

## Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Lapisan Multimedia Yang Telah Didiamkan 2 Tahun

Rahmiana Zein<sup>1\*</sup>, Adi Saputra<sup>1,2</sup>, Refilda Suhail<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Labor Kimia Lingkungan Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

<sup>2</sup>Dinas Kesehatan Kota Solok, Jalan Syamsu Tulus Nan Balimo Kota Solok, 27326

<sup>3</sup>Laboratorium Kimia Terapan, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas, Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

### Detail Artikel

Diterima : 25 September 2019

Direvisi : 07 Oktober 2019

Diterbitkan : 25 Oktober 2019

### Kata Kunci

Lapisan Multi Media  
Limbah Cair Industri Tahu  
Aerasi  
Non Aerasi.

### Penulis Korespondensi

Name : Rahmiana Zein  
Affiliation : Universitas  
Andalas  
Email : [rzein@sci.unand.ac.id](mailto:rzein@sci.unand.ac.id)  
atau [mimiedison@yahoo.co.id](mailto:mimiedison@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

Limbah cair Industri tahu masih menjadi masalah bagi lingkungan karena secara umum industri tahu ini berada dalam skala kecil (skala rumah tangga) dan belum memiliki sistem pengolahan. Pada penelitian ini limbah cair industri tahu diolah dengan menggunakan kembali peralatan Lapisan Multi Media (LMM) yang pernah digunakan untuk pengolahan limbah cair industri tahu juga kemudian peralatan didiamkan selama dua (2) tahun. Peralatan LMM didisain menggunakan kotak akrilik dengan dimensi 50 cm (lebar) x 15 cm (panjang) x 50 cm (tinggi) yang terdiri atas blok tanah dari campuran tanah vulkanik, arang, serbuk besi, jerami padi dibungkus dengan kain strimin yang dibuat seperti pola batu bata, dengan ukuran tinggi 4 cm, lebar 15 cm dan panjang 9 cm total volume 400 g dengan perbandingan masing-masing 7,5 : 1 : 0,5 : 1 disusun diantara Lapisan Permeable (PL) material perlit dengan diameter 3-5 mm. Tujuan penelitian ini mempelajari apakah

material tanah yang mengandung mikro organisme dan perlit yg digunakan pada peralatan LMM ini masih dapat berfungsi atau tidak selama 2 tahun didiamkan dan didapatkan hasil. Efisiensi penurunan parameter pencemaran limbah cair industri tahu tertinggi diperoleh pada laju alir 15 mL/menit baik pada kondisi aerasi maupun non aerasi. Pada kondisi aerasi diperoleh efisiensi yaitu TSS 95,13 %, BOD 93,85 %, COD 96,20 %, amonia 65,85%, nitrit 93,60 %, nitrat 73,49 %, fosfat 98,12 % dan kenaikan pH dengan nilai 7,2 dari pH awal 4,34. Pada Kondisi Non aerasi diperoleh efisiensi penurunan yaitu TSS 80,04 %, BOD 86,15 %, COD 80,39 %, amonia 59,74 %, nitrit 91,60 %, nitrat 72,59 %, fosfat 63,10 % dan kenaikan pH dengan nilai 6,02 dari pH awal 4,34. Dari hasil dapat dilihat bahwa peralatan LMM yg sdh didiamkan selama 2 tahun ternyata masih berfungsi dan dapat digunakan lagi untuk pengolahan

### ABSTRACT

Tofu industry wastewater is a problem for the environment because in general the tofu industry is a home industry (small scale industry) and does not treat its waste properly. This research was aimed to treat tofu industry wastewater by reusing Multi Soil Layering (MSL) equipment which was left alone for two years. MSL equipment was designed using an acrylic box with dimensions of 50 cm (width) x 15 cm (length) x 50 cm (height) consisting of a block of soil from a mixture of volcanic soil, charcoal,

iron powder, rice straw wrapped in a strimin cloth made like a pattern bricks, with a height of 4 cm, width 15 cm and a length of 9 cm, a total volume of 400 g with a ratio of 7.5: 1: 0.5: 1 each arranged between layers of Permeable (PL) perlite material with a diameter 3-5 mm. The purpose of this study was to observe whether soil material containing micro-organisms and perlite used in MSL equipment can still function or not after 2 years. It has been found that the highest efficiency was obtained at a flow rate of 15 mL/min in both aeration and non-aeration conditions. In the aeration condition, the result showed that TSS 95.13%, BOD 93.85%, COD 96.20%, ammonia 65.85%, nitrite 93.60%, nitrate 73.49%, phosphate 98.12% and pH increase from 7.2 to 4.34. In the Non-aeration Condition, the efficiency was decreased, indicated by the value of TSS 80.04%, BOD 86.15%, COD 80.39%, ammonia 59.74%, nitrite 91.60%, nitrate 72.59%, phosphate 63.10% and pH increase from 6.02 to 4.34. From the results it can be seen that the MSL equipment which has been left alone for 2 years was still properly functioning and can be used again for the processing of tofu industry wastewater.

## PENDAHULUAN

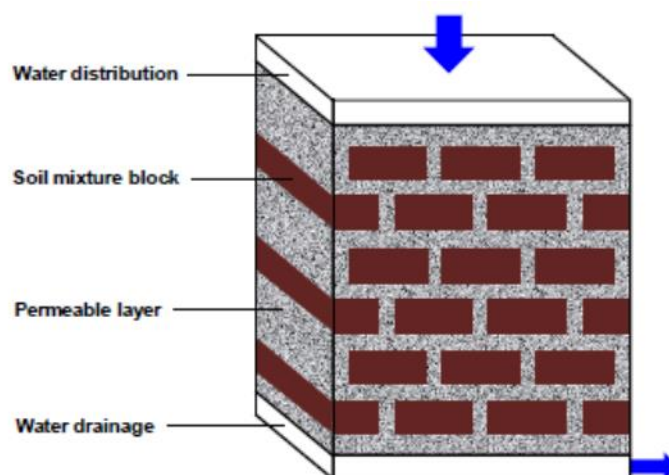
Dampak sanitasi yang buruk sangat mempengaruhi tingkat kesejahteraan dan kesehatan masyarakat serta berimplikasi pada banyaknya biaya tanpa disadari oleh banyak pihak. Salah satu praktek sanitasi yang buruk yang terjadi di masyarakat adalah banyaknya industri yang menghasilkan limbah yang tidak memiliki pengelolaan limbah dengan baik. Di Kota Solok, terdapat beberapa industri kecil skala rumah tangga, dengan jenis kegiatan industri yang cukup bervariasi. Dari industri yang ada, yang perlu mendapat perhatian lebih adalah industri tahu. Terdapat delapan unit industri tahu di Kota Solok dimana belum ada satu pun yang memiliki instalasi pengolahan air limbah. Limbah cair yang di hasilkan dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. (Pokja Sanitasi Kota Solok, 2010 .)

Limbah cair tahu mengandung senyawa organik yang tinggi mencapai 40% -60% protein, 25% -50% karbohidrat dan 10% lemak sehingga limbah cair tahu mengandung BOD, COD dan TSS yang tinggi. Selain itu, limbah cair tahu juga dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba dalam air yang mengakibatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam, serta mengandung zat tersuspensi yang mengakibatkan air menjadi kotor, keruh dan bau. (Subekti, 2011)

Berbagai teknik pengolahan limbah cair tahu telah dikembangkan seperti adsorpsi dengan karbon aktif, oksidasi kimiawi, dan digesti biologis. Namun, masing-masing teknik ini penggunaannya terbatas dan kurang menguntungkan. Karbon aktif hanya melibatkan adsorpsi polutan tanpa dekomposisi. Oksidasi kimia tidak dapat meminimalisir semua senyawa organik dan hanya cocok untuk menghilangkan polutan dengan konsentrasi tinggi. Pengolahan secara biologis memiliki kelemahan yaitu kecepatan reaksi lambat, pembuangan lumpur aktif yang sulit, pH dan temperatur harus dikontrol. (Alimsyah & Damayanti, 2013) (Haerun, et al., 2018).

Suatu teknik pengolahan limbah organik industri rumah tangga yang lebih efektif, efisien, mudah, dan murah yaitu metode Lapisan Multi Media (LMM) telah dikembangkan. Metode LMM menggunakan tanah yang memiliki kemampuan kuat dalam mendekomposisi bahan organik. Sistem LMM terdiri dari campuran lapisan tanah dengan 10-25% bijih besi dan serat goni serta perlit untuk mencegah penyumbatan oleh aliran limbah cair organik. Sumber oksigen ditambahkan melalui pipa aerasi untuk meningkatkan kinerja mikroorganisme tanah dalam mendekomposisi bahan organik (Wakatsuki, et al., 1993)

Pada sistem LMM, tanah sebagai media utama dicampur dengan material seperti arang, serbuk besi dan bahan organik lainnya seperti jerami, serbuk gergaji dan lainnya kemudian dibentuk menjadi sebuah blok tanah atau Soil Mixture Block (SMB) dan disusun secara berlapis dalam pola seperti batu bata dengan lapisan permeabel (PL) berisi perlit membentuk sebuah kerangka berupa susunan batu bata seperti gambar 1. Materi yang berbeda di SMB memberikan respon masing-masing berdasarkan perbedaan fungsi. Tanah berfungsi sebagai filter dan habitat bagi mikroorganisme. Bahan organik memasok sumber karbon bagi mikroorganisme untuk proses dekomposisi limbah cair. Arang dapat menyerap beragam kontaminan dari limbah cair dan sebagai sumber karbon bagi mikroorganisme. Partikel besi menghasilkan ion Fe yang berperan dalam pengendapan fosfat. PL yang berisi perlit mengelilingi SMB seperti semen yang bisa memperbaiki dispersi dan distribusi limbah cair dan mengurangi resiko penyumbatan serta strukturnya berpori yang dapat menyerap kontaminan dan memberi manfaat bagi mikroorganisme. Disebabkan oleh perbedaan struktur, permeabilitas, dan distribusi limbah cair, SMB dan PL dapat bekerja sebagai zona anaerobik dan zona aerobik, masing-masing (An, et al., 2016)

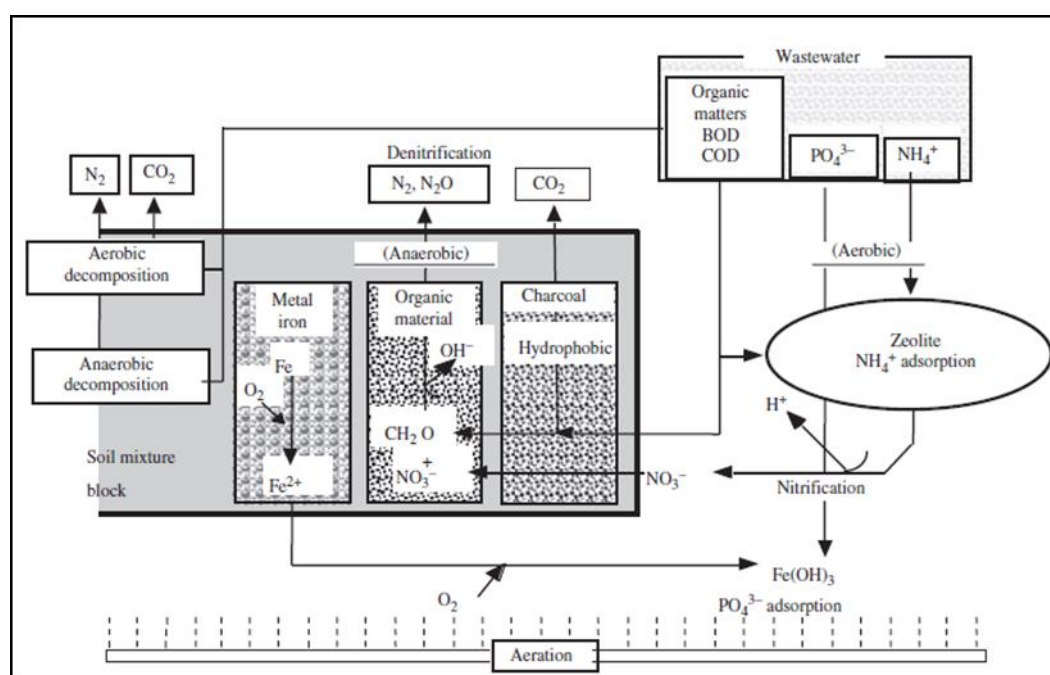


Gambar .1 Sistem LMM

Sistem LMM terbukti mampu dimanfaatkan untuk pengolahan berbagai jenis limbah cair seperti limbah industri tahu (Zein, Et al., 2017) dan limbah pengolahan air gambut (Zein, et al., 2016). Sistem LMM untuk pengolahan air gambut (Zein, et al., 2016) dikembangkan dengan ukuran alat 50 cm x 15 cm x 50 cm yang terdiri atas berisi balok bata berukuran 4 cm (t) x 9 cm (p) x 15 cm (l) cm dengan campuran sebagai tanah vulkanik, arang aktif, bubuk ampas tebu dan serbuk besi (7,5: 1: 1: 0,5) dan lapisan permiabel menggunakan zeolit (2-3 mm) menghasilkan efisiensi penurunan parameter warna, COD, BOD, bahan organik 93,57%; 90,48%; 93,65%; 91,07% pada kondisi aerasi dan 92,86%; 89,52%; 92,06%; 89,05% pada nonaerasi, sedangkan untuk pH bisa berubah dari 4,26 menjadi 6,93 untuk kondisi aerasi dan dari 4,26 hingga 6,91 untuk non aerasi. Sistem LMM dengan ukuran alat 50 cm x 15 cm x 50 cm yang berisi blok tanah yang terdiri atas tanah vulkanik dicampur dengan arang, serbuk gergaji dan sisa besi dengan perbandingan 75: 10: 10: 5 dan dimanfaatkan untuk pengolahan limbah cair industri mie. Pada kondisi aerasi dan non aerasi, diperoleh efisiensi optimal penurunan TSS, BOD, COD, Tartrazin adalah 97,41%, 96,87%, 98,51%, 76,86%, dan 96,94%, 96,49%, 98,26%, 82,18% pada laju alir 10 mL/menit (Zein, et al., 2016). Metode kombinasi Lapisan Multi Media (LMM) dan Grease Trap untuk pengolahan limbah cair restoran menghasilkan efisiensi penyisihan minyak, nitrit, nitrat dan

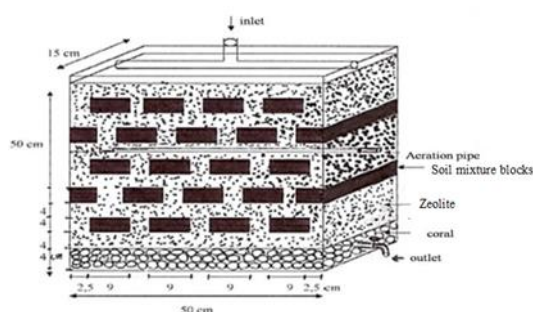
fosfat pada laju alir optimum 25 ml/min sebesar 100%, 86,44 %, 92,53 % dan 97,75 % untuk kondisi aerasi dan 100%, 64,21 %, 83,98 % dan 79,75 % untuk kondisi non aerasi (Zein, et al., 2016)

Mekanisme sistem LMM berlansung sebagai berikut. Pada saat limbah cair dimasukkan ke dalam sistem MSL, bahan organik dari air limbah pertama kali secara fisik dan kimia teradsorpsi pada tanah dan daerah permukaan spesifik zeolit dan selanjutnya didekomposisi oleh mikroorganismenya. Material organik ini dapat terurai menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ . Arang pada blok tanah juga berperan sebagai adsorben berbagai pencemar organik. Senyawa organik yang mengandung nitrogen organik (Org-N), sebagian teradsorpsi di tanah dan permukaan zeolit dan sebagian lagi diuraikan oleh mikroorganismenya menjadi ion ammonium ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ ). Dalam kondisi aerobik di lapisan perlit,  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  mengalami proses nitrifikasi dimana ion ammonium dioksidasi menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^--\text{N}$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ ) kemudian melepaskan ion hidrogen sehingga mengurangi pH sistem. Selanjutnya, Nitrat ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ ) dan nitrit ( $\text{NO}_2^--\text{N}$ ) masuk ke SMB dan mengalami proses denitrifikasi dengan kondisi anaerobik sehingga tereduksi menjadi gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), Nitrogen oksida ( $\text{NO}$ ) dan dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Proses ini membutuhkan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) sehingga pH sistem meningkat. Oleh karena itu, kondisi aerobik dan anaerobik pada sistem merupakan faktor terpenting yang mengendalikan efisiensi sistem MSL dalam menghilangkan N melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Bijih besi yang ditambahkan ke SMB menghasilkan ion ferri ( $\text{Fe}^{2+}$ ), yang kemudian masuk ke dalam lapisan perlit dan dioksidasi menjadi ion ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ), yang membantu dalam mengendapkan  $\text{PO}_4^{3-}$  dari limbah cair. Mengenai adhesi fosfat, ion divalen dari zat besi bahan di SMB larut dalam kondisi anaerobik dan dipindahkan ke permukaan SMB dan ke PL. Dalam lingkungan aerobik, ion divalen mengoksidasi menjadi ion trivalen, dan bereaksi dengan ion fosfat dalam air limbah, membentuk sedimen (Chen, et al., 2009) (Ho & Wang, 2015).



Gambar 2. Mekanisme Sistem LMM

Peralatan LMM untuk pengolahan limbah cair tahu (Zein, et al., 2017) dipasang menggunakan kotak akrilik dengan dimensi 50 cm (lebar) x 15 cm (panjang) x 50 cm (tinggi) yang terdiri atas blok tanah dari campuran tanah vulkanik, arang, serbuk besi, jerami padi yang dibungkus dengan kain strimin yang dibuat seperti pola bata dengan ukuran tinggi 4 cm, lebar 15 cm dan panjang 9 cm dengan volume isian 400 g perbandingan masing-masing 7,5 : 1 : 0,5 : 1 dan Lapisan Permeable (PL) zeolit dengan diameter 3-5 mm. Peralatan diinstal pada bulan Februari 2015 dan digunakan untuk pengolahan limbah cair industri tahu kemudian ditiadakan mulai bulan Oktober 2015. Proses pengolahan menghasilkan penurunan TSS, BOD, COD dan pH dalam air limbah tahu pada laju alir 15 mL / menit pada sistem aerobik masing-masing adalah 99,47%, 94,65%, dan 99,41% dan pH berubah dari 4,18 menjadi 6,79, sedangkan untuk sistem anaerob adalah 96,69%, 35,70%, 57,97% dan pH 4,18-4,62. Desain peralatan LMM dapat dilihat pada gambar 2 :



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Desain Sistem LMM (b) Blok Campuran Tanah

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk mengolah limbah cair industri tahu adalah sistem LMM, Pompa akuarium, pH meter, pengaduk magnetik, kertas saring whatman 42 milipore, botol winkler, neraca analitik, dirigen, buret, penangas/pemanas, spektrofotometer UV-Vis double beam shimadzu UV-1700, kuvet, tissue, oven suhu (103-105) 0C, dan alat-alat gelas kimia.

Bahan yang digunakan antara lain limbah cair dari salah satu industri tahu di Solok, Air suling, Kalium hidrogen ptalat ( $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$ ), Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), Natrium Azida ( $\text{NaN}_3$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )p.a, kalium antimonil tartrat, amonium molibdat, asam

askorbat, Sulfanilamida, N-(1-naphthyl)-ethylene diamine dihydrochloride (NED Dihidroklorida) , Natrium nitrit, Mangan ( II ) Sulfat (  $MnSO_4 \cdot H_2O$  ) , kalium dihidrogen fosfat ( $KH_2PO_4$ ), Kalium Dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ), natrium tiosulfat  $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$  , Amilum , Kalium iodida (KI) , indikator fenolftalin ,  $Ag_2SO_4$  ( Perak Sulfat ) ,  $HgSO_4$ , Asam Klorida ( HCl ) p.a , Kalium nitrat ( $KNO_3$ ),  $HgI_2$ , K.Na Tartarat, Kalium Permangan ( $KMnO_4$ ).

## Analisis Parameter

Untuk analisis semua parameter dilakukan menurut SNI : pH (SNI 06-6989.11-2004), TSS secara grafimetri (SNI 06-6989.3-2004), BOD secara titrimetri (SNI 06-6989.14-2004), COD secara titrimetri ( APHA,1995 ), Amonia secara spektrofotometri (SNI 06-2479-1991), Fosfat secara spektrofotometri (SNI 06-6989.31-2005), Nitrit secara spektrofotometri (SNI 06-6989.9-2004) dan Nitrat secara spektrofotometri (SNI 01-3554-2006)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Parameter pencemaran limbah cair awal (sebelum dialirkan ke peralatan LMM) dari industri tahu terlebih dahulu dianalisis untuk mengetahui karakteristik awal dari limbah cair. Hasil uji ini kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu pencemar limbah cair industri tahu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk mengetahui tingkat pencemaran dari limbah cair industri tahu.. Hasil uji dapat dilihat pada tabel 1 :

**Tabel 1. Analisa Parameter Pencemaran Limbah Cair tahu**

No	Parameter	Satuan	Limbah Awal	Per Men LH No. 5/2014
1	pH	-	4.34	6,0 – 9,0
2	TSS	mg/L	1949	200
3	BOD	mg/L	520	150
4	COD	mg/L	10200	300
5	Nitrat	mg/L	170,663	-
6	Nitrit	mg/L	0,358	-
7	Fosfat	mg/L	5,793	-
8	Amonia	mg/L	65.177	-

### 2. Pengaruh Sistem LMM Terhadap Limbah Cair Tahu

Pengaruh Sistem LMM terhadap karakteristik limbah cair tahu yang dioperasikan dalam kondisi aerasi dan non aerasi terhadap Limbah Cair tahu pada berbagai variasi laju alir dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh variasi laju alir limbah cair industri tahu pada sistem LMM secara Aerasi dan Non Aerasi

Parameter	pH		TSS (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)		Amonia (mg/L)		Nitrat (mg/L)		Nitrit (mg/L)		Fosfat (mg/L)	
	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA
Nilai Awal	4,34		1949		520		10200		65.177		170.663		0,358		5,793	
Laju Alir (mL/menit)																
15	7,2	6,02	95	389	32	72	388	2000	22,257	26,239	45,428	46,774	0,023	0,03	0,109	2,137
30	6,41	5,17	111	421	90	148	504	2160	25,133	33,097	46,774	49,172	0,044	0,047	0,558	2,482
60	5,65	4,92	150	429	128	154	516	2640	28,23	37,08	51,133	52,877	0,057	0,064	0,715	3,037
120	4,96	4,79	246	567	160	162	1300	2700	34,204	42,611	52,005	59,198	0,064	0,084	0,862	3,089
240	4,81	4,6	355	634	170	262	2240	3080	44,159	51,46	55,493	87,097	0,073	0,103	1,468	4,532

Ket :

A= Aerob; NA= Non Aerob

Sedangkan efisiensi penurunan konsentrasi kadar parameter limbah cair tahu setelah dilewatkan ke sistem LMM dapat kita lihat berdasarkan tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi Kinerja Sistem LMM pada berbagai variasi laju alir secara Aerasi dan Non Aerasi terhadap Limbah Cair tahu dalam %

Parameter	TSS		BOD		COD		Amonia		Nitrat		Nitrit		Fosfat	
	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA
Laju Alir (mL/menit)														
15	95,13	80,04	93,85	86,15	96,2	80,39	65,85	59,74	73,49	72,59	93,6	91,6	98,12	63,1
30	94,3	78,4	82,69	71,54	95,06	78,82	61,44	49,22	72,59	71,19	87,6	86,8	90,36	57,15
60	92,3	77,99	75,38	70,38	94,94	74,12	56,69	43,11	70,04	69,02	84	82	87,65	47,58
120	87,38	70,91	69,23	68,85	87,25	73,53	47,52	34,62	69,53	65,31	82	76,4	85,13	46,68
240	81,79	67,47	67,31	49,62	78,04	69,8	32,25	21,05	67,48	48,97	79,6	71,2	74,66	21,77

Berdasarkan hasil, diketahui bahwa laju alir sangat berpengaruh pengolahan limbah cair. Efisiensi penurunan kadar parameter pencemaran limbah dengan laju alir limbah cair tahu berbanding terbalik dimana semakin rendah laju alir maka persentase penurunan kadar parameter pencemaran semakin besar. Semakin tingginya efisiensi reduksi kadar parameter limbah cair tahu dengan berkurangnya laju alir, terjadi karena dengan semakin rendahnya laju alir maka waktu kontak limbah cair dengan sistem LMM lebih lama. Hal ini menyebabkan laju dekomposisi oleh mikroorganisme pada lapisan campuran tanah dan zeolit 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 (Zein, et al., 2017)

### **Kondisi pH limbah cair industri tahu sebelum dan setelah dialirkan ke sistem LMM**

Perubahan pH optimal pada kondisi aerasi diperoleh nilai 7,2 dan non aerasi 6,02 dengan laju alir 15 ml/menit dari nilai awal 4,34 . Kenaikan pH disebabkan tanah memiliki kemampuan penetrasi atau buffering dimana dalam kondisi asam maka akan terjadi pertukaran kation asam dengan kation basa dan sebaliknya disebabkan kemampuan pertukaran kation pada tanah dan zeolite (K.A, 2005). Ketika limbah cair tahu melewati sistem LMM, bahan organik yang terkandung didalamnya memasuki permukaan agregat tanah dan mengalami mekanisme fisik atau kimia. Mikroorganisme yang hidup di dalam sistem LMM mendekomposisi bahan organik, mengubah sebagian N-Organik di limbah cair menjadi ammonium ( $\text{NH}_4^{+-\text{N}}$ ). Jumlah ammonium diserap oleh campuran blok tanah dan PL. Pada kondisi aerob, terjadi proses nitrifikasi dimana oksigen mengoksidasi  $\text{NH}_4^{+-\text{N}}$  menjadi nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) dan melepaskan ion hidrogen yang menyebabkan pH sistem menjadi berkurang. Pada kondisi anaerob,  $\text{NO}_2\text{-N}$  dan  $\text{NO}_3\text{-N}$  mengalami denitrifikasi dimana  $\text{NO}_2\text{-N}$  dan  $\text{NO}_3\text{-N}$  direduksi menjadi nitrogen ( $\text{N}_2$ ), nitro oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dan oksida nitrat ( $\text{NO}$ ). Proses reaksi membutuhkan ion hidrogen, sehingga dengan demikian pH sistem kembali naik. (Ho & Wang, 2015).

### **Analisis TSS**

Hasil pengurangan optimal konsentrasi TSS diperoleh pada kondisi aerasi dengan efisiensi sebesar 95,13% dan Non Aerasi 80,04 % pada laju alir 15 ml/menit. Sistem LMM yang tersusun dari PL berupa perlite dan SMB, memiliki pori-pori yang dapat mengikat zat padat tersuspensi yang melewatinya. Efisiensi pengurangan TSS terlihat berbanding terbalik dengan kecepatan laju alir dimana semakin tinggi laju alir maka semakin menurun efisiensi pengurangan TSS. Hal ini disebabkan padatan tersuspensi lebih efektif difiltrasi oleh sistem LMM jika mengalir secara perlahan karena durasi kontak antara padatan tersuspensi dengan sistem LMM menjadi lebih lama (Luanmanee, et al., 2002)

### **Analisis BOD dan COD**

Efisiensi optimal penurunan kadar BOD diperoleh pada laju alir 15 mL/menit sebesar 93,85% pada kondisi aerasi dan 86,15% pada kondisi Non Aerasi. Sedangkan efisiensi pengurangan kadar COD optimal diperoleh 96,2 % pada kondisi aerasi dan 80,39% pada kondisi non aerasi. Partikel atau kontaminan organik dalam limbah cair tahu akan terfiltrasi ketika memasuki lapisan luar sistem LMM. Pada lapisan permukaan blok campuran tanah, terjadi proses degradasi senyawa organik dari limbah cair industri tahu oleh mikro organisme aerob dan an-aerob. Material organik limbah cair tersebut diadsorpsi dalam lapisan atas campuran tanah dan arang serta permukaan perlite. Sedangkan pada lapisan blok campuran tanah, terjadi proses absorpsi di zona anaerob. Mikroorganisme di dalam tanah dan di dalam biofilm yang terbentuk pada perlite mendekomposisi material organik teradsorpsi dan terabsorpsi tersebut. Berkurangnya bahan organik didalam limbah cair tahu mengurangi jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dan menurunkan nilai BOD dan COD.



Efisiensi pengurangan konsentrasi bahan organik secara aerasi lebih baik daripada non aerasi karena aerasi meningkatkan kerja mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik di lapisan permukaan blok campuran tanah (An, et al., 2016).

### **Analisis Nitrat, Nitrit Dan Amonia.**

Efisiensi penurunan kadar amonia, nitrit dan nitrat secara optimal diperoleh pada laju alir 15 mL/menit berturut-turut sebesar 65,85%, 73,49% dan 93,6 % pada kondisi aerasi dan 59,74%, 72,59% dan 91,6% pada kondisi non aerasi. Ketika memasuki lapisan permeable ( PL ), amonia diubah menjadi nitrit melalui nitrifikasi oleh mikroorganisme di PL yang berada di zona aerobik. Nitrit yang terbentuk selanjutnya teroksidasi menjadi nitrat yang lebih stabil . Pada blok campuran tanah ( SMB ), nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi oleh mikroorganisme dalam kondisi zona anaerob dimana  $\text{NO}_3^-$  - secara biologi di reduksi menjadi bentuk gas seperti molekul  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ , dan  $\text{N}_2\text{O}$ . Efisiensi penurunan kadar nitrat, nitrit dan amonia semakin optimal pada kondisi aerasi dan lajur alir yang semakin lambat (Sato, et al., 2011). Selain itu, zeolite pada PL yang memiliki kapasitas pertukaran kation ( KTK ) mengikat ion ammonium yang teradsorpsi melalui mekanisme pertukaran ion (Banon & Suharto, 2008).

### **Analisis Fosfat.**

Efisiensi penurunan kadar fosfat secara optimal diperoleh pada laju alir 15 mL/menit sebesar 98,12% pada kondisi aerasi dan 63,1% pada kondisi non aerasi. Ion fosfat yang berasal dari penguraian bahan organik dari limbah cair tahu mengalami mekanisme pertukaran ligan dengan hidroksida pada Fe (III) hidroksida yang bersumber dari bijih besi membentuk endapan  $\text{FePO}_4$  dengan ion besi (Sato, et al., 2011). Efisiensi optimal diperoleh pada kondisi aerasi disebabkan suplai oksigen kedalam sistem bertambah sehingga oksidasi bijih besi untuk membentuk ion besi yang berperan dalam pengendapan fosfat semakin banyak sehingga meningkatkan kinerja sistem LMM (Brennan & McBean, 2011).

#### **Studi Kapasitas Sistem LMM**

Sistem LMM yang sudah digunakan dan didiamkan selama dua ( 2 ) tahun yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian R, Zein et al ( 2017 ) (Zein, et al., 2017) menggunakan material-material penyusun reaktor LMM sebagai berikut :

a. Lapisan permeabel

Material yang mengisi lapisan permeabel dalam alat LMM adalah perlit.

b. Blok campuran tanah

Material yang menyusun adalah campuran dari tanah vulkanik, serbuk besi, jerami padi dan arang

Perbandingan kinerja sistem LMM awal dengan yang telah didiamkan selama dua (2) tahun terhadap pengolahan limbah cair tahu pada kondisi optimal laju alir 15 ml/menit dapat dilihat pada tabel 4 :

**Tabel 4. Perbandingan Pengaruh Sistem LMM yang telah digunakan dan didiamkan selama dua (2) tahun terhadap karakteristik limbah cair tahu**

Kondisi	Parameter							
	$\Delta$ pH		TSS ( % )		BOD ( % )		COD ( % )	
	Aerasi	Non Aerasi	Aerasi	Non Aerasi	Aerasi	Non Aerasi	Aerasi	Non Aerasi
awal	2,61	0,44	99,47	96,69	94,65	35,70	99,41	57,97
2 tahun	2,86	1,68	95,13	80,04	93,85	86,15	96,2	80,39

Berkurangnya kemampuan reaktor LMM yang sudah didiamkan selama dua ( 2 ) tahun dalam menurunkan kadar TSS limbah cair tahu diduga akibat terjadinya clogging di dalam reaktor yang timbul karena adanya bahan organik sisa dari limbah cair tahu dari penelitian sebelumnya yang mengendap pada permukaan reaktor LMM. Selain itu, bakteri pada permukaan yang hidup, lama kelamaan akan mati sesuai dengan fase hidup bakteri atau akan mati karena cadangan makanan bagi bakteri sudah tidak tersedia lagi. Ketika bakteri mati, maka akan menjadi lumpur dan mengendap. Endapan yang terbentuk ini menyebabkan berkurangnya kemampuan reaktor LMM dalam mengadsorpsi dan memfiltrasi partikel-partikel padat tersuspensi dalam limbah cair tahu.

Sistem LMM terdiri dari zona aerob dan zona anaerob. Zona aerob terjadi pada lapisan batuan (kerikil) dan di antara lapisan batuan dengan balok tanah, sedangkan zona anaerob terjadi pada lapisan campuran tanah (Luanmanee , et al., 2001). Hasil percobaan memperlihatkan pada kondisi aerasi terjadinya penurunan efisiensi sedangkan pada kondisi non aerasi menunjukkan kenaikan efisiensi. Hal ini menunjukkan terjadinya penurunan kinerja mikroorganisme pada kondisi aerob dan peningkatan pada kondisi anaerob. Pada kondisi aerob, diperkirakan terjadinya penurunan jumlah mikroorganisme aerob akibat kematian sesuai dengan fase hidup mikroorganisme atau akan mati karena cadangan makanan yang bersumber dari limbah cair industri tahu pada penelitian sebelumnya bagi mikroorganisme sudah tidak tersedia lagi.

Populasi mikroorganisme di dalam tanah dipengaruhi oleh faktor ketersediaan makanan. Bahan organik merupakan sumber energi dan bahan makanan bagi mikroorganisme yang hidup di dalam tanah. Semakin banyak bahan organik, maka semakin banyak mikroorganisme yang hidup dalam tanah. Mikroorganisme tanah saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik di dalam tanah karena bahan organik menyediakan karbon sebagai sumber untuk tumbuh sehingga total mikroorganisme tanah tinggi dan aktivitas mikroorganisme juga tinggi. (Mulyani, et al., 1991),

Hal yang sebaliknya, terjadi pada kondisi anaerob dimana diperkirakan terjadi pertumbuhan jumlah mikroorganisme yang bersifat anaerob dikarenakan adanya sumber makanan yang sudah ditambahkan kedalam blok campuran tanah yakni jerami padi. Kandungan selulosa yang tinggi dalam jerami dapat meningkatkan aktivitas mikroba sebagai sumber asupan makanan dan sumber hidrogen selama proses denitrifikasi didalam metoda LMM (Chen, et al., 2009)

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Peralatan Lapisan Multi Media (LMM) yang diinstal kemudian digunakan untuk pengolahan limbah cair industri tahu di Payakumbuh kemudian ditinggalkan selama 2 tahun dan digunakan kembali untuk pengolahan limbah cair industri tahu di Solok menunjukkan bahwa komposisi tanah dan perlit yang digunakan pada LMM ini masih dapat berfungsi dengan baik untuk menurunkan nilai pH, TSS, BOD, COD, fosfat, Nitrit, Nitrat dan Amonia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan Kementerian Kesehatan RI atas bantuan dana penelitian sehingga artikel ilmiah ini dapat terwujud

## DAFTAR PUSTAKA

- 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*, Volume 12, pp. 3362-3380.
- Zein, R. et al., 2016. Peat Water Treatment by Using Multi Soil Layering (MSL) Method. *Der Pharma Chemica*, 8(12), pp. 254-261.
- Alimsyah, A. & Damayanti, . A., 2013. Penggunaan Arang Tempurung Kelapa Dan Enceng Gondok Untuk Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Variasi Konsentrasi. *Jurnal Teknik PPOMITS*, 2(1).
- An, C., E, M., G.H, H. & Y, Y., 2016. Multi-Soil-Layering Systems for Wastewater Treatment in Small and Remote Communities. *Environmental Informatics*, 27(2), pp. 131-144.
- Banon, C. & Suharto, T. . E., 2008. Adsorpsi Amoniak Oleh Adsorben Zeolit Alam Yang Diaktivasi Dengan Larutan Amonium Nitrat. *Jurnal Gradien* , 4(2 ) , pp. 354-360.
- Brennan, R. & McBean, E., 2011. A performance assessment of arsenic-iron removal plants in the Manikganj District of Bangladesh. *Journal of Water and Health* , 9(2), pp. 317-329.
- Chen, X. et al., 2009. An introduction of a multi-soil-layering system: a novel green technology for wastewater treatment in rural areas. *Water and Environment Journal*, Volume 23, p. 255–262.
- Haerun, R., Mallongi, A. & Natsir, M. F., 2018. Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, 1(2).
- K.A, H., 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- 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* , Volume 18 , p. 185–199.