

## Pemanfaatan Tanah Vulkanik dalam Sistem *Multiple Soil Layering* (MSL) Terhadap Pemurnian Air Irigasi Terpolusi

Welly Herman<sup>a</sup>, Darmawan<sup>b</sup>, Gusnidar<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tamansiswa, Padang, Sumatera Barat, Indonesia.

<sup>b</sup>Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

email: [welly\\_herman@yahoo.com](mailto:welly_herman@yahoo.com)

Submitted : 30-01-2018, Reviewed : 23-03-2018, Accepted : 28-03-2018

DOI : <http://doi.org/10.22216/jbtt.v2i2.3085>

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh tanah vulkanik dalam sistem *Multiple Soil Layering* (MSL) dengan *Hydraulic Loading Rate* (HLR) yang berbeda terhadap pemurnian air irigasi terpolusi. Penelitian menggunakan sistem MSL dengan ukuran *Soil Mixture Block* (SMB) yang sama dari penelitian yang telah dilakukan (Chen, Sato, Wakatsuki, & Masunaga, 2007) yang disusun di dalam kotak Acrylic berukuran 50 cm x 10 cm x 60 cm (PxLxT). *Soil Mixture Block* terdiri dari tanah vulkanik, serbuk gergaji, besi, arang yang telah dihaluskan oleh ayakan 50 mesh, dengan perbandingan kombinasi 7:1:1:1. Sistem MSL dialirkan air irigasi yang diambil dari irigasi Gunuang Nago dan Kawasan Pasar Baru, Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh IX, Padang secara terus menerus dengan HLR yang berbeda yaitu 250 L/m<sup>2</sup>/hari, 500 L/m<sup>2</sup>/hari dan 1000 L/m<sup>2</sup>/hari. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa sistem MSL mampu menurunkan kandungan zat pencemar pada air irigasi terpolusi mencapai konsentrasi di bawah baku mutu air berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 dengan HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari mempunyai kemampuan yang tinggi dalam memurnikan kadar pencemar BOD dan COD sedangkan HLR 1000 L/m<sup>2</sup>/hari mempunyai kemampuan yang tinggi dalam memurnikan kadar pencemar NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pada air irigasi terpolusi.

Kata kunci: *Hydraulic Loading Rate; Multiple Soil Layering; Soil Mixture Block*

### ABSTRACT

The research aimed to make Volcanic soil of *Multiple Soil Layering* (MSL) with different *Hydraulic Loading Rate* (HLR) on the purification of polluted irrigation water and to determine the appropriate HLR against purification of polluted irrigation water. The research used an MSL system of the same *Soil Mixture Block* (SMB) size from a study done by (Chen et al., 2007) arranged in an Acrylic box measuring 50 cm x 10 cm x 60 cm (PxLxT). Making SMB is done by mixing volcanic soil, sawdust, iron, charcoal that has been mashed by 50 mesh sieve, with a combination of 7: 1: 1: 1. The MSL system is supplied with irrigation water taken from the Gunuang Nago irrigation and Pasar Baru area, Cupak Tengah village, Pauh IX sub-district, Padang continuously with different HLR of 250 L/m<sup>2</sup>/day, 500 L/m<sup>2</sup>/day and 1000 L/m<sup>2</sup>/day. From the result of this research, it is found that MSL system can decrease pollutant content in polluted irrigation water until the concentration below the water quality standard based on PP. 82 of 2001 and MSL system with HLR 250 L/m<sup>2</sup>/day have high ability in purifying BOD and COD and HLR 1000 L/m<sup>2</sup>/day has a high ability in purifying NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> on polluted irrigation water.

Keyword : *Hydraulic Loading Rate; Multiple Soil Layering; Soil Mixture Block*

### PENDAHULUAN

Sistem pemurnian air telah lama dipraktekan dalam memurnikan air sumur yang keruh. Pemurnian air secara konvensional biasanya memiliki keterbatasan seperti drum pengendapan dan drum penyaring harus selalu dibersihkan, jika aliran air yang keluar kurang lancar. Bahan-bahan yang digunakan seperti ijuk, kerikil, potongan bata, pasir harus dicuci bersih, kemudian dijemur sampai kering, arang tempurung biasanya paling lama 3 bulan sekali harus diganti

dengan yang baru dan tidak bisa digunakan untuk menyaring air yang mengandung bahan-bahan kimia seperti air buangan dari pabrik, karena cara ini hanya untuk menyaring air keruh, tapi bukan menyaring air yang mengandung zat kimia tertentu.

Ho & Mathew, 1993 *cit* (Chen et al., 2007) berpendapat bahwa penyumbatan yang terjadi pada saat sistem pemurnian air secara konvensional disebabkan dalam tangki mengalami *leachline* tanah. Oleh sebab itu, diperlukan suatu treatment yang efektif untuk mengatasi masalah limbah cair rumah tangga melalui pemurnian air yang memanfaatkan sumber daya lokal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan tanah vulkanik dalam sistem *multiple soil layering* (MSL).

Tanah vulkanik merupakan tanah yang berasal dari hasil letusan gunung api. Bahan tersebut dapat berupa bahan padatan seperti pasir, debu dan abu vulkan dan bahan cair berupa larva. Tanah vulkanik ini dapat dimanfaatkan dalam pemurnian air yang bisa mengikat sumber pencemar karena adanya kandungan Al dan Fe aktif yang berasal dari mineral liat non kristalin seperti alofan dan ferrihidrit serta mineral liat parakristalin seperti imogolit.

Sistem MSL terdiri HLR dan SMB diatur dalam pola seperti bata dan dikelilingi oleh partikel air permeabel, seperti zeolit dan kerikil. Pemanfaatan sistem MSL mudah dan murah dikembangkan karena berasal dari sumber daya lokal, seperti tanah, serbuk gergaji, besi, arang, zeolit dan bahan alternatif lainnya (Boonsook et al., 2003) dan (Luanmanee, Attanandana, Masunaga, & Wakatsuki, 2001).

Perbedaan HLR pada sistem MSL terhadap air limbah industri tahu telah diteliti oleh (Salmariza, 2008), HLR mempengaruhi persentase reduksi BOD, COD dan TSS. Semakin rendah HLR semakin tinggi persentase reduksi. HLR 250 dan 500 L/m<sup>2</sup>/hari merupakan perlakuan paling efektif dengan presentase reduksi di atas 89-95% dengan konsentrasi di bawah baku mutu untuk semua beban organik. Selanjutnya terhadap air limbah industri Edible Oil. Variasi HLR yang digunakan 250, 500, 1.000 dan 1500 L/m<sup>2</sup>/hari yang dilakukan untuk mendapatkan HLR maksimum. Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS dan minyak/lemak sangat dipengaruhi oleh HLR, dimana efisiensi HLR berbanding terbalik dengan efisiensi penurunan. Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS dan minyak/lemak berturut-turut 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. Perlakuan HLR tidak berpengaruh terhadap pH dimana variasi HLR dapat meningkatkan pH 6,37-6,95 menjadi 6,99-7,24 (Salmariza & Sofyan, 2011). Untuk itu perlu dilakukan penelitian tentang "Pemanfaatan Tanah Vulkanik dalam Sistem *Multiple Soil Layering* (MSL) Terhadap Pemurnian Air Irigasi Terpolusi".

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh tanah vulkanik dalam sistem *Multiple Soil Layering* (MSL) dengan *Hydraulic Loading Rate* (HLR) yang berbeda terhadap pemurnian air irigasi terpolusi.

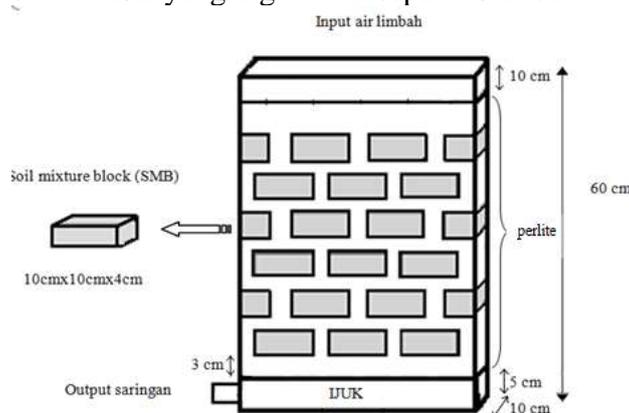
## METODE PENELITIAN

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

### Pembuatan Komponen MSL

Pembuatan sistem MSL merujuk kepada model yang telah dilakukan (Chen et al., 2007) yang disusun di dalam kotak Acrylic berukuran 50 cm x 10 cm x 60 cm (PxLxT). Kotak Acrylic menggunakan Acrylic bening yang dibuat kotak-kotak yang didalamnya terdapat SMB. Komponen SMB terdiri dari tanah vulkanik, serbuk gergaji, besi, arang yang lolos ayakan 50 mesh, dengan perbandingan kombinasi 7:1:1:1 dari berat kering bahan dan dilakukan pencetakan berbentuk blok (batu bata) di dalam kotak Acrylic yang sebelumnya telah diisi dengan ijuk setinggi 5 cm dari dasar kotak kemudian di atasnya dilapisi lagi dengan

perlite setinggi 3 cm. Pencetakan SMB dengan ukuran dimensi 10cmx10cmx4cm (PxLxT). Untuk lebih jelasnya sisteml MSL yang digunakan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Model *Multiple Soil Layering* (MSL) yang digunakan  
Sistem MSL selanjutnya diatur HLR dengan kecepatan 250 L/m<sup>2</sup>/hari, 500 L/m<sup>2</sup>/hari dan 1000 L/m<sup>2</sup>/hari.

### Pengambilan Sampel Air

Sumber air terpolusi diperoleh di Irigasi Gunung Nago kawasan Pasar Baru, Kelurahan Cupak Tengah, Kecamatan Pauh IX, Padang. Sampel air diambil satu kali seminggu sebanyak ± 315 L pada saat pagi hari.

### Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan meliputi pH menggunakan metoda elektroda gelas pH meter, *Biological Oxygen Demand* (BOD) dengan metode standar dari American Public Health Association (1992), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan metoda kalium dikromat, Kadar NH<sub>4</sub> dengan metode Indophenol blue (kosentrasi 0,2-4 ppm), kadar NO<sub>2</sub><sup>-</sup> dengan metode Naphtylen diamine (kosentrasi 0,02-1,00 ppm) dan kadar NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dengan metode Naphtylen diamine (kosentrasi 0,2-5,8 ppm).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis awal Air Irigasi Terpolusi

Air irigasi merupakan sumber kehidupan bagi masyarakat yang tinggal disepanjang irigasi Gunung Nago. Limbah yang dibuang langsung ke irigasi menyebabkan air irigasi menjadi terpolusi. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Sampel Awal Terhadap Air Irigasi Terpolusi

Parameter	Nilai	Baku Mutu *
pH	6,32	6-9
COD (ppm)	1306	10-100
BOD (ppm)	496,3	2-12
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (ppm)	2,678	0,2-5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	2,32	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	<0,2	10-20
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	<0,01	0,06

\*PP No. 82 tahun 2001 tentang baku mutu air

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap parameter yang diukur, air irigasi dikategorikan tercemar berdasarkan standar baku mutu air PP. No. 82 tahun 2001. Nilai COD dan BOD jauh melebihi baku mutu air dan sudah tergolong sangat tercemar. Makin besar nilai BOD, menunjukkan makin besarnya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Kadar BOD dan COD yang tinggi menunjukkan bahwa limbah tersebut mengandung jumlah pencemar yang tinggi terutama pencemar yang disebabkan oleh bahan organik. Semakin tinggi jumlah bahan organik dalam limbah semakin besar pula nilai BOD dan COD

sebab kebutuhan akan oksigen untuk menguraikan bahan organik tersebut semakin tinggi (Irmanto, 2009).

## B. Hasil Pemurnian Air Irigasi Terpolusi dengan MSL terhadap Kualitas Air

Sistem *Multiple Soil Layering* (MSL) mampu memurnikan air irigasi terpolusi sehingga meningkatkan kualitas air. Parameter kualitas air yang diuji disajikan berikut ini.

### pH Air

Nilai pH air irigasi terpolusi sebelum dilewatkan ke sistem MSL bereaksi masam dengan nilai pH berkisar 6,08-6,49. Hal ini disebabkan karena banyaknya kandungan minyak dan lemak yang terlarut dalam air irigasi tersebut. Selain itu, juga disebabkan tingginya kandungan zat organik di dalam air. Zat organik tersebut, banyak mengandung anion-anion terlarut yang bereaksi dengan ion  $H^+$  yang terdapat di dalam air. Akibatnya air irigasi bereaksi masam.

Penggunaan sistem MSL ternyata mampu memberikan kenaikan pada pH, sehingga pH air bergerak ke arah netral, bahkan dapat mencapai pH 8. Hasil pengukuran nilai pH tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Nilai pH Terhadap Air Irigasi Terpolusi Pada HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari

Sampel	Nilai pH					
	250 L/m <sup>2</sup> /hari		500 L/m <sup>2</sup> /hari		1000 L/m <sup>2</sup> /hari	
	input	output	input	output	input	Output
A	6,21	7,40	6,21	7,61	6,21	7,70
B	6,18	7,01	6,16	6,91	6,17	6,80
C	6,13	6,43	6,08	6,51	6,09	6,56
D	6,11	6,42	6,12	6,48	6,10	6,44
E	6,36	6,99	6,31	6,83	6,34	6,83
F	6,34	6,37	6,35	6,42	6,23	6,96
G	6,20	6,81	6,09	6,61	6,23	7,10
H	6,18	6,59	6,14	6,57	6,21	6,92
I	6,34	6,52	6,25	6,45	6,23	7,00
J	6,45	6,61	6,35	6,57	6,32	6,99
K	6,49	7,98	6,41	7,29	6,36	7,91
L	6,39	7,52	6,37	7,19	6,34	7,92
M	6,47	7,81	6,32	7,41	6,32	7,92
N	6,29	7,95	6,25	7,91	6,32	7,92
O	6,22	8,01	6,21	7,95	6,30	7,77

Peningkatan nilai pH air irigasi terpolusi setelah melewati sistem MSL dipengaruhi oleh pemakaian tanah Tanah Vulkanik yang disusun dalam SMB sehingga menciptakan kondisi anaerob. Tanah mempunyai kemampuan menetralkan pH karena adanya kandungan kation-kation basa seperti  $Ca^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$  dan kation asam seperti  $H^+$  dan  $Al^{3+}$ . Jika tanah dalam kondisi asam dapat terjadi pertukaran kation asam dengan kation basa dan sebaliknya. Adanya pertukaran kation tersebut menyebabkan terjadinya perubahan pH. Perubahan pH dapat disebabkan oleh tanah itu sendiri, seperti terjadinya perubahan pH tanah akibat adanya zat lain yang terdapat atau melewati tanah (Hardjowigeno, 2003). Menurut (Masunaga et al., 2007) tanah mempunyai kemampuan penetralan (*buffering capacity*) yang tinggi terhadap perubahan-

perubahan kondisi fisik dan kimia akibat aktivitas mikroorganisme dan reaksi fisik yang ditimbulkan saat terjadinya mekanisme pengolahan limbah cair dalam sistem MSL.

### Nilai COD Air

*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Nilai COD menyatakan banyaknya  $O_2$  yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang terkandung di dalam substrat pada kondisi aerob dan reaksi fermentasi pada kondisi anaerob sehingga terurai menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Hasil pengukuran sampel air terhadap nilai COD pada HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Nilai COD Terhadap Air Irigasi Terpolusi

Sampel	Kadar COD								
	250 L/m <sup>2</sup> /hari			500 L/m <sup>2</sup> /hari			1000 L/m <sup>2</sup> /hari		
	input	output	Efisiensi	input	output	Efisiensi	Input	output	Efisiensi
	(ppm)	(%)	(%)	(ppm)	(%)	(%)	(ppm)	(%)	(%)
A	1306,00	15,68	98,80	1306,00	5,23	99,60	1306,00	15,68	98,80
B	1417,25	20,91	98,52	1343,54	15,68	98,83	1276,34	5,23	99,59
C	1425,81	10,45	99,27	1297,65	10,45	99,19	1274,67	5,23	99,59
D	1321,47	10,45	99,21	1134,15	5,23	99,54	1354,71	10,45	99,23
E	1298,10	5,23	99,60	1289,56	15,68	98,78	1203,84	5,23	99,57
F	1289,15	15,68	98,78	1176,17	10,45	99,11	1306,00	10,45	99,20
G	1138,40	5,23	99,54	1412,10	18,29	98,70	1292,42	20,91	98,38
H	1483,26	18,29	98,77	1098,31	7,84	99,29	1137,78	5,23	99,54
I	1311,30	8,29	99,37	1189,21	8,29	99,30	1151,51	10,45	99,09
J	1289,12	13,06	98,99	1202,71	13,06	98,91	1166,26	20,90	98,21
K	1345,73	20,91	98,45	1268,88	15,68	98,76	1406,88	10,45	99,26
L	1305,14	18,29	98,60	1253,11	5,23	99,58	1374,00	15,68	98,86
M	1126,10	5,23	99,54	1347,20	10,45	99,22	1122,51	31,36	97,21
N	1245,67	20,91	98,32	1356,12	18,29	98,65	817,00	10,45	98,72
O	1265,13	10,45	99,17	1484,32	20,91	98,59	1397,51	15,68	98,88

Penurunan COD tidak mengalami perbedaan yang signifikan terhadap masing-masing HLR. Pada HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari penurunan COD mempunyai efisiensi yang lebih bagus bila dibandingkan dengan HLR 500 L/m<sup>2</sup>/hari dan 1000 L/m<sup>2</sup>/hari. Nilai COD menurun setelah air irigasi terpolusi melewati sistem MSL, menjadi 5,23-31,36 ppm dengan efisiensi penurunan COD sekitar 97,21-99,59%. Pada HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari diakhir pengamatan terlihat terjadi penurunan COD yang lebih rendah dengan efisiensi sebesar 99,17%, dikarenakan HLR dengan laju air lambat sehingga membuat aktifitas mikroba yang terjadi di dalam MSL lebih maksimal kerjanya dalam proses penguraian senyawa organik oleh bakteri aerob sehingga dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD.

Efisiensi penurunan COD lebih dipengaruhi oleh perbedaan HLR. Tingginya efisiensi penyisihan COD dengan HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari disebabkan lebih sempurnanya proses dekomposisi material organik limbah yang terdapat pada air irigasi terpolusi dalam MSL karena waktu kontak material organik dengan mikroorganisme di lapisan tanah dan batuan perlit lebih lama. Penurunan COD yang bertambah tinggi sejalan dengan penurunan HLR, semakin rendah HLR maka waktu tinggal air limbah juga lebih lama di dalam MSL sehingga laju dekomposisi oleh mikroorganisme pada lapisan SMB dan perlit 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. Menurut Tchobanogius (1991) *cit* (Salmariza & Sofyan, 2011) HLR sangat berpengaruh dalam pengolahan limbah cair terutama terhadap laju dekomposisi.

### Nilai BOD Air

Air dengan nilai BOD yang tinggi menunjukkan jumlah pencemar yang tinggi, terutama yang disebabkan oleh bahan organik. Penguraian zat organik yang mengalami biodegradasi diukur salah satunya melalui konsentrasi BOD dimana aktivitas mikroorganisme memainkan peranan penting dalam proses ini (Pasaribu, 2006). Hasil pengukuran nilai BOD air setelah melewati MSL dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Nilai BOD Terhadap Air Irigasi Terpolusi

Sampel	Kadar BOD								
	250 L/m <sup>2</sup> /hari			500 L/m <sup>2</sup> /hari			1000 L/m <sup>2</sup> /hari		
	input	output	Efisiensi	input	output	Efisiensi	input	output	Efisiensi
	(ppm)		(%)	(ppm)		(%)	(ppm)		(%)
A	496,30	2,80	99,44	496,30	2,30	99,54	496,30	2,80	99,44
B	497,35	2,82	99,43	497,35	2,82	99,43	443,54	2,30	99,48
C	494,40	2,25	99,54	467,83	2,50	99,47	443,53	2,30	99,48
D	475,67	2,80	99,41	444,93	2,30	99,48	472,80	2,50	99,47
E	460,34	2,30	99,50	451,17	2,82	99,37	456,40	2,30	99,50
F	420,11	2,60	99,38	451,14	2,25	99,50	496,30	2,50	99,50
G	390,31	2,30	99,41	467,31	3,96	99,15	473,50	4,40	99,07
H	398,47	3,60	99,10	444,18	2,60	99,41	482,10	2,25	99,53
I	405,18	3,96	99,02	423,16	3,60	99,15	485,20	2,80	99,42
J	388,16	2,80	99,28	473,19	3,13	99,34	478,10	4,60	99,04
K	365,32	4,40	98,80	443,57	2,50	99,44	399,30	2,80	99,30
L	376,48	5,13	98,64	384,62	1,02	99,73	477,20	3,42	99,28
M	257,42	1,14	99,56	378,9	2,63	99,31	587,40	6,81	98,84
N	350,19	4,48	98,72	350,94	4,68	98,67	399,80	2,34	99,41
O	431,63	2,48	99,43	348,25	4,12	98,82	445,60	3,16	99,29

Sistem MSL dengan HLR yang berbeda mampu menurunkan kadar BOD pada air irigasi menjadi 1,02-6,81 dengan efisiensi sebesar 98,84-99,73%. Efisiensi penyisihan BOD terbesar terjadi pada HLR sebesar 250 L/m<sup>2</sup>/hari. Diakhir pengamatan pada HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari terjadi penurunan BOD dengan efisiensi penyisihan terbesar mencapai 99,43%. Hal ini berarti semakin rendah kecepatan pada MSL menyebabkan waktu tinggal air limbah dalam MSL semakin lama. Sehingga waktu kontak antara bakteri anaerob dengan air limbah menjadi semakin lama yang menyebabkan hasil pengolahan lebih baik. Hal tersebut sesuai dengan penelitian (Mahmoud, Zeeman, Gijzen, & Lettinga, 2004) yang menyatakan bahwa peningkatan kinerja MSL dalam mengolah limbah cair disebabkan oleh dua parameter yaitu sistem kecepatan aliran dan pemerataan influen (*distribusi influen*) pada seluruh penampang MSL.

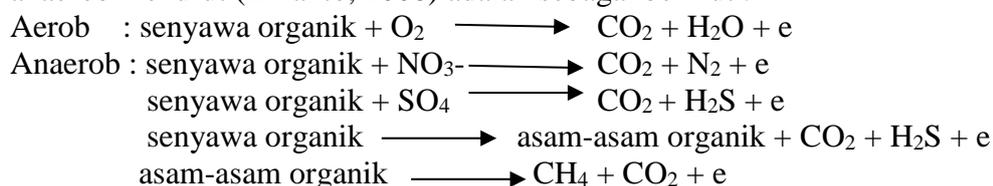
Nilai BOD yang terukur menunjukkan jumlah bahan organik yang terdapat di air irigasi terpolusi. Nilai BOD yang terukur selama masa pengamatan memperlihatkan adanya perbedaan nilai bahan organik yang terdapat di kolom air pada saat awal pengamatan dan pada akhir pengamatan. Nilai BOD yang terukur pada awal pengamatan lebih besar dibandingkan

dengan saat akhir pengamatan. Hal ini dikarenakan sebagian bahan organik telah terdekomposisi selama masa pengamatan.

Sistem MSL terdiri dari kondisi aerob dan kondisi anaerob. Kondisi aerob terjadi pada lapisan perlit dan diantara lapisan perlit dengan SMB. Kondisi anaerob terjadi pada lapisan tanah. Kondisi anaerob berfungsi untuk menguraikan material organik, mengoksidasi ion ferro menjadi ion ferri, pengikatan fosfat dan nitrifikasi. Kedua kondisi inilah yang berpengaruh terhadap mekanisme BOD.

Penurunan nilai BOD pada air irigasi terpolusi dapat diindikasikan dengan besarnya senyawa organik yang terurai secara biologi. Senyawa organik yang mudah diolah oleh bakteri dalam hal ini adalah senyawa organik *biodegradable*. Hampir seluruh bakteri yang ada mampu menurunkan senyawa organik *biodegradable* ini terutama pada kondisi aerob. Pada kondisi ini bakteri memerlukan senyawa organik untuk pertumbuhannya. Hasil degradasi senyawa organik kompleks yang ada dalam limbah cair ditransformasikan menjadi senyawa organik yang lebih sederhana diuraikan lebih lanjut pada kondisi anaerob melalui proses fermentasi.

Reaksi yang terjadi pada proses penguraian bahan organik baik secara aerob maupun anaerob menurut (Irmanto, 2008) adalah sebagai berikut :



Dengan pengaturan HLR pada MSL maka dapat menciptakan suatu kondisi yang baik untuk perkembangan mikroorganisme dengan kondisi oksigen yang cukup. Bakteri akan merubah BOD menjadi senyawa karbon yang tak larut (*solid*) disertai peningkatan sel-sel bakteri. Reaksi antara BOD dengan oksigen adalah sebagai berikut :



Persentase penyisihan berbanding terbalik dengan HLR yang diberikan. Semakin tinggi HLR semakin rendah persentase penyisihan yang didapatkan ataupun sebaliknya. Semakin rendah HLR yang diberikan, maka mekanisme kerja MSL (filtrasi, absorpsi, adsorpsi, dan dekomposisi) pada lapisan tanah dan perlit berlangsung sempurna.

#### **Kadar PO<sub>4</sub><sup>-</sup>**

Salah satu parameter pencemar yang diamati dalam pemanfaatan sistem MSL dengan HLR yang berbeda adalah kadar PO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Berdasarkan analisis di laboratorium terhadap air irigasi terpolusi (input) terdapat kadar PO<sub>4</sub><sup>-</sup> sekitar 2,236-2,678 ppm. Hasil pengamatan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kadar  $PO_4^-$  Terhadap Air Irigasi terpolusi (ppm)

Sampel	HLR					
	250 L/m <sup>2</sup> / hari		500 L/m <sup>2</sup> / hari		1000 L/m <sup>2</sup> / hari	
	input	Output	input	output	input	output
A	2.678	<0,03	2.678	<0,03	2.678	<0,03
B	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
C	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
D	2.236	0,079	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
E	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	0,080
F	<0.03	<0,03	<0.03	0,097	<0.03	0,070
G	<0.03	<0,03	<0.03	0,038	<0.03	<0,03
H	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
I	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
J	<0.03	0,047	<0.03	<0,03	<0.03	0,062
K	<0.03	0,029	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
L	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	0,059
M	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
N	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03
O	<0.03	0,038	<0.03	<0,03	<0.03	<0,03

Berdasarkan Tabel 5 dijelaskan pengamatan kadar  $PO_4^-$  setelah melewati MSL masih dalam ambang batas yang ditoleransi sebagai sumber pencemar, karena pada sampel hasil analisis <0,03 ppm. Namun, setelah itu kadar  $PO_4^-$  telah terukur >0,03 ppm baik pada HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari, 500 L/m<sup>2</sup>/hari dan 1000 L/m<sup>2</sup>/hari. Kadar  $PO_4^-$  yang terukur berada di bawah nilai baku mutu dan tergolong kelas I.

Komponen SMB dalam MSL sangat berperan penting di dalam penyerapan fosfat. Arang sekam padi dan besi yang dicampurkan ke dalam tanah Tanah Vulkanik berperan sebagai sumber karbon dalam proses denitrifikasi tersebut. Logam besi  $Fe^{3+}$  yang terdapat di dalam akan tereduksi menjadi ion  $Fe^{2+}$  dan secara bertahap ditransfer ke lapisan perlit. Ion tersebut berperan dalam proses adsorpsi fosfat. Penggunaan Tanah Vulkanik dalam sistem ini membantu proses adsorpsi fosfat, karena Tanah Vulkanik banyak mengandung Al an Fe sehingga mampu mengikat fosfat (Sukmawati, 2011).

Pada pH 6 kemungkinan terjadinya jerapan adalah melalui pertukaran anion dengan mengikuti reaksi berikut :  $Al(OH)_3 + H_2PO_4^- \rightleftharpoons Al(OH)_2H_2PO_4 + OH^-$   
 Fosfat juga diadsorpsi oleh mikroorganisme, terkadang sebagian fosfat yang telah diadsorpsi dilepaskan kembali. Keadaan ini yang menyebabkan fosfat terukur kembali pada pengamatan. Di dalam sistem MSL, terjadi mekanisme penghilangan fosfat yang terdiri dari proses adsorpsi fisika-kimia dan kontak antara limbah cair dengan lapisan tanah yang menjadi faktor utama dalam penurunan fosfat.

#### Kadar $NH_4^+$

Kadar amonium sampel air sebelum dan sesudah melewati MSL disajikan pada Tabel 7. Nilai amonium air irigasi terpolusi sebelum melewati MSL berkisar 0,85-2,32 ppm.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Kadar  $\text{NH}_4^+$  Terhadap Air Irigasi Terpolusi (ppm)

Sampel	HLR					
	250 L/m <sup>2</sup> / hari		500 L/m <sup>2</sup> / hari		1000 L/m <sup>2</sup> / hari	
	input	output	input	output	input	output
A	2.32	1.72	2.32	0.20	2.32	<0.2
B	0.85	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
C	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
D	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
E	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
F	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
G	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
H	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
I	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
J	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
K	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
L	<0.2	<0.2	<0.2	0.29	<0.2	<0.2
M	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
N	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
O	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

Amonium terukur pada awal pengamatan pada MSL dengan HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari yaitu sebesar 1,72 ppm. Beberapa hari kemudian kadar amonium pada air irigasi sudah <0,02 ppm (tidak terukur). Sistem MSL dengan HLR berbeda memberikan penurunan terhadap kadar amonium air irigasi terpolusi dari 2,32 ppm menjadi < 0,2 ppm. Penurunan parameter amonium terjadi melalui proses denitrifikasi yang menghasilkan nitrogen dalam bentuk gas ( $\text{N}_{2(g)}$ ).

Sumber pencemar terbesar dari air irigasi terpolusi berasal dari limbah rumah tangga. Limbah rumah tangga, lebih banyak mengandung amonium dibandingkan nitrat. Pada kondisi aerob, amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) baik yang berasal dari limbah air irigasi terpolusi, maupun dari bahan organik yang terdekomposisi diadopsi oleh perlit, kemudian mengalami nitrifikasi menjadi  $\text{NO}_3^-$  dengan bantuan  $\text{O}_2$ . Reaksi nitrifikasi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Nitrat hasil nitrifikasi secara bertahap bergerak ke dalam lapisan tanah campuran Tanah Vulkanik dan arang, dan mengalami denitrifikasi menjadi  $\text{N}_2\text{O}$ . Nitrogen oksida setelah mengalami denitrifikasi total akan menjadi  $\text{N}_2$ . Reduksi  $\text{N}_2\text{O}$  inilah yang berhubungan dengan kadar nitrat dan COD. Sedangkan untuk parameter amonium tidak mempunyai pengaruh terhadap bakteri pada kondisi anaerob karena penurunan parameter amonium terjadi pada kondisi aerob. Penurunan amonium terjadi melalui proses oksidasi pada kondisi aerob menghasilkan senyawa nitrat yang selanjutnya direduksi pada kondisi anaerob melalui proses denitrifikasi. Lapisan aerob dapat meningkatkan nitrifikasi melalui oksidasi amoniak menjadi nitrit dan nitrat, sedangkan pada lapisan anaerob dapat terjadi proses denitrifikasi melalui reduksi nitrat menjadi nitrous oksida dan gas nitrogen.

### SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem MSL mampu menurunkan kandungan zat pencemar pada air irigasi terpolusi mencapai konsentrasi

di bawah baku mutu air berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 dengan HLR 250 L/m<sup>2</sup>/hari mempunyai kemampuan yang tinggi dalam memurnikan kadar pencemar BOD dan COD sedangkan HLR 1000 L/m<sup>2</sup>/hari mempunyai kemampuan yang tinggi dalam memurnikan kadar pencemar NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pada air irigasi terpolusi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Prof. Dr. Tsugiyuki Masunaga yang telah telah memfasilitasi penelitian ini sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- Boonsook, P., Luanmanee, S., Attanandana, T., Kamidouzono, A., Masunaga, T., Wakatsuki, 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 Science and Plant Nutrition*, 49(6), 873–882. <https://doi.org/10.1080/00380768.2003.10410350>
- Chen, X., Sato, K., Wakatsuki, T., & Masunaga, T. (2007). Comparative study of soils and other adsorbents for decolorizing sewage and livestock wastewater: Original article. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(2), 189–197. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00124.x>
- Irmanto, S. (2008). Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Tekstil di Kabupaten Pekalongan dengan Metode Multi Soil Layering. *Molekul*, 3(2), 98–106.
- Irmanto, S. (2009). Pengelolaan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Kalisari Kecamatan Cilonggok dengan Metode Multi Soil Layering. *Molekul*, 4(1), 21–32.
- Luanmanee, S., Attanandana, T., Masunaga, T., & Wakatsuki, T. (2001). The efficiency of a multi-soil-layering system on domestic wastewater treatment during the ninth and tenth years of operation. *Ecological Engineering*, 18(2), 185–199. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(01\)00077-5](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(01)00077-5).
- Mahmoud, N., Zeeman, G., Gijzen, H., & Lettinga, G. (2004). Anaerobic sewage treatment in a one-stage UASB reactor and a combined UASB-Digester system Anaerobic sewage treatment in a one-stage UASB reactor and a combined UASB-Digester system. *Water Research*, (March), 307–322. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.01.041>.
- 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: Original article. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(2), 215–223. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2007.00128.x>
- Pasaribu, N. (2006). Penggunaan sistem multi lapisan tanah untuk menurunkan tingkat pencemaran limbah cair industri karet remah, 18(2), 23–29.
- Salmariza, S. (2008). Pengaruh Variasi Tingkat Beban Organik dan Laju Alir Terhadap Efisiensi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu dengan REaktor MSL. *Buletin BIPD*, XVI(2), 9–19.

- Salmariza, S., & Sofyan. (2011). Aplikasi Metode MSL (Multi Soil Layering) Untuk Mengolah Air Limbah Industri Edible Oil. *Jurnal Riset Industri, Vol. V(3)*, 227–238.
- Sukmawati, S. (2011). Jerapan p pada andisol yang berkembang dari tuff vulkan beberapa gunung api di jawa tengah dengan pemberian asam humat dan asam silikat. *Media Litbang Sulteng, IV(1)*, 30–36.