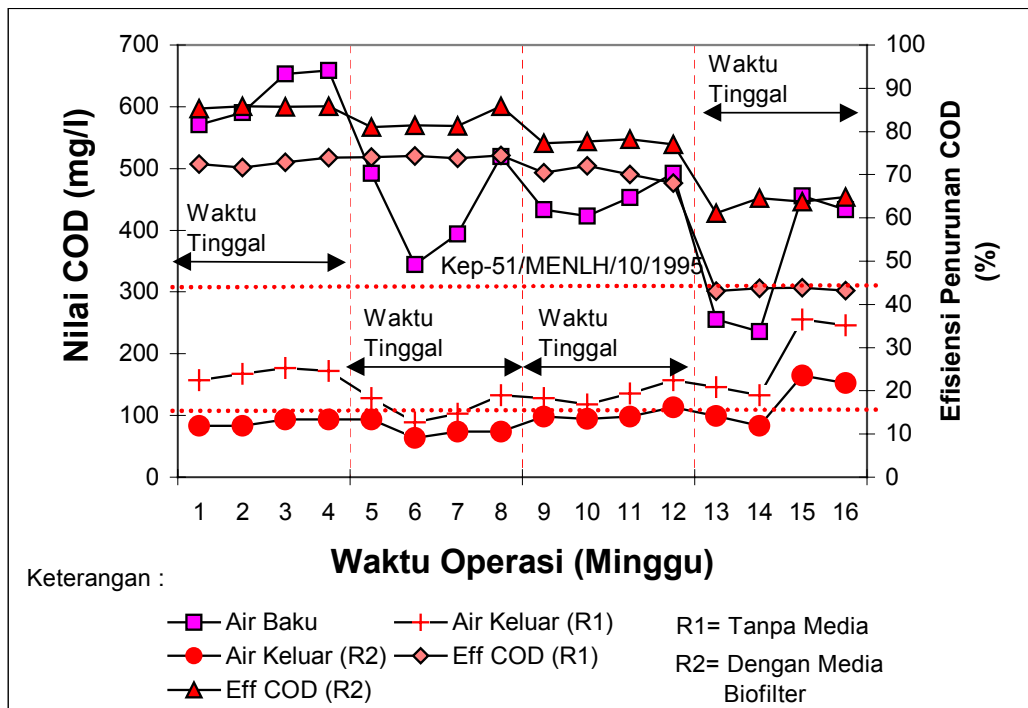
LAMPIRAN



Gambar 3. Rangkaian Peralatan Percobaan dan Titik-Titik Pengambilan Contoh Air



Gambar 4. Perubahan Nilai BOD₅ Pada Reaktor Dengan Media dan Tanpa Media Biofilter Sarang Tawon Dalam Waktu Tinggal 7 sampai 1 hari.



Gambar 5. Perubahan Nilai COD Pada Reaktor Dengan Media dan Tanpa Media Biofilter Sarang Tawon Dalam Waktu Tinggal 7 sampai 1 hari.