

## **PENGARUH LAJU ALIR INLET REAKTOR MSL TERHADAP REDUKSI BOD, COD, TSS, DAN MINYAK/LEMAK LIMBAH CAIR INDUSTRI MINYAK GORENG**

### ***The Effect of MSL Reactor Influent Flow Rate on Reduction of BOD, COD, TSS, and Oils/Fats of Edible Oil Industry Wastewater***

**Salmariza Sy\*<sup>1</sup>, Sofyan<sup>1</sup>, Hendri Muchtar<sup>1</sup>, dan Monik Kasman<sup>2</sup>**

1 Balai Riset dan Standardisasi Industri Padang

Jl. Raya LIK No. 23 Ulu Gadut Padang 25164, Indonesia

2 Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

Jl. Slamet Riyadi, Broni, Jambi UNBARI, Jambi, Indonesia

\*e-mail: salmariza\_sy@kemenperin.go.id

Diterima: 6 April 2017, revisi akhir: 15 Juni 2017 dan disetujui untuk diterbitkan: 16 Juni 2017

---

### **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan dengan mengolah air limbah industri minyak goreng menggunakan metoda *Multi Soil Layering* (MSL). Reaktor MSL dibuat dari beton berbentuk bak ukuran 200x120x200 cm. Tanah andisol dicampur dengan serbuk gergaji dan arang halus pada rasio masing-masing 5:1:1 berdasarkan berat kering sebagai penyusun lapisan *impermeable*. Variasi laju alir yaitu 250, 500, 1000, dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari. Parameter pencemar yang dianalisis meliputi BOD, COD, TSS, minyak/lemak, dan pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor MSL sangat efektif untuk menurunkan kandungan zat pencemar limbah cair industri minyak goreng. Reaktor dapat mereduksi konsentrasi parameter outlet sampai dibawah baku mutu yang distandarkan kecuali untuk parameter minyak/lemak pada perlakuan laju alir tinggi. Pada effluen didapatkan nilai BOD 0,66-14,22 mg/L, COD 5-69 mg/L, TSS 9-26 mg/L, dan minyak/lemak 2-9 mg/L. Laju alir berpengaruh terhadap efisiensi reduksi BOD, COD, TSS, dan minyak/lemak, tetapi tidak berpengaruh terhadap pH dimana semua perlakuan laju alir dapat menaikkan pH 6,37-6,95 menjadi pH 6,99-7,24. Makin rendah laju alir maka makin tinggi efisiensi reduksi. Efisiensi reduksi pada laju alir 250 dan 1500 L/m<sup>2</sup> hari untuk BOD adalah 99% dan 86%, COD 96% dan 71%, TSS 88% dan 77%, dan minyak/lemak 80% dan 60%.

**Kata kunci: Multi *Soil Layering* (MSL), laju alir, limbah industri minyak goreng**

### **ABSTRACT**

*This research was conducted by treating edible oil industry wastewater used Multi Soil Layering (MSL) method. The MSL reactor was built from a 200x120x200 cm concrete basin. Andisol soil was mixed with sawdust and fine charcoal at each ratio 5:1:1 based on dry weight as an impermeable layer. The flow rate variations were 250, 500, 1000, and 1500 L/m<sup>2</sup>.day. The observed pollutant parameters were BOD, COD, TSS, oil/fat, and pH. The results showed that MSL reactor was effective to decrease the pollutant content of edible oil industry wastewater. The reactor could reduce concentration of effluent parameters below standard except for oil/fat parameters at high flow rates. In the effluent was found BOD 0.66-14.22 mg/L, COD 5-69 mg/L, TSS 9-26 mg/L, and oil/fat 2-9 mg/L. The flow rate had an effect on reduction efficiency of BOD, COD, TSS, and oil/fat but did not effect pH as all flow rate could raise pH 6.37-6.95 became pH 6.99-7.24. The lower the flow rate the higher the reduction efficiency. The reduction efficiency at flow rates 250 and 1500 L/m<sup>2</sup> days for BOD were 99% and 86%, COD were 96% and 71%, TSS were 88% and 77%, and oil/fat were 80% and 60%.*

**Keywords: Multi *Soil Layering* (MSL), flow rate, edible oil industry wastewater**

## PENDAHULUAN

Air limbah industri merupakan residu atau produk samping proses produksi industri yang dibuang ke lingkungan dan berpotensi mencemari lingkungannya. Permasalahan air limbah industri ini semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah industri.

Permasalahan ini telah menjadi perhatian penting, tidak terkecuali di Indonesia dan Sumatera Barat khususnya, karena banyak industri di Sumatera Barat yang belum bahkan tidak mematuhi aturan pengelolaan air limbah. Pada umumnya industri tersebut hanya langsung dibuang ke badan perairan/sungai tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga dapat menurunkan kualitas air sungai tersebut.

Indikasi pencemaran badan air sungai akibat aktifitas industri sudah terdeteksi. Diantaranya adalah data reduksi kualitas air sungai Batang Arau di Kota Padang dari daerah hulu, yang belum ada industri, sampai daerah tengah dan hilir yang merupakan daerah industri. Dari data tersebut dilaporkan terjadi peningkatan BOD dari 0,95 mg/L menjadi 4,02 mg/L dan 7,86 mg/L. Peningkatan COD dari 1,85 mg/L menjadi 22,13 mg/L dan 39,61 mg/L. TSS meningkat dari 99,5 mg/L menjadi 78,3 mg/L dan 126,3 mg/L, dan minyak/lemak dari tidak terdeteksi (tt) menjadi 0,5 mg/L dan 1,1 mg/L (Bapedalda, 2003).

Peningkatan konsentrasi BOD, COD, TSS dan minyak/lemak tersebut terus berlangsung sejalan dengan waktu dan keadaan alam seperti terjadinya gempa bumi. Telah dilaporkan bahwa terjadi peningkatan nilai BOD, COD, dan TSS dari tahun 2008 dan 2009 (sebelum terjadi gempa) sampai Januari 2010 (setelah terjadi gempa dengan skala 7,3 di Padang Sumatera Barat). Didapatkan berturut-turut pada tahun 2008, 2009, dan 2010 nilai parameter BOD adalah 0,25-1,63, 2,04-7,56, 0,56-19,29, COD 4-12, 9-32, dan 3-31, TSS 25-63, 6-27, dan 25-97 (Salmariza et al., 2010).

Salah satu industri yang beraktifitas di bantaran Sungai Batang Arau adalah industri minyak goreng PT Incasi Raya Edible Oils. Industri ini merupakan satu-satunya industri *refinery* di Kota Padang

bahkan di Sumbar yang berlokasi di sekitar daerah aliran sungai Batang Arau. Namun, keberadaannya saat ini telah menimbulkan dampak yang negatif terhadap kualitas air Sungai Batang Arau, karena air limbah yang dikeluarkannya melewati ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Dari data selama pemantauan didapatkan BOD 12,12–158,43 mg/L, COD 46–365 mg/L, TSS 9–580, dan minyak/lemak 4–67 mg/L. Hal ini terjadi karena air limbahnya hanya diolah dengan 2 bak penangkap lemak saja. Disamping itu pengoperasiannya tidak dengan pengawasan yang kontinyu (Salmariza and Sofyan, 2011).

Berdasarkan hal tersebut Bapedalda Kota Padang mengharuskan supaya pihak perusahaan membuat unit pengolahan air limbah yang dapat mengolah air limbahnya sehingga dapat memenuhi standar baku mutu.

Banyak alternatif pengolahan air limbah yang dapat diterapkan. Mulai dari proses fisika, kimia, dan biologi seperti penyaringan, sedimentasi, desinfeksi, klorinasi, pertumbuhan lekat secara anareobik atau aerobik, kontaktor berputar secara biologi, metoda lumpur aktif dan lain-lain. Namun pada umumnya unit proses tersebut membutuhkan biaya relatif tinggi. Salah satu proses alternatif pengolahan air limbah yang berbiaya rendah adalah pengolahan secara alami dengan menggunakan tanah.

Tanah merupakan sistem biologis, fisika dan kimia raksasa yang telah digunakan untuk pendaur dan pengolah limbah sejak dahulu. Saat ini peranan tanah untuk pengolahan limbah cair mendapat perhatian yang tinggi (Masunaga et al., 2007). Pemanfaatan tanah sebagai media pemurni dan penyisih parameter pencemaran limbah cair telah lama digunakan untuk pengolahan limbah cair domestik setempat (*on site system*) (Garcia et al., 2013) seperti sistem tangki septik (Moussavi et al., 2010), *lands treatment/natural treatments* (Matamoros and Bayona, 2013). seperti *slow rate infiltration* (Akhavan et al., 2013), *overland flow* (Guo, 2006) dan lain-lain.

Aplikasi pemanfaatan tanah sebagai metoda pengolahan limbah cair secara konvensional tersebut memiliki keterba-

atasan yaitu: penyumbatan (*clogging*), konduktivitas terbatas, distribusi limbah cair tidak merata dan tidak efektif dalam proses nitrifikasi/denitrifikasi (Masunaga et al., 2007). Berdasarkan hal tersebut telah dikembangkan suatu sistem pengolahan air limbah yang menggabungkan kinerja tangki septik dan pertumbuhan lekat. Metoda tersebut lebih dikenal dengan sistem *Multi Soil Layering* (MSL). Metoda MSL diharapkan mampu mengatasi permasalahan tersebut (An et al., 2016; Masunaga et al., 2007; Wakatsuki et al., 1993; Yidong et al., 2012).

Metoda MSL adalah salah satu metoda pengolahan air limbah yang memanfaatkan tanah sebagai media utama dengan cara mempertinggi fungsinya melalui struktur, yang dibentuk dalam sebuah konstruksi berupa lapisan campuran tanah dengan material organik, karbon dan material lainnya seperti serbuk besi dengan lapisan batuan (zeolit, perlit, dan kerikil atau tergantung pada jenis batuan yang tersedia) dalam bentuk susunan batu bata (An et al., 2016; Chen et al., 2007; Masunaga et al., 2007; Wakatsuki et al., 1993)

Secara prinsipil metoda MSL terdiri atas dua zona pengolahan utama yaitu zona aerob dan anaerob. Zona aerob terdapat pada lapisan zeolit (batuan) dan ruang antara lapisan zeolit dan blok campuran tanah. Zona anaerob terdapat pada lapisan campuran tanah. Proses pengolahan limbah cair dalam MSL terdiri atas dekomposisi, fiksasi, nitrifikasi, denitrifikasi, filtrasi, adsorpsi, dan absorpsi (An et al., 2016; Chen et al., 2007; Wakatsuki et al., 1993).

Menurut (Chen et al., 2007; Sato et al., 2005; Wakatsuki et al., 1993), proses dekomposisi material organik, fiksasi fosfat, nitrifikasi, dan denitrifikasi terdapat pada zona aerob dan zona anaerob. Filtrasi terjadi pada saat limbah cair masuk ke lapisan sistem MSL. Proses adsorpsi terjadi di lapisan permukaan campuran tanah pada zona aerob, dan proses absorpsi terdapat pada zona anaerob di lapisan campuran tanah. Material organik limbah cair diadsorpsi dalam lapisan atas campuran tanah dan arang serta permukaan zeolit. Mikroorganisme di dalam tanah dan di dalam biofilm yang terbentuk

pada zeolit mendekomposisi material organik teradsorpsi dan terabsorpsi tersebut.

Sistem MSL membutuhkan sedikit biaya, mudah secara teknis dan pemeliharaan, walaupun membutuhkan lahan yang lebih luas daripada sistem pengolahan limbah lainnya seperti sistem *activated sludge*. Masa pakai partikel reaktor MSL untuk proses denitrifikasi  $\pm 12,8$  tahun, tergantung kualitas limbah cair, jenis dan kandungan material organik, temperatur dan sistem pengelolaan (Masunaga et al., 2007; Wakatsuki et al., 1993). Kelebihan metoda ini tidak hanya dapat membersihkan air limbah, tapi juga dapat menghasilkan tanah yang subur setelah proses pengolahan limbah yang dapat didaur ulang untuk tanah pertanian yang mampu meningkatkan kesuburan tanah setelah efisiensi penjernihan selesai.

Keefektifan metoda MSL untuk pengolahan limbah cair domestik di beberapa negara, seperti Jepang, Thailand, Indonesia, Taipei, dan Maroko telah banyak dilaporkan. Di Jepang, Thailand, Taipei dan Maroko, metoda ini dilaporkan untuk mengolah limbah cair rumah tangga/domestik, toilet, dan kafeteria serta mengolah air sungai yang tercemar dengan efisiensi reduksi rata-rata 70–98% (Boonsook et al., 2003; Ho and Wang, 2015; Lamzouri et al., 2016; Masunaga et al., 2007, 2003; Wakatsuki et al., 1993; Zhang et al., 2015).

Sementara itu di Indonesia, metoda MSL dilaporkan untuk pengolahan limbah cair industri *crumb rubber* (karet), kelapa sawit, industri tahu, industri makanan, minyak goreng dan limbah domestik dengan efisiensi penyisihan rata-rata 70–99% (Salmariza, 2008; Salmariza and Sofyan, 2011; Salmariza et al., 2002a, 2002b; Sofyan; et al., 2009).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa metoda MSL cukup efektif digunakan dalam mengolah limbah cair domestik, air sungai tercemar dan limbah cair industri. Penelitian penggunaan metoda MSL untuk air limbah industri minyak goreng telah dilaporkan (Salmariza and Sofyan, 2011), namun untuk membahas perlakuan laju alir belum pernah dilaporkan. Tulisan ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi

laju alir terhadap parameter pencemar BOD, COD, TSS, minyak/lemak dan pH dalam air limbah industri minyak goreng yang diolah dengan metoda *Multi Soil Layering* (MSL).

## METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah industri minyak goreng, tanah andisol, arang halus dari batok kelapa, kerikil kasar dan halus, dan serbuk gergaji, bahan bangunan, serta bahan kimia untuk analisis.

Alat-alat yang digunakan adalah 1 buah bak sedimentasi, 1 set reaktor MSL, 1 buah bak kontrol, pompa, ayakan kawat, sarung tangan, keranjang, cangkul dan sekop untuk proses penginstalan dan konstruksi serta alat-alat gelas dan alat laboratorium lainnya untuk analisis. Penelitian dilakukan pada industri minyak goreng PT. Incasi Raya Kecamatan Lubuk Begalung Padang dan di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Padang.

### Prosedur Kerja

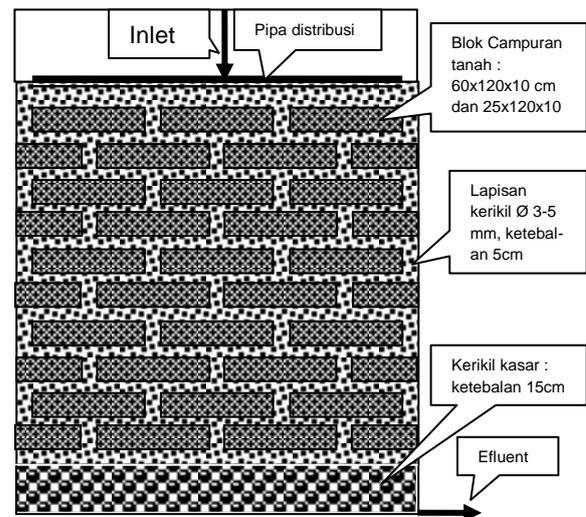
#### Struktur dan komponen reaktor MSL

Gambar 1 memperlihatkan deskripsi struktur MSL yang dibangun dan digunakan dalam penelitian secara detail. Blok campuran tanah sebagai lapisan *impermeable*, disusun dalam bak MSL dalam bentuk susunan batu bata. Komponen blok campuran tanah terdiri dari tanah andisol, serbuk gergaji dan arang batok halus dengan perbandingan 5:1:1 berdasarkan berat kering dengan dimensi 60x120x10 cm dan 25x120x10 cm. Kerikil dengan diameter 3-5 mm sebagai lapisan *permeable* dengan ketebalan 5 cm mengisi ruang di antara blok campuran tanah tersebut.

#### Kualitas Air Limbah dan Kondisi Pengoperasian

Air limbah industri minyak goreng yang digunakan adalah air yang keluar dari bak sedimentasi. Air limbah dialirkan dengan 4 variasi laju alir 250, 500, 1000, dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari yang dimulai dari laju alir terendah. Pengujian *steady state* reaktor

dilakukan sebelum perlakuan laju alir dengan pengaliran air bersih dan air limbah dengan laju alir 250 L/m<sup>2</sup>.hari.



Sumber: (Salmariza and Sofyan, 2011)

Gambar 1. Deskripsi struktur reaktor MSL (P200xL120xT200) cm yang digunakan

### Sampling dan Analisis Sampel

Masing-masing perlakuan laju alir di ambil sampel (inlet dan outlet) sebanyak 3 kali dalam interval waktu setiap 10 hari. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap parameter pH, BOD, COD, TSS, dan minyak/lemak secara berurutan dengan metoda Potensiometri (SNI 06-6989.11-2004), metoda Winkler (SNI 06-6989.57-2008), metoda Kolorimetri, *closed reflux* (SNI 06-6989.30-2005), metoda Gravimetri kertas filter *microfiber Whatman glass* No. 42 (SNI 06-2413-1991) dan metoda ekstraksi menggunakan pelarut petroleum benzen (SNI 06-2502-1991). Disamping itu juga dicatat data fisik seperti warna dan bau pada inlet dan outlet. Semua data dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Karakteristik Air Limbah Industri Minyak Goreng

Dari hasil analisis didapatkan bahwa secara fisik air limbah industri minyak goreng terlihat keruh, berwarna agak putih kecoklatan dengan lapisan minyak di bagian permukaannya. Hal ini kemungki-

nan disebabkan oleh air cucian lantai pabrik yang mengandung abu hasil pembakaran cangkang, yang ditaburkan pada lantai untuk mencegah lantai pabrik licin akibat adanya minyak yang tercecer. Secara kimia, hasil analisis laboratorium

dan perbandingan antara nilai dan konsentrasi limbah cair industri minyak goreng dengan baku mutu limbah cair industri minyak nabati dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis kimia air limbah industri minyak goreng

No	Para meter	Satuan	Hasil Analisa	Baku Mutu *)
1	pH	-	5,95-6,50	6-9
2	BOD	mg/L	146,87-413,74	75
3	COD	mg/L	242-751	150
4	TSS	mg/L	84-580	60
5	Minyak /Lemak	mg/L	58-67	5

Sumber: Data penelitian sendiri

\*) Per Men LH No. 5 Tahun 2014

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa karakteristik air limbah industri minyak goreng bersifat agak asam. Disamping mengandung banyak zat organik juga mengandung minyak/lemak yang tinggi, dimana nilai dan konsentrasi rata-rata parameter pencemarnya tersebut telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Hal ini diperkirakan karena bahan baku serta bahan yang diolah itu sendiri merupakan minyak *Crude Palm Oil* (CPO) dari tumbuhan dengan kadar minyak dan zat organik yang tinggi sehingga dengan adanya *losses* minyak/kebocoran/tercecernya minyak sedikit saja pada saat proses produksi dan pengambilan contoh uji mutu, akan menyebabkan tingginya konsentrasi pencemar tersebut di dalam efluen pabrik.

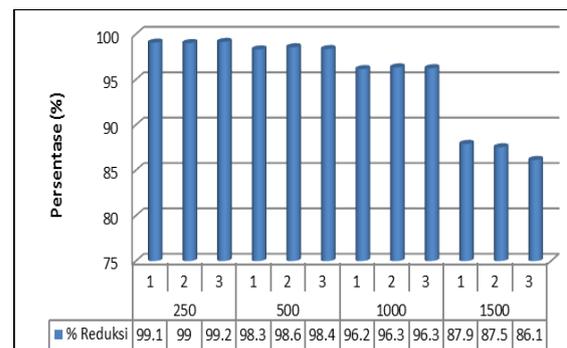
### Efisiensi Reduksi BOD

Efisiensi reduksi BOD air limbah industri minyak goreng yang diolah dengan reaktor MSL dengan 4 variasi laju alir dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan nilai BOD inlet dan outlet serta nilai baku mutunya dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa efisiensi reduksi BOD dipengaruhi oleh perbedaan laju alir yang diberikan. Dimana semakin tinggi laju alir, maka makin rendah efisiensi reduksi. Pada laju alir 250 L/m<sup>2</sup>.hari didapatkan efisiensi reduksi BOD yang tertinggi yaitu sebesar 99%. Efisiensi reduksi BOD mulai menurun pada laju alir 500 dan 1000 L/m<sup>2</sup>.hari yaitu 98 dan 96%. Efisiensi reduksi BOD

terendah didapatkan pada laju alir 1500 L/m<sup>2</sup>.hari yaitu 86-87%, meskipun demikian, nilai BOD outletnya masih berada di bawah baku mutu (Gambar 3).

Secara keseluruhan efisiensi reduksi BOD lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan metoda MSL dengan laju alir yang sama dimana (Khaoula et al., 2017; Lamzouri et al., 2016) mendapatkan efisiensi reduksi BOD berturut-turut adalah 86%, 83%, dan 78% untuk perlakuan laju alir 250, 500, dan 1000 L/m<sup>2</sup>.hari.

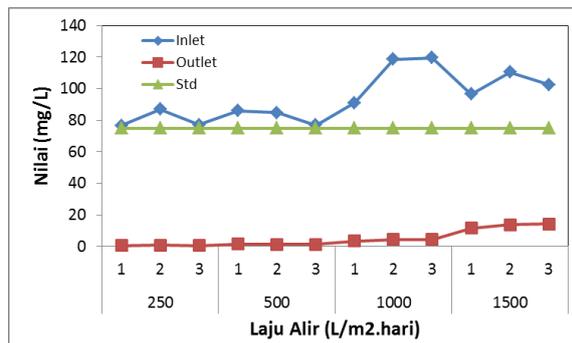


Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 2. Efisiensi reduksi BOD air limbah industri minyak goreng pada reaktor MSL dengan 4 variasi laju alir

Jika dibandingkan dengan penelitian lainnya seperti limbah industri karet yang memberikan efisiensi reduksi BOD 81,5% (Salmariza et al., 2002a), untuk limbah domestik 70-86% (Wakatsuki et al., 1993), untuk air sungai yang tercemar 72-83% (Masunaga et al., 2003).

Semakin tingginya efisiensi reduksi BOD dengan berkurangnya laju alir, terjadi karena dengan semakin rendahnya laju alir maka waktu tinggal air limbah juga lebih lama dalam reaktor. Hal ini menyebabkan laju dekomposisi oleh mikroorganisme pada lapisan campuran tanah dan kerikil akan berlangsung secara perlahan dan berjalan lebih sempurna. Sebaliknya pada laju alir yang tinggi, waktu kontak menjadi lebih singkat sehingga mengurangi laju dekomposisi zat organik dalam air limbah tersebut. Sesuai (Tchobanoglous et al., 1991) yang menyatakan bahwa laju alir sangat berpengaruh dalam pengolahan limbah cair terutama terhadap laju dekomposisi.



Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 3. Nilai BOD inlet dan outlet air limbah industri minyak goreng pada reaktor MSL dengan 4 variasi laju alir serta standar baku mutunya

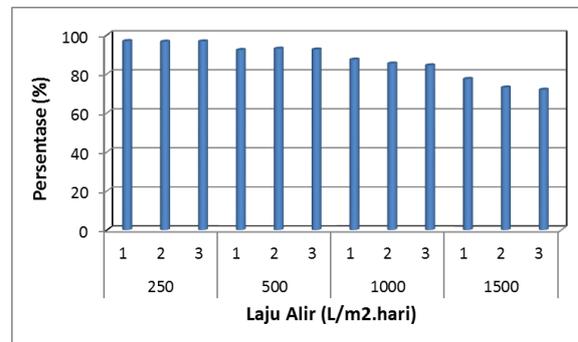
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai BOD inlet masih di atas baku mutu, walaupun telah melewati proses fisika dalam bak sedimentasi. Setelah dialirkan ke dalam reaktor MSL, nilai BOD turun dan jauh di bawah baku mutu yang ditentukan. Pengaruh laju alir berbanding lurus dengan nilai BOD. Semakin tinggi laju alir, semakin tinggi nilai BOD. Nilai BOD outlet pada laju alir 250, 500, 1000, dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari berturut-turut 0,66-0,85; 1,22-1,45; 3,50-4,48 dan 11,68-14,22 mg/L. Nilai BOD air limbah industri minyak goreng yang termasuk golongan minyak nabati tidak boleh lebih dari 75 mg/L (KLH, 2014).

Selain laju alir, tingkat beban organik juga berpengaruh terhadap laju dekomposisi parameter organik dalam air limbah, dimana laju dekomposisi tersebut berbanding terbalik dengan beban organik

dan laju alir yang diberikan (Tchobanoglous et al., 1991).

### Efisiensi Reduksi COD

Seperti halnya efisiensi reduksi BOD, efisiensi reduksi COD juga menunjukkan fenomena yang sama, bahwa semakin tinggi laju alir maka semakin menurun persentase reduksi COD. Sesuai An et al (2016) bahwa peningkatan HLR (*Hydraulic Loading Rate*) kemungkinan menyebabkan menurunnya waktu kontak dalam sistem MSL, yang akhirnya mengakibatkan penurunan persentase *removal*. Walaupun demikian, nilai COD yang didapatkan masih di bawah baku mutu yang ditentukan meskipun pada perlakuan laju alir tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor masih mampu mengolah air limbah industri minyak goreng dengan laju alir yang lebih tinggi. Efisiensi reduksi COD dan nilai COD tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



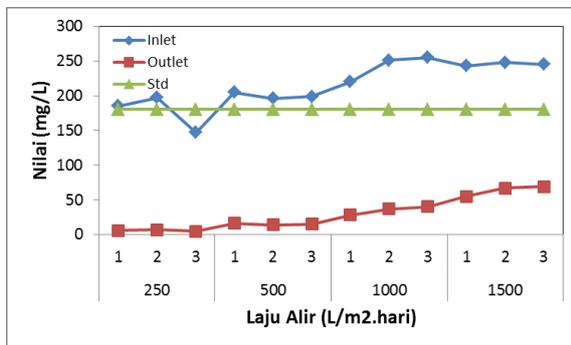
Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 4. Efisiensi reduksi COD air limbah industri minyak goreng pada MSL dengan 4 variasi laju alir

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa rata-rata efisiensi reduksi COD pada laju alir 250, 500, 1000, 1500 L/m<sup>2</sup>.hari masing-masing 96,6%, 92,5%, 85,6%, dan 74,1%. Sama halnya dengan BOD, efisiensi reduksi COD yang didapatkan juga lebih tinggi jika dibandingkan (Lamzouri et al., 2016) yang melaporkan efisiensi reduksi COD berturut-turut adalah 82%, 77%, dan 71% untuk perlakuan laju alir 250, 500, dan 1000 L/m<sup>2</sup>.hari. Begitu juga (Ho and Wang, 2015) melaporkan efisiensi reduksi COD berturut-turut adalah 76,9%, 65,2%, dan 49,4% untuk perlakuan laju alir 500,

1000, dan 2000 L/m<sup>2</sup>.hari. Namun hal ini hampir sama dengan hasil yang didapatkan pada penelitian MSL sebelumnya yaitu berkisar antara 69,8-95,8% (Masunaga et al., 2003; Salmariza et al., 2002b; Wakatsuki et al., 1993).

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai COD inlet ada yang telah di bawah nilai baku mutu setelah melalui pengolahan secara fisika pada bak sedimentasi. Walaupun pada umumnya nilai COD inlet berada di atas baku mutu setelah melalui pengolahan dengan reaktor MSL tetap dapat memenuhi baku mutu. Nilai COD outlet dengan laju alir 250, 500, 1000, dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari berturut-turut adalah 5-7 mg/L, 14-16 mg/L, 28-40 mg/L dan 55-69 mg/L. Nilai COD air limbah industri minyak goreng yang termasuk golongan minyak nabati tidak boleh lebih dari 150 mg/L (KLH, 2014).



Sumber: Data penelitian sendiri

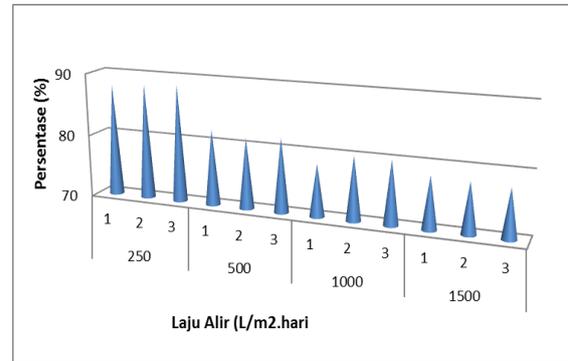
Gambar 5. Nilai COD pada inlet dan outlet air limbah industri minyak goreng pada 4 variasi laju alir dan standard baku mutunya

### Efisiensi Reduksi TSS

Efisiensi reduksi TSS air limbah industri minyak goreng pada reaktor MSL dengan 4 variasi laju alir dapat dilihat pada Gambar 6, Sedangkan konsentrasi TSS inlet dan outlet serta nilai baku mutunya dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa sama dengan BOD dan COD, pengaruh laju alir berbanding terbalik dengan efisiensi reduksi TSS. Semakin tinggi laju alir, semakin rendah efisiensi reduksi TSS. Namun efisiensi reduksi TSS lebih rendah dari efisiensi reduksi BOD dan COD, dimana efisiensi reduksi BOD adalah 86-99% dan COD 71-96%, sedangkan TSS

hanya 77-88%. Hal ini hampir sama jika dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan dengan metoda MSL sebelumnya, dimana untuk limbah industri karet memberikan efisiensi reduksi TSS 77,4% (Salmariza et al., 2002b), limbah domestik 90,6 % (Wakatsuki et al., 1993), air sungai 72-84% (Masunaga et al., 2003).



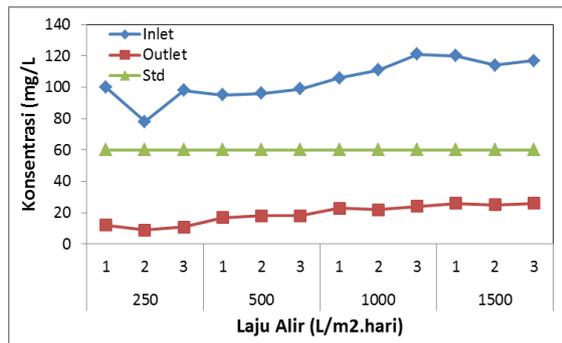
Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 6. Efisiensi reduksi TSS air limbah industri minyak goreng pada reaktor MSL dengan 4 variasi laju alir

Lebih rendahnya efisiensi reduksi TSS dari efisiensi reduksi BOD dan COD dalam reaktor MSL, kemungkinan akibat proses filtrasi dalam reaktor tidak berjalan dengan sempurna, dimana dengan semakin tinggi laju alir mengakibatkan zat tersuspensi tidak semuanya tersaring dan lolos bersama aliran ke outlet. Sesuai (Ho and Wang, 2015) bahwa tingkat removal SS meningkat saat HLR menurun. Hal ini terjadi karena SS lebih efektif disaring oleh sistem MSL pada saat air limbah mengalir perlahan melalui strukturnya. Walaupun demikian, konsentrasi TSS dalam outlet masih dapat memenuhi baku mutu.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa bahwa konsentrasi TSS inlet masih diatas baku mutu, walaupun telah melewati proses fisika dalam bak sedimentasi. Namun setelah dialirkan ke dalam reaktor MSL, konsentrasinya turun dan jauh di bawah baku mutu yang ditentukan. Pengaruh laju alir berbanding lurus dengan konsentrasi TSS. Semakin tinggi laju alir, semakin tinggi konsentrasi TSS. Konsentrasi TSS outlet pada laju alir 250, 500, 1000, dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari berturut-turut adalah 9-12 mg/L, 17-18 mg/L, 22-24 mg/L, dan 25-26 mg/L. Konsentrasi TSS

air limbah industri minyak goreng yang termasuk golongan minyak nabati tidak boleh lebih dari 60 mg/L (KLH, 2014).

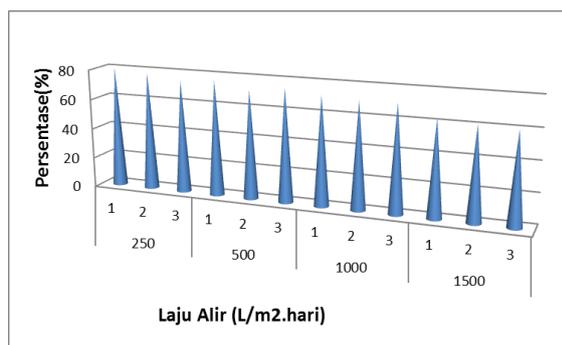


Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 7 Konsentrasi TSS pada inlet dan pada outlet air limbah industri minyak goreng pada 4 variasi laju alir dan standar baku mutunya.

### Efisiensi Reduksi Minyak/lemak

Efisiensi reduksi minyak/lemak air limbah industri minyak goreng pada bak sedimentasi dan MSL dengan 4 variasi laju alir dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan konsentrasi minyak/lemak inlet dan outlet serta nilai baku mutunya dapat dilihat pada Gambar 9.



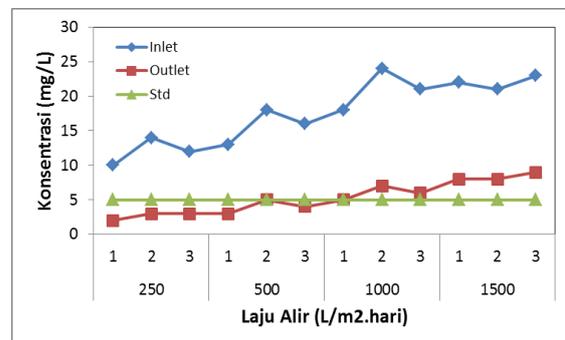
Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 8. Efisiensi reduksi minyak/lemak air limbah industri minyak goreng pada reaktor MSL dengan 4 variasi laju alir

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa sama halnya dengan BOD, COD, dan TSS, pengaruh laju alir berbanding terbalik dengan efisiensi reduksi minyak/lemak. Semakin tinggi laju alir, semakin rendah efisiensi reduksi minyak/lemak dan efisiensi reduksinya merupakan yang terendah dari parameter pencemar lainnya. Hal itu dapat dilihat pada Gambar 8. Rata-

rata efisiensi reduksi minyak/lemak pada laju alir 250, 500, 1000, dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari berturut-turut 77,8%, 74,7%, 71,5%, dan 61,1%. Efisiensi reduksi dengan laju alir 250 dan 500 L/m<sup>2</sup>.hari lebih tinggi dan efisiensi reduksi dengan laju alir 1000 dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari lebih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi reduksi dengan air limbah industri sawit. Metoda MSL mampu mereduksi 72% minyak/lemak dalam air limbah industri sawit (Salmariza et al., 2002b).

Lebih rendahnya efisiensi reduksi minyak/lemak dari efisiensi reduksi BOD, COD, dan TSS dalam reaktor MSL kemungkinan akibat proses filtrasi dalam reaktor tidak berjalan dengan sempurna, dimana dengan semakin tingginya laju alir mengakibatkan minyak/lemak tidak semuanya tersaring dan lolos bersama aliran ke outlet. Hal ini menyebabkan konsentrasi minyak/lemak dalam outlet pada laju alir rendah (250 dan 500 L/m<sup>2</sup>.hari) saja yang dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Sedangkan pada laju alir yang tinggi (1000 dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari) belum dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Sesuai dengan (KLH, 2014) yang menyatakan bahwa konsentrasi minyak/lemak air limbah industri minyak goreng yang termasuk golongan minyak nabati tidak boleh lebih dari 5 mg/L.



Sumber: Data penelitian sendiri

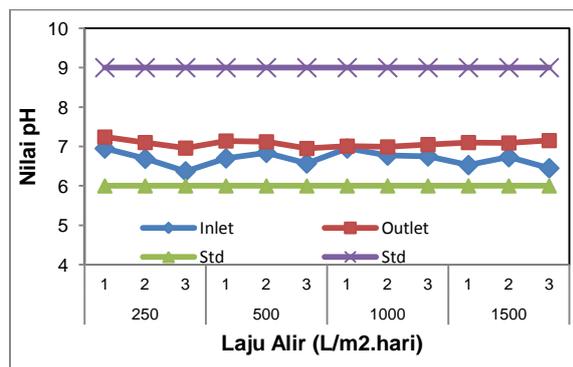
Gambar 9. Konsentrasi minyak/lemak pada inlet dan outlet air limbah industri minyak goreng pada 4 variasi laju alir dan standar baku mutunya

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa konsentrasi minyak/lemak outlet MSL pada laju alir 250, 500 L/m<sup>2</sup>.hari didapatkan 2-3 mg/L, 3-5 mg/L sedangkan pada laju alir

1000 dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari didapatkan 5-7 mg/L dan 8-9 mg/L.

### Perubahan Nilai pH

Hasil analisis pH dengan variasi laju alir dapat dilihat pada Gambar 10. Laju alir yang diberikan tidak berpengaruh terhadap pH outlet MSL, dimana variasi laju alir tetap dapat memberikan pH netral. pH efluen pabrik hampir sama dengan pH inlet MSL yaitu berkisar antara 6,36-6,97 dan 6,37-6,95. Sedangkan pH outlet MSL terjadi sedikit peningkatan menjadi antara 6,99-7,24. Akan tetapi semuanya masih dalam range pH baku mutu yang diizinkan (6-9).



Sumber: Data penelitian sendiri

Gambar 10. Nilai pH inlet pabrik, inlet dan outlet air limbah industri minyak goreng pada 4 variasi laju alir dan nilai baku mutunya.

Perubahan pH dari 6,37-6,95 menjadi 6,99-7,24 disebabkan adanya lapisan tanah pada reaktor MSL. Tanah mempunyai kemampuan penetralan (*buffering capacity*) yang tinggi terhadap perubahan-perubahan kondisi kimia dan fisika akibat aktifitas mikroorganisme dan reaksi fisik yang ditimbulkan saat terjadinya mekanisme pengolahan limbah cair dalam sistem MSL (Masunaga et al., 2003).

Selanjutnya (Susanto, 2005) menyatakan bahwa tanah dapat menetralkan pH karena adanya kemampuan tanah untuk menahan kation-kation basa seperti, Ca<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> dan kation asam seperti H<sup>+</sup> dan Al<sup>3+</sup>, sehingga jika tanah dalam kondisi asam maka akan terjadi pertukaran kation asam dengan kation basa dan sebaliknya. Adanya

pertukaran tersebut, dapat menyebabkan terjadinya perubahan pH, baik perubahan pH yang disebabkan oleh tanah itu sendiri, seperti terjadinya pelapukan maupun terjadinya perubahan pH tanah yang disebabkan oleh adanya zat lain yang terdapat atau melewati tanah dan menyebabkan terjadinya perubahan pH.

### KESIMPULAN

Reaktor MSL (*Multi Soil Layering*) sangat efektif untuk mereduksi BOD, COD, TSS, dan minyak/lemak dalam limbah cair industri minyak goreng, dimana dapat memberikan efisiensi reduksi yang tinggi dan nilai serta konsentrasi outlet di bawah baku mutu Permen-LH nomor 5 tahun 2014 untuk parameter BOD, COD, dan TSS kecuali untuk parameter minyak/lemak pada laju alir tinggi. Efisiensi reduksi BOD, COD, TSS, dan minyak/lemak sangat dipengaruhi oleh laju alir dimana laju alir berbanding terbalik dengan efisiensi reduksi. Makin rendah laju alir maka makin tinggi efisiensi reduksi. Efisiensi reduksi pada laju alir 250 dan 1500 L/m<sup>2</sup>.hari untuk BOD adalah 99% dan 86%, COD 96% dan 71%, TSS 88% dan 77%, dan minyak/lemak 80% dan 60% dengan nilai BOD 0,66-14,22 mg/L dan COD 5-69 mg/L serta konsentrasi TSS 9-26 mg/L dan minyak/lemak 2-9 mg/L. Perlakuan laju alir tidak berpengaruh terhadap pH dimana semua variasi dapat meningkatkan pH 6,37-6,95 menjadi 6,99-7,24.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Bapak Fery sebagai Kepala Pabrik PT Incasi Raya Edible Oil yang telah mendanai kegiatan ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Akhavan, M., Imhoff, P.T., Andres, A.S., Finsterle, S., 2013. Model evaluation of denitrification under rapid infiltration basin systems. *J. Contam. Hydrol.* 152, 18–34. doi:10.1016/j.jconhyd.2013.05.007
- An, C.J., McBean, E., Huang, G.H., Yao,

- Y., Zhang, P., Chen, X.J., Li, Y.P., 2016. Multi-soil-layering systems for wastewater treatment in small and remote communities. *J. Environ. Informatics* 27, 131–144. doi:10.3808/jei.201500328
- Bapedalda, 2003. Program kali bersih Batang Arau (analisa kualitas air Batang Arau). Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Kota Padang, Padang.
- Boonsook, P., Luanmanee, S., Attanandana, T., Kamidouzono, A., Masunaga, T., Wakatsuki, T., 2003. A comparative study of permeable layer materials and aeration regime on efficiency of multi-soil-layering system for domestic wastewater treatment in Thailand. *Soil Sci. Plant Nutr.* 49, 873–882. doi:10.1080/00380768.2003.10410350
- Chen, X., Luo, A.C., Sato, K., Wakatsuki, T., Masunaga, T., 2009. An introduction of a multi-soil-layering system: a novel green technology for wastewater treatment in rural areas. *Water Environ. J.* 23, 255–262. doi:10.1111/j.1747-6593.2008.00143.x
- Chen, X., Sato, K., Wakatsuki, T., Masunaga, T., 2007. Effect of structural difference on wastewater treatment efficiency in multi-soil-layering systems: Relationship between soil mixture block size and removal efficiency of selected contaminants: Original article. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53, 206–214. doi:10.1111/j.1747-0765.2007.00126.x
- Garcia, S.N., Clubbs, R.L., Stanley, J.K., Scheffe, B., Yelderman, J.C., Brooks, B.W., 2013. Chemosphere Comparative analysis of effluent water quality from a municipal treatment plant and two on-site wastewater treatment systems. *Chemosphere* 92, 38–44. doi:10.1016/j.chemosphere.2013.03.007
- Guo, J.C.Y., 2006. Overland flow model for asphalt oil spills. *J. Environ. Manage.* 78, 102–105. doi:10.1016/j.jenvman.2005.05.018
- Ho, C.C., Wang, P.H., 2015. Efficiency of a multi-soil-layering system on wastewater treatment using environment-friendly filter materials. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 12, 3362–3380. doi:10.3390/ijerph120303362
- Khaoula, L., Mustapha, M., Tsugiyuki, M., Said, O., Houssine, B. El, Laila, M., 2017. Wastewater Treatment Plant Performance Inside Multi-Soil-Layering System. *Am. J. Appl. Sci.* 14, 53–59. doi:10.3844/AJASSP.2017.53.59
- KLH, 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Lamzouri, K., Mahi, M., Ouatar, S., Bartali, E., Masunaga, T., Latrach, L., Mandi, L., 2016. Application of Multi-soil-layering technique for wastewater treatment in Moroccan rural areas: Study of the operation process for an engineering design. *J. Mater. Environ. Sci.* 7, 579–585.
- Masunaga, T., Sato, K., Mori, J., Shirahama, M., Kudo, H., Wakatsuki, T., 2007. Characteristics of wastewater treatment using a multi-soil-layering system in relation to wastewater contamination levels and hydraulic loading rates. *Soil Sci. Plant Nutr.* 53, 215–223. doi:10.1111/j.1747-0765.2007.00128.x
- Masunaga, T., Sato, K., Zennami, T., Fujii, S., Wakatsuki, T., 2003. Direct Treatment Of Polluted River Water By The Multi-Soil-Layering Method. *J. Water Environ. Technol.* 1, 97–104. doi:10.2965/jwet.2003.97
- Matamoros, V., Bayona, J.M., 2013. Removal of pharmaceutical compounds from wastewater and surface water by natural treatments. *Compr. Anal. Chem.* 62, 409–437. doi:10.1016/B978-0-444-62657-8.00012-4

- Moussavi, G., Kazembeigi, F., Farzadkia, M., 2010. Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater. *Process Saf. Environ. Prot.* 88, 47–52. doi:10.1016/j.psep.2009.10.001
- Salmariza, S., 2008. Pengaruh Variasi Tingkat Beban Organik Dan Laju Alir Terhadap Efisiensi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Reaktor MSL. *Bul. BIPD* 16, 9–19.
- Salmariza, S., Sofyan, 2011. Aplikasi Metoda MSL (Multi Soil Layering) Untuk Mengolah Air Limbah Industri Edible Oil. *J. Ris. Ind.* V, 227–238.
- Salmariza, S., Sofyan, Anggraeni, Y., 2010. Pemantauan Kualitas Air Sungai Batang Arau Sebelum Dan Sesudah Gempa, in: *Prosiding Konferensi Nasional Penanggulangan Bencana Dan Kerusakan Lingkungan.* Universitas Andalas, Bung Hatta, UNP, Padang, pp. 107–113.
- Salmariza, Mulianti, Nilzam, Susanto, A., 2002a. Minimalisasi Pencemaran Industri Crumb Rubber dengan Metoda MSL (Multi Soil Layering. *Bul. BIPD* 10, 54–64.
- Salmariza, Susanto, A., Zein, R., Zuki, Z., Masunaga, T., Munaf, E., Wakatsuki, T., 2002b. Palm Oil Industry Wastewater Treatment Using Multi Soil Layering (MSL) System, in: *Asian Conference on Chemistry in Industry and Environment.* p. 46.
- Sato, K., Masunaga, T., Wakatsuki, T., 2005. Water movement characteristics in a multi-soil-layering system. *SOIL Sci. PLANT Nutr.* doi:10.1111/j.1747-0765.2005.tb00009.x
- Sofyan, Sy, S., Ardinal, 2009. Kombinasi Sistem Anaerobik Filter dan Multi Soil Layering (MSL) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil Menengah Makanan. *J. Ind. Res. (Jurnal Ris. Ind.* 3, 118–127.
- Susanto, R., 2005. *Dasar-dasar ilmu tanah; konsep dan kenyataan.* Kanisius, Yogyakarta.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L. (Franklin L., Metcalf & Eddy., 1991. *Wastewater engineering : treatment, disposal, and reuse,* 3th ed. McGraw-Hill., New York.
- Tzanakakis, V.E., Paranychianakis, N.V., Angelakis, A.N., 2007. Performance of slow rate systems for treatment of domestic wastewater. *Water Sci. Technol.* 55, 139–147. doi:10.2166/wst.2007.050
- Wakatsuki, T., Esumi, H., Omura, S., 1993. High Performance and N & P-Removable On-Site Domestic Waste Water Treatment System by Multi-Soil-Layering Method. *Water Sci. Technol.* 27, 31–40.
- Yidong, G., Xin, C., Shuai, Z., Ancheng, L., 2012. Performance of multi-soil-layering system (MSL) treating leachate from rural unsanitary landfills. *Sci. Total Environ.* 420, 183–90. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.12.057
- Zhang, Y., Cheng, Y., Yang, C., Luo, W., Zeng, G., Lu, L., 2015. Performance of system consisting of vertical flow trickling filter and horizontal flow multi-soil-layering reactor for treatment of rural wastewater. *Bioresour. Technol.* 193, 424–432. doi:10.1016/j.biortech.2015.06.140