

**OPTIMASI PENURUNAN COD, BOD, DAN TSS LIMBAH CAIR INDUSTRI
ETANOL (*vinasse*) PSA PALIMANAN DENGAN METODE *MULTI SOIL
LAYERING* (MSL)**

Irmanto, Suyata dan Zufahair

Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknik Unsoed

E-mail : irmantoz@gmail.com

ABSTRAK

Industri etanol merupakan salah satu industri yang menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan khususnya sistem perairan. Banyaknya limbah cair etanol yang dibuang serta senyawa-senyawa organik dapat menyebabkan rusaknya ekosistem di perairan. Untuk mengatasi pencemaran limbah cair etanol, digunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) sebagai salah satu metode alternatif. MSL adalah suatu metode pengolahan limbah cair yang meningkatkan fungsi tanah untuk pemurnian limbah cair. Penelitian ini menggunakan metode MSL untuk mengolah limbah cair industri etanol sebelum dibuang ke perairan. Metode MSL merupakan suatu sistem pengolahan limbah yang menggunakan beberapa material seperti tanah, zeolit, dan arang tempurung kelapa yang dibentuk dalam suatu susunan pola bata bertingkat. Faktor yang diteliti adalah kecepatan pengisian yang terdiri dari 5 tahap yaitu: 160, 320, 480, 640, dan 800 L.m⁻²hari⁻¹, kemudian ditentukan efisiensi sistem MSL dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan menggunakan kecepatan pengisian optimum. Penentuan kadar COD ditentukan dengan metode refluks, penentuan kadar BOD menggunakan metode Winkler dan penentuan kadar TSS ditentukan dengan menggunakan gravimetri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan dengan metode MSL dapat menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS pada kecepatan pengisian optimum 320 L.m⁻²hari⁻¹. Efisiensi sistem MSL dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS masing-masing sebesar 80,85%; 94,68%; dan 83,99%.

Kata Kunci: Multi Soil Layering, BOD, COD, TSS, ethanol industrial wastewater

**OPTIMIZATION OF COD, BOD AND TSS REMOVAL IN ETHANOL
INDUSTRIAL WASTEWATER (*Vinasse*) PSA PALIMANAN BY MULTI SOIL
LAYERING METHOD**

ABSTRACT

Ethanol industry is one of the industries which causing pollution on the environment especially water environment. The amount of wastewater-dumped and the content of organic substances could damage the water ecosystem. Multi Soil Layering (MSL) as one of alternative method is used in order to remove the ethanol industrial wastewater (*vinasse*) pollution. MSL is a method of wastewater treatment that enhances the function of soils to purify wastewater. MSL method was used at this experimentation to treat ethanol industrial wastewater before it was thrown to the water. MSL method is a waste processing system using several materials such as soil, zeolit, or coconut charcoal that was formed in a multistoried formation of bricks. Experimented factor was optimum

loading rate of 5 standards are: 160, 320, 480, 640, and 800 L .m²day⁻¹, and then determined the efficiency of the MSL system in the decreasing of COD, BOD, and TSS effluent ethanol industry (*vinasse*) PSA Palimanan using optimum loading rate. The concentration of COD was measured using Reflux method, BOD using Winkler method, and TSS using Gravimetric method. The result showed that MSL method could decrease COD, BOD, and TSS amount of ethanol (*vinasse*) industrial wastewater PSA Palimanan at 320 L.m²day⁻¹ optimum loading rate. MSL system efficiency at decreasing these amounts succession were 80.85%; 94.68%; dan 83.99%.

Key Word: Multi Soil Layering, BOD, COD, TSS, ethanol industrial wastewater

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri dewasa ini telah banyak memberikan sumbangan bagi perekonomian Indonesia melalui produk barang atau jasa yang dihasilkan, namun disisi lain pertumbuhan industri telah menimbulkan masalah lingkungan yang cukup serius. Buangan air limbah industri mengakibatkan timbulnya pencemaran air sungai yang dapat merugikan masyarakat yang tinggal disepanjang aliran sungai, seperti berkurangnya hasil produk pertanian, menurunnya hasil tambak, maupun berkurangnya pemanfaatan air sungai oleh penduduk.

PSA Palimanan adalah salah satu industri etanol dan merupakan salah satu dari banyak industri di Indonesia yang dalam Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) masih belum dilakukan secara optimal. Sementara kandungan dari limbah etanol (*vinasse*) yang masih memiliki kadar COD, BOD, dan TSS yang tinggi, sehingga perlu adanya perlakuan terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. PSA Palimanan merupakan unit usaha skala pabrikan yang memproduksi tiga jenis produknya yaitu alkohol berupa etanol, arak, dan spiritus. Alkohol diproduksi dari bahan baku tetes tebu (*mollase*). Alkohol yang diproduksi terdiri dari dua macam yaitu alkohol prima yang merupakan etanol dengan kadar alkohol 96% dan diproduksi dengan kapasitas 25.000 liter per hari dan alkohol teknis (*afweekend*)

merupakan etanol dengan kadar alkohol sekitar 94% dan diproduksi dengan kapasitas 2.400 liter per hari (Anonim, 2009).

PSA Palimanan yang telah beroperasi sejak tahun 1883 dan mengalirkan air sisa proses produksinya (*vinasse*) ke Sungai Parakanwuni tanpa pengolahan terlebih dahulu. Selama pembuangannya, *vinasse* telah menimbulkan pencemaran terhadap air parit Parakanwuni dan pencemaran terhadap air tanah dangkal di daerah sekitarnya. Limbah cair pabrik PSA Palimanan telah menjadi penyebab matinya puluhan ton ikan dan udang di muara Sungai Winong, Kabupaten Cirebon.

Upaya-upaya penanganan limbah *vinasse* yang pernah dilakukan PSA Palimanan dalam mengatasi permasalahan limbahnya antara lain menggunakan metode kimia dan fisika, seperti UASB (*Upflow Anaerob Sludge Blanket*) dan sistem Membran Molekul Ultra Filtrasi. Hal ini dapat menjernihkan limbah namun memiliki permasalahan baru dari segi biaya yang sangat mahal dan timbul pencemaran baru. Metode UASB dan sistem Membran Molekul Ultra Filtrasi yang pernah dilakukan PSA Palimanan belum memberikan hasil yang efektif sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan oleh Dinas Lingkungan Hidup (Syukur, 2009).

Salah satu metode pengolahan limbah cair yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode MSL (*Multi Soil Layering*), metode ini efektif digunakan untuk menghilangkan komponen-komponen organik air limbah. Sistem MSL adalah suatu metode untuk meningkatkan fungsi tanah dalam pengolahan limbah cair organik. Metode MSL merupakan suatu sistem dengan menggunakan tanah, zeolit, dan arang sebagai sumber karbon yang disusun dengan pola seperti batu bata serta menggunakan pipa aerasi sebagai sumber oksigen (Wakatsuki *et al.*, 1999). Metode ini telah banyak dilakukan di negara Jepang dan Thailand untuk mengolah limbah-limbah organik. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Wakatsuki *et al.*, (1999), MSL digunakan untuk perawatan sungai Uya di Kepulauan Oki, Jepang dan dapat menurunkan kadar BOD dan COD sampai dengan 90%, total nitrogen sebesar 70% dan total fosfat sebesar 80% dalam kondisi aerasi optimum. Metode MSL juga telah digunakan untuk penyisihan COD dari limbah cair hotel, dengan efisiensi 55-90% (Elystia dkk, 2012). Belum ada laporan tentang penggunaan MSL untuk pengolahan limbah cair industri etanol. Oleh karena itu akan dilakukan penelitian untuk menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS limbah cair etanol (*vinasse*) PSA Palimanan dengan menggunakan metode MSL.

Tersedianya bahan-bahan yang melimpah dengan biaya yang terjangkau, serta belum banyak dikembangkan, memungkinkan metode MSL dimanfaatkan dan dikembangkan untuk proses pengolahan limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kecepatan optimum pengisian air limbah cair etanol ke dalam sistem MSL. Menentukan efisiensi sistem MSL untuk penurunan COD, BOD dan TSS limbah cair etanol.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

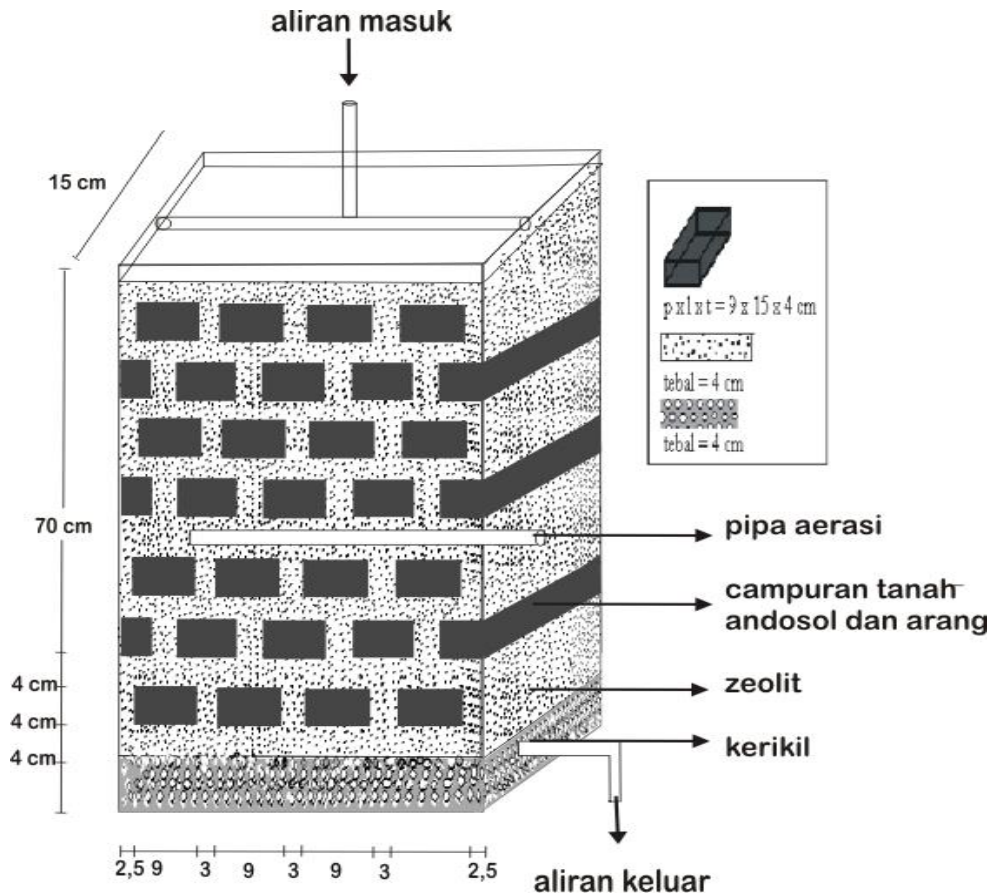
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: limbah cair industri etanol UNIT PSA Palimanan; $MnSO_4$; alkali azida; $Na_2S_2O_3$; $CaCl_2$; 0,09M $MgSO_4$; H_2SO_4 ; $KMnO_4$; H_2SO_4 pekat; buffer fosfat; indikator amilum; indikator feroin; ferroamonium sulfat; dan air suling.

Alat-alat yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah: alat-alat gelas, inkubator, desikator, pompa udara (aerator), botol Winkler, buret, statif, oven, dan kertas saring whatman no.40.

Prosedur Penelitian

1 Pembuatan Sistem MSL (*Multi Soil Layering*) (Irmanto dkk, 2012)

Instrumen sistem MSL terbuat dari bak kaca berukuran (panjang x lebar x tinggi) 50 cm x 15 cm x 70 cm dengan kran alir pada bagian bawah disiapkan. Dasar bak diisi dengan batu kerikil (berdiameter 5-10 mm) dengan ketinggian 4 cm, seluruh permukaan batu kerikil ditutup dengan net. Lapisan kedua diisi dengan zeolit (diameter 1-2 mm) sampai ketinggian 4 cm. Empat buah bingkai triplek masing-masing dengan dimensi (4 cm x 9 cm x 15 cm) dipasang sejajar pada jarak masing-masing 3 cm. Bagian dalam tripek dilapisi dengan plastik net halus yang dapat membungkus blok-blok lapisan campuran tanah. Campuran tanah dan arang tempurung kelapa dengan perbandingan 1:1 (volume) diisi ke dalam bingkai triplek, lalu dipadatkan. Pada lapisan ke-4 dan ke-5 dipasangkan pipa aerasi (diameter 1,5 cm) jarak antar lubang 5 cm dan dengan lebar lubang 0,5 cm. Berikut adalah instrumen sistem MSL:



2. Penentuan Kecepatan Pengisian Optimum Limbah Cair ke dalam Sistem MSL (APHA, 1995).

- a. Penentuan COD, BOD, dan TSS limbah cair industri etanol sebelum diolah (*treatment*) dengan sistem MSL.

Limbah cair industri etanol dianalisis dengan parameter yang ada diatas. Pengukuran dilakukan secara duplo. Limbah cair industri etanol dialirkan selama 24 jam/hari dengan variasi kecepatan pengisian (160, 320, 480, 640, 800 L.m⁻²hari⁻¹).

- b. Penentuan COD, BOD, dan TSS limbah industri etanol pada berbagai variasi kecepatan pengisian setelah diolah (*treatment*) dengan sistem MSL.

Limbah cair industri etanol yang telah diolah (*treatment*) dianalisis sesuai dengan prosedur

analisis (APHA, 1995). Pengukuran dilakukan secara duplo dan penyamplingan dilakukan dua hari sekali. Penurunan persentase kadar COD, BOD, dan TSS dapat dilakukan dengan rumus:

$$\text{Kadar (\%)} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100 \%$$

3. Penentuan Efisiensi Sistem MSL untuk Menurunkan Kadar COD, BOD, dan TSS Limbah Cair Industri Etanol.

Limbah cair industri etanol dialirkan dengan kecepatan pengisian optimum kesdalam sistem MSL untuk mengetahui persentase penurunan kadar COD, BOD, dan TSS. Penyamplingan dilakukan lima hari sekali selama 40 hari (8 kali sampling).

Prosedur Analisis

1. COD (Chemical Oxygen Demand)
(APHA, 1995)

Pengukuran COD dilakukan dengan menggunakan metode refluks. Dipipet 10 mL air suling sebagai blanko dan 10 mL sampel limbah cair *vinasse* dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL, masukkan batu didih kemudian ditambahkan berturut-turut 0,4 g HgSO₄, 10 mL K₂Cr₂O₇ 0,25 N, dan reagen asam sulfat-perak sulfat sebanyak 5 mL. Dikocok perlahan sampai tercampur sempurna. Gelas Erlenmeyer diletakkan dibawah kondensor. Kemudian bunsen ditempatkan di bawah Erlenmeyer, dan larutan direfluks selama 2 jam. Gelas refluks didinginkan dan setelah dingin diencerkan sampai menjadi 2 kali jumlah larutan dalam gelas refluks dengan air suling. Ditambah 3-4 tetes indikator ferroin, dititrasi dengan larutan standar fero ammonium sulfat 0,01 N sampai warna hijau-biru menjadi coklat-merah. Blanko adalah 10 mL air suling yang mengandung semua reagen yang ditambahkan pada larutan sampel dan direfluks dengan cara yang sama. Kadar COD dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar COD}(\text{mg L}^{-1}) = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{mL sampel}}$$

Dimana ;

A = mL pentiter untuk blanko

B = mL pentiter untuk sampel

N = Normalitas fero ammonium sulfat

2. BOD (Biochemical Oxygen Demand)
(APHA, 1995)

Pengukuran BOD dilakukan menggunakan metode titrasi Winkler, kemudian dapat ditentukan kadar BOD menggunakan rumus:

$$\text{BOD} = \text{DO}_{(0)} - \text{DO}_{(5)}$$

a. Penentuan DO₍₀₎

Dipipet 10 mL sampel limbah cair *vinasse* kedalam labu ukur 100 mL ditambahkan masing-masing 1 mL buffer fosfat, MgSO₄, CaCl₂ dan FeCl₃ dan diencerkan dengan air suling sampai tanda batas. Dipindahkan ke dalam beker 1000 mL lalu aerasi selama 15 menit. Dimasukkan ke dalam botol Winkler dan tutup, tambahkan masing-masing 1mL alkali azida dan MnSO₄ 10%, tutup lalu kocok dengan membolak-balikkan botol Winkler. Dibiarkan selama 10 menit lalu dipindahkan ke Erlenmeyer. Ditambahkan 1mL H₂SO₄ pekat, dikocok dan dititrasi dengan larutan tiosulfat 0,025 N hingga kuning pucat (mendekati coklat muda). Ditambahkan beberapa tetes amilum atau kanji 1% (akan timbul warna biru) kemudian titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang

b. Penentuan DO₍₅₎

Sampel yang telah diaerasikan pada pengerjaan DO₍₀₎ dimasukkan ke dalam botol Winkler dan ditutup rapat (dijaga jangan sampai timbul rongga udara) dan disimpan selama 5 hari. Kemudian dititrasi dengan cara yang sama pada penentuan DO₍₀₎. Kadar oksigen terlarut dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar O}_2(\text{mg.L}^{-1}) = \frac{(\text{mL} \times \text{N}) \text{pentiter} \times 8000}{\text{mL sampel} - 2}$$

$$\text{DO} = \text{Kadar O}_2(\text{mg L}^{-1}) \times \text{faktor pengenceran}$$

3. TSS (Total Suspended Solid)
(Alaerts, 1984)

TSS (*Total Suspended Solid*) ditentukan dengan metode Gravimetri. Sebanyak 100 mL akuades disaring dengan kertas Whatman nomor 40,

kemudian kertas saring tersebut dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang berat awalnya (misal: a gram). Diambil 100 mL sampel limbah *vinasse* dengan menggunakan kertas saring yang telah diketahui beratnya, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator selama kurang lebih 15 menit, lalu ditimbang berat akhirnya (misalnya: b gram). Kandungan total padatan tersuspensi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$TSS(\text{mg L}^{-1}) = (b - a) \times \frac{1000}{100}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan Pengisian Optimum Limbah Cair Industri Etanol (*vinasse*) ke dalam Sistem MSL

Proses penentuan kecepatan pengisian optimum dilakukan setelah dilakukan proses pengkondisian sistem MSL selama 21 hari atau 3 minggu. Pengkondisian tersebut terdiri dari 1 minggu pertama sistem MSL dialiri dengan air, minggu

kedua sistem MSL dialiri dengan limbah (*vinasse*) yang telah diencerkan sebanyak 21 liter (1 liter limbah industri etanol diencerkan dengan 20 liter air), dan minggu ketiga sistem MSL dialiri dengan limbah dengan kepekatan 11 liter (1 liter limbah industri etanol dengan 10 liter air). Proses pengkondisian ini bertujuan agar mikroorganisme yang terdapat dalam sistem MSL dapat beradaptasi dengan baik dalam limbah cari industri etanol (*vinasse*), sehingga mampu lebih optimal dalam proses mendekomposisi limbah. Air limbah dialirkan ke dalam sistem MSL melalui pipa berlubang (menghadap atas), dengan jarak antar lubang sekitar 5 cm. Penentuan kecepatan pengisian air limbah dilakukan dengan variasi kecepatan 160, 320, 480, 640, dan 800 L.m⁻²hari⁻¹, diharapkan diperoleh kecepatan optimum pada sistem MSL dalam mendekomposisi senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam limbah. Hasil analisis kualitas air limbah cair industri etanol (*vinasse*) sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan dengan sistem MSL dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata hasil analisis sebelum dan sesudah diolah dengan sistem MSL pada penentuan kecepatan optimum.

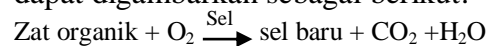
Variasi Kecepatan Pengisian (L.m ⁻² .h ⁻¹)		Hasil analisis kualitas limbah		
		COD (ppm)	BOD (ppm)	TSS (ppm)
160	Sebelum	812	341,67	586,00
	Sesudah	172	41,67	83,94
320	Sebelum	856	429,16	632,50
	Sesudah	156	12,5	85,69
480	Sebelum	756	366,67	588,50
	Sesudah	204	70,83	78,90
640	Sebelum	712	350,00	550,00
	Sesudah	228	104,16	74,29
800	Sebelum	672	325,00	483,50
	Sesudah	244	120,83	69,29

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar COD, BOD, dan TSS pada setiap variasi kecepatan pengisian ke dalam sistem MSL. Persentase penurunan kadar COD, BOD, dan TSS pada setiap variasi kecepatan pengisian dapat dilihat pada Gambar 2.

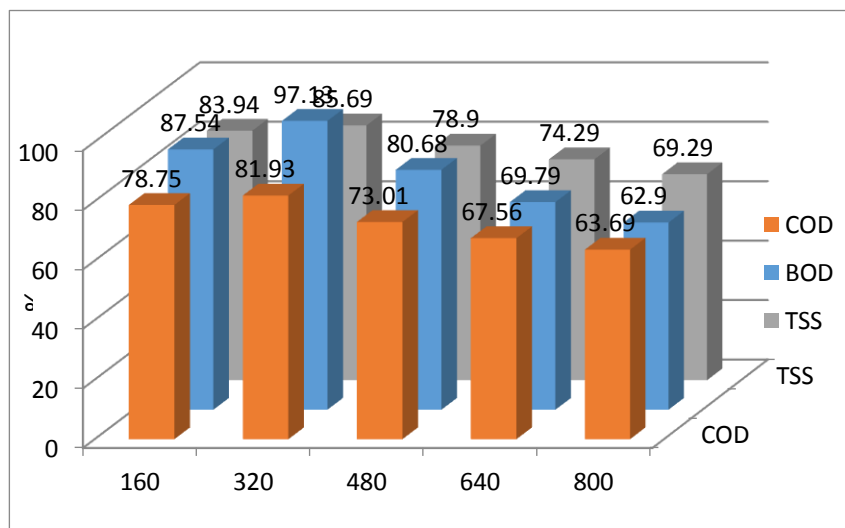
Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 2, persentase penurunan terbesar terjadi pada kecepatan pengisian 320 L.m⁻²hari⁻¹ yaitu sebesar 81,93% untuk COD dan 97,13% untuk BOD. Setelah mencapai kecepatan pengisian 320 L.m⁻²hari⁻¹, persentase penurunan nilai COD maupun BOD mengalami penurunan mulai dari 480 sampai 800 L.m⁻²hari⁻¹ secara berturut-turut. Persentase penurunan terkecil terjadi pada kecepatan pengisian 800 L.m⁻²hari⁻¹, masing-masing sebesar

63,69% untuk COD dan 62,90% untuk BOD. Sedangkan untuk penurunan kadar TSS apabila diamati ternyata menunjukkan gejala yang sama seperti pada COD dan BOD, dengan persentase penurunan tertinggi pada kecepatan pengisian 320 L.m⁻²hari⁻¹ yaitu sebesar 85,69% dan persentasi penurunan paling kecil juga terjadi pada kecepatan pengisian 800 L.m⁻²hari⁻¹ yaitu sebesar 69,29%.

Menurut Choliq *et al.* (1992), proses penguraian zat organik tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi diatas terdapat dua kejadian yang penting dalam proses pengolahan bahan



Gambar 2. Persentase penurunan kadar COD, BOD, dan TSS limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan pada berbagai variasi kecepatan pengisian

organik limbah cair industri etanol (*vinasse*), yaitu:

- 1) Pemakaian oksigen oleh mikroorganisme untuk respirasi;
- 2) Pembentukan sel mikro-organisme dengan memanfaatkan zat organik sebagai sumber makanan dan energi.

Kadar TSS turun hingga 89,50 L.m⁻²hari⁻¹ (turun sebesar 85,69%), BOD

turun hingga 12,50 L.m⁻²hari⁻¹ (turun sebesar 97,13%), dan COD turun hingga 156 L.m⁻²hari⁻¹ (turun sebesar 81,93%). Berdasarkan hasil tersebut kecepatan pengisian optimum limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan ke dalam sistem MSL pada penelitian ini ditetapkan pada kecepatan 320 L.m⁻²hari⁻¹. Hal ini didasarkan pada hasil persentase penurunan nilai COD, BOD,

dan TSS yang terjadi pada kecepatan pengisian $320 \text{ L.m}^{-2}\text{hari}^{-1}$ yaitu menunjukkan persentase penurunan yang paling tinggi dibandingkan dengan persentase penurunan pada kecepatan pengisian 160, 480, 640, dan $800 \text{ L.m}^{-2}\text{hari}^{-1}$. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Tahir *et al* (1997), yang menyatakan bahwa persentase penurunan terjadi pada kecepatan pengisian $100\text{-}400 \text{ L.m}^{-2}\text{hari}^{-1}$.

Efisiensi Sistem MSL dalam Menurunkan Kadar COD, BOD, dan TSS.

Setelah diperoleh kecepatan pengisian optimum pada kecepatan $320 \text{ L.m}^{-2}\text{hari}^{-1}$, maka kecepatan tersebut digunakan untuk menentukan efisiensi

sistem MSL dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah cair industri etanol (*vinasse*). Namun sebelumnya dilakukan peng-kondisian selama 1 minggu (7 hari) menggunakan kecepatan $320 \text{ L.m}^{-2}\text{hari}^{-1}$, hal ini dilakukan agar mikroorganisme yang terkandung dalam tanah andisol dapat beraptasi dengan kecepatan pengisian tersebut sehingga dapat secara optimal mendegradasi senyawa organik yang terdapat pada limbah cair etanol. Setelah dilakukan pengkondisian, setiap 5 hari dilakukan pengukuran atau analisis kadar COD, BOD, dan TSS sampai hari ke-40 sehingga diperoleh 8 hasil analisis.

Proses penyamplingan yang dilakukan setiap 5 hari sekali selama 40 hari ini adalah untuk mengetahui

Tabel 2. Efisiensi Sistem MSL dalam Menurunkan Kadar COD Limbah Cair Industri Etanol (*vinasse*) PSA Palimanan

Periode Penyamplingan	Persentase Penurunan Kadar COD (%)
5	81,93
10	85,14
15	83,22
20	84,16
25	81,02
30	79,44
35	77,51
40	74,36
Efisiensi Sistem MSL	
	80,85

Tabel 3. Efisiensi Sistem MSL dalam Menurunkan Kadar BOD Limbah Cair Industri Etanol (*vinasse*) PSA Palimanan

Periode Penyamplingan	Persentase Penurunan Kadar BOD (%)
5	96,11
10	94,76
15	97,18
20	96,39
25	97,25
30	94,44
35	90,56
40	90,79
Efisiensi Sistem MSL	
	94,68

Tabel 4. Efisiensi Sistem MSL dalam Menurunkan Kadar TSS Limbah Cair Industri Etanol (*vinasse*) PSA Palimanan

Periode Penyamplingan	Persentase Penurunan Kadar TSS (%)
5	84,95
10	85,14
15	86,21
20	86,31
25	83,14
30	84,23
35	82,72
40	79,29
Efisiensi Sistem MSL	83,99

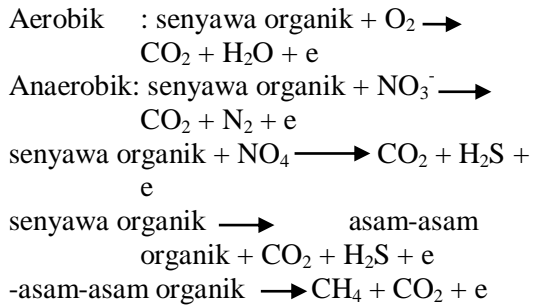
kemampuan sistem MSL dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS pada limbah cair industri etanol (*vinasse*). Walaupun sebenarnya penyamplingan seharusnya dilakukan selama kurang-lebih 1 tahun, agar dapat diketahui lebih optimal kemampuan sistem MSL dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS. Berikut adalah efisiensi sistem MSL dalam menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS limbah cair industri etanol (*vinasse*) yang dapat dilihat pada Tabel 2,3, dan 4:

Berdasarkan Tabel 2, 3, dan 4, diperoleh bahwa metode MSL cukup stabil dalam jangka waktu 40 hari. Sistem MSL cukup stabil dalam menurunkan kadar COD sebesar 80,85%; BOD sebesar 94,68%; dan TSS sebesar 83,99%. Hal ini menunjukkan bahwa mikro-organisme yang terkandung dalam tanah andisol dan zeolit dalam sistem MSL bekerja dengan cukup baik dalam mendekomposisi senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan. Jika dibandingkan dengan standar baku mutu yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia berdasarkan SK No. 51/MENLH/10/1995 (pH=6-9; COD=300 mg/L; BOD=150 mg/L dan TSS=400 mg/L) untuk limbah cair industri etanol, didapat bahwa limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA

Palimanan yang telah dilakukan pengolahan dengan sistem MSL. Diperoleh kadar COD, BOD, dan TSS dibawah batas maksimum yang ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup.

Penurunan kadar COD, BOD, dan TSS limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan dengan metode MSL memberikan suatu indikasi terjadinya degradasi limbah cair industri etanol (*vinasse*) oleh mikroorganisme yang terdapat dalam sistem MSL. Selain dapat menurunkan kadar COD, BOD, dan TSS metode ini juga dapat menaikkan nilai pH limbah cair industri etanol (*vinasse*), yang sebelum dilakukan pengolahan sistem MSL nilai pH dari *vinasse* sekitar 3-4. Hal ini disebabkan oleh semakin meningkatnya proses biologis dan kimiawi dalam proses perombakan bahan organik limbah. Proses perombakan bahan organik ini antara lain akan menghasilkan asam-asam organik, sehingga akan menyebabkan keasaman meningkat atau rendahnya nilai pH. Setelah dilakukan pengolahan dengan sistem MSL nilai pH *vinasse* dapat mencapai 6-7. Hal ini di sebabkan semakin berkurangnya proses biologis dan kimiawi dalam limbah yang dapat menghasilkan asam-asam organik. Berikut adalah proses pembentukan asam-asam organik dan penguraian senyawa organik yang terdapat dalam

limbah menurut Hammer (1977), sebagai berikut:



Menurut Cholid *et al.* (1992), Penurunan kadar zat organik dalam proses penjernihan air limbah terbagi menjadi dua tahapan utama. Tahapan awal yaitu penurunan zat organik dalam bentuk partikel dan koloid, tahap kedua akan diikuti dengan penurunan zat organik dalam bentuk larutan. Penurunan kadar zat organik dalam bentuk partikel dan koloid berlangsung relatif cepat dan bersifat fisika yang tergantung pada karakteristik kimia dan fisika dari zat organik tersebut. Dari hasil penelitian ini menyatakan bahwa metode MSL dapat dijadikan salah satu metode alternatif untuk pengolahan limbah cair organik khususnya limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan pengisian optimum limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan ke dalam sistem MSL diperoleh pada kecepatan pengisian 320 L.m⁻²hari⁻¹.
2. Efisiensi sistem MSL dalam penurunan kadar COD, BOD, dan TSS limbah cair industri etanol (*vinasse*) PSA Palimanan pada kecepatan pengisian 320 L.m⁻²hari⁻¹ secara berturut-turut adalah 80,85%; 94,68%; dan 83,99%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan dana penelitian melalui Hibah Riset Pemula Tahun 2012 dengan No. Kontrak: 1164.73/UN23.9/PN/2012 Tanggal 1 Maret 2012 dan ucapan terimakasih disampaikan kepada saudara Ahkmad Toipur yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan S. S. Santika, 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional. Surabaya.
- Anonim, 2009, *Instalasi Staat PSA Palimanan*. PTP XIV, Palimanan
- APHA, 1995, *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*, 18th Ed., American Public Health Association, Washington D.C.
- Cholid, A.U., 1992, Pengolahan Limbah Organik Dengan Sistem RBC, *Proceeding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Tantangan Masa Depan*. Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
- Elystia S, S. Indah, D. Herald, 2012, Efisiensi Metode Multi Soil Layering dalam Penyisihan COD dari Limbah Cair Hotel, *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 9(2)
- Hammer, M.J., 1997, *Water and Wastewater Technology*. Jhon Wiley and Sons Inc., New York.

- Irmanto, Suyata dan Zufahair, 2012, Peningkatan Kinerja Mikroorganisme Tanah Andisol dalam Sistem *Multi Soil Layering* untuk Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat Limbah Cair Industri Etanol, *Jurnal Sains dan Teknologi INOVASI* Vol.06 No.2
- Syukur, M. S., 2009, *Mempelajari Teknologi Proses Produksi Etanol* di PT. Rajawali II Unit PSA Palimanan Cirebon. Laporan kerja Lapangan. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor
- Tahir, Y. T. Harada and T. Wakatsuki, 1997, *Enhancement and Control of the Functions of Soil Resources for Biogenic Wastewater Treatment by Multi Soil Layering Method*. In *The Forth International Conference of East Federation of Soil Science Societies*. "Soil Quality Management and Agro-Ecosystem Health". p. 241-252. Cheju, Korea.
- Wakatsuki, T., H. Esumi and S. Omura., 1999, High Performance and N&P Removable on-site Domestic Waste Water Treatment System by Multi Soil Layering Method, *Wat.Sci.Tech.* 27 : 31-40.