

PENURUNAN KADAR COD DAN TSS PADA LIMBAH INDUSTRI PEMBUATAN TEMPE DENGAN TEKNOLOGI BIOFILM MENGGUNAKAN MEDIA BIOFILTER KOMBINASI BIOBALL DAN LIMBAH KULIT KERANG

Achmad Fuadiani Riva*, Sri Sumiyati, Irawan Wisnu Wardana
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH Tembalang, Semarang

ABSTRACT

Along with the increasing population growth also resulted in an increasing in the amount of waste generated. One of the pollutants contained in tempe industry wastewater are COD and TSS. This paper describes the pilot plan study of tempe industry wastewater treatment using anaerobic and aerobic submerged biofilter using bioball and clamshell waste media. In this study, anaerob-aerob reactors were used with the continuous system and varying the time detention in the reactor. The detention time used were 8, 13,5 and 27 hours. From the results of research conducted, showed that the reduction in COD and TSS concentrations reach 52% and 46% for COD and TSS. With values for COD reduction from 10.730,97 mg / l to 5182,58 mg / l and for TSS, from 880 mg / l to 472 mg / l.

Key words: biofilter, bioball and clamshell

1.1 Latar Belakang

Hampir di setiap kota di Indonesia, khususnya di Semarang industri pembuatan tempe semakin bertambah. Indonesia dapat dipandang sebagai salah satu negara yang kaya akan teknologi fermentasi secara tradisional, dan tempe merupakan salah satu produk yang paling menonjol. Proses produksi tempe, memerlukan banyak air yang digunakan untuk perendaman, perebusan, pencucian serta pengupasan kulit kedelai. Limbah yang diperoleh dari proses proses tersebut diatas dapat berupa limbah cair maupun limbah padat. Air banyak digunakan sebagai bahan pencuci dan merebus kedelai, akibat dari besarnya pemakaian air pada proses pembuatan tempe, maka limbah yang dihasilkan juga cukup besar. Peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan akan berdampak langsung kepada lingkungan apabila tidak dikelola dan diolah dengan baik. Limbah industri pembuatan tempe ini dapat mencemari perairan, air tanah, dan

mengganggu estetika. Berdasarkan hasil penelitian Erry Wiryani, 2007 salah satu bahan pencemar yang terdapat di dalam limbah cair pembuatan tempe ini adalah kandungan COD, dan TSS. Keberadaan COD dan TSS dalam konsentrasi tinggi di badan air dapat menyebabkan terjadinya pencemaran dan kematian terhadap organisme air. Belum adanya pengolahan terhadap air limbah tempe sebelum dibuang ke badan air penerima pada industri pembuatan tempe akan memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia maupun lingkungan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan suatu usaha untuk mengolah COD dan TSS tersebut agar didapatkan penurunan kandungan COD, dan TSS.

Biofilm merupakan salah satu bentuk teknologi pengolahan limbah. Biofilm adalah kumpulan sel mikroorganisme, khususnya bakteri, yang melekat di suatu permukaan dan diselimuti oleh pelekat karbohidrat yang dikeluarkan oleh bakteri. Dengan adanya biofilter menggunakan kombinasi bioball dan

*Corresponding author

E-mail address : achmadfuadianiriva@yahoo.com

limbah kulit kerang, diharapkan akan terbentuk biofilm dan membantu dalam pengurangan kandungan COD, dan TSS dalam air limbah.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kemampuan biofilm dengan media biofilter kombinasi bioball dan limbah kulit kerang terhadap penurunan dan efisiensi penurunan konsentrasi COD, dan TSS dalam air limbah industri pembuatan tempe.
2. Menganalisis pengaruh waktu tinggal terhadap penurunan konsentrasi COD, dan TSS air limbah industri pembuatan tempe.
3. Mengetahui tingkat penurunan konsentrasi COD, dan TSS dari air limbah industri pembuatan tempe.

2.1 Metodologi Penelitian

2.1.1 Limbah Industri Pembuatan Tempe

Air limbah yang akan dipakai untuk penelitian ini adalah limbah Industri Pembuatan Tempe di Kelurahan Lamper tengah, Kecamatan Semarang Selatan, Kota Semarang, Jawa Tengah. Adapun alasan dalam pengambilan air limbah adalah karena setelah melakukan uji pendahuluan terhadap konsentrasi BOD₅, COD, dan TSS didapatkan hasil yang tinggi melebihi baku mutu yang ditentukan. Air limbah diambil pada saluran pembuangan air limbah (*outlet*) dan langsung dibawa untuk digunakan dalam penelitian.

2.1.2 Biofilter

Biofilter yang digunakan adalah campuran dari bioball dengan limbah kulit kerang. Alasan dari pemilihan *random packaging* ini adalah nilai kerapatannya yang tinggi, sehingga lebih baik untuk mikroorganisme untuk menempel. Penggunaan bioball dan limbah kulit kerang ini untuk setiap reaktor adalah 50 % bioball dan 50 % limbah kulit kerang.

2.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga jenis variabel yaitu variabel bebas (*Independent Variable*), variabel terikat (*Dependent Variabel*), dan variabel kontrol

2.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang secara sengaja diubah untuk dipelajari pengaruhnya terhadap variabel terikat. Pada penelitian ini yang dianggap sebagai variabel bebas adalah waktu tinggal. Perhitungan variasi waktu tinggal dilakukan dengan melakukan perhitungan beban organik (*organic loading*) dan volume reactor. Waktu tinggal di reactor anaerob lebih panjang daripada reactor aerob. Berikut pengaturan waktu tinggal di masing-masing reaktor:

1. Reaktor Anaerob = 5 jam, 8,5 jam, 17 jam
2. Reaktor Aerob = 3 jam, 5 jam, 10 jam

Sehingga total waktu tinggal di setiap variasi adalah 8 jam, 13,5 jam, 27 jam

2.2.2 Variabel Terikat (*Dependent Variabel*)

Variabel terikat adalah variabel yang ditetapkan sebagai akibat atau dalam pengertian yang lain adalah yang menjadi titik persoalan, yang keadaannya tergantung kepada variabel bebas. Pada penelitian ini yang dianggap variabel terikat adalah parameter yang akan di analisis, yaitu efisiensi COD, dan TSS air limbah.

2.2.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang digunakan sebagai kontrol dalam penelitian. Parameter ini harus dikontrol agar selalu sesuai dengan nilai variabel kontrol yang telah ditentukan. Pada penelitian ini yang dianggap sebagai variabel kontrol adalah pH dan suhu air limbah. Bakteri masih bisa hidup pada pH 4-9 dengan suhu air limbah adalah 25-35⁰C.

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian terbagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pelaksanaan penelitian, dan analisis data. Pada tahap persiapan dilakukan desain reactor meliputi dimensi dan persiapan media filter. Tahap selanjutnya adalah pelaksanaan penelitian yang dibagi menjadi 3 tahap kegiatanyaitu tahap *seeding* (pembenihan), tahap pengkondisian limbah media atau aklimatisasi

menggunakan pengujian zat organik dan COD dengan waktu tinggal selama 24 jam dan debit 6 ml/menit, kemudian tahapan *running* dengan variasi waktu tinggal selama 8 jam, 13,5 jam, 27 jam serta parameter yang diuji adalah COD dan TSS. Sebelum digunakan dalam proses pengolahan air limbah, dengan media biofilter kombinasi bioball dan limbah kulit kerang terlebih dulu dilakukan proses *seeding* selama 2 minggu. *Seeding* dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah secara kontinue ke dalam reaktor yang telah berisi biofilter random untuk *aklimatisasi*.

Pelaksanaan penelitian dengan variasi waktu tinggal dilakukan sampai diperoleh kondisi tunak (*steady state*). Kondisi tunak ditandai dengan efisiensi penyisihan bahan organik yang relative konstan yaitu sebesar 10 %. (Helard, 2007).

Setelah diperoleh kondisi tunak dilakukan penelitian untuk setiap variasi. Data hasil penelitian untuk laporan ini merupakan hasil pengujian COD, dan TSS terhadap air limbah sebelum proses pengolahan dengan biofilter hingga hasil akhir dari pengolahan. Kemudian data dikelompokkan dan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif sehingga diperoleh sub bab pembahasan. Pembahasan meliputi hasil tahap *seeding*, hasil tahap *aklimatisasi*, hasil *running* dan kinerja reaktor biofilter anaerob-aerob dengan media terlekat dalam menurunkan parameter COD, dan TSS.

a. Perhitungan Dimensi Reaktor

1. Biofilter Anaerobik

$BOD_5 \text{ Masuk Biofilter} = 227,28 \text{ mg/L}$
 Efisiensi = 50 % (Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. Said, 2002)
 $BOD_5 \text{ Keluar Biofilter} = 227,28 \text{ mg/L} - (0,5 \times 227,28 \text{ mg/L})$

$$= 113,64 \text{ mg/L}$$

$Q_{\text{rata-rata}} = 10 \text{ ml/menit}$
 $= 0,0144 \text{ m}^3/\text{hari}$

Beban BOD per volume media untuk biofilter standar berkisar antara nilai 0,4-4,7 kg BOD/m³.hari (Ebie kunio, 1995). Beban BOD dalam air buangan = 0,0144 m³/hari x 227,28 mg/L = 3,27gr/hari 0,00327 kg/hari.

Volume media yang diperlukan = 0,00327 kg/hari / 1,2 kg BOD/m³.hari = 0,002725 m³

Volume media yang diperlukan = 54 % dari total volume reaktor (Nusa Said, 2001).

Volume reaktor yang diperlukan = 100/54 x 0,002725 m³ = 0,0050 m³ = 5 L

Waktu tinggal di dalam reaktor:

$$\text{Volume} = (0,0050 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam/hari}) / 0,0144 \text{ m}^3/\text{hari} = 8,5 \text{ jam}$$

2. Biofilter Aerobik

$BOD_5 \text{ Masuk Biofilter} = 113,64 \text{ mg/L}$

Efisiensi = 60 % (Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. Said, 2002)

$BOD_5 \text{ Keluar Biofilter} = 113,64 \text{ mg/L} - (0,6 \times 113,64 \text{ mg/L})$
 $= 45,45 \text{ mg/L}$

$Q_{\text{rata-rata}} = 0,0144 \text{ m}^3/\text{hari}$

Beban BOD dalam air buangan = 0,0144 m³/hari x 113,64 g/m³ = 1,636 g/hari = 0,001636 kg/hari

Jumlah BOD yang hilang = 0,6 x 0,001636 kg/hari = 0,00098 kg/hari

Volume media yang diperlukan = 0,00098 kg/hari / 0,6 kg BOD/m³.hari = 0,00163 m³

Volume reaktor yang diperlukan = 100/54 x 0,00163 m³ = 0,003 m³ = 3 L

$$\text{Waktu tinggal} = \text{Volume} / Q = (0,003 \text{ m}^3 \times 24 \text{ jam/hari}) / 0,0144 \text{ m}^3/\text{hari} = 5 \text{ jam}$$

a. Perhitungan Jumlah Bioball dan Limbah Kulit Kerang

Spesifikasi media yang akan digunakan :

1. Bioball

Bahan : Termoplastik
 Bentuk : Bola
 Warna : Hitam
 Diameter : 2,5 cm
 Volume : 8,1845 cm³

2. Limbah Kulit Kerang

Jenis : Kerang totok
 Volume : 4,1 cm³

1. Reaktor Anaerob

Volume reaktor = 3000 cm³
 Volume media = 54/100 x volume reaktor (Nusa Said, 2001)
 $= 54/100 \times 5000 \text{ cm}^3$
 $= 2700 \text{ cm}^3$

Media filter yang direncanakan 50 % bioball dan 50 % limbah kulit kerang

Jumlah (n) bioball :

$$V \text{ media} / V \text{ bioball} = (2700 \text{ cm}^3 \times 0,5) / 8,1845 \text{ cm}^3 = 165 \text{ buah}$$

Jumlah (n) limbah kulit kerang:

$$V \text{ media} / V \text{ kulit kerang} = (2700 \text{ cm}^3 \times 0,5) / 4,1 \text{ cm}^3 = 329 \text{ buah}$$

2. Reaktor Aerob

$$\text{Volume reactor} = 3000 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume media} &= 54/100 \times \text{volume reactor} \\ &= 54/100 \times 3000 \text{ cm}^3 \\ &= 1620 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

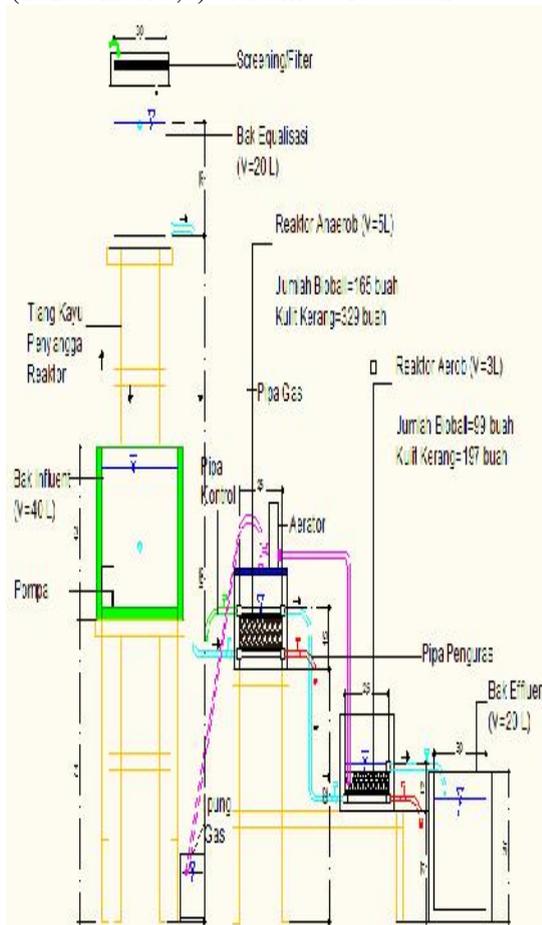
Media filter yang direncanakan 50 % bioball dan 50 % limbah kulit kerang

Jumlah (n) bioball:

$$V \text{ media} / V \text{ bioball} = (1620 \text{ cm}^3 \times 0,5) / 8,1845 \text{ cm}^3 = 99 \text{ buah}$$

Jumlah (n) limbah kulit kerang:

$$V \text{ media} / V \text{ bioball} = (1620 \text{ cm}^3 \times 0,5) / 4,1 \text{ cm}^3 = 197 \text{ buah}$$



Gambar 2.1 Skema Rangkaian Reaktor

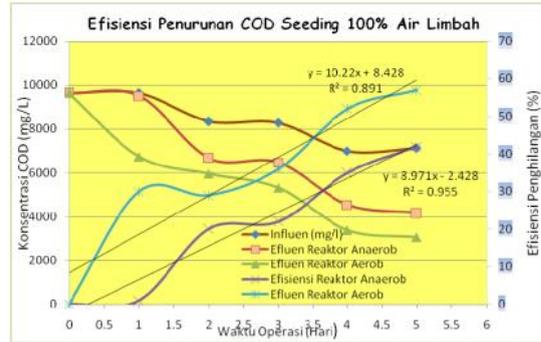
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengembangan Mikroorganisme (Seeding)

Pada saat baru dipasang media biofilter menggunakan limbah kulit kerang dan bioball belum ada mikroorganisme yang menempel pada permukaan media. Oleh karena itu perlu dilakukan proses pengembangan (*seeding*). Tahap *seeding* dilakukan dengan mengalirkan air limbah industri pembuatan tempe ke dalam reaktor biofilter dengan debit 6mL/menit sehingga dilakukan dengan waktu tinggal 24 jam selama 2 minggu. Air limbah dialirkan secara teratur supaya bakteri tetap mendapatkan suplai makanan yang terkandung dalam air limbah, sesuai dengan Said (2002) yang mengungkapkan bahwa biofilm akan terbentuk secara cepat selama 2 minggu pada sistem kontinu, dimana kebutuhan nutrient tersedia secara teratur bagi bakteri. *Seeding* dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor dengan prosentase 25%, 50%, 100% kandungan air limbah. Pada tahap pengembangan selama 15 hari dilakukan secara bertahap dengan masing-masing prosentase kandungan air limbah dialirkan ke dalam reaktor selama 5 hari. Penelitian yang dilakukan oleh Helard (2007), dalam penelitiannya pengaliran limbah ke dalam reaktor dilakukan secara bertahap untuk menghindari terjadinya pembebanan secara tiba-tiba (*shock loading*) yang dapat mematikan mikroba. Tujuan dilakukan *seeding* selain untuk membenihkan dengan cara memasukkan ke dalam air limbah yang akan dilakukan pengolahan supaya media mampu melakukan oksidasi pada zat pencemar organik pada air limbah tersebut dan menumbuhkan atau mengembangkan mikroorganisme agar dikondisikan dengan tempat beradaptasinya lingkungan awal (aklimatisasi), untuk tempat berkembang biaknya mikroorganisme yang akan diujikan reaktor. (Yahya, 2010). Hasil yang diperoleh dari uji pendahuluan ditampilkan pada tabel dan grafik berikut:

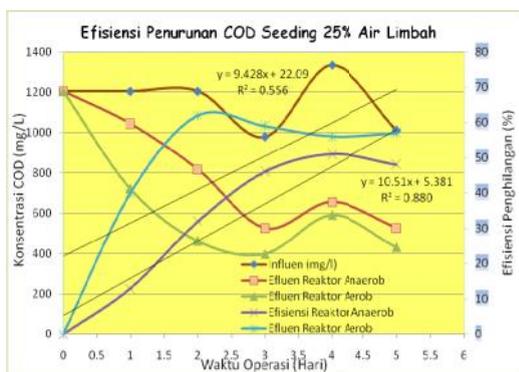
Tabel 3.1 Hasil Uji *Seeding* td 15 Hari

Pengenceran Air Limbah 25%					
Waktu Operasi (hari)	Influen (mg/l)	Efluen Reaktor Anaerob	Efluen Reaktor Aerob	Efisiensi Reaktor Anaerob	Efisiensi Reaktor Aerob
0	1204.19	1204.19	1204.19	0.00	0.00
1	1204.19	1042.90	720.32	13.00	40.00
2	1204.19	817.10	462.26	32.00	62.00
3	978.39	526.77	397.74	46.00	59.00
4	1333.23	655.81	591.29	51.00	56.00
5	1010.65	526.77	430.00	48.00	57.00
Pengenceran Air Limbah 50%					
Waktu Operasi (hari)	Influen (mg/l)	Efluen Reaktor Anaerob	Efluen Reaktor Aerob	Efisiensi Reaktor Anaerob	Efisiensi Reaktor Aerob
0	3763.22	3763.22	3763.22	0.00	0.00
1	3763.22	1440.65	860.00	62.00	77.00
2	3171.94	946.12	784.84	70.00	75.00
3	3053.55	1182.58	730.97	61.00	76.00
4	5053.55	2021.29	1053.55	60.00	79.00
5	4537.42	1698.71	860.00	63.00	81.00
Pengenceran Air Limbah 100%					
Waktu Operasi (hari)	Influen (mg/l)	Efluen Reaktor Anaerob	Efluen Reaktor Aerob	Efisiensi Reaktor Anaerob	Efisiensi Reaktor Aerob
0	9634.19	9634.19	9634.19	0.00	0.00
1	9634.19	9505.16	6730.97	1.00	30.00
2	8343.87	6666.45	5956.77	20.00	29.00
3	8279.35	6472.90	5311.61	22.00	36.00
4	6989.03	4537.42	3376.13	35.00	52.00
5	7118.06	4150.32	3053.55	42.00	57.00

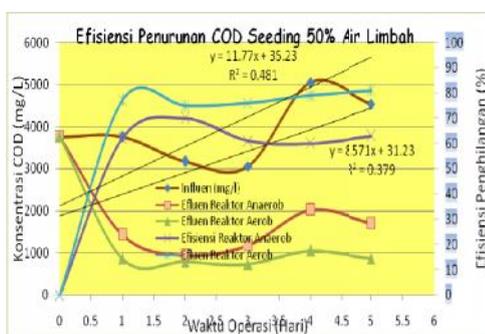


Gambar 3.3 Grafik Hasil Uji *Seeding* Pengenceran 50%

Berdasarkan pengamatan secara fisik(dengan mata) setelah dua hari operasi belum tampak terbentuk lapisan biofilm. Untuk mengetahui tingkat pertumbuhan mikroorganisme, dilakukan analisis COD dan menghitung efisiensi penurunan COD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaert & Santika, 1984). Pada tabel 3.1 menunjukkan bahwa efisiensi penurunan awal pengoperasian sangat kecil yaitu hanya 13% dan 40%. Pada proses aklimatisasi pH dan suhu relative belum stabil dengan pH berkisar antara 7,52-8,20 dan suhu antara 26^oC-29^oC. Air limbah tempe yang masuk ke dalam bak influent awal masih menimbulkan bau. Proses yang terlihat pada awal pengoperasian merupakan proses pengendapan dan penyaringan seara fisik.



Gambar 3.1 Grafik Hasil Uji *Seeding* Pengenceran 25%



Gambar 3.2 Grafik Hasil Uji *Seeding* Pengenceran 50%

Pada proses selama 7 hari pengenceran 50% air limbah sudah mulai ada indikasi mikroba yang tumbuh ditandai dengan terbentuknya lapisan lender(*biofilm*) tersebut. Menurut Rani dan Said (2010) lapisan *biofilm* ini mengandung mikroorganisme yang dapat menguraikan zat pencemar organik pada air limbah industri pembuatan tempe. Peningkatan efisiensi pada hari operasi hari ke 7-11 mencapai 62-81%, konsentrasi COD turun dari 3763,22 mg/L hingga 860 mg/L. Namun konsentrasi bahan organik effluent dan efisiensi penyisihan bahan organik masih berfluktuasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses awal pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan lapisan

biofilm pada media membutuhkan waktu, yang dikenal dengan proses pematangan (Herlambang, 2010). Kondisi pH dan suhu relative cukup stabil dengan pH berkisar antara 6,26-7,20 dan suhu antara 27⁰C-29⁰C. Bakteri membutuhkan pH tertentu untuk dapat tumbuh dengan baik. Pada umumnya semua bakteri mempunyai kondisi pertumbuhan antara 4 – 9,5 dengan pH optimum 6,5 – 7,5. Secara keseluruhan Reynold (1985) menyatakan bahwa mikroorganisme perlu pH 6,5 – 9.

Setelah proses berjalan sekitar dua minggu, mikroorganisme sudah mulai tumbuh atau berkembang biak di dalam reactor. Di dalam bak reactor sudah mulai terlihat lapisan organisme yang menempel pada permukaan media. Berdasarkan tabel 4.1 peningkatan efisiensi berjalan dengan baik mencapai 57%, meskipun ada fluktuasi pada aerob dari efisiensi 30% menjadi 29% namun pada tahap pengoperasian selanjutnya peningkatan efisiensi menjadi stabil dan baik. Pada tahap *seeding/* pengkondisian reactor mencapai kondisi tunak. Menurut Helard (2007) kondisi tunak tercapai jika efisiensi pengolahan tercapai dengan toleransi 10%, tujuannya untuk mengadaptasikan bakteri dengan keadaan reactor yang baru. Selain itu setelah proses berjalan sekitar 2 minggu pada permukaan media kontaktor limbah kulit kerang dan bioball yang ada di dalam zona reactor anaerob maupun aerob telah diselimuti lapisan mikroorganisme yang tebal. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan efisiensi disebabkan oleh mikroorganisme pada reactor telah tumbuh dan berkembang biak dan membentuk lapisan biofilm yang lebih tebal dari sebelumnya sehingga zat organik yang ada dalam air limbah industri pembuatan tempe diuraikan. (Rani dan Said, 2010).

3.2 Hasil Percobaan Berdasarkan Variasi Waktu Tinggal

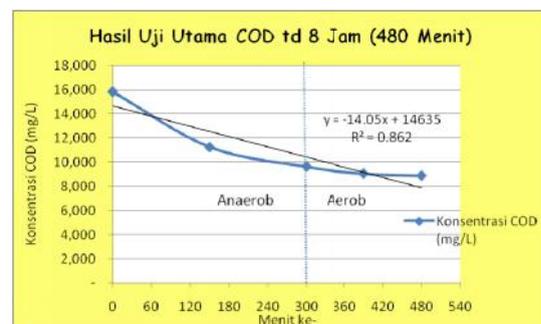
3.2.1 Penurunan Kadar COD

Variasi waktu tinggal yang dilakukan antara lain; (1) waktu tinggal anaerob 5 jam dan aerob 3 jam sehingga total waktu tinggal 8 jam dengan debit 1,08 L/detik. (2) waktu tinggal anaerob 8,5 jam dan aerob 5 jam sehingga total waktu tinggal 13,5 jam dengan

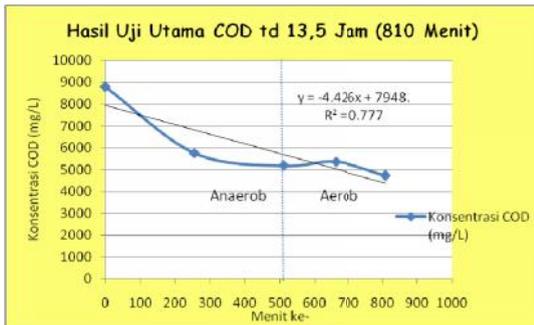
debit 0,6 L/detik. (3) waktu tinggal anaerob 17 jam dan aerob 10 jam sehingga total waktu tinggal 27 jam dengan debit 0,3 L/detik. Variasi waktu tinggal ini dipilih berdasarkan kriteria desain perencanaan menurut Herlambang (2002) menyatakan bahwa waktu tinggal anaerobik dapat berkisar 8-14 jam dan kolam aerobik dapat berkisar 4-6 jam. Pengambilan data COD dan TSS dilakukan dari waktu ke 0 (influent), setengah dari waktu tinggal, dan waktu tinggal penuh. Hasil analisis penurunan COD selama percobaan dapat dilihat seperti pada tabel dan gambar berikut :

Tabel 3.2 Hasil Uji Utama Penurunan COD Berdasarkan Variasi Waktu Tinggal

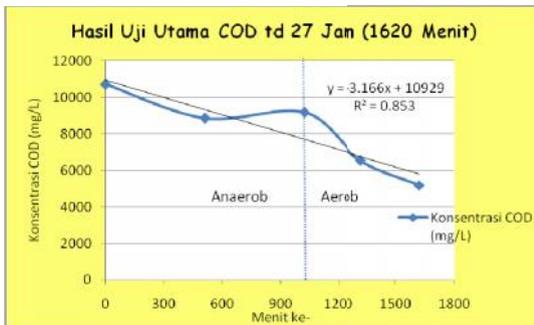
Hasil Uji Utama COD Waktu Tinggal 8 jam (480 menit)						
Reaktor	Waktu Operasi (menit)	Suhu (Celcius)	pH	COD (mg/L)		
				Konsentrasi	n thd konsentrasi awal	n thd konsentrasi
Influen	0	27	5.54	15827.74	0.00	0.00
Anaerob	150	27	6	11247.10	0.29	0.29
	300	27	6	9634.19	0.39	0.10
Aerob	390	27	6	9053.55	0.43	0.04
	480	27	6.13	8860.00	0.44	0.01
Hasil Uji Utama COD Waktu Tinggal 13,5 jam (810 menit)						
Reaktor	Waktu Operasi (menit)	Suhu (Celcius)	pH	COD (mg/L)		
				Konsentrasi	n thd konsentrasi awal	n thd konsentrasi
Influen	0	27.5	6.75	8795.48	0.00	0.00
Anaerob	255	27.5	6.58	5763.23	0.34	0.34
	510	27	6.86	5182.58	0.41	0.07
Aerob	660	27.5	7.48	5376.13	0.39	-0.02
	810	27.5	7.47	4730.97	0.46	0.07
Hasil Uji Utama COD Waktu Tinggal 27 jam (1620 menit)						
Reaktor	Waktu Operasi (menit)	Suhu (Celcius)	pH	COD (mg/L)		
				Konsentrasi	n thd konsentrasi awal	n thd konsentrasi
Influen	0.0	27.5	4.68	10730.97	0.00	0.00
Anaerob	510.0	27.0	6	8860.00	0.17	0.17
	1020.0	27.0	6	9182.58	0.14	-0.03
Aerob	1320.0	27.5	6.97	6537.42	0.39	0.25
	1620.0	27.6	6.90	5182.58	0.52	0.13



Gambar 3.4 Grafik Hasil Uji Utama COD td 8 jam



Gambar 3.5 Grafik Hasil Uji Utama COD td 13,5 jam



Gambar 3.6 Grafik Hasil Uji Utama COD td 27 jam

Dari tabel 3.2 dan gambar 3.4 dapat diketahui bahwa untuk waktu tinggal 480 menit atau 8 jam, mampu menurunkan COD dari konsentrasi influent anaerob sebesar 15.827,74 mg/L menjadi konsentrasi effluent sebesar 9.634,19 mg/L dengan efisiensi penurunan pada anaerob sebesar 39%. Untuk waktu tinggal 810 menit atau 13,5 jam berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.5 konsentrasi influent anaerob sebesar 8.795,48 mg/L diturunkan menjadi konsentrasi effluent sebesar 5.182,58mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 41%. Sedangkan untuk waktu tinggal 1.620 menit atau 27 jam berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.6 konsentrasi influent anaerob sebesar 10.730,97 mg/L diturunkan menjadi konsentrasi effluent sebesar 9.182,58mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 17%. Kemudian dengan adanya penambahan proses secara aerobik, konsentrasi COD dapat diturunkan menjadi 5.182,58 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 52%. Untuk waktu tinggal 480 menit atau 8 jam dapat menurunkan COD menjadi 8.860 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai 44%.

Sedangkan pada waktu tinggal 810 menit atau 13,5 jam dapat menurunkan COD menjadi 4730 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai 46%.

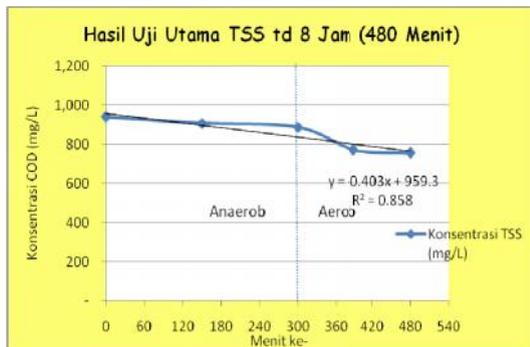
Dari hasil penelitian tersebut, diketahui bahwa proses degradasi senyawa-senyawa organik yang menghasilkan adanya penurunan COD, sebagian besar terjadi di dalam bioreactor anaerobic, sedangkan dengan proses aerobik tidak terlalu besar. Aliran limbah yang cenderung naik melewati media filter, menyebabkan terjadi kontak dengan media yang di atasnya tumbuh bakteri anaerobic yang tidak dapat lepas ke dalam effluent (Metcalf & Eddy, 2003). Menurut Eckenfelder et al. (2000), menyatakan bahwa tingkat pengolahan pada reactor anaerob lebih besar dibandingkan dengan proses aerob. Namun pada waktu tinggal 1.620 menit atau 27 jam terjadi penurunan efisiensi pengolahan pada zona anaerob. Menurut Helard (2007) hal itu terjadi karena pembebanan secara tiba-tiba (*shock loading*) yang disebabkan tingginya influent yang masuk pada reactor pengolahan. Berbeda dengan proses anaerob, beban pengolahan pada proses aerob lebih rendah, sehingga prosesnya ditempatkan sesudah proses anaerob. Pada proses aerob hasil pengolahan dari proses anaerob yang masih mengandung zat organik dan nutrisi diubah menjadi sel bakteri baru, hydrogen maupun karbondioksida oleh sel bakteri dalam kondisi cukup oksigen (Said, 2002). Menurut Said (2005), menyatakan bahwa makin besar waktu tinggal di dalam reactor efisiensi pengolahan juga semakin besar. Dari total ketiga variasi waktu tinggal diatas dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan COD yang paling besar yaitu pada waktu tinggal yang paling lama. Efisiensi penurunan paling tinggi dari ketiga penelitian tersebut yaitu pada waktu tinggal 1820 menit atau 27 jam dengan nilai 52%.

3.2.2 Penurunan Kadar TSS

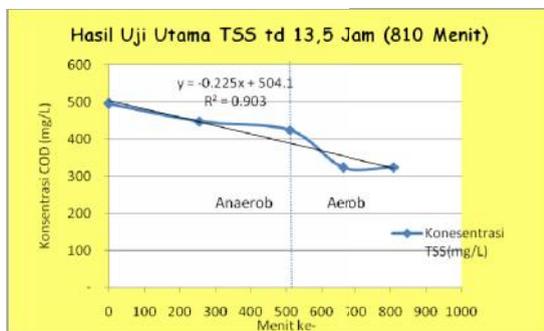
Hasil analisis penurunan konsentrasi TSS selama percobaan serta efisiensi penurunan dapat dilihat seperti pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 3.3 Hasil Uji Utama Penurunan TSS Berdasarkan Variasi Waktu Tinggal

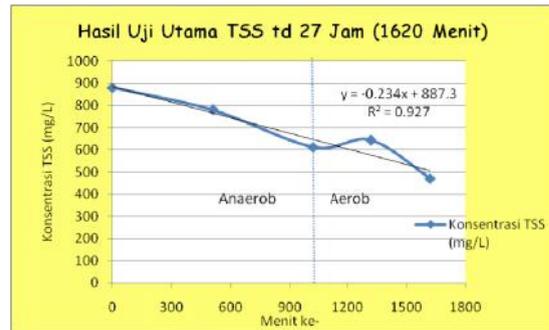
Hasil Uji Utama TSS Waktu Tinggal 8 jam (480 menit)						
Reaktor	Waktu Operasi (menit)	Suhu (Celcius)	pH	TSS (mg/L)		
				Konsentrasi awal	n thd konsentrasi awal	n thd konsentrasi
Influen	0	27	5,54	940.00	0.00	0.00
Anaerob	150	27	6	908.00	0.03	0.03
	300	27	6	888.00	0.06	0.02
Aerob	390	27	6	772.00	0.18	0.12
	480	27	6.13	756.00	0.20	0.02
Hasil Uji Utama TSS Waktu Tinggal 13,5 jam (810 menit)						
Reaktor	Waktu Operasi (menit)	Suhu (Celcius)	pH	TSS (mg/L)		
				Konsentrasi awal	n thd konsentrasi awal	n thd konsentrasi
Influen	0	27.5	6.75	496	0.00	0.00
Anaerob	255	27.5	6.58	448	0.10	0.10
	510	27	6.86	424	0.15	0.05
Aerob	660	27.5	7.48	324	0.35	0.20
	810	27.5	7.47	324	0.35	0.00
Hasil Uji Utama TSS Waktu Tinggal 27 jam (1620 menit)						
Reaktor	Waktu Operasi (menit)	Suhu (Celcius)	pH	TSS (mg/L)		
				Konsentrasi awal	n thd konsentrasi awal	n thd konsentrasi
Influen	0.0	27.5	4.68	880.00	0.00	0.00
Anaerob	510.0	27.0	6	780.00	0.11	0.11
	1020.0	27.0	6	612.00	0.30	0.19
Aerob	1320.0	27.5	6.97	644.00	0.27	-0.04
	1620.0	27.6	6.90	472.00	0.46	0.20



Gambar 3.7 Grafik Hasil Uji Utama COD td 8 jam



Gambar 3.8 Grafik Hasil Uji Utama COD td 13,5 jam



Gambar 3.9 Grafik Hasil Uji Utama COD td 27 jam

Dari data dan grafik yang dihasilkan diatas terlihat adanya penurunan efisiensi TSS. Pada tabel 4.3 dan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa untuk waktu tinggal 480 menit atau 8 jam, mampu menurunkan TSS dari konsentrasi influent anaerob sebesar 940 mg/L menjadi konsentrasi effluent sebesar 888 mg/L dengan efisiensi penurunan pada anaerob sebesar 6%. Untuk waktu tinggal 810 menit atau 13,5 jam berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.8 konsentrasi influent anaerob sebesar 496 mg/L diturunkan menjadi konsentrasi effluent sebesar 424 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 20%. Sedangkan untuk waktu tinggal 1.620 menit atau 27 jam berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.9 konsentrasi influent anaerob sebesar 880 mg/L diturunkan menjadi konsentrasi effluent sebesar 612 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 30%. Kemudian dengan adanya penambahan proses secara aerobik, konsentrasi TSS dapat diturunkan menjadi 472 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 46%. Untuk waktu tinggal 480 menit atau 8 jam dapat menurunkan TSS menjadi 756 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai 20%. Sedangkan pada waktu tinggal 810 menit atau 13,5 jam dapat menurunkan TSS menjadi 324 mg/L dengan efisiensi penurunan mencapai 35%. Menurut Alart & Santika, (1984) menyatakan bahwa zat tersuspensi yang ada dalam air terdiri dari berbagai macam zat, misalnya pasir halus, tanah liat dan lumpur alami yang merupakan bahan-bahan anorganik atau dapat pula berupa bahan-bahan organik yang melayang-layang dalam air. Bahan-bahan organik yang merupakan zat tersuspensi terdiri dari

berbagai jenis senyawa seperti selulosa, lemak, protein yang melayang-layang dalam air atau dapat juga berupa mikroorganisme seperti *algae*, dan sebagainya. Proses penurunan kadar TSS pada proses pengolahan biofilter dengan menggunakan media kombinasi limbah kulit kerang dan *bioball* menghasilkan efisiensi penurunan yang cukup baik serta terjadi peningkatan nilai efisiensi TSS. Penurunan efisiensi terjadi disebabkan adanya proses pengolahan zat organik oleh mikroorganisme yang tumbuh melekat di media biofilter. Dari total ketiga variasi waktu tinggal diatas dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan TSS yang paling besar yaitu pada waktu tinggal yang paling lama. Efisiensi penurunan paling tinggi dari ketiga penelitian tersebut yaitu pada waktu tinggal 1820 menit atau 27 jam dengan nilai 46%. Menurut Firly dan Said (2005), menyatakan bahwa semakin kecil waktu tinggal di dalam reactor maka semakin kecil pula efisiensi penurunan yang dihasilkan. Sedangkan menurut Metcal & Eddy (2003) menyatakan bahwa aliran limbah yang cenderung naik melewati kolom menyebabkan terjadinya kontak dengan media yang diatasnya tumbuh bakteri yang tidak dapat lepas ke dalam effluent.

Dalam proses pengolahan secara anaerob-aerob, pada setiap pengambilan sampel juga dilakukan analisis pH dan suhu pada setiap waktu tinggal yaitu 8 jam, 13,5 jam dan 27 jam. Perubahan pH dan suhu air limbah sebelum dan sesudah pengolahan secara lengkap dapat ditunjukkan seperti pada tabel 3.2 dan 3.3 dapat diketahui bahwa untuk waktu tinggal 480 menit atau 8 jam mempunyai nilai pH pada influent anaerob sebesar 5,54 mengalami peningkatan menjadi 6 pada effluent anaerob dan pada effluent aerob meningkat menjadi 6,13 dengan suhu stabil 27°C. Untuk waktu tinggal 810 menit atau 13,5 jam mempunyai nilai pH pada influent anaerob sebesar 6,5 mengalami peningkatan menjadi 7,47 pada effluent anaerob dan pada effluent aerob meningkat menjadi 6,13 dengan suhu stabil sekitar 27°C-27,5°C. Sedangkan untuk waktu tinggal 1620 menit atau 27 jam mempunyai nilai pH pada influent anaerob sebesar 4,68 mengalami peningkatan menjadi 6 pada

effluent anaerob dan pada effluent aerob meningkat menjadi 6,90 dengan suhu stabil sekitar 27°C-27,6°C. Dari data yang dihasilkan dapat diketahui bahwa pH pada setiap waktu tinggal pH influent lebih rendah dibandingkan dengan pH dari effluent anaerob, dan kemudian mengalami peningkatan pada effluent aerob. Pada penelitian ini nilai pH dan suhu terkontrol cukup baik pada reactor-anaerob-aerob. Menurut Henze (1995) seluruh proses anaerob terjadi pada kisaran pH antara 6-8 dan menurut Tchobanoglous *et al* (2003), bakteri dapat hidup dan berkembang biak optimal pada pH 6,5-7,5 dan suhu 25°C-27°C.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dalam melakukan pengolahan limbah cair organik pada industri pembuatan tempe dengan teknologi biofilm menggunakan media biofilter kombinasi bioball dan limbah kulit kerang dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kombinasi bioball dan limbah kulit kerang dapat digunakan sebagai media biofilter pengolahan limbah industri pembuatan tempe.
2. Dari hasil penelitian yang didapatkan dengan variasi waktu tinggal terjadi proses penurunan COD dan TSS. Dengan waktu tinggal 8 jam konsentrasi COD dan TSS setelah pengolahan menggunakan media biofilter kombinasi bioball dan limbah kulit kerang terjadi penurunan dengan efisiensi sebesar 44% untuk COD dan 20% untuk TSS. Untuk waktu tinggal 13,5 jam terjadi penurunan dengan efisiensi sebesar 46% untuk COD dan 35% untuk TSS. Sedangkan pada waktu tinggal 27 jam terjadi penurunan dengan efisiensi sebesar 52% untuk COD dan 46% untuk TSS.
3. Hasil penelitian dengan waktu tinggal 8 jam, 13,5 jam dan 27 jam mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD dan TSS, dimana makin besar waktu tinggal di dalam reactor efisiensi pengolahan juga semakin besar. Dari

total ketiga variasi waktu tinggal diatas dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan COD yang paling besar yaitu pada waktu tinggal yang paling lama. Efisiensi penurunan paling tinggi dari ketiga penelitian tersebut yaitu pada waktu tinggal 27 jam dengan nilai 52%.

Saran

Adapun saran atau masukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan jenis media filter lainnya. Bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (*random packing*), bentuk papan (*plate*), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (*split*), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lainnya.
2. Pemberian nutrisi terhadap mikroorganisme dapat menjadi salah satu perlakuan yang bisa diamati pengaruhnya terhadap kinerja reactor.
3. Melakukan uji laboratorium untuk mengetahui jenis bakteri yang menempel pada lapisan biofilm yang menempel pada media biofilter kombinasi bioball dan limbah kulit kerang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaertrs, G. Dan Santika, SS. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Eddy, & Metcalf. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. McGRAW-HILL, Book Company.
- Eckenfelder, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution Control, Third Edition*. Mc Graw-Hill Book Company Inc. Singapore
- Firly dan Said Idaman Nusa. 2005. *Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Ayam*. Jurnal A Indonesia, Vol.1, No.3
- Helard, Denny. 2007. *Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Sequencing Batch Reaktor Aerob*. Universitas Andalas, Sumatera Barat
- Herlambang, Arie.; Widayat, Wahyu.; Suprihatin. 2010 *Penyisihan Amoniak dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Air Baku PDAM-IPA Bojong Renged dengan Proses Biofiltrasi Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon*. JAI VOL: 6 (2010). No : 1.
- Idaman, Nusa. 2005. *Aplikasi Bio-Ball Untuk Media Biofilter Studi Kasus Pengolahan Air Limbah Pencucian Jean*. JAI Vol : 1 (2005).
- Idaman, Nusa dan Tresnawaty, Rina, 2010. *Penghilangan Amoniak di dalam Air Baku Air Minum dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon*.
- Irawati, Martina Dita. 2010. *Uji kemampuan Kulit Kerang Totok (Pelymesoda coaxan) Sebagai Media Aplikasi Sistem Anaerobik Biofilter Dalam Menurunkan BOD, SS, dan Phosphat Pada Limbah Cair Domestik*. Surabaya: Program Studi Kesehatan Lingkungan Surabaya.
- Jayanti, Yusnita Ratih. 2007. *Uji Kemampuan Kulit Kerang Sebagai Media Biofilter*. Surabaya : Teknologi Lingkungan ITS
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2003 No. No. 112 Tahun 2003 Tentang *Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta : Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Latifah, Mauliddani. 2011. *Studi Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Penurunan Nitrit, Nitrat dan BOD Dalam Air Lindi Melalui Proses Anaerob-Aerob Menggunakan Media Terlekat*. Semarang : Program Studi Teknik Lingkungan UNDIP
- Peraturan Daerah (Perda) Jawa Tengah No.5. 2012. *Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Industri*

- Ratnawati Beata. 2010. *Penurunan COD Limbah Tahu dengan biofilter Media Kerikil*. Semarang : Program Studi Teknik Lingkungan UNDIP
- Said, N I dan A. Herlambang. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Tahu Tempe Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Aerob*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Tchobanoglous, George and Franklin L. Burton. 2003. *Wastewater Engineering Treatment, disposal and Reuse fourth edition*, Mc. Graw Hill Inc, Singapore.
- Wiryani, Erry. 2007 *Analisis Kandungan Limbah Cair Pabrik Tempe*. Semarang : Laboratorium Ekologi dan Biosistematik jurusan Biologi F MIPA UNDIP
- Yahya, Fahrul. 2010. *Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biofilter Aerasi Menggunakan Media Bioball dan Enceng Gondok*. Surabaya : Teknologi Lingkungan ITS.Pasca Sarjana-Universitas Diponegoro.