

**APLIKASI METODA MSL (MULTI SOIL LAYERING)
UNTUK MENGOLAH AIR LIMBAH INDUSTRI EDIBLE OIL
APPLICATION OF MSL (MULTI SOIL LAYERING) METHOD
TO TREAT WASTEWATER OF EDIBLE OIL INDUSTRY**

Salmariza. Sy dan Sofyan
Baristand Industri Padang
rizasalma@yahoo.com

ABSTRAK

Aplikasi metoda *Multi Soil Layering* (MSL) untuk mengolah air limbah industri edible oil dilakukan dengan membuat bak sedimentasi berukuran 500x500x300cm dan reaktor MSL dari beton 200x120x160cm. Empat variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) 250, 500, 1000 dan 1500L/m².hr dilakukan untuk mendapatkan HLR maksimum. Parameter pencemar yang dianalisis meliputi BOD,COD,TSS, minyak/lemak dan pH. Hasil menunjukkan bahwa reaktor MSL sangat efektif untuk menurunkan kandungan zat pencemar limbah cair Industri *Edible Oil* sampai dibawah baku mutu. Efisiensi penyisihan BOD,COD,TSS dan minyak/lemak berturut-turut adalah 86-99%, 71-96%, 77-88% dan 60-80% dengan nilai BOD dan COD 0,66-14,22mg/L dan 5-69mg/L serta konsentrasi TSS dan minyak/lemak 9-26mg/L dan 2-9mg/L. Bak sedimentasi membantu menyisihkan hampir sebagian pencemar dengan efisiensi penyisihan BOD,COD,TSS dan minyak/lemak berturut-turut adalah 40-48%, 40-44%, 50-62% dan 46-60%. Aplikasi reaktor MSL pada industri edible oil berdampak positif dalam mengurangi dampak kumulatif pada Sungai Batang Arau karena satu titik sumber pencemarnya telah dapat diminimalisir. Selama 2 tahun aplikasi tidak terjadi penyumbatan pada reaktor.

Kata kunci: *Multi Soil Layering* (MSL), HLR, air limbah, industri *edible oil*, penyumbatan

ABSTRACT

Application of Multi Soil Layering (MSL) Method to treat edible oil industrial wastewater conducted by building sedimentation basin 500x500x300cm and concrete MSL reactor 200x120x160cm. Four variation of Hydraulic Loading Rate (HLR) 250, 500, 1000 and 1500L/m².hr done to get maximum HLR. Parameter analysed cover BOD,COD,TSS, oil/fat and pH. The result reveal that MSL very effective to remove contaminant parameters of edible Oil wastewater below standard quality. Removal efficiency were 86-99%, 71-96%, 77-88% and 60-80% with concentration 0,66-14,22mg/L and 5-69mg/L, 9-26mg/L and 2-9mg/L for BOD,COD,TSS and oil/fat respectively. Sedimentation basin assisted to remove some of contaminant concentration with removal efficiency of BOD,COD,TSS and oil/fat 40-48%, 40-44%, 50-62% and 46-60% respectively. Application of MSL reactor at edible oil industry affect positive in reducing cumulative impact at Arau river because one of its pollutant source have been minimalized. No clogging during 2 years application.

Keywords: *Multi Soil Layering* (MSL), HLR, *Edible oil* industry, wastewater, Clogging.

PENDAHULUAN

Indikasi pencemaran badan air sungai akibat aktifitas industri sudah terdeteksi. Diantaranya adalah data penurunan kualitas air Sungai Batang Arau di Kota Padang dari daerah hulu, yang belum ada industri, ke daerah tengah dan hilir yang merupakan daerah industri (Anonimous, 2003). Salah satu industri yang beraktifitas di bantaran Sungai Batang Arau adalah industri edible oil. Dimana dari data selama pemantauan didapatkan BOD 12,12–158,43mg/L, COD 46–365mg/L, TSS 9–580 dan minyak lemak 4–67 mg/L. Hal itu terjadi karena selama ini air limbahnya hanya diolah dengan 2 bak

penangkap lemak saja. Disamping itu pengoperasiannya tidak dengan pengawasan yang kontinyu.

Banyak alternatif pengolahan air limbah yang dapat diterapkan. Mulai dari proses fisika, kimia dan biologi, Namun pada umumnya unit proses tersebut membutuhkan biaya yang tinggi. Salah satu alternatif proses pengolahan air limbah yang berbiaya rendah adalah pengolahan limbah secara alami dengan menggunakan tanah.

Tanah merupakan sistem biologis, fisika dan kimia raksasa yang telah digunakan untuk pendaur dan pengolah limbah sejak dahulu. Peranan tanah tidak hanya sebagai media pertumbuhan tanaman tapi juga untuk tempat

pembuangan limbah dari hewan, manusia dan industri. Saat ini peranan tanah untuk pengolahan limbah cair mendapat perhatian yang tinggi (Tahir *et al.*, 1997). Aplikasi pemanfaatan tanah sebagai metoda pengolahan limbah cair secara konvensional memiliki keterbatasan yaitu penyumbatan (*clogging*), konduktivitas terbatas, distribusi limbah cair tidak merata dan tidak efektif dalam proses nitrifikasi/ denitrifikasi (Wakatsuki *et al.*, 1993). Rata-rata infiltrasi tanah berpasir (*sandy soils*) adalah 1,8-3,6 m/hr sedangkan tanah berliat (*clayey soils*) hanya 0,3-0,9 m/hr (Perkins, 1989). *Loading rate* untuk sistem pengolahan air dengan tanah secara tradisional adalah 10-40 L/m².hr (Perkins, 1989) dan 1-8 L untuk *slow rate treatment system* (Reed *et al.*, 1995), sedangkan dengan sistem *Multi Soil Layering* (MSL) mencapai 4 m³/m²/hr. (Masunaga *et al.*, 2001).

Metoda MSL (*Multi Soil Layering*) 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 (zeolite, zeolite perlite, perlite, dan kerikil atau tergantung pada jenis batuan yang tersedia) dalam bentuk susunan batu bata. Proses pengolahan limbah cair dalam MSL terdiri atas dekomposisi, fiksasi, nitrifikasi, denitrifikasi, filtrasi, adsorpsi, dan absorpsi (Luanmanee *et al.*, 2001).

Metoda MSL ini telah dicobakan untuk pengolahan limbah cair domestik di Jepang dan Thailand. Yaitu untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan rumah tangga dan institusi yang bersumber dari dapur, toilet, dan kafetaria serta mengolah air sungai yang tercemar dengan efisiensi penurunan rata-rata 70–98% (Wakatsuki *et al.*, 1993, 2001; Attanandana *et al.*, 2000; Boonsook *et al.*, 2003 Luanmanee *et al.*, 2001, 2002; Masunaga *et al.*, 2001, 2003). Sementara itu di Indonesia, metoda MSL diteliti dan diuji untuk pengolahan limbah cair industri kelapa sawit, *crumb rubber* (karet), tahu, keripik ubi

kayu dan limbah domestik dengan efisiensi penyisihan rata-rata 70–100% (Salmariza dkk., 2002 (a),(b), 2003 (a),(b), 2004, 2006).

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 (Wakatsuki *et al.*, 1993).

Penelitian ini bertujuan untuk melihat efisiensi metoda MSL untuk mengolah air limbah edible oil dalam skala aplikasi langsung di industri.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan

Bahan yang digunakan adalah air limbah Industri Edible Oils, tanah Andisol, arang halus dari batok kelapa, kerikil kasar dan halus dan serbuk gergaji, bahan bangunan, serta bahan kimia untuk analisis.

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah 1 bak sedimentasi, 1 set reaktor MSL, 1 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.

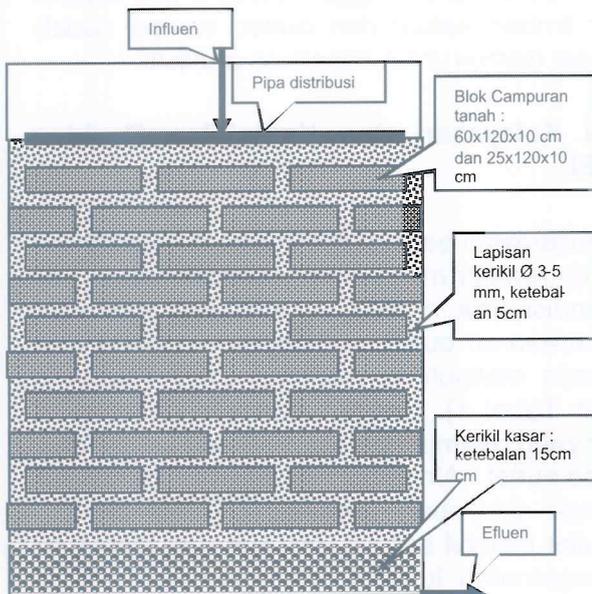
Uraian ringkas kegiatan adalah membangun 1 buah bak sedimentasi dari semen beton yang berukuran 500 x 500 x 300 cm dilengkapi dengan sekat tergantung yang membagi bak menjadi 2 bagian. Selanjutnya 1 reaktor MSL dari semen beton dengan ukuran 200 x 120 x 200 cm yang dilengkapi dengan asesoris dan salurannya serta 1 buah bak Kontrol 70 x 50 x 50 cm.

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 60x120x10cm dan 25x120x10cm. Kerikil dengan diameter 3-5mm sebagai lapisan *permeable* dengan ketebalan 5cm mengisi ruang diantara blok campuran tanah tersebut.

Kualitas air limbah dan kondisi pengoperasian

Air limbah industri edible oil yang digunakan adalah air yang keluar dari bak penangkap lemak. Air limbah dialirkan dengan variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) 250, 500, 1000 dan 1500 L/m².hr yang dimulai dari HLR terendah. Pengujian *steady state* reaktor dilakukan sebelum perlakuan HLR dengan mengalirkan air bersih dan air limbah yang diencerkan 2 kali dengan air suling dengan HLR 250 L/m².hr.



Gambar 1. Deskripsi Struktur Reaktor MSL (P200xL120xT200cm) yang digunakan untuk mengolah air limbah industri Edible Oil.

Sampling dan Analisis sampel

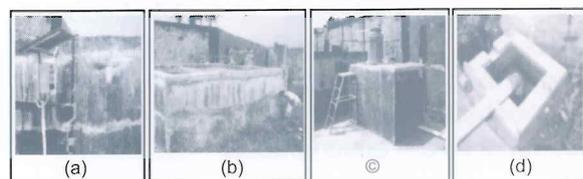
Masing-masing perlakuan HLR di ambil sampel (inlet dan outlet) sebanyak 3 kali dalam interval waktu setiap 10 hari. Bersamaan dengan itu juga diambil sampel efluen pabrik yaitu air limbah setelah bak penangkap lemak guna melihat efisiensi penurunan bak sedimentasi yang dibuat bersama dengan reaktor MSL. Karena efluen pabrik selama ini hanya diolah dengan bak penangkap lemak saja.

Selanjutnya dilakukan analisis terhadap parameter; pH dengan metoda Potensiometri (SNI 06-6989.11-2004), BOD, metoda Winkler (SNI 06-6989.57-2008), COD, metoda *Kolorimetri*, closed reflux (SNI 06-6989.30-2005), TSS, metoda *Gravimetri* kertas filter microfiber Whatman glass No. 42 (SNI 06-2413-1991) dan Minyak/Lemak dengan metoda Ekstraksi menggunakan pelarut petroleum benzen (SNI 06-2502-1991) Disamping itu juga dicatat data fisik seperti warna dan bau inlet dan outlet. Semua data dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

IPAL MSL

IPAL MSL untuk mengolah air limbah industri edible oil terdiri dari bak sedimentasi dengan 2 buah pompa untuk air masuk dan keluar, Reaktor MSL dengan tangki pengatur HLR dan pipa inlet dan outlet, dan Bak kontrol untuk penampung outlet MSL (Gambar 2).



Gambar 2. IPAL MSL untuk mengolah air limbah industri edible oil. (a)Pengatur Pompa bak sedimentasi, (b) bak sedimentasi, (c) Reaktor MSL, (d) Bak kontrol penampung outlet MSL

Analisis Karakteristik Air Limbah Industri Edible Oil

Tabel 1. Hasil analisis kimia air limbah industri edible oil dan baku mutunya

No	Parameter	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	180
4	TSS	mg/L	84-580	60
5	M/L	mg/L	58-67	15

*) KepMen LH No.51/KepMenLH /10/ 1995

Dari analisis secara fisika, air limbah industri edible oil terlihat keruh, berwarna agak putih kecoklatan dengan lapisan minyak dibagian permukaannya. Hal itu kemungkinan 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. Sedangkan secara kimia, hasil analisis laboratorium dan perbandingan antara nilai dan konsentrasi limbah cair industri edible oil dengan baku mutu limbah cair industri minyak nabati dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa karakteristik air limbah industri edible oil bersifat agak asam. Disamping mengandung banyak zat organik, juga mengandung minyak/ lemak (M/L) 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* dari tumbuhan dengan kadar minyak dan zat organik yang tinggi sehingga dengan adanya *losses* minyak/kebocoran/tercecernya minyak sedikit saja pada saat pengambilan contoh uji mutu, akan menyebabkan tingginya konsentrasi pencemar tersebut di dalam effluen pabrik.

Waktu Detensi Reaktor MSL

Hasil penentuan waktu detensi dilakukan dengan HLR 250 L/m².hr dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengamatan waktu detensi pada HLR 250 L/m².hr

Percobaan	Waktu detensi	Keterangan
1	7 jam 50 menit	Air ledeng
2	2 jam 10 menit	Air ledeng
3	2 jam 11 menit	Air ledeng
4	2 jam 12 menit	Air limbah pengenceran 2 x
5	2 jam 10 menit	Air limbah pengenceran 2 x
6	2 jam 12 menit	Air limbah pengenceran 2 x

Waktu detensi yang dijadikan sebagai acuan percobaan selanjutnya adalah waktu detensi percobaan 2-6, karena kondisi reaktor sudah sama, dimana rongga kosong dibawah pipa outlet sudah terisi. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa waktu detensi reaktor MSL baik dengan air ledeng/ kran atau dengan air limbah yang diencerkan 1x hampir sama yaitu \pm 2 jam. Selisih waktu tiap percobaan tidak begitu jauh berbeda. Sehingga minimal 2 jam setelah air limbah keluar dari outlet, sampel sudah dapat diambil untuk keperluan analisis.

Uji Kelayakan dan Kestabilan Reaktor MSL

Pengamatan pada uji kelayakan dan kestabilan kerja reaktor meliputi kondisi fisik dan kimia. Kondisi fisik meliputi warna dan bau dan keadaan air outlet, sedangkan kondisi kimia hanya meliputi konsentrasi COD (Tabel 3 dan Tabel 4). Pengamatan dilakukan pada air yang ditampung setelah 2 jam keluar dari pipa outlet. Air limbah tersebut dialirkan dari tangki air limbah dengan HLR 250 L/m².hr. Outlet diambil selama 6x1 jam dan dilakukan pengamatan kondisi fisik dan kimia.

Tabel 3. Hasil pengamatan kondisi fisik air limbah industri edible oil dan air yang telah diolah dengan metoda MSL

Percobaan	Kondisi Fisik		
	Warna	Bau	Lainnya
Inlet	Putih	Bau	Keruh,
1 jam ke 1	kecokl	minyak	berminyak
1 jam ke 2	atan	Tidak berbau	Bersih, tidak
1 jam ke 3	Bening	Tidak berbau	berminyak
1 jam ke 4	Bening	Tidak berbau	Bersih, tidak
1 jam ke 5	Bening	Tidak berbau	berminyak
1 jam ke 6	Bening	Tidak berbau	Bersih, tidak
	Bening	Tidak berbau	berminyak
	Bening		Bersih, tidak
			berminyak
			Bersih, tidak
			berminyak
			Bersih, tidak
			berminyak

Tabel 4. Hasil analisa COD air limbah industri edible oil dan air yang telah diolah dengan metoda MSL serta persentase reduksinya

Uraian	Nilai COD (mg/L)	Persentase Reduksi (%)
Inlet dengan pengenceran 2x	158	-
1 jam pertama	5	96,84
1 jam kedua	4	97,47
1 jam ketiga	6	96,20
1 jam keempat	5	96,84
1 jam kelima	5	96,84
1 jam keenam	6	96,20

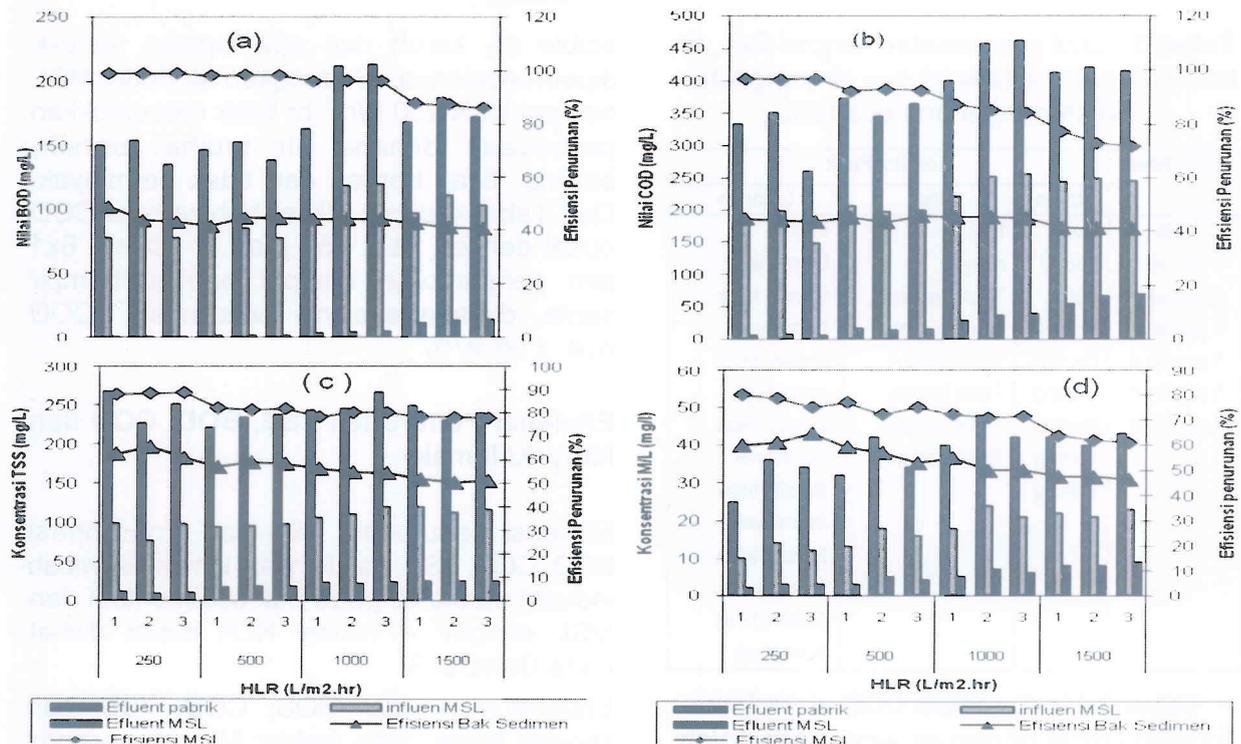
Pada Tabel 3, pengamatan secara fisik tampak bahwa air limbah industri edible oil berwarna kecoklatan dengan bau yang khas

edible oil, keruh dan ada lapisan minyak dipermukaannya. Sedangkan air outlet MSL dengan HLR 250 L/m².hr tidak menunjukkan perbedaan dimana air terlihat bersih, bening, tidak berbau dan tidak berminyak. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai COD outlet dengan HLR 250 L/m².hr dalam 6x1 jam pengambilan sampel bernilai hampir sama, dimana efisiensi penurunan COD nya ± 96-97%.

Efisiensi Penurunan TSS, BOD, COD dan Minyak/ lemak

Efisiensi penurunan, nilai dan Konsentrasi BOD, COD, TSS, dan Minyak/ lemak air limbah industri edible oil pada bak sedimentasi dan MSL dengan 4 variasi HLR dapat dilihat pada Gambar 3.

Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS, dan Minyak/ lemak pada reaktor MSL dipengaruhi oleh perbedaan HLR yang diberikan. Dimana semakin rendah HLR, maka makin tinggi efisiensi penurunan. Pada HLR 250 L/m².hr didapatkan efisiensi penurunan BOD, COD, TSS, dan Minyak/ lemak yang tertinggi, yaitu berturut-turut 99, 96, 88 dan 80%. Efisiensi penurunan tersebut mulai menurun pada HLR 500 dan 1000 L/m².hr dimana untuk BOD 98 dan 96%, COD 92 dan 85%, TSS 82 dan 79%, dan untuk Minyak/ Lemak 77 dan 72% sedangkan efisiensi penurunan terendah didapatkan pada HLR 1500 l/m².hr yaitu berturut-turut 86, 71, 77,dan 60%, untuk BOD,COD,TSS, dan Minyak/lemak.



Gambar 3. Efisiensi penurunan, nilai dan Konsentrasi (a) BOD, (b) COD, (c) TSS, dan (d) Minyak/Lemak pada Bak Sedimen dan MSL serta efluent pabrik, influen MSL dan efluent MSL dengan HLR 250,500,1000 dan 1500 L/m².hr.

Efisiensi penurunan BOD, COD yang bertambah tinggi sejalan dengan penurunan HLR, terjadi karena dengan semakin rendah HLR, maka waktu tinggal air limbah juga lebih lama dalam reaktor sehingga laju dekomposisi oleh mikroorganisme pada lapisan campuran tanah dan kerikil dapat berlangsung secara perlahan dan berjalan lebih sempurna, sebaliknya pada HLR tinggi, waktu kontak tidak lama, sehingga mengurangi laju dekomposisi zat organik dalam air limbah tersebut. Tchobanoglous, (1991) menyatakan bahwa HLR sangat berpengaruh dalam pengolahan limbah cair terutama terhadap laju dekomposisi.

MSL lebih efektif dalam menurunkan BOD dibanding COD. Kemungkinan penurunan COD lebih membutuhkan kontak yang efektif antara air limbah dengan blok campuran tanah dimana ini mewakili lambatnya dekomposisi zat organik. Mbuligwe (2004) cit Sato et al., (2005) juga melaporkan bahwa dalam *engineered wetland systems, effective contact* antar system dan air limbah merupakan hal yang penting untuk mencapai pengolahan COD

yang tinggi. Efisiensi penurunan COD lebih dipengaruhi oleh meningkatnya HLR dari pada BOD. Hal ini disebabkan karena dekomposisi COD membutuhkan waktu retensi yang panjang dan waktu retensi menurun sejalan dengan meningkatnya HLR.

Secara keseluruhan, efisiensi penurunan BOD dan COD termasuk tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan dengan metoda MSL sebelumnya, dimana untuk limbah industri sawit memberikan efisiensi penurunan BOD dan COD 81,5 dan 69,8% Salmariza dkk., 2002 a), untuk limbah domestik 88-98% dan 83-94% (Wakatsuki et al., 1993), untuk air sungai yang tercemar 72-83% dan 53-74% (Masunaga et al., 2001). Sedangkan untuk limbah kafetaria 94-98% dan 92-95% (Attanandana et al., 2000).

Efisiensi penurunan TSS dan minyak/lemak juga menunjukkan fenomena yang sama dengan BOD dan COD. Mekanisme utama untuk penurunannya adalah melalui adsorpsi secara fisika dan filtrasi oleh blok campuran tanah (Wakatsuki et al 1993). Efisiensi

mengecil sejalan dengan meningkatnya HLR. Ini mungkin disebabkan karena meningkatnya rasio pengaliran air dalam lapisan *permeable* (Sato et al., 2005).

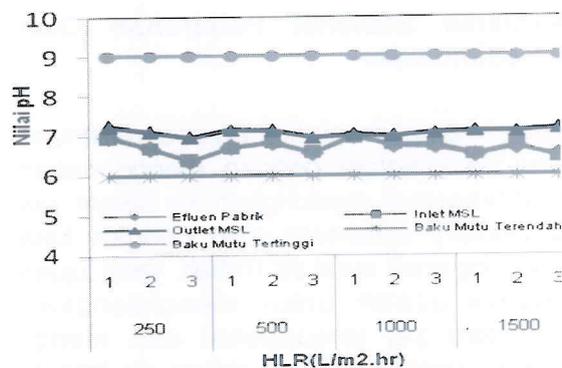
Meskipun demikian, nilai dan konsentrasi semua parameter pada outlet MSL masih berada di bawah standard baku mutu yang ditetapkan. Baku mutu untuk air limbah industri minyak goreng yang termasuk golongan minyak nabati adalah 75, 180, 60 dan 15 mg/L berturut-turut untuk BOD, COD, TSS dan Minyak/ Lemak (Anonimus 1995) sedangkan dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai BOD dan COD pada outlet MSL adalah 0,66-14,22 dan 5-69 mg/L dan konsentrasi TSS dan Minyak/L adalah 9-26 dan 2-9 mg/L.

Pada Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa bak sedimentasi memberikan efisiensi penurunan TSS yang tertinggi yaitu 50-62%, kemudian diikuti oleh Minyak/Lemak 46-60%. Sedangkan BOD dan COD 40-48% dan 40-45%. Tingginya efisiensi penurunan TSS dan minyak lemak dibanding BOD dan COD disebabkan karena zat tersuspensi yang lebih berat dari air dengan kondisi dan ketenangan bak sedimentasi dengan cepat atau lambat akan mengendap ke bagian dasar, sedangkan minyak/lemak akan mengapung dan dapat ditangkap. Eckenfelder (2000), menyatakan bahwa proses sedimentasi memang didisain untuk menurunkan *suspended solid*.

Pengolahan secara fisika ini dapat menurunkan hampir separoh zat organik yang dapat didekomposisi oleh mikroorganisme dalam air limbah industri edible oil. Diperkirakan hal ini juga dapat mempengaruhi tingginya efisiensi penurunan BOD dan COD pada reaktor MSL. Karena dengan telah berkurangnya beban pencemar BOD dan COD dalam air limbah yang akan dialirkan kedalam reaktor MSL, sangat membantu kinerja reaktor dalam mereduksi parameter tersebut selanjutnya dalam air limbah. (Tchobanoglous, 1991) menyatakan selain HLR, tingkat beban organik juga berpengaruh terhadap laju dekomposisi parameter organik dalam air limbah, dimana laju dekomposisi tersebut berbanding terbalik dengan beban organik dan HLR yang diberikan.

Perubahan nilai pH

Hasil analisis pH dengan variasi HLR (*Hydraulic Loading Rate*) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai pH influen pabrik, inlet dan outlet air limbah industri edible oil pada 4 variasi HLR dan nilai baku mutunya

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa HLR yang diberikan tidak berpengaruh terhadap pH outlet MSL, dimana variasi HLR 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).

Perubahan pH dari pH 6,37-6,95 menjadi pH 6,99-7,24 disebabkan adanya lapisan tanah pada reaktor MSL. Tanah dapat menetralkan pH karena adanya kemampuan tanah untuk menahan kation-kation basa seperti, Ca⁺, Mg⁺, Na⁺, K⁺ dan kation asam seperti H⁺ dan Al³⁺, 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 (Hardjowigeno, 1993). Disamping itu Masunaga (2001) menyatakan bahwa 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.

Mekanisme Efisiensi Penurunan Oleh Bak Sedimentasi

Dalam pengolahan air limbah secara umum, proses sedimentasi dengan menggunakan bak sedimentasi digolongkan ke dalam *pre* atau *primary treatment* atau dengan kata lain penanganan awal air limbah, yang tujuan utamanya adalah untuk menghilangkan kandungan zat tersuspensi dan mengendapkan pasir yang ada dalam air limbah. Proses sedimentasi terbagi 3 yaitu 1) *Discrete settling* dimana partikel mengendap secara individu tanpa terjadinya perubahan bentuk dan ukuran dan kerapatannya, 2) *Flocculent settling* dimana pengendapan terjadi akibat adanya penggabungan partikel selama periode pengendapan sehingga menyebabkan terjadinya perubahan ukuran partikel dan laju pengendapan, sedangkan 3) *zone settling* pengendapan yang terjadi karena melibatkan/ memberikan zat flokulan (Eckenfelder, 2000).

Dalam proses sedimentasi pada air limbah industri edible oil terjadi proses 1 dan 2, dimana pengendapan hanya terjadi secara alami tanpa penambahan flokulan. Mekanisme kerja yang terjadi pada bak sedimentasi adalah sebagai berikut. Setelah air limbah dipompakan ke dalam bak sedimentasi, pada ruang pertama, yang dipisahkan oleh sekat dengan ruang kedua, terjadi pengendapan untuk partikel-partikel yang lebih berat yang dapat mengendap dengan cepat. Abu cangkang yang agak berat, yang ditaburkan dilantai pabrik guna mencegah licinnya lantai, sudah mengendap pada tahap ini. Pada ruang ke dua, sejalan dengan waktu tinggal air dalam bak sedimentasi, terjadi penggabungan partikel-partikel yang agak ringan baik karena berkembang atau membelahnya mikro-organisme atau akibat terdekomposisi zat organik secara alami, kemudian mengendap ke dasar bak.

Penurunan zat organik yang dapat diuraikan secara biologi sebagian juga sudah tersisihkan dengan kondisi ini. Sementara itu minyak dan lemak yang tidak terlarut dalam air limbah akan mengapung di bagian permukaan. Minyak dan lemak ditangkap dan dibuang ke kontainer yang telah disediakan. Agar minyak lemak yang berada dibagian atas dan atau zat terlarut yang berada dibagian bawah permukaan air tidak terbawa/ tersedot oleh pompa untuk inlet MSL, maka ujung pipa digantung pada 1/3 bagian atas bak sedimentasi.

Dari mekanisme yang terjadi dalam bak sedimentasi dapat dilihat bahwa terjadi penurunan semua parameter pencemar TSS, BOD, COD dan minyak lemak. Hasil analisis menunjukkan bahwa efisiensi penurunan tertinggi adalah pada TSS yaitu 50-62% diikuti oleh minyak/lemak 46-60% kemudian BOD 40-48% dan yang terendah adalah COD yaitu 40-44%. Sedangkan pH tidak begitu mengalami perubahan yaitu berkisar antara 6,37-6,95. Eckenfelder (2000), menyatakan bahwa proses sedimentasi memang didisain untuk menurunkan *suspended solid*. Selanjutnya Green (1979) menyatakan bahwa pengolahan secara fisika didasarkan pada pemisahan bahan pencemar dengan cara pengendapan (sedimentasi). Pada proses ini sebanyak 40-60% padatan atau 25-40% beban BOD dapat dipisahkan.

Tingginya efisiensi penurunan bak sedimentasi sangat membantu kinerja reaktor MSL selanjutnya dalam mereduksi parameter pencemar air limbah industri edible oil, karena dengan begitu beban pencemar dalam air limbah sudah berkurang sebagian. Tchobanoglous (1991) menyatakan selain HLR, tingkat beban organik berpengaruh terhadap laju dekomposisi parameter organik dalam air limbah, dimana laju dekomposisi tersebut berbanding terbalik dengan beban organik dan HLR yang diberikan.

Mekanisme Efisiensi Penurunan Oleh Reaktor MSL

Sistem MSL terdiri atas dua zona pengolahan utama yaitu zona aerob dan zona anaerob. Zona aerob terdapat pada lapisan batuan

(zeolite, perlite, kerikil) dan ruang antara lapisan batuan dan blok campuran tanah sedangkan zona anaerob terdapat pada lapisan campuran tanah. Proses pengolahan limbah cair dalam sistem MSL terdiri atas dekomposisi, fiksasi, nitrifikasi, denitrifikasi, filtrasi, adsorpsi dan absorpsi (Luanmanee et al., 2000).

Mekanisme pemurnian air limbah industri edible oil dalam reaktor MSL adalah sebagai berikut. Proses dekomposisi material organik, terdapat pada zona aerob dan anaerob. Proses adsorpsi terdapat di permukaan lapisan campuran tanah pada zona aerob dan lapisan batuan sedangkan proses absorpsi terdapat pada zona anaerob di dalam lapisan campuran tanah. Material organik air limbah diadsorpsi dalam lapisan atas campuran tanah dan arang serta permukaan lapisan batuan selanjutnya akan diuraikan/didekomposisi oleh mikroorganisme aerob yang menempel disana. Sedangkan yang teradsorpsi kedalam lapisan campuran tanah akan diuraikan oleh mikroorganisme anaerob yang hidup didalam lapisan campuran tanah tersebut secara anaerob. Filtrasi zat-zat tersuspensi dan terlarut termasuk minyak/ lemak terjadi pada saat limbah cair masuk ke lapisan sistem MSL (blok campuran tanah dan batuan). Wakatsuki et al., (1993) menyatakan bahwa material organik limbah cair diadsorpsi dalam lapisan atas campuran tanah dan arang serta permukaan zeolite. Mikroorganisme di dalam tanah dan di dalam *biofilm* yang terbentuk pada zeolite mendekomposisi material organik teradsorpsi dan terabsorpsi tersebut. Sementara itu filtrasi terjadi pada saat limbah cair masuk ke lapisan sistem MSL (blok campuran tanah dan zeolite).

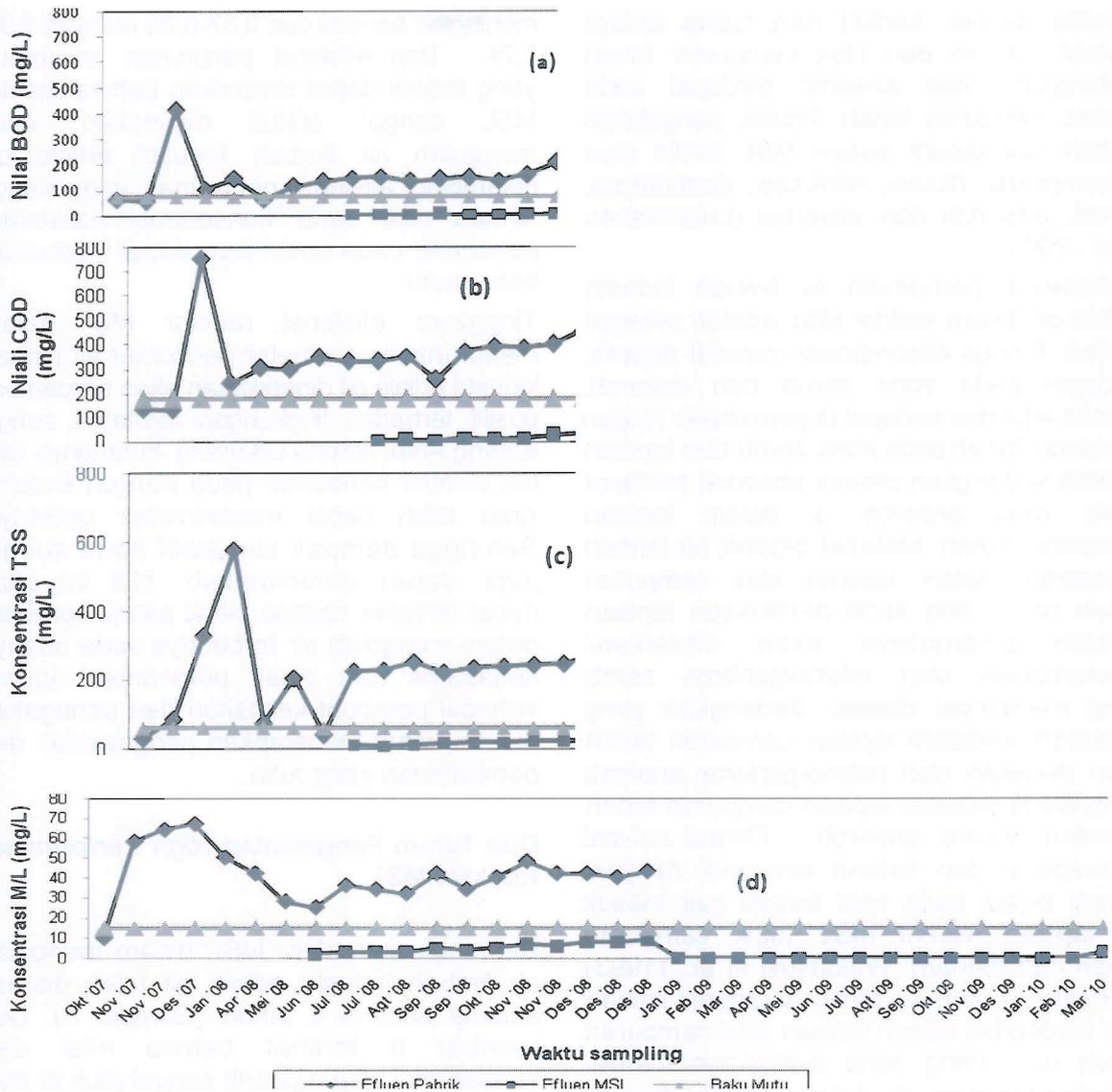
Dari mekanisme yang terjadi dalam reaktor MSL dapat dilihat bahwa terjadi penurunan semua parameter pencemar, BOD, COD TSS dan minyak lemak. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa efisiensi penurunan tertinggi adalah pada BOD yaitu 86-99% diikuti oleh COD 71-96% kemudian TSS 77-88% dan yang terendah adalah minyak/ lemak yaitu 60-80%. Sedangkan pH

meningkat sampai dari 6,37-6,95 menjadi 6,99-7,24. Dari efisiensi penurunan parameter yang terjadi dapat disimpulkan bahwa reaktor MSL sangat efektif digunakan untuk mengolah air limbah Industri edible oil. disamping efisiensi penurunan yang tinggi, semua nilai serta konsentrasi parameter pencemar pada outlet juga dapat memenuhi baku mutu.

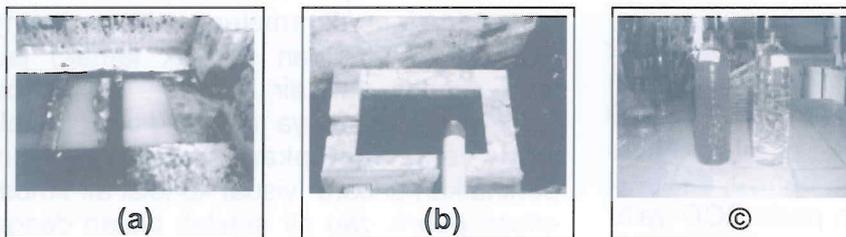
Tingginya efisiensi reaktor MSI dalam menurunkan parameter pencemar air limbah industri edible oil diperkirakan akan berdampak positif terhadap lingkungan terutama sungai Batang Arau, karena sekurang-kurangnya satu titik sumber pencemar pada sungai Batang Arau telah dapat meminimalisir outletnya. Sehingga dampak kumulatif pada sungai juga dapat diminimalisir. Hal ini akan dapat terealisasi apabila pihak pabrik konsisten dalam mengolah air limbahnya serta adanya kerjasama dari pihak pemerintah daerah sebagai pembuat kebijakan dan penegakan hukum untuk menerapkan pengawasan dan pemantauan yang rutin.

Dua Tahun Pengamatan *High Performance* Reaktor MSL

Kemampuan reaktor MSL dalam mengolah air limbah industri edible oil telah diamati selama selama 2 tahun (Gambar 5). Dari gambar 5 terlihat bahwa nilai dan konsentrasi efluen pabrik sangat jauh di atas baku mutu yang ditetapkan, tetapi setelah diolah dengan metoda MSL, nilai dan konsentrasinya dapat memenuhi baku mutu. Selama pengamatan, reaktor MSL masih stabil dimana tidak pernah terjadi *clogging*, dan masih dapat menurunkan nilai dan konsentrasi parameter pencemarnya (BOD,COD,TSS dan Minyak lemak) jauh lebih rendah dari air limbah efluen pabrik bahkan penurunannya masih dibawah baku mutu yang ditetapkan. Gambar 6 memperlihatkan secara visual kondisi air limbah/ efluen pabrik dan air setelah diolah dengan MSL dimana Efluen pabrik terlihat keruh, sedangkan efluen MSL terlihat bening



Gambar 5. Hasil pengamatan kemampuan MSL selama periode Juni 2008-Maret 2010 untuk pengolahan air limbah industri edible oil dengan parameter BOD (a), COD (b), TSS (c) dan Minyak lemak (d) yang dibandingkan dengan baku mutu dan efluen pabrik dari Oktober 2007-Desember 2008.



Gambar 6. Visual air limbah Industri Edible oil dan air yang telah diolah dengan reaktor MSL (a) kondisi influen pabrik (b) kondisi efluen MSL (c) sampel influen dan efluen

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Reaktor MSL sangat efektif untuk menurunkan kandungan zat pencemar limbah cair industri edible oil. Dimana dapat memberikan efisiensi penurunan yang tinggi dan nilai serta konsentrasi outlet dibawah baku mutu Kepmen-LH no 51/KepMenLH/10/1995 lamp. B XVI.
2. Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS dan minyak/lemak sangat dipengaruhi oleh HLR, dimana efisiensi HLR berbanding terbalik dengan efisiensi penurunan. Makin rendah HLR maka makin tinggi efisiensi penurunan. Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS dan minyak/lemak berturut-turut adalah 86-99%, 71-96%, 77-88% dan 60-80%. Dengan nilai BOD dan COD 0,66-14,22 mg/L dan 5-69 mg/L serta konsentrasi TSS dan minyak/lemak 9-26 mg/L dan 2-9 mg/L.
3. Perlakuan HLR tidak berpengaruh terhadap pH dimana semua variasi HLR dapat meningkatkan pH 6,37-6,95 menjadi pH 6,99-7,24.
4. Tingginya efisiensi reaktor MSL dalam menurunkan parameter pencemar air limbah industri edible oil dan akan berdampak positif terhadap lingkungan terutama Sungai Batang Arau, karena sekurang-kurangnya satu titik sumber pencemar pada Sungai Batang Arau telah dapat meminimalisir outletnya. Sehingga dampak kumulatif pada sungai juga dapat diminimalisir.

Saran

Dari penelitian disarankan untuk menambah perlakuan penelitian dengan pengamatan laju alir lebih dari 1500L/m².hr, karena lebih dari 2 tahun pengamatan konsentrasi outlet masih jauh dibawah baku mutu yang ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 2003. Program Kali Bersih Batang Arau (Analisa Kualitas Air Batang Arau). Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Kota Padang.
- Attanandana, T., S. Luanmanee, B. Saitthiti, C. Panichajakul and T. Wakatsuki. 2000. A Comparative Study of Zeolite with Other Material as the Components of the Multi-Soil-Layering System for Wastewater Treatment, paper submitted on Managing Water and Wastewater in the New Millennium", Johanesburg, 23 – 26 May, 2000
- Boonsook, P., S. Luanmanee, T. Attanandana. 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.
- Eckenfelder, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution Control*. 3rd Edition. McGraw-Hill. Singapore.
- Green, J. H. and Amihud Kramer. 1979. *Food Processing Waste Management*. Avi Publishing Company. Inc. Conecticut.
- Hardjowigeno, Sarwono. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Edisi ke-1. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Luanmanee, S., T. Attanandana, T. Masunaga. 2001. The efficiency of a multi-soil-layering system on domestic wastewater treatment during the ninth and tenth years of operation. *Eco. Eng.* 18, 185–199.
- Luanmanee, S., P. Boonsook, T. Attanandana. 2002. Effect of organic components and aeration regime on efficiency of multi-soil-layering system for domestic wastewater treatment. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 48, 125–134.
- Masunaga, T., K. Sato, T. Zennami, S. Fuji, T. Wakatsuki. 2001. Application of The Multi Soil Layering Method to Direct Treatment of Polluted River Water. *Proceeding First IWA Asia-Pacific Regional Conference, Asian Water Equal 2001*.

- Masunaga, T., K. Sato, T. Zennami. 2003. Direct treatment of polluted river water by the Multi-Soil-Layering method. *J. Water Env. Tech.*, 1, 97–104.
- Perkins R J 1989. Onsite Wastewater Disposal. Lewis Publishers, Michigan
- Reed SC, Crites RW, Middlebooks EJ, 1995 : Natural systems for waste management and treatment. In Chapter 6 Wetland System, 2nd edn. Ed. SC Reed, pp. 173–281. McGraw-Hill, New York
- Salmariza, Ardinal, A. Susanto, R. Zein, T. Masunaga, E. Munaf, T. Wakatsuki. 2002 (a). Palm Oil Industry Wastewater Treatment Using The Multi Soil Layering (MSL) System. Paper in Asian Conference on Chemistry in Industry and environment. Padang. Indonesia.
- Salmariza, Mulyanti, Nilzam M, Susanto A, Mulyandari DA, Amril. 2002 (b). *Minimalisasi Pencemaran Industri Crumb Rubber dengan Metode MSL*. Laporan Penelitian. Balitbang Industri Padang.
- Salmariza, Sofyan, A. Susanto, M. Nilzam, Hasni, M. Syafri, Y. Angraeni. 2003 (a). *Penelitian Efisiensi Kinerja Sistem MSL untuk Pengolahan Air Limbah Industri Crumb Rubber*. Laporan Penelitian. Baristand Indag Padang.
- Salmariza, Ardinal, Hasni. 2003 (b). *Minimalisasi Pencemaran Industri Tahu dengan Metode MSL*. Laporan Penelitian. Baristand Indag Padang.
- Salmariza, Sofyan, Hasni. 2004. *Penggunaan Metode MSL untuk Mengolah Air Limbah Industri Makanan Berbasis Umbi-umbian*. Laporan Penelitian. Baristand Indag Padang
- Salmariza, Sofyan, A. Susanto, Hasni, A. Gustari. 2006. *Kajian Multi Soil Layering (MSL) untuk Pengolahan Air Limbah Kota Padang Panjang*. Laporan Penelitian. Baristand Padang.
- Sato K, Masunaga T, Wakatsuki T 2005: Water movement characteristics in a multi-soil-layering system. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 51(1), 75–82.
- Tahir ,Y., T. Harada, T. Wakatsuki 1997. Enhancement and control of the functions of soil resources for biogenic wastewater treatment by multi soil layering method. Proceedings of the 4th International Conference of ESAFs on Soils Quality Management and Agro-Ecosystem Health, Ed. *Idem Korean Society of Soil Science and Fertilizer*, 241–252.
- Tchobanoglous, G. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc: USA.
- Wakatsuki, T., H. Esumi, S. Omura 1993. High performance and N and P-removable on-site domestic wastewater treatment system by Multi-Soil-Layering method. *Wat.Sci. Tech.*, 27, 31–40.
- Wakatsuki, T., S. Luanmanee, T. Masunaga, T. Attanandana. 2001. High Grade On-Site Treatment of Domestic Wastewater and Polluted River Water by Multi Soil Layering Method. *Ecological Engineering*. Elsevier Press.