

**PENURUNAN BOD DAN COD LIMBAH CAIR INDUSTRI TAPIOKA DI KABUPATEN
PURBALINGGA DENGAN METODE PELAPISAN TANAH BERGANDA
*DECREASING BOD AND COD OF TAPIOCA INDUSTRIAL LIQUIDWASTE AT
PURBALINGGA REGENCY BY MULTI SOIL LAYERING METHOD***

Oleh:

Suyata, Irmanto, dan Warsinah

Program Sarjana MIPA Unsoed, Jl. dr. Soeparno Purwokerto

(Diterima: 12 September 2005; Disetujui: 20 Mei 2006)

ABSTRACT

Multi Soil Layering (MSL) method for decreasing BOD (Biochemical Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) of tapioca industrial liquidwaste at Purbalingga has been developed. MSL is a method of liquidwaste treatment enhancing function of soils to purify the waste. The research aimed at determining optimum loading rate and efficiency of MSL system to decrease BOD and COD. Results showed that optimum loading rate of the waste to the system was 320 L m⁻²day⁻¹ and efficiency of the system to decrease BOD and COD was 94.50 and 91.50%, respectively.

Keywords: Multi Soil Layering method, Tapioca industrial liquidwaste, BOD, COD.

PENDAHULUAN

Salah satu sumber pendapatan daerah Purbalingga berasal dari industri tapioka. Keberadaan industri tapioka di samping mempunyai dampak positif terhadap daerah, berupa peningkatan pendapatan daerah, juga mempunyai dampak negatif, yaitu timbulnya pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan disebabkan oleh limbah cair yang langsung dibuang ke badan perairan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Limbah cair yang masih baru berwarna putih kekuningan dan bau khas ubi kayu, sedangkan yang sudah lama berwarna abu-abu dan berbau busuk. Bau busuk merupakan penanda tingginya nilai BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand). Tingginya nilai BOD dan COD disebabkan oleh banyaknya senyawa organik yang larut dalam perairan.

Limbah cair tapioka kaya akan senyawa organik, seperti pati, serat, protein, gula, dan lemak yang berasal

dari komponen pati yang tidak terekstrak dan komponen bukan pati yang terlarut dalam air (Badan Penelitian dan Pengembanagn Industri, 1984). Oleh karena itu, suatu teknik yang efektif, murah, dan dapat digunakan sebagai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sangat dibutuhkan segera.

Berbagai teknik pengolahan limbah cair telah dikembangkan, seperti penjerapan dengan karbon aktif, oksidasi kimiawi, dan pengolahan hayati. Namun, masing-masing teknik penggu-naannya terbatas dan kurang menguntungkan. Sebagai contoh, karbon aktif hanya melibatkan penjerapan polutan tanpa dekomposisi. Oksi-dasi kimia tidak dapat memineralkan semua senyawa organik dan hanya sesuai untuk menghilangkan polutan dengan konsentrasi tinggi. Pengolahan secara hayati memiliki kelemahan, yaitu kecepatan reaksi lambat, pembuangan lumpur aktif yang sukar, pH dan suhu harus dikendalikan. Suatu teknik peng-olahan limbah

Sistem MSL merupakan suatu sistem yang menggunakan tanah andisol, zeolit, kerikil (gravels), dan arang tempurung kelapa sebagai sumber karbon serta menggunakan pipa aerasi sebagai sumber oksigen. Lapisan tanah dan zeolit disusun dengan pola seperti susunan batu bata untuk mencegah terjadinya penyumbatan dan pembentukan lapisan impermeable (Wakatsuki et al., 1993).

Bahan yang diperlukan untuk membuat sistem MSL tersedia secara lokal, sehingga di samping tekniknya murah juga memanfaatkan sumberdaya alam Kabupaten Banyumas. Zeolit diperoleh dari Kecamatan Lumbir, sedangkan tanah andisol dari bukit Cendana Baturraden.

Sistem MSL diterapkan untuk meningkatkan fungsi tanah dengan memanfaatkan mikroba dan arang tempurung kelapa dalam pengolahan limbah cair biogen sebelum dilepas ke badan perairan. Biopenguraian komponen air limbah dalam sistem MSL berlangsung melalui bantuan bakteri di bawah kondisi aerob maupun anaerob. Zona aerob terjadi pada lapisan kerikil dan zeolit serta antarmuka lapisan zeolit dan lapisan tanah. Zona anaerob terjadi pada lapisan campuran tanah dengan arang tempurung kelapa.

Berdasarkan hasil penelitian Masunaga et al. (2001), metode MSL dapat menurunkan BOD dan COD sungai Uya di kepulauan Oki, Jepang sampai 90%. Luanmanee et al. (2000) menggunakan metode MSL untuk pengolahan limbah domestik dari kafeteria dan toilet Universitas Kasetsart, Thailand, dan dapat menurunkan BOD sebesar 98,8% dan COD sebesar 93,6%. Menurut Wakatsuki et al. (1993), sistem MSL efektif digunakan untuk pengolahan

limbah selama 12,8 tahun. Namun, mungkin saja lebih pendek atau lebih panjang dibandingkan perkiraan tergantung pada mutu limbah, kandungan dan jenis dari bahan organik, suhu, dan manajemen dari sistem tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk menerapkan metode MSL dalam pengolahan limbah cair industri tapioka, terutama mempelajari kemampuan sistem MSL untuk menurunkan BOD dan COD.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah instrumen MSL, botol Winkler, alat gelas, dan kertas saring. Bahan kimia yang digunakan adalah $MgSO_4$, alkali azida, $MnSO_4$, H_2SO_4 pekat, $HgSO_4$, $KMnO_4$, KI, $Na_2S_2O_3$, Na_2CO_3 , KH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , NH_4Cl , dan aquadest.

Prosedur Kerja

Pembuatan Sistem MSL

Instrumen MSL dibuat dengan kon-struksi seperti terlihat pada Gambar 1. Bak akrilik dengan ukuran dimensi dalam (50 cm x 14 cm x 50 cm) disiapkan. Dasar bak diisi dengan batu kerikil dengan ketinggian 4 cm, lalu seluruh permukaan batu kerikil ditutup dengan jaring. Lapisan kedua berikutnya diisi zeolit (berdiameter 2–3 mm) dengan ketinggian 4 cm. Empat buah bingkai tripleks masing-masing dengan dimensi dalam (4cm x 9 cm x 14 cm) dipasang sejajar pada jarak masing-masing 3 cm. Ke dalam bingkai tripleks dialasi dengan plastik jaring halus yang dapat membungkus blok lapisan campuran tanah. Campuran tanah dan arang tempurung kelapa dengan perbandingan 1:1 diisi ke dalam

Penentuan $DO_{(0)}$

Sampel dipipet 50 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL ditambahkan masing-masing 1 mL fosfat penyangga, $MgSO_4$, $CaCl_2$ dan $FeCl_3$, dan diencerkan dengan akuades sampai tanda batas. Selanjutnya dipindah ke beaker gelas 1.000 mL lalu diaerasi selama 15 menit, kemudian dimasukkan ke dalam botol Winkler dan ditutup, ditambahkan masing-masing 1 mL alkali azida dan $MnSO_4$ 10%, ditutup lalu dikocok dengan membalik-balikan botol Winkler. Larutan dibiarkan selama 10 menit lalu dipindah ke Erlenmeyer, kemudian ditambah 1 mL H_2SO_4 pekat, dikocok, dan dititrasi dengan tiosulfat hingga kuning pucat. Selanjutnya ditambah beberapa tetes amilum 1%, kemudian titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.

Penentuan $DO_{(5)}$

Sampel yang telah diaerasi pada pengerjaan $DO_{(0)}$ dimasukkan ke dalam botol Winkler dan ditutup rapat tanpa adanya udara dan disimpan 5 hari. Selanjutnya, dititrasi dengan cara yang sama pada pejarangan $DO_{(0)}$. Kadar oksigen terlarut dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar } O_2 \text{ (ppm)} = \frac{(\text{mL} \times N)_{\text{tio}} \times 8000}{\text{mL sampel} - 2}$$

$DO = \text{kadar } O_2 \text{ (ppm)} \times f$

$f = \text{faktor pengenceran}$

Penentuan COD

Penentuan COD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi iodometri. 50 mL akuades sebagai blanko dan 50 mL sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambah 0,1 g $HgSO_4$ dan 5 mL $KMnO_4$ 0,1 M, kemudian ditutup, lalu dipanaskan selama 1 jam dalam penangas air, didinginkan dan ditambahkan 5 mL KI 10% dan 10 mL

H_2SO_4 4 N. Selanjutnya, dititrasi dengan larutan baku $Na_2S_2O_3$ sampai warna kuning pucat. Setelah itu, ditambahkan beberapa tetes amilum 1%, kemudian dititrasi kembali sampai warna biru hilang. Kadar COD dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar COD (ppm)} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{mL sampel}}$$

Keterangan: A = mL pentiter untuk blanko, B = mL pentiter untuk sampel, dan N = normalitas $Na_2S_2O_3$.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Penentuan Kecepatan Pengisian Optimum Limbah Cair Industri Tapioka pada Sistem MSL**

Pengisian air limbah ke dalam sistem MSL melalui pipa berlubang, yang dibuat dengan diameter 1,5 mm dan jarak antarlubang 5 cm. Bagian pipa yang berlubang menghadap ke atas dengan tujuan agar penyebaran limbah dalam sistem MSL merata (Masunaga et al., 2001). Kecepatan pengisian limbah cair yang digunakan dalam penentuan kecepatan pengisian optimum adalah 160, 320, 480, 640, dan 800 $L m^{-2}hari^{-1}$ (Tabel 1).

Tabel 1. menunjukkan bahwa persentase penurunan nilai BOD dan COD tertinggi terjadi pada kecepatan pengisian 320 $L m^{-2}hari^{-1}$. Oleh karena itu, 320 $L m^{-2}hari^{-1}$ dipilih sebagai kecepatan pengisian optimum limbah cair tapioka ke dalam sistem MSL. Pada kecepatan pengisian optimum, mikroba dalam sistem MSL dapat mendekomposisi senyawa organik secara sempurna.

Menurut Choliq (1992), pengolahan bahan organik dalam limbah cair oleh mikroba terdapat dua kejadian yang sangat penting, yaitu 1) pemakaian oksigen oleh mikroba untuk respirasi dan 2) pembentukan sel

Tabel 1. Persentase Penurunan BOD dan COD pada Berbagai Kecepatan Pengisian

	Kecepatan pengisian (Lm ⁻² hari ⁻¹)				
	160	320	480	640	800
BOD (mg L-1)					
Sebelum diolah	1.470,08	1.660,61	1.190,50	1.180,35	1.660,61
Setelah diolah	270,58	60,89	220,98	470,11	930,07
Penurunan (%)	81,59	96,33	81,47	60,17	43,99
COD (mg L-1)					
Sebelum diolah	2.880,84	2.884,09	2.880,63	2.870,10	2.867,49
Setelah diolah	280,97	250,16	300,03	360,54	370,38
Penurunan (%)	90,25	91,33	89,58	87,44	87,08

Zat org + O₂ → sel baru + CO₂ + H₂O

Sel + O₂ → CO₂ + H₂O + NH₃

Menurut Tahir et al. (1997), pada kecepatan pengisian 100 – 400 L m⁻²hari⁻¹, sistem MSL mempunyai persentase penurunan kadar limbah organik yang paling efektif.

Penentuan Keefisienan Sistem MSL untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Cair Industri Tapioka

Limbah cair industri tapioka dialirkan ke dalam sistem MSL secara terus-menerus pada kecepatan pengisian optimum dan penyamplangan dilakukan seminggu sekali. Keefisienan sistem MSL merupakan rerata persentase penurunan nilai parameter pada periode penyamplangan (Tabel 2).

Tabel 2 menunjukkan bahwa ke-efisienan sistem MSL untuk menurunkan BOD dan COD masing-masing adalah 94,50 dan 91,50%.

Persentase penurunan BOD menunjukkan bahwa mikroba yang terdapat dalam sistem MSL mampu menguraikan limbah cair industri tapioka dengan baik. Nilai BOD dan COD limbah cair industri tapioka sebelum diolah menggunakan sistem MSL, di atas baku mutu, menurut Bappedal Jateng (2004) tentang Baku Mutu Air Limbah, dan setelah diolah berada di bawah baku mutu (Tabel 3). Menurut peraturan tersebut, nilai maksimum BOD dan COD untuk limbah cair industri tapioka adalah 150 ppm untuk BOD dan 300 ppm untuk COD.

Penurunan kadar zat organik dalam penjernihan air limbah terbagi dalam dua tahap utama (Choliq, 1992). Pada tahap awal, yaitu penurunan zat organik dalam bentuk partikel dan koloid, selanjutnya akan diikuti penurunan zat organik dalam bentuk larutan. Penurunan kadar zat organik dalam bentuk partikel dan koloid

Tabel 2. Keefisienan Sistem MSL untuk Menurunkan BOD dan COD

Parameter	Penurunan nilai (%) pada penyamplangan minggu ke						Koefisien (%)
	I	II	III	IV	V	VI	
BOD	93,36	93,48	94,07	93,93	95,83	96,33	94,50
COD	91,33	91,32	91,33	91,66	92,01	91,33	91,50

Keterangan: Keefisienan (%) = nilai rerata pada periode penyamplangan.

Tabel 3. Nilai BOD dan COD Limbah Cair Tapioka Sebelum dan Setelah Diolah Menggunakan Sistem MSL pada Periode Penyamplangan

Periode penyamplangan	BOD (mg.L ⁻¹)		COD (mg.L ⁻¹)	
	Sebelum	Setelah	Sebelum	Setelah
Minggu I	1.660,36	110,32	2.883,87	250,09
Minggu II	1.690,76	110,32	2.883,80	250,30
Minggu III	1.690,76	100,19	2.884,08	250,16
Minggu IV	1.650,23	100,19	2.882,96	240,31
Minggu V	1.700,89	70,92	2.882,20	230,25
Minggu VI	1.660,61	60,89	2.884,09	250,16

Mikroba yang berperan dalam perombakan limbah cair industri tapioka dalam MSL terdiri atas kelompok bakteri, jamur, plankton, maupun protozoa yang hidup bersimbiosis mutualisme (saling menguntungkan) dan perombakan ini berlangsung secara berantai antara dua jenis mikroba atau lebih. Menurut Sugiyanto (1994), mekanisme penguraian limbah oleh mikroba terjadi secara sinergis antara alga (fitoplankton) dengan bakteri, karena fitoplankton mengkonsumsi hasil metabolisme bakteri berupa zat hara, seperti CO₂ dan NH₃ hasil penguraian limbah oleh bakteri, sedangkan fitoplankton akan menghasilkan oksigen yang dimanfaatkan oleh bakteri untuk kelangsungan hidupnya.

Dekomposisi air limbah yang terjadi dalam sistem MSL adalah proses aerob maupun anaerob. Proses aerob terjadi pada lapisan zeolit dan di bagian antarmuka zeolit dengan lapisan tanah. Dekomposisi senyawa organik dari air limbah, fiksasi fosfat, dan penitritan dapat terjadi dalam daerah aerob tersebut. Lapisan tanah merupakan tempat terjadinya proses anaerob yang berperan penting dalam pemindahan nitrogen melalui pengawa-nitritan dan juga penting untuk perpindahan ion Fe²⁺ ke permukaan

zeolit, yang berperan penting dalam pemindahan fosfat (Luanmanee et al., 2000).

Menurut Tebbut (1977), di dalam kondisi anaerob terdapat dua kelompok jasad renik, yaitu:

- a. Kelompok pembentuk asam (non methanogenic) yang menghidrolisis zat organik menjadi senyawa sederhana (seperti asam asetat dan asam propionat).
- b. Kelompok pembentuk gas (methanogenic) yang mengubah asam yang terbentuk menjadi gas metana dan karbon dioksida serta ion nitrat.

Kemampuan MSL untuk mendekomposisi limbah pada proses anaerob dipengaruhi oleh pengaerasian. Menurut Tahir et al. (1997), pemberian aerasi yang cukup akan membantu pembentukan kondisi aerob, bagaimanapun setelah diaerasi selama beberapa waktu kondisi anaerob akan terbentuk dengan sendirinya dalam MSL.

Bahan organik akan dirombak secara aerob di dalam kondisi aerob, setelah terjadi kontak dengan mikroba yang terdapat dalam zona aerob, yaitu pada lapisan zeolit dan pada bagian antarmuka zeolit dengan lapisan tanah. Menurut Soemantoyo (1991), perombakan bahan organik ini akan

Menurut Pelczar dan Chan (1986), perombakan bahan organik limbah cair tapioka secara garis besar berupa perombakan karbo-hidrat, lemak, dan protein yang terkandung di dalamnya, melalui rangkaian reaksi kimia enzi-matis yang dilakukan oleh mikroba pengurai. Bahan organik kompleks berupa karbohidrat, lemak, dan protein dalam air limbah tapioka ini mula-mula diubah menjadi bentuk persenyawaan yang lebih sederhana berupa glukosa, gliserol, asam lemak, dan asam amino. Tahap selanjutnya adalah perombakan persenyawaan sederhana tersebut menjadi CO_2 , H_2O , dan NH_4^+ .

KESIMPULAN

1. Kecepatan pengisian optimum limbah cair tapioka ke dalam sistem MSL adalah $320 \text{ L m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$.
2. Keefisienan sistem MSL untuk menurunkan BOD dan COD masing-masing adalah 94,50 dan 91,50%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor, Ketua Lembaga Penelitian, dan Ka. Puslit Lingkungan Hidup Unsoed atas kepercayaan dan pemberian dananya. Kepada saudara Abdul Gani, Syaiful Anwar, dan R. Gathot yang telah membantu penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Bappedal Jateng. 2004. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah Nomor: 10 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Bappedal Propinsi Jawa Tengah.

Badan Penelitian dan Pengembangan Industri. 1984. Laporan Survey Pendahuluan Penanganan Masalah Pencemaran Limbah oleh Industri Tapioka di Desa Ngemplak Kidul, kecamatan Margoyoso, Kabupaten Pati. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Balai

Penelitian dan Pengembangan, Semarang.

Choliq, A.U. 1992. Pengolahan Limbah Organik dengan Sistem RBC. Proceeding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Tantangan Masa Depan. Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Bandung.

Luanmanee, S., B. Saitthiti, C. Panichajakul, and T. Wakatsuki. 2000. Efficiency of the Multi Soil Layering Systems with Various Organic Material Components on Domestic Wastewater Treatment. Paper Submitted on Managing Water and Waste in The New Millennium, May 23 - 26, Johannesburg.

Masunaga, T., K. Sato, T. Zennami, S. Fujii, and T. Wakatsuki. 2001. Application of the Multi Soil Layering Method to Direct Treatment of Polluted River Water. Proceedings of The First IWA Asia-Pacific Regional Conference, September 12 - 15, Japan. P.6.

Pelczar, M.J. and E.C.S. Chan., 1986. Dasar-dasar Mikrobiologi. UI Press, Jakarta.

Soemantoyo, R. 1991. Pengolahan Limbah Cair. Program Pascasarjana UI, Jakarta.

Sugiyanto. 1994. Pengolahan Biologis Limbah Cair. Makalah Workshop Pengolahan Limbah Cair. Kerjasama BAPEDAL dengan UNS Surakarta.

Tahir, Y., T. Harada, and T. Wakatsuki. 1997. Enhancement and Control of The Function of Soil Resources for Biogenic Wastewater Treatment by Multi-Soil-Layering Method. In: The Proceeding of The 4th International Conference, East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies on Soils Quality Management and Agro-Ecosystem Health. Cheju, Republic of Korea. Pp. 241 - 252.

Tebbut, T.H.Y. 1977. Principles of Water Quality Control. 2-nd Ed. University of Birmingham, England.

Wakatsuki, T., H. Esumi, and S. Omura.