

**TUGAS AKHIR**

**PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK METODE *MULTI SOIL*  
*LAYERING* DENGAN VARIASI *HYDRAULIC LOADING RATE* (HLR)  
DAN MATERIAL ORGANIK PADA KONDISI ANAEROB**



**TENRI DENDRA BATARA YUSWANDA**

**D131 17 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**

**TUGAS AKHIR**

**PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK METODE *MULTI SOIL*  
*LAYERING* DENGAN VARIASI *HYDRAULIC LOADING RATE* (HLR)  
DAN MATERIAL ORGANIK PADA KONDISI ANAEROB**

Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana S1  
Teknik Lingkungan pada Program Studi Teknik Lingkungan



**TENRI DENDRA BATARA YUSWANDA**

**D131 17 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**



## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Judul : **Pengolahan Limbah Domestik Metode *Multi Soil Layering* dengan Variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) dan Material Organik pada Kondisi Anaerob**

Disusun Oleh :

Nama : **Tenri Dendra Batara Yuswanda D131171001**

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 13 April 2022

Pembimbing I

**Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.**  
NIP.195901161987021001

Pembimbing II

**Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.**  
NIP.197506232015042001

Menyetujui,  
Kepala Departemen Teknik Lingkungan



**Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.**  
NIP.197204242000122001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tenri Dendra Batara Yuswanda

NIM : D131 17 1001

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul **“Pengolahan Limbah Domestik Metode *Multi Soil Layering* dengan Variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) dan Material Organik pada Kondisi Anaerob”** adalah hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari penulis sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan di manapun.

Tugas Akhir ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam Tugas Akhir ini dan berasal dari penulisan lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam Tugas Akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan/atau hasil temuan Tugas Akhir ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Gowa, 18 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



**Tenri Dendra Batara Yuswanda**

D131 17 1001

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wata'ala karena atas rahmat, hidaya dan izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul : **Pengolahan Limbah Domestik Metode *Multi Soil Layering* dengan Variasi *Hydraulic Loading Rate (HLR)* dan Material Organik pada Kondisi Anaerob.** Shalawat serta salam penulis curahkan kepada junjungan kita, Rasulullah SAW, yang telah mengantar umat manusia menuju masa yang terang benderang.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada jenjang Stara-1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari banyak kesulitan yang dihadapi selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan bimbingan, nasehat dan doa dari segala pihak, membuat penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada kedua orang tua penulis yakni Bapak Muh. Yunus dan Ibu Waliningsih yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan dan sebagainya yang tidak bisa penulis ungkapkan semuanya.

Pada kesempatan ini pula, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu M.A., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. dan Bapak Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, S.T., M.Arch., Ph.D. selaku Dekan dan Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T.,M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan penulis selama penyelesaian tugas akhir.

5. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan penulis selama penyelesaian tugas akhir.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan dan Departemen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan masukan terhadap tugas laporan ini.
7. Pak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang membantu penulis selama penelitian yang dilakukan di Laboratorium.
8. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin terkhusus Ibu Sumi dan Pak Olan yang telah banyak membantu penulis dalam proses administrasi.
9. Teman-teman Lab Riset Kualitas Air (Irsyaad, Eko, Juan, Ziqhran, Alifah, Rara, Firdha, Jijah, Azizah, Ncus, Putri, Fhyphi dan Afni) yang selalu menghibur serta terus memberikan bantuan kepada penulis.
10. Penghuni Mukim, Alipah, Icr dan Juan yang selalu bersedia direpotkan penulis dan telah banyak membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir.
11. Teman-teman se-PLASTIS 2018 (SIPIL & LINGKUNGAN 2017) yang telah sama-sama berjuang dari awal *till the end*.

Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat untuk perkembangan dalam bidang ilmu pengetahuan.

Gowa, 17 Desember 2021

Penulis

## ABSTRAK

TENRI DENDRA BATARA YUSWANDA. *Pengolahan Limbah Domestik Metode Multi Soil Layering dengan Variasi Hydraulic Loading Rate (HLR) dan Material Organik pada Kondisi Anaerob.* (dibimbing oleh Achmad Zubair dan Roslinda Ibrahim).

Air limbah domestik merupakan penghasil air limbah terbesar di Indonesia yang berasal dari sisa-sisa aktivitas rumah tangga. Kandungan berbahaya seperti *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Total Suspended Solid (TSS)*, Minyak dan Lemak yang terdapat pada air limbah dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia dan dapat menyebabkan kehidupan di dalam air akan terganggu seperti tumbuhan air dan hewan-hewan yang hidup di dalamnya. Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan limbah domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering (MSL)*. Sistem MSL merupakan metode pengolahan limbah cair yang memanfaatkan kemampuan tanah sebagai media utama dan beberapa media lain seperti zeolit, kerikil, arang, dan serbuk gergaji yang dibentuk dalam suatu pola susunan pola bata bertingkat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas material organik dalam sistem MSL dengan *Hydraulic Loading Rate (HLR)* yang berbeda terhadap penyisihan kadar pencemaran air limbah domestik. Dengan variabel bebas yakni variasi campuran tanah dengan serbuk gergaji (M1) dan campuran tanah dengan arang (M2) dan juga variasi *Hydraulic Loading Rate* yakni HLR 500 L/m<sup>2</sup>.hari (H1), 750 L/m<sup>2</sup>.hari (H2), 1000 L/m<sup>2</sup>.hari (H3). Karakteristik dari air limbah domestik diantaranya adalah pH 6, BOD 236 mg/L, COD 514 mg/L, TSS 114 mg/L, Minyak dan Lemak 8200 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi terbaik dalam penyisihan kadar pencemar yakni campuran tanah dengan arang (M2) dan HLR 500 L/m<sup>2</sup>.hari (H1), dengan efisiensi rata-rata dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak berturut turut adalah 86,39%, 78,29%, 86,56% dan 79,60%.

**Kata Kunci :** *Multi Soil Layering, Hydraulic Loading Rate, Limbah Cair Domestik*

## ABSTRACT

TENRI DENDRA BATARA YUSWANDA. *Domestic Waste Treatment with Multi Soil Layering Method with Variation of Hydraulic Loading Rate (HLR) and Organic Materials in Anaerobic Conditions.* (guided by Achmad Zubair and Roslinda Ibrahim).

Domestic wastewater is the largest producer of wastewater in Indonesia which comes from the remnants of household activities. Hazardous content such as Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), Oil and Fat contained in wastewater can cause health problems for humans and can cause life in the water to be disrupted such as aquatic plants. and the animals that live in it. In this study, domestic waste treatment was carried out using the Multi Soil Layering (MSL) method. The MSL system is a wastewater treatment method that utilizes the ability of soil as the main medium and several other media such as zeolite, gravel, charcoal, and sawdust which are formed in a multilevel brick pattern.

This study aims to determine the effectiveness of organic material in the MSL system with different Hydraulic Loading Rates (HLR) on the removal of domestic waste water pollution levels. The independent variables are the variation of soil mixture with sawdust (M1) and soil mixture with charcoal (M2) and also variations of Hydraulic Loading Rate namely HLR 500 L/m<sup>2</sup>.day (H1), 750 L/m<sup>2</sup>.day (H2), 1000 L/m<sup>2</sup>.day (H3). The characteristics of domestic wastewater include pH 6, BOD 236 mg/L, COD 514 mg/L, TSS 114 mg/L, Oil and Fat 8200 mg/L. The results showed that the best variation in the removal of pollutant levels was a mixture of soil with charcoal (M2) and HLR 500 L/m<sup>2</sup>.day (H1), with the average efficiency in reducing BOD, COD, TSS, Oil & Fat levels, respectively. 86.39%, 78.29%, 86.56% and 79.60%.

**Keywords** : Multi Soil Layering, Hydraulic Loading Rate, Domestic Wastewater.



## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup	5
F. Sistematika Penulisan	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>
A. Limbah Cair	7
B. Metode Pengolahan Air Limbah	13
C. Alternatif Pengolahan Air Limbah	16
D. Metode <i>Multi Soil Layering</i>	16
E. Material <i>Multi Soil Layering</i>	18
F. Mekanisme <i>Multi Soil Layering</i>	20
G. Siklus Oprasi <i>Multi Soil Layering</i>	22
H. Keuntungan dan Kekurangan Sistem MSL	24
I. Tanah Andosol	24
J. Zeolit	27
K. Jurnal Penelitian Terdahulu	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>38</b>
A. Rancangan Penelitian	38
B. Matriks Penelitian	39
C. Lokasi dan Waktu Penelitian	39

D. Alat dan Bahan	40
E. Populasi dan Sampel	40
F. Pelaksanaan Penelitian	40
G. Teknik Pengumpulan Data	50
H. Teknik Analisis	51
I. Diagram Alir Penelitian	52
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	54
A. Karakteristik Air Limbah Domestik	54
B. Pengaruh Variasi Material Organik	55
C. Pengaruh Variasi <i>Hydraulic Loading Rate</i>	68
D. Pengaruh Interaksi antara Material Organik dan HLR	80
E. Efisiensi Penyisihan Air Limbah Domestik Setiap Waktu Pengamatan	83
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	87
A. Kesimpulan	87
B. Saran	88
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## **DAFTAR TABEL**

<b>nomor</b>	<b>halaman</b>
1. Baku Mutu Air Limbah Domestik	13
2. Kelebihan dan Keterbatasan Pengolahan Air Limbah Secara Anaerob	14
3. Kelebihan dan Keterbatasan Pengolahan Air Limbah Kolam Stabilisasi	14
4. Kelebihan dan Keterbatasan Pengelolaan Air Limbah dengan Kolam Tumbuhan Air	15
5. Kelebihan dan Keterbatasan Pengolahan Air Limbah dengan Rawa Buatan	16
6. Perbandingan Alternatif Pengolahan Limbah	16
7. Jurnal Terdahulu yang Relevan dengan Penelitian	31
8. Matriks Penelitian	39
9. Pengolahan Data	51
10. Karakteristik Air Limbah Domestik	54
11. Hasil Pengujian Parameter pH	55
12. Hasil Pengujian Parameter BOD	57
13. Analisis Pengaruh Variasi Material Organik Parameter BOD	57
14. Hasil Pengujian Parameter COD	60
15. Analisis Pengaruh Variasi Material Organik Parameter COD	60
16. Hasil Pengujian Parameter TSS	62
17. Analisis Pengaruh Variasi Material Organik Parameter TSS	63
18. Hasil Pengujian Parameter Minyak & Lemak	65
19. Analisis Pengaruh Variasi Material Organik Parameter Minyak & Lemak	65
20. Hasil Pengujian Parameter pH	68
21. Hasil Pengujian Parameter BOD	69
22. Analisis Pengaruh Variasi HLR Parameter BOD	70
23. Hasil Pengujian Parameter COD	72
24. Analisis Pengaruh Variasi HLR Parameter COD	73
25. Hasil Pengujian Parameter TSS	74
26. Analisis Pengaruh Variasi HLR Parameter TSS	75
27. Hasil Pengujian Parameter Minyak & Lemak	77

<b>28.</b> Analisis Pengaruh Variasi HLR Parameter Minyak & Lemak	78
<b>29.</b> Analisis Pengaruh Interaksi antara Material Organik dan <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter BOD	80
<b>30.</b> Analisis Pengaruh Interaksi antara Material Organik dan <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter COD	81
<b>31.</b> Analisis Pengaruh Interaksi antara Material Organik dan <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter TSS	81
<b>32.</b> Analisis Pengaruh Interaksi antara Material Organik dan <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter Minyak & Lemak	82

## DAFTAR GAMBAR

<b>nomor</b>	<b>halaman</b>
1. Skema <i>Multi Soil Layering</i>	21
2. Reaktor <i>Multi Soil Layering</i>	42
3. Sketsa Perletakan Reaktor	43
4. Proses Aklimatisasi	44
5. Pengujian pH	45
6. Pengujian BOD	45
7. Pengujian COD	46
8. Pengujian TSS	47
9. Pengujian Minyak & Lemak	48
10. Diagram Alir Penelitian	52
11. Variasi Material Organik Parameter BOD	59
12. Variasi Material Organik Parameter COD	61
13. Variasi Material Organik Parameter TSS	64
14. Variasi Material Organik Parameter Minyak & Lemak	67
15. Variasi <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter BOD	71
16. Variasi <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter COD	73
17. Variasi <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter TSS	76
18. Variasi <i>Hydraulic Loading Rate</i> Parameter Minyak & Lemak	79
19. Efisiensi Pengolahan pada Hari Parameter BOD	83
20. Efisiensi Pengolahan pada Hari Parameter COD	84
21. Efisiensi Pengolahan pada Hari Parameter TSS	85
22. Efisiensi Pengolahan pada Hari Parameter Minyak & Lemak	86

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Pertumbuhan penduduk di Indonesia yang begitu cepat terutama di wilayah perkotaan karena arus urbanisasi perkotaan yang terus mengalami peningkatan. Menurut Badan Pusat Statistika (BPS) pada hasil Sensus Penduduk 2020 mencatat jumlah penduduk sebesar 270,20 juta jiwa. Jumlah penduduk hasil 2020 bertambah 32,56 juta jiwa dibandingkan hasil Sensus Penduduk 2010. Laju pertumbuhan penduduk per Tahun selama 2010 sampai 2020 rata-rata sebesar 1,25 persen. Pertumbuhan penduduk yang tinggi sebenarnya dapat memberikan dampak positif, diantaranya dapat menjadi unsur penting dalam usaha untuk meningkatkan produksi dan mengembangkan kegiatan ekonomi dengan ketersediaan tenaga kerja yang melimpah. Tetapi pertumbuhan penduduk yang tinggi juga akan menimbulkan dampak negatif, salah satunya yaitu permasalahan lingkungan.

Bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia meningkatkan pula jumlah kebutuhan air bersih, yang mempengaruhi ketersediaan air bersih di Indonesia. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, menyebutkan bahwa saat ini ketersediaan air bersih kurang dari 70% di daerah perkotaan. Tidak dapat dipungkiri bahwa air bersih merupakan kebutuhan utama bagi setiap manusia yang merupakan konsumsi serta kebutuhan pada berbagai aktivitas seperti sosial dan ekonomi. Akan tetapi setiap tahunnya ketersediaan air bersih semakin menurun dikarenakan banyaknya sungai yang tercemar akibat pembuangan air limbah ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Penghasil limbah cair terbesar di Indonesia berasal dari sisa-sisa aktivitas rumah tangga yang dikenal sebagai air limbah domestik. Air limbah domestik merupakan sumber utama pencemar di sungai, dikarenakan hasil buangan dari kegiatan rumah tangga langsung di alirkan ke saluran drainase yang kemudian mengalir menuju sungai. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Tahun 2017,

terdapat kenaikan jumlah pencemaran sungai di Indonesia dalam kurun waktu 2015-2016. Kenaikan jumlah status sungai cemar sedang dari 9 menjadi 11 sungai dan jumlah status sungai cemar berat dari 14 menjadi 19 sungai. Tercemarnya air sungai dapat menyebabkan masalah serius seperti merusak estetika, daya dukung lingkungan, perekonomian dan kesehatan. Kandungan berbahaya seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Minyak & Lemak, *Fecal Coli*, dan *Total Coli* yang terdapat pada air limbah dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia yang mengonsumsinya dan juga dapat menyebabkan kehidupan di dalam air akan terganggu seperti tumbuhan air dan hewan-hewan yang hidup di dalamnya.

Sumber pencemaran limbah domestik tersebut adalah *black water* berupa air kakus dan *grey water* berupa air bekas mandi, air bekas cuci pakaian, dan air bekas aktivitas di dapur. Limbah *black water* mengandung banyak mikroorganisme yang memberikan kontribusi terhadap tingginya parameter *Fecal Coli* dan *Total Coli*. Sedangkan, air limbah *grey water* mengandung detergen seperti pemutih, pewangi dan juga mengandung bahan organik. Limbah *grey water* ini memberikan kontribusi terhadap tingginya parameter BOD, COD dan TSS.

Berbagai teknik pengolahan limbah cair telah dikembangkan. Namun, masing-masing teknik pengolahan limbah cair ini memiliki kekurangan dan kelebihan. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan proses fisika, kimia dan biologi. Salah satu alternatif pengolahan air limbah memiliki kelebihan dengan biaya rendah adalah pengolahan limbah secara alami dengan menggunakan tanah. Namun, aplikasi pemanfaatan tanah sebagai metoda pengolahan limbah cair secara konvensional memiliki keterbatasan yaitu penyumbatan (*clogging*), distribusi limbah cair tidak merata dan tidak efektif dalam proses nitrifikasi/denitrifikasi, dan membutuhkan areal tanah yang luas jika dibandingkan sistem modern (Wakatsuki, *et al.*, 1993 dalam Salmariza dkk, 2011). Pengolahan air limbah domestik menggunakan sistem *Multi Soil Layering* (MSL) merupakan alternatif pilihan yang memaksimalkan fungsi tanah dalam proses pengolahan air.

Sistem *Multi Soil Layering* (MSL) merupakan metoda pengolahan limbah cair yang memanfaatkan kemampuan tanah sebagai media utama dalam

menyisihkan parameter pencemar dan meningkatkan kemampuan tanah tersebut dengan memperbaiki strukturnya (Lahdib, 2016). *Multi Soil Layering* (MSL) juga dikenal sederhana, mudah dari segi pengoperasian dan pengontrolannya, serta bersifat ramah lingkungan, karena menggunakan bahan-bahan alam dan mudah didapatkan. Sistem MSL meningkatkan kemampuan tanah untuk memfasilitasi pengolahan air limbah dengan kombinasi blok campuran tanah secara bergantian pola seperti lapisan bata dengan lapisan antar zeolit dirancang untuk mengurangi penyumbatan di dalam sistem.

Metode MSL ini telah diuji untuk pengolahan limbah cair di beberapa negara, seperti di Jepang oleh Wakatsuki *et al*, 1993; Masunaga *et al*, 2007, di Thailand oleh Attananda *et al*, 2000 dan di Indonesia oleh Shinta *et al*, 2012. Hasil yang didapatkan secara keseluruhan cukup memuaskan (Kasman, 2004 dalam Shinta *et al*, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Salmariza, dkk (2011) bahwa *Multi Soil Layering* (MSL) untuk mengolah air limbah industri *edible oil* dapat menurunkan parameter BOD sebesar 88-99%, parameter COD sebesar 77-88% dan untuk parameter TSS sebesar 60-80%.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian terkait “Pengolahan Air Limbah Domestik *Metode Multi Soil Layering* dengan Variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) dan Material Organik Pada Kondisi Anaerob” dalam skala laboratorium sehingga kedepannya dapat dikembangkan untuk mencapai efisiensi tinggi dan dapat dimanfaatkan secara komersial.



## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pada latar belakang pada penelitian ini maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah :

1. Bagaimana karakteristik sampel air limbah domestik yang digunakan dalam Penelitian?
2. Bagaimana perbandingan efektivitas material organik campuran tanah dengan arang dan campuran tanah dengan serbuk gergaji dalam penyisihan pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak?
3. Bagaimana pengaruh *Hydraulic Loading Rate* (HLR) terhadap efisiensi penyisihan pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis karakteristik sampel air limbah domestik yang digunakan dalam Penelitian.
2. Menganalisis perbandingan efektivitas material organik campuran tanah dengan arang dan campuran tanah dengan serbuk gergaji dalam penyisihan pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak
3. Menganalisis pengaruh *Hydraulic Loading Rate* (HLR) terhadap efisiensi penyisihan pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak.

## **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis :  
Sebagai kontribusi dalam melaksanakan penelitian sebagai bagian dari kewajiban Tri Dharma Perguruan Tinggi serta merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi sarjana di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

2. Bagi Universitas :

Dapat dijadikan sebagai referensi bagi mahasiswa yang berada di Departemen Teknik lingkungan khususnya yang mengambil Laboratorium Riset Kualitas Air dalam pengerjaan tugas maupun penyusunan tugas akhir.

3. Bagi masyarakat :

Memberikan pengetahuan kepada masyarakat mengetahui manfaat pengolahan air limbah domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL).

### **E. Ruang Lingkup**

Adapun ruang lingkup dari pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan berupa penelitian eksperimental pada skala laboratorium.
2. Bahan utama yang digunakan dalam *Multi Soil Layering* (MSL) adalah tanah andosol, arang, serbuk gergaji, zeolit dan kerikil.
3. Sampel air limbah domestik yang digunakan adalah limbah *grey water* dan *black water* di Perumahan Pao-Pao Permai.
4. Variabel yang digunakan adalah material organik campuran tanah dan *Hydraulic Loading Rate* (HLR).
5. Parameter yang akan di pantau adalah pH, BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak.

## **F. Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang mencakup lingkup bahasan tersendiri. Adapun sistematika penulisan untuk mendapatkan arah dan gambaran penelitian ini sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, identifikasi permasalahan objek, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Dalam bab ini membahas mengenai teori-teori yang akan digunakan dalam penyelesaian masalah yang diteliti.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Dalam bab ini diuraikan kerangka fikir, ruang lingkup, metode pengumpulan data, dan Analisa data pada permasalahan yang diteliti.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini membahas mengenai penyajian data-data hasil penelitian yang diteliti di lakukan , Analisa data, hasil analisis dan pembahasannya.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini mencakup hal-hal yang menjadi kesimpulan beserta saran yang terkait dengan materi penyusunan laporan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Air Limbah**

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016, air limbah yaitu air sisa dari suatu hasil usaha dan/atau kegiatan. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perniagaan, perkantoran, apartemen dan asrama. Beberapa bentuk dari air limbah berupa air seni, tinja, limbah kamar mandi dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga. Banyaknya jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air yang akan dibuang berlebihan melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka, akan terjadi kerusakan lingkungan (Retno, 2011).

Dampak negatif yang dapat ditimbulkan air limbah yaitu gangguan terhadap kesehatan manusia yang di sebabkan oleh kuman penyebab penyakit seperti bakteri, virus, parasit, protozoa penyebab utama terjadinya infeksi penyakit. Gangguan terhadap keseimbangan ekosistem yang dapat merusak tanaman karena tercemarnya tanah dan meruka binatang dan biota yang hidup di perairan disebabkan oleh munculnya nutrien yang berlebihan ke dalam ekosistem air, sedangkan gangguan terhadap estetika berupa bau, dan rasa.

#### **1. Sumber Air Limbah**

Menurut Eddy (2008), terbentuknya aliran air limbah bergantung pada cakupan pelayanan dan sistem pengumpulan yang digunakan. Air limbah berasal dari beberapa sumber diantaranya:

a) Air limbah domestik atau rumah tangga (*domestic wastewater*)

Air limbah yang berasal dari perumahan, perkantoran, perdagangan, dan fasilitas yang sejenis. Air limbah rumah tangga adalah air limbah yang tidak

mengandung ekskreta manusia dan dapat berasal dari buangan kamar mandi, dapur, air cuci pakaian, dan lain-lain yang mungkin dapat mengandung mikroorganisme patogen. Air limbah rumah tangga merupakan sumber utama pencemaran di perkotaan. Volume air limbah rumah tangga bergantung pada volume pemakaian air penduduk setempat (Askari, 2015).

b) Air limbah industri (*Industrial wastewater*)

Air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses pembentukan atau produksi yang dihasilkan industri tersebut maupun proses lainnya. Adanya zat-zat yang terkandung di dalam air limbah tersebut sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang telah dipakai oleh masing-masing industri (Sembiring, 2019).

c) Infiltrasi (*Infiltration*)

Infiltrasi ialah masuknya air tanah ke dalam saluran air buangan melalui sambungan pipa, pipa bocor, atau dinding *manhole*, sedangkan *inflow* ialah masuknya aliran air permukaan melalui tutup *manhole*, atap, area drainase, *cross connection* saluran air hujan dan maupun air buangan (Eddy, 2008).

## **2. Karakteristik Air Limbah**

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang diuraikan sebagai berikut (Eddy, 2008).

a) Karakteristik Fisik

Sifat fisik limbah ini ditentukan berdasarkan banyaknya jumlah padatan terlarutnya, tersuspensi dan total padatan, alkalinitas, kekeruhan, warna, salinitas, daya hantar listrik, bau dan temperatur. Sifat fisik ini beberapa dapat dikenali secara visual tetapi untuk mengetahui secara pasti maka digunakan analisis melalui laboratorium.

1) Padatan

Di dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan dalam dua golongan besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Dalam padatan tersuspensi ini yang terdiri dari partikel koloid dan juga partikel biasa.

Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik maupun sifat inorganic tergantung dari mana sumber limbahnya. Disamping kedua jenis padatan diatas, ada pula padatan yang dapat mengendap karena memiliki diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang, dan dalam beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya.

#### 2) Kekeruhan.

Pada sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung tanpa bantuan alat, karena adanya partikel koloidal yang terdiri dari kwartz, tanah liat, protein, sisa bahanbahan, dan ganggang yang terdapat dalam limbah. Kekeruhan ini merupakan sifat optis larutan. Sifat keruh membuat hilang nilai estetikanya.

#### 3) Bau

Pada sifat bau limbah ini disebabkan oleh zat-zat organik yang kemudian terurai di dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau amoniak yang akan menimbulkan bau kurang enak bagi penciuman yang disebabkan karena adanya campuran dari nitrogen, sulfur dan fosfor berasal dari pembusukan protein yang terkandung dalam limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan oleh limbah merupakan suatu indikator bahwa sedang terjadi proses alamiah. Dengan adanya bau akan lebih mudah menghindari tingkat bahaya yang ditimbulkan dibandingkan dengan limbah yang tidak menghasilkan bau.

#### 4) Temperatur

Limbah yang mempunyai temperatur tinggi atau panas yang akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang telah dikeluarkan oleh suatu limbah cair harus merupakan temperatur alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktifitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi atau panas, pengentalan pada cairan berkurang yang akan mengurangi sedimentasi. Tingkat pada zat oksidasi ini akan lebih besar dalam suhu tinggi dan pembusukan yang jarang terjadi jika suhu rendah.

#### 5) Warna

Warna didalam air disebabkan oleh adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), plankton, humus, tanaman, air dan buangan dari industri. Warna

selalu berkaitan dengan kekeruhan, dan dengan menghilangkan kekeruhan akan kelihatan warna nyata. Demikian pula dengan warna yang dapat disebabkan oleh zat-zat terlarut dan oleh zat tersuspensi. Warna menimbulkan pemandangan yang tidak baik dalam air limbah meskipun warna tidak menimbulkan sifat racun.

#### b) Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia pada air limbah ditentukan oleh *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan logam-logam berat yang terkandung di dalam air limbah.

##### 1) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena ada sejumlah bakteri. Diperhitungkan selama selang dua hari reaksi, lebih dari sebagian pada reaksi telah tercapai. BOD merupakan kebutuhan oksigen pada sejumlah bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasikan semua zat-zat organik terlarut maupun yang tersuspensi didalam air limbah menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Nilai ini merupakan jumlah bahan organik yang dikonsumsi oleh bakteri. Penguraian zat-zat organik ini terjadi secara alami. Aktifnya bakteri-bakteri ini menguraikan bahan-bahan organik yang bersamaan dengan habisnya pula konsumsi oksigen.

##### 2) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran air limbah dengan COD ialah bentuk lain dari pengukuran kebutuhan oksigen dalam air limbah. Pada metode ini lebih singkat waktunya jika dibandingkan dengan analisa pada BOD. Pengukuran ini menekankan pada kebutuhan oksigen akan kimia yang dimana senyawa-senyawa diukur merupakan bahan-bahan yang tidak dipecahkan secara biokimia. Terdapatnya racun atau logam tertentu di dalam air limbah ini membuat pertumbuhan bakteri menjadi terhalang dan pengukuran pada BOD akan menjadi tidak realistis. Untuk mengatasi masalah ini, disarankan menggunakan analisa COD. COD merupakan sejumlah oksigen dibutuhkan agar mengoksidasi zat-zat anorganis

dan organis sebagaimana yang ada pada BOD. Angka COD ini merupakan ukuran dalam pencemaran air oleh zat anorganik.

### 3) Methan

Gas methan ini terbentuk akibat adanya penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob didalam air limbah. Gas methan ini dihasilkan oleh lumpur yang telah membusuk pada dasar kolam, tidak berwarna, tidak berdebu, dan mudah terbakar. Methan ini juga ditemukan pada daerah rawa-rawa dan sawah.

### 4) Keasaman Air

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ini ditetapkan berdasarkan pada tinggi atau rendahnya konsentrasi ion hidrogen di dalam air. Pada air buangan yang mempunyai pH tinggi atau pH rendah menjadikan air ini steril dan sebagai akibatnya dapat membunuh mikroorganisme air yang dapat diperlukan untuk keperluan biota tertentu. Limbah air yang dengan keasaman tinggi bersumber pada buangan yang mengandung asam contohnya air pembilas yang dihasilkan pabrik pembuatan kawat atau seng.

### 5) Alkalinitas

Tinggi atau rendahnya alkalinitas pada air ditentukan dari senyawa karbonat, magnesium, garam-garam hidrokisda dan natrium di dalam air. Tingginya kandungan pada zat tersebut akan mengakibatkan kesadahan dalam air. Semakin tingginya kesadahan suatu air maka, semakin sulit air berbuih.

### 6) Minyak dan Lemak

Adanya kandungan lemak dan minyak yang terdapat di dalam air limbah bersumber dari industri yang mengolah bahan baku mengandung minyak yang bersumber dari proses klasifikasi dan pada proses perebusan. Pada air limbah membuat lapisan pada permukaan air tersebut sehingga dapat membentuknya selaput.

### 7) *Dissolved Oxygen* (DO)

Keadaan oksigen terlarut berlawanan dengan keadaan BOD. Semakin tinggi BOD semakin rendah oksigenterlarut. Keadaan pada oksigen terlarut di dalam air dapat menunjukkan adanya tanda-tanda kehidupan ikan dan biota di dalam



perairan. Semakin banyak ganggang didalam air maka, semakin tinggi kandungan oksigen di dalamnya.

#### 8) Logam-Logam Berat dan Beracun

Logam berat pada umumnya merupakan metal-metal yang seperti *copper*, *selter* pada *cadmium*, *lead*, *chromium*, air raksa, *iron* dan nikel. Metal lain yang juga termasuk pada metal berat adalah mangan, arsen, selenium, *cobalt*, dan aluminium. Logam-logam ini di dalam konsentrasi tertentu akan membahayakan manusia.

#### c) Karakteristik Biologi

Adanya bahan-bahan organik ini di dalam air yang terdiri dari berbagai macam senyawa. Protein merupakan salah satunya senyawa kimia organik yang dapat membentuk rantai kompleks dan akan mudah terurai menjadi senyawa-senyawa lain seperti asam amino. Pada bahan yang mudah larut di dalam air, maka akan terurai menjadi enzim dan menjadi bakteri tertentu. Bahan ragi akan terfermentasi menghasilkan alkohol. Pati ini sukar larut dalam air, akan tetapi bisa diubah menjadi gula oleh adanya aktifitas mikrobiologi. Bahan-bahan ini dalam limbah akan diubah oleh mikroorganisme menjadi senyawa kimia yang sederhana seperti karbon dioksida dan air serta amoniak.

### **3. Baku Mutu Air Limbah Domestik**

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan.

Untuk memenuhi baku mutu, masyarakat harus menerapkan prinsip pengendalian limbah secara cermat dan terpadu. Untuk mengetahui batas kadar bahan pencemar yang dapat dibuang ke badan air, air tersebut harus memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 1. Berikut ini peraturan-peraturan untuk standar baku mutu air limbah domestik :

**Tabel 1.** Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	10
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100 mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: PerMen LHK Nomor 68 Tahun, 2016

Adapun hasil analisis kualitas air limbah domestik dari salah satu perumahan menurut penelitian yang di lakukan oleh Susi dan Alifya (2019) yakni nilai BOD sebesar 83,1 mg/L, nilai COD sebesar 312 mg/L, nilai TSS sebesar 34 mg/L. Minyak & Lemak sebesar 3682 mg/L. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Mega dkk (2013) mengatakan bahwa karakteristik dari air limbah domestik adalah TSS 183 mg/L, COD 700 mg/L, BOD 466 mg/L, Minyak & Lemak 5213 mg/L. Data tersebut diketahui bahwa parameter tidak memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Domestik.

## B. Metode Pengolahan Air Limbah

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam menjaga keberlanjutan sistem pengolahan air limbah adalah memilih teknologi pengolahan air limbah yang tepat. Beberapa teknologi sederhana yang didasarkan pada proses alami karena metode pengolahan limbah relatif lebih *sustainable*. Beberapa metode pengolahan air limbah secara alami yaitu (Satoto, 2010):

### 1. Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Anaerobik

Beberapa penelitian dari berbagai negara melaporkan bahwa pemanfaatan proses anaerobik untuk pengolahan limbah domestik dan limbah industri mempunyai tingkat keberhasilan yang cukup tinggi (Satoto, 2010). Alasan dan ketertarikan terhadap penggunaan proses anaerobik untuk pengolahan air limbah

dapat dijelaskan dengan membandingkan kelebihan dan keterbatasan proses ini yang selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kelebihan dan Keterbatasan Pengolahan Air Limbah Secara Anaerobik

Kelebihan	Keterbatasan
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kebutuhan energi relatif rendah karena tidak memerlukan aerasi</li> <li>- Produksi lumpur sedikit, relatif lebih stabil dan mudah dikeringkan</li> <li>- Tidak memerlukan banyak bahan tambahan untuk memperlancar proses penguraian</li> <li>- Lumpur (<i>biomass</i>) yang dihasilkan dapat disimpan lama dan digunakan sebagai bibit untuk reaktor anaerobik baru</li> <li>- Dapat dibebani dengan air limbah yang mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi sehingga volume reaktor yang dibutuhkan lebih kecil</li> <li>- Terdapat kemungkinan untuk mempergunakan nutrien yang terdapat pada hasil pengolahan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan jumlah lumpur yang cukup relatif lama</li> <li>- Sensitif terhadap perubahan lingkungan dan operasional</li> <li>- Terdapat kemungkinan adanya bau yang tidak sedap dan timbulnya gas yang bersifat korosif</li> <li>- Pada dasarnya, pengolahan anaerobik hanyalah bersifat pengolahan pendahuluan, sehingga diperlukan pengolahan tambahan agar air hasil olahan memenuhi standar yang berlaku</li> </ul>

Sumber: Polprasert et al., 2001 dan Metcalf & Eddy Inc., 2003

## 2. Pengolahan Air Limbah dengan Kolam Stabilisasi (*Waste Stabilization Ponds*)

Kolam stabilitas didefinisikan sebagai kolam dangkal buatan manusia yang menggunakan proses fisis dan biologis untuk mengurangi kandungan bahan pencemar yang terdapat pada air limbah (Satoto, 2010). Beberapa kelebihan dan kekurangan dari sistem pengolahan air limbah menggunakan kolam stabilisasi dalam Tabel 3.

**Tabel 3.** Kelebihan dan Keterbatasan Pengolahan Air Limbah Kolam Stabilisasi

Kelebihan	Keterbatasan
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biaya untuk investasi relatif rendah</li> <li>- Mempunyai kemampuan untuk menghindari kelebihan pembebanan bahan organik</li> <li>- Kebutuhan energi relatif rendah</li> <li>- Pengoprasian dan pemeliharaan relatif mudah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Area yang dibutuhkan relatif luas</li> <li>- Air hasil pengolahan mempunyai kandungan algae yang tinggi</li> <li>- Adanya kehilangan air karena penguapan</li> </ul>

Kelebihan	Keterbatasan
- Lumpur ( <i>biomass</i> ) yang dihasilkan dapat digunakan sebagai kompos	- Ada kemungkinan menjadi tempat berkembang biak nyamuk dan agen penyakit lainnya

Sumber: Veenstra, 2000, Pescod, 1992 dan Pena-Varon and Mara, 2004

### 3. Pengolahan Air Limbah dengan Kolam Tumbuhan Air (*Macrophyte Ponds*)

Kolam tumbuhan air adalah sejenis kolam pematangan yang memanfaatkan tumbuhan air yang terapung ataupun mengambang di dalam air. Cara kerja kolam tumbuhan air ini utamanya didasarkan pada simbiosis mutualisme antara tumbuhan air dan bakteri pengurai bahan pencemar yang terdapat di dalam air (Satoto, 2010). Kelebihan dan keterbatasan dari pengolahan limbah dengan menggunakan kolam tumbuhan air dapat diringkas dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Kelebihan dan Keterbatasan Pengolahan Air Limbah dengan Kolam Tumbuhan Air

Kelebihan	Keterbatasan
- Biaya pembuatan dan operasional rendah	- Adanya kehilangan air karena penguapan
- Kebutuhan energi relatif rendah	- Adanya kemungkinan menjadi tempat berkembang biak nyamuk dan agen penyakit lainnya
- Pengoperasian dan pemeliharannya relatif sederhana	- Terdapat kemungkinan timbul bau yang tidak sedap
- Sangat efisien untuk menghilangkan nutrisi dan air limbah, terutama nitrogen dan fosfor	- Ada kemungkinan tanamannya menyebabkan penyumbatan pada saluran air
- Ada kemungkinan untuk memanfaatkan tanamannya sebagai sumber makanan atau bahan kerajinan	

Sumber: Polprasert et al., 2001; Kengne et al., 2003 and Awuah, 2006

### 4. Pengolahan Air Limbah dengan Rawa Buatan (*Constructed Wetlands*)

Rawa buatan untuk pengolahan air limbah dapat dibuat hampir dimana saja meskipun dengan lahan yang terbatas. Rawa buatan juga mempunyai kapasitas dan kemampuan pengolahan air limbah yang lebih bagus dibandingkan dengan rawa alami karena bagian dasar dari rawa buatan ini biasanya dibuat dengan konstruksi khusus dan dapat diukur pembebanan hidrolisnya. Kemampuan rawa buatan untuk pengolahan air limbah terutama di daerah tropis sangat tinggi (Crites et al., 2006). Kelebihan dan keterbatasan sistem pengolahan air limbah dengan sistem rawa buatan disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Kelebihan dan Keterbatasan Pengolahan Air Limbah dengan Rawa Buatan

Kelebihan	Keterbatasan
- Pemilihan lokasi lebih fleksibel	- Area yang dibutuhkan relatif luas
- Biaya pembuatan dan operasional rendah	- Adanya kehilangan air karena penguapan
- Kebutuhan energi relatif rendah	- Adanya kemungkinan menjadi tempat berkembang biak nyamuk dan agen penyakit lain
- Pengoperasian dan pemeliharaan relatif mudah	- Terdapat kemungkinan timbulnya bau yang kurang sedap
- Ada kemungkinan dijadikan sebagai habitat untuk kehidupan liar	

Sumber: Pescod, 1992, Polprasert et al., 2001, dan Veenstra, 2000

### C. Alternatif Pengolahan Air Limbah

Meskipun informasi mengenai biaya sistem *Multi Soil Layering* (MSL) sangat terbatas (Verawati, 2019), perbandingan kualitatif antara alternatif pengolahan air limbah untuk masyarakat kecil disajikan dalam Tabel 6 berikut ini:

**Tabel 6.** Perbandingan Alternatif Pengolahan Limbah

Teknik	Investasi Awal	Kebutuhan Tanah	Biaya Energi dan Material	Tenaga Kerja Operasional	Keandalan	Estetis
MBR	Tinggi	Rendah	Tinggi	Teknisi	Tinggi	Kebisingan
Constructed Wetland	Sedang	Tinggi	Rendah	Pemilik Informasi	Sedang	Bau dan Serangga
MSL	Sedang	Sedang	Rendah	Pemilik Informasi	Sedang	Tidak ada
Lagoon	Rendah	Tinggi	Tidak ada	Tidak ada	Rendah	Bau dan Serangga

Sumber: An et al., 2016

Proses konvensional berbasis lumpur aktif dianggap dapat diandalkan dan efisien dalam pengolahan air limbah, efektivitas biaya menjadi lebih rendah untuk aplikasi skala kecil. Sebaliknya, lahan basah yang dibangun, MSL dan lagoon menawarkan opsi teknologi rendah dengan biaya kebutuhan dan keandalan lahan. Dibandingkan dengan lahan basah dan lagoon yang di bangun, sistem MSL menampilkan persyaratan lahan yang lebih rendah karena toleransinya terhadap pemuatan organik yang tinggi dan dampak estetika negatif yang minimal (An et al., 2016).

#### **D. Metode *Multi Soil Layering***

Teknik alternatif yang telah memiliki potensi baik untuk di jadikan pengolahan air limbah terdesentralisasi adalah sistem *Multi Soil Layering* (MSL). MSL telah berhasil digunakan untuk pengolahan beberapa jenis air limbah (Guan et al., 2012; Verawati, 2019). Sistem MSL adalah suatu metode untuk meningkatkan fungsi tanah dalam pengolahan limbah cair organik. Metode MSL adalah suatu sistem yang dengan menggunakan tanah, zeolit, dan arang sebagai sumber karbon yang disusun pola seperti batu bata serta menggunakan pipa aerasi sebagai sumber oksigen (Wakatsuki *et al.*, 1993; Irmanto dkk, 2008).

Sistem *Multi Soil Layering* (MSL) dikembangkan untuk meningkatkan fungsi tanah dalam pengolahan limbah cair biogenik sebelum dilepas ke badan perairan. Proses biodegradasi pada komponen air limbah di dalam sistem MSL berlangsung melalui bantuan yaitu bakteri-bakteri di bawah kondisi aerobik maupun kondisi anaerobik. Zona aerobik terjadi di lapisan kerikil dan di zeolit serta antar muka antara lapisan di zeolit dan di lapisan tanah. zona anaerobik terjadi pada lapisan campuran tanah dan tempurung kelapa (Irmanto, 2008).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Irmanto, dkk (2008) bahwa Penurunan BOD dan COD limbah cair industri tekstil dengan Metoda *Multi Soil Layering* (MSL). Hasilnya adalah efisiensi sistem MSL dalam penurunan nilai BOD dan COD limbah cair industri tekstik adalah 96,52% dan 80,87%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hadrah, dkk (2019) bahwa Penurunan parameter limbah cair *laundry* dengan *Multi Soil Layering*. Hasilnya variasi Hydraulic Loading Rate (HLR) sangat berpengaruh terhadap penurunan parameter pencemar tertinggi untuk parameter COD, BOD, TSS, Total Fosfat, pH, dan MBAS diperoleh pada HLR 1000 l/m<sup>2</sup>.hari dengan presentase penurunan tertinggi secara berurutan sebesar 95%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Taufiq, dkk (2013) bahwa Penyisihan kalium dari limbah cair persawahan dengan metode *Multi Soil Latering* (MSL) diperoleh hasil efisiensi penyisihan kalium pada reaktor 1 (lapisan anaerob campuran tanah andosol dan arang) berkisar antara 3,057 – 100%, dan pada reaktor

2 (lapisan anaerob campuran tanah andosol dengan serbuk gergaji) berkisar antara 19,443 – 100%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Salmariza, dkk (2011) bahwa Metoda *Multi Soil Layering* (MSL) untuk mengolah air limbah industri edible oil hasilnya efisiensi penurunan BOD, COD, TSS dan minyak/lemak sangat dipengaruhi oleh *Hydraulic Loading Rate* (HLR), dimana efisiensi HLR berbanding terbalik dengan efisiensi penurunan. Makin rendah HLR maka semakin tinggi efisiensi penurunan. Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS dan minyak/lemak berturut-turut adalah 86-99%, 71-96%, 77-88% dan 60-80%.

#### **E. Material *Multi Soil Layering***

Pada metoda *Multi Soil Layering* (MSL) materialnya terdiri dari tanah andosol, arang, serbuk gergaji, jerami padi atau material lainnya yang digunakan sebagai lapisan campuran tanah dibentuk seperti batu bata, sedangkan kerikil, perlit, zeolit atau jenis batuan lainnya digunakan sebagai lapisan batuan. Zeolit (batuan) mempunyai peranan penting dalam efisiensi infiltrasi dan penyerapan, distribusi limbah cair, dan penetralan pH selama pengolahan. Jenis batuan (kerikil dan perlit) yang dipakai pada sistem MSL dapat berupa apa saja, tergantung pada kekayaan daerah dimana metode ini mau diterapkan. Material pada *Multi Soil Layering* dapat digunakan selama 10 tahun, namun untuk bisa tetap digunakan perlu dilakukan pencucian dengan cara *back wash*. Pencucian *back wash* ini dilakukan jika air hasil olahan tersebut telah keruh. Penggantian material pada *Multi Soil Layering* dapat dilakukan sebelum masa pakai 10 tahun jika telah dilakukannya pencucian *back wash* namun air hasil olahan tidak lagi jernih.

Dekomposisi BOD dan COD dapat ditingkatkan dengan penambahan bubuk arang dan aerasi tambahan, absorpsi fosfat dengan penambahan bijih besi, penyisihan nitrogen dengan penambahan sumber karbon pada aerasi optimal, serta proses nitrifikasi dan denitrifikasi dapat ditentukan dengan penambahan material organik seperti serbuk gergaji (Wakatsuki *et al.*, 1993; Verawati, 2019).

## **1. *Soil Mixture Block (SMB)***

Sistem MSL menggunakan blok campuran tanah (SMB) dan lapisan permeabel (PL), yang berbeda dari sistem perkolasi tanah tradisional. SMB, komponen ini terdiri dari tanah, arang, serbuk gergaji, jerami, dan partikel besi, disusun seperti batu bata dan memainkan peran penting di dalam sistem MSL. Materi yang berbeda akan mempunyai fungsi yang berbeda. Tanah dapat berfungsi sebagai filter dan juga habitat mikroorganisme. Bahan organik seperti serbuk gergaji, jerami padi dan sumber karbon sebagai pasokan untuk proses denitrifikasi. Arang dapat menyerap beragam kontaminan dari air limbah. Selanjutnya, partikel besi dapat memfasilitasi pembentukan ion besi, yang mengarah ke pengendapan fosfat (Verawati, 2019).

Serbuk gergaji ini mengandung komponen utama yaitu lignin, selulosa, dan zat ekstraktif kayu. Serbuk kayu adalah bahan berpori sehingga air akan mudah terserap dan mengisi pori-pori tersebut. Sifat serbuk gergaji adalah higroskopik atau mudah dalam menyerap air (Wardono, 2006).

Arang bambu sangat efektif untuk menyerap ion logam berat (Wang et al., 2008), dan dapat dipergunakan untuk penanganan limbah organik pada perairan yang terpolusi (Ademiluyi et al., 2009). Bahan untuk membuat MSL menggunakan tanah andisol yang dicampur dengan bahan lain seperti serbuk besi sebagai sumber ion besi (II) dan bahan organik sebagai sumber karbon (Dewi, dkk. 2014).

## **2. *Permeable Layer (PL)***

PL terdiri dari bahan-bahan seperti kerikil, batu apung dan zeolit. PL mengelilingi SMB seperti semen, yang dapat meningkatkan dispersi dan distribusi air dan mengurangi risiko penyumbatan. Selain itu, bahan dengan struktur berpori dalam PL juga dapat menyerap kontaminan dan memberikan manfaat bagi mikroorganisme. Karena perbedaan dalam struktur, permeabilitas, dan distribusi air, masing-masing SMB dan PL dapat berfungsi sebagai zona jenuh (anaerob) dan zona tak jenuh (aerob). Sistem MSL tidak hanya reaktor hibrid termasuk proses aerob dan anaerob, tetapi juga ekosistem tanah mini. Sistem MSL ditandai dengan



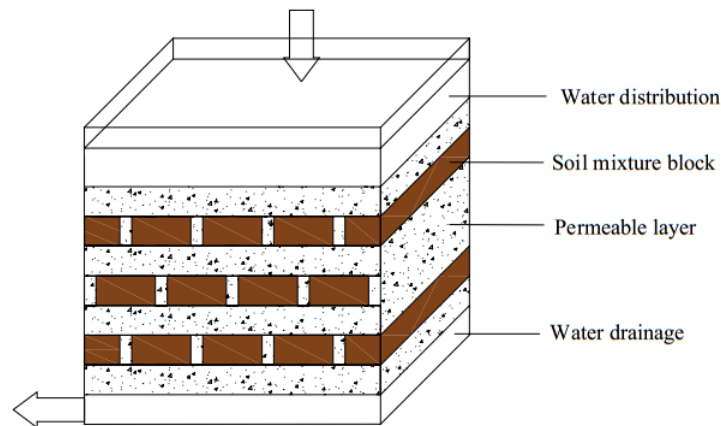
biaya rendah dan perawatan yang mudah dan dapat menjadi pilihan yang layak untuk mengolah air limbah untuk komunitas kecil (An et al., 2016).

Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi dalam penggunaan zeolit sebagai adsorben ialah adsorpsi fisika (melibatkan gaya *Van der Waals*), adsorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatis), dan ikatan hidrogen (Affandi dan Hendri, 2011). Zeolit dapat digunakan dalam berbagai kegiatan yang luas, seperti penukar ion, adsorben, dan katalisator (Sulardjaka, dkk. 2015). Perlit (*perlite*) dapat didefinisikan sebagai *volcanic glass* dengan strukturnya yang perlitis, terutama jika pada gelas tersebut yang berasal dari batuan rhyolitik (bersifat asam) dan kaya kandungan airnya. *Volcanic glass* ini terbentuk dari letusan gunung berapi yang dimana saat lava mengalir, pada bagian bawahnya yang bersentuhan dengan media air dan pada akibat beban di atasnya, aliran lava yang tertahan tersebut menyebabkan terjadinya pendinginan yang terjadi sangat cepat sehingga tidak adanya kesempatan untuk air mengalir keluar dari material tersebut yang terbentuklah perlitisasi (Nusa, 2016).

Kerikil pada dasarnya merupakan batu besar, tetapi hancur karena reaksi alam atau biasa yang disebut pelapukan yang terjadi karena perubahan suhu alam yang mendadak atau lumut – lumutan. Kerikil adalah agregat kasar yang mengandung mineral seperti batu, karena pengerasan dan banyaknya kuarsa. Warnanya yang kuning hingga abu-abu, dan sifatnya ini tahan terhadap cuaca, serta keras. Menurut ukurannya, krikil/kricak dapat dibedakan atas (Wuryati dan Candra, 2001).

- 1) Ukuran butir: 5 - 10 mm disebut krikil/kricak halus.
- 2) Ukuran butir: 10-20 mm disebut krikil/kricak sedang
- 3) Ukuran butir: 20-40 mm disebut krikil/kricak kasar.
- 4) Ukuran butir: 40-70 mm disebut krikil/kricak kasar sekali.
- 5) Ukuran butir >70 mm digunakan untuk konstruksi beton siklop (*cycloped concrete*).

## F. Mekanisme *Multi Soil Layering*



**Gambar 1.** Skema *Multi Soil Layering*

Bahan-bahan di campur dan dikemas dalam kantong serat. Kantong kemudian ditumpuk untuk membentuk SML, dengan setiap lapisan dipisahkan oleh PL. PL terdiri dari agregat kerikil, batu apung, atau zeolit dengan diameter sekitar 1-5 mm. Agregat harus berukuran konsisten untuk mengurangi risiko penyumbatan dan memfasilitasi dispersi air dalam sistem. Menurut Masunaga et al (2007) metode MSL adalah metode pengolahan yang memanfaatkan kemampuan tanah dalam mengolah limbah cair, dimana tanah disusun dalam pola batu bata. Pada metode MSL ini terjadi mekanisme filtrasi, absorpsi, adsorpsi, dan dekomposisi. Dekomposisi BOD dan COD dapat ditingkatkan dengan penambahan bubuk arang dan aerasi tambahan, absorpsi fosfat dengan penambahan bijih besi, penyisihan nitrogen dengan penambahan sumber karbon pada aerasi optimal, serta proses nitrifikasi dan denitrifikasi dapat ditentukan dengan penambahan material organik seperti serbuk gergaji (Wakatsuki et al, 1993; Verawati, 2019).

### a) Filtrasi

Filtrasi didefinisikan sebagai proses pemisahan antara *solid-liquid* dengan melewatkan cairan melalui suatu media berpori atau material porus lainnya untuk pemisahan air dengan kotoran tersuspensi, pemisahan air dengan koloidal yang dikandung air limbah, pemisahan air dengan bakteri yang dikandungnya. Filtrasi dapat terjadi karena adanya gaya dorong, yaitu: gravitasi, tekanan dan gaya

sentrifugal. Proses filtrasi di mulai pada saat limbah cair masuk ke lapisan batuan sistem MSL (Wakatsuki dkk, 1993).

b) Adsorpsi

Pada MSL Adsorpsi terjadi di lapisan permukaan campuran tanah. Material organik limbah cair diadsorpsi dalam lapisan atas campuran tanah dan arang aktif serta permukaan zeolit (Wakatsuki dkk, 1993; Verawati, 2019)

c) Absorpsi

Absorpsi dikatakan sebagai pemindahan fase fluida dari satu medium ke medium lain. Absorpsi terjadi apabila proses penyerapan berlangsung tidak pada lapisan permukaan tetapi memasuki lapisan dalam (Metcalf dan Eddy, 2004). Pada MSL absorpsi terjadi pada lapisan campuran tanah (Wakatsuki et al, 1993; Verawati, 2019).

d) Dekomposisi

Ada beberapa definisi yang dikemukakan tentang dekomposisi antara lain dekomposisi didefinisikan sebagai penghancuran bahan organik mati secara gradual yang dilakukan oleh agen biologi maupun fisika (Sunarto 2003 dalam Verawati, 2019). Faktor yang mempengaruhi dekomposisi, yaitu oksigen, bakteri, bahan organik sebagai nutrien, suhu, kelembaban, cahaya, dan pH (Sunarto, 2003).

e) Nitrifikasi

Nitrifikasi merupakan suatu konversi biologis dari nitrogen dari komponen organik atau komponen anorganik dari bentuk tereduksi ke bentuk oksidasi. Pada penanganan polusi air, nitrifikasi adalah proses biologis yang akan mengoksidasi ion amonia menjadi bentuk nitrit atau nitrat. Nitrifikasi berlangsung pada lapisan batuan dan sekat antara lapisan batuan dan lapisan campuran tanah (Wakatsuki et al, 1993; Verawati, 2019).

f) Denitrifikasi

Denitrifikasi adalah proses biologis dimana nitrat direduksi menjadi nitrogen atau produk akhir gas lainnya. Hal ini terjadi jika bakteri dalam tanah kurang atau tidak mencukupi. Denitrifikasi pada sistem MSL berlangsung pada lapisan campuran tanah (Wakatsuki et al, 1993; Verawati, 2019).

## **G. Siklus Operasi *Multi Soil Layering***

### **1. *Hydraulic Loading Rate (HLR)***

*Hydraulic Loading Rate (HLR)* merupakan besarnya laju pembebanan hidrolis limbah cair terhadap suatu bidang permukaan dalam satuan waktu tertentu. HLR adalah salah satu parameter terpenting dalam desain dan pengoperasian sistem MSL. Kinerja MSL di bawah berbagai HLR dipelajari oleh Guan (2012). HLR dalam percobaan ini diatur ke 200, 400, 800, dan 1600 L/(m<sup>2</sup>d), dengan HRT nominal yang sesuai, 63,8, 31,8, 15,9 dan 7,8 jam. Ditemukan bahwa efisiensi penghapusan MSL lebih rendah dengan HLR yang lebih tinggi. Ditemukan bahwa penghapusan SS dan COD secara signifikan dipengaruhi oleh HLR, sementara penghapusan TP tidak sensitif. Masunaga (2007) menyelidiki kinerja sistem MSL di bawah berbagai HLR 500-2000 L/(m<sup>2</sup>d).

Pemindahan TN dan SS tidak cukup dipengaruhi oleh perubahan HLR. Pemindahan COD dan TP cenderung lebih tinggi pada HLR yang lebih rendah. Peningkatan HLR mungkin mengurangi waktu kontak dalam sistem MSL, yang mengakibatkan penurunan persentase penghapusan. Namun, tingkat penghapusan BOD, COD, nitrogen dan fosfor lebih tinggi pada HLR yang lebih tinggi. Emisi gas selama perawatan MSL di bawah berbagai HLR dipelajari oleh Masunaga et al (2007). Ditemukan bahwa fluks CO<sub>2</sub> tidak jauh berbeda ketika HLR sangat berbeda. Metana dikonsumsi dalam sistem MSL selama sebagian besar periode studi, dan konsumsi cenderung lebih efisien dalam perawatan di HLR tinggi.

Emisi nitro oksida menurun karena HLR meningkat dalam air limbah yang mengandung kontaminan tingkat tinggi, sedangkan dalam kasus air limbah yang mengandung kontaminan tingkat rendah, penurunan emisi seperti itu tidak diamati. Oleh karena itu, dapat berspekulasi bahwa lebih banyak bahan organik dipertahankan dalam sistem sebagai biomassa pada kondisi HLR yang lebih tinggi, yang dapat menyebabkan penyumbatan. Ini dikonfirmasi dalam penelitian ini pada HLR yang lebih tinggi, penyumbatan sistem selama periode awal operasi diamati.

## 2. *Clogging*

Penyumbatan (*clogging*) pada sistem MSL telah menjadi masalah besar yang menghasilkan kegagalan total system (Guan et al., 2012). Disarankan bahwa penyumbatan dapat dihindari dengan perencanaan operasi seperti menggunakan dua set sistem operasi atau menyelesaikan periode istirahat sistem selama musim di mana air kurang tercemar. Untuk mengurangi risiko penyumbatan, menyediakan waktu istirahat berkala dalam siklus operasi sistem dan pengurangan pembuangan SS ke sistem dengan pra-pengolahan limbah air dapat direkomendasikan untuk penggunaan sistem MSL. Tingkat penghilangan bersih dalam siklus operasional 7 bulan kerja dan 2 bulan istirahat (Masunaga et al., 2007).

### H. Keuntungan dan Kekurangan Sistem *Multi Soil Layering* (MSL)

Menurut Luanmanee dkk, 2002 dalam Verawati (2019), keuntungan sistem MSL adalah:

- a) Mempunyai kemampuan menguraikan zat organik
- b) Menurunkan kadar BOD, COD, N, dan fosfor dari limbah cair secara simultan
- c) Mampu mencegah penyumbatan (*clogging*)
- d) Memiliki kemampuan yang tinggi untuk menerima dan menyerap air 1000-4000 l/m<sup>2</sup> hari sedangkan tanah konvensional 10-40 l/m<sup>2</sup> hari
- e) Komposisi material penyusunnya dapat diganti dengan material yang ada
- f) Masa pakai material lebih dari 10 tahun.

Adapun permasalahan yang timbul akibat pengolahan limbah cair dengan menggunakan tanah, diantaranya (Wakatsuki dkk, 1993; Verawati, 2019) :

- a) Kemampuan konduktivitas tanah yang terbatas untuk HLR yang besar dari 50 l/m<sup>2</sup>hari.
- b) Distribusi limbah cair yang tidak merata.
- c) Proses pengolahan pada MSL lebih lambat karena menggunakan pengolahan secara anaerob.
- d) Ketidakefektifan dalam penyisihan nitrat.

## I. Tanah Andosol

Istilah Andosol berasal dari bahasa Jepang yang berarti tanah hitam (An = hitam; do = tanah). Pada awalnya di Indonesia, Andosol merupakan istilah yang dikenal terbatas dikalangan ahli ilmu tanah, pemerhati ilmu tanah atau yang berkecimbung dalam ilmu pertanian. Mereka mengenali istilah tersebut dari bangku kuliah atau pelajaran sekolah sebagai nama jenis tanah yang berwarna hitam, ringan, gembur dan berada di daerah gunung berapi. Adapun karakteristik tanah Andosol sebagai berikut (BBSDLP, 2014):

### 1. Susunan Horizon

Dalam klasifikasi tanah Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian atau BBSDLP (2014), Andosol adalah tanah-tanah yang mempunyai sifat andik, umumnya sudah mulai menunjukkan perkembangan profil ditandai dengan susunan horizon A-Bw-C, sebagian bersusunan horizon AC. Horizon permukaan ini atau biasa disebut epipedon yang mungkin dijumpai adalah melanik, okhrik, molik, fulvik, umbrik atau histik. Selain itu tanah Andosol bisa mempunyai susunan horizon A okhrik dan horizon B kambik serta tidak mempunyai horizon penciri lain, kecuali jika tertimbun 50 cm atau lebih bahan baru.

### 2. Warna Tanah

Sifat tanah yang mudah dikenal dari tanah Andosol adalah warna tanah. Warna tanah yang lazim telah diukur dengan cara mencocokkan dengan standar warna di dalam buku *Munsell Soil Color Chart*. Di dalam buku ini memuat warna-warna standar yang dapat digunakan dalam menetapkan warna tanah. Buku ini juga digunakan sebagai pedoman untuk menetapkan warna tanah (matriks) atau dapat digunakan pada warna campuran dan semua gejala yang karatan atau bercak yang terdapat di dalam penampang tanah. Warna tanah dapat dinyatakan dalam Hue, Value dan Chroma. Misalnya 10 YR 3/1, yang artinya warna tersebut telah mempunyai hue 10 YR, value 3, dan chroma 1, di dalam munsell warna 10 YR 3/1 ialah warna hitam.

Bahan organik tanah mempengaruhi berbagai sifat kimia dan fisik serta meningkatkan aktivitas biologi tanah dan produktivitas. Warna gelap pada humus horison permukaan (hitam atau coklat tua) dengan struktur remah, konsistensi gembur, kadar bahan organik tinggi, licin (*smearly*) merupakan salah satu sifat paling penting dan menentukan dalam konsep tanah Andoso. Tanah Andosol dicirikan karena adanya akumulasi bahan organik pada permukaan yang berwarna hitam. Proses utama dapat terjadinya akumulasi tersebut yaitu pembentukan kompleks humus-alofan. Sementara terjadinya warna hitam disebabkan karena kandungan asam humat yang terdapat di dalam tanah tersebut. Semakin tinggi asam humat biasanya tanah akan semakin hitam. Selain itu adanya tipe asam humat yang dikandung di dalam tanah tersebut juga dapat menentukan derajat warna kehitaman pada tanah tersebut.

### **3. Tekstur Tanah**

Tanah Andosol mempunyai tekstur yang sangat bervariasi dari lempung berpasir sampai liat berpasir, hal ini tergantung dari jenis dan ukuran partikel tephra yang dikeluarkan saat terjadinya erupsi dan tingkat pelapukan. Sering terjadi adanya perbedaan tekstur antara hasil pengamatan di lapangan dan hasil analisis di laboratorium. Hal ini dapat terjadi karena adanya bahan tanah yang berasal dari tanah non kristalin yang seringkali tidak mengalami dispersi secara sempurna kemudian menjadi butiran tanah primer (liat, debu atau pasir) pada saat dilakukan analisis tanah. Oleh karena itu tekstur tanah atau ukuran besar butir tidak digunakan sebagai kriteria dalam klasifikasi tanah pada kategori famili. Sebagai gantinya dapat digunakan kombinasi ukuran partikel dan mineralogi yang biasa disebut sebagai kelas besar butir pengganti.

### **4. Konsistensi Tanah**

Seperti yang telah diketahui bahwa tanah Andosol ini mengandung banyak bahan dalam bentuk non kristalin yang akan mempengaruhi konsistensi dan secara nyata dapat memberikan pengaruh pada pengembangan sifat fisik tanah yang sangat baik, untuk pertumbuhan akar tanaman. Konsistensi tanah Andosol secara nyata dipengaruhi oleh kadar air. Konsistensi basah, telah ditentukan pada kondisi kadar

air lebih tinggi dari kapasitas lapang yang ditandai dengan lekat dan plastis. Tanah Andosol yang mempunyai kandungan humus tinggi biasanya kurang lekat dan kurang plastis. Sebaliknya, tanah Andosol dengan kandungan C rendah organik disertai dengan peningkatan kandungan liat, konsistensinya tergolong lekat dan plastis. Konsistensi lembab, diukur pada saat kadar air antara kering (titik layu permanen) dan kapasitas lapangan. Kondisi ini sangat penting terutama untuk horison lapisan atas tanah Andosol. Konsistensi lembab biasanya sangat gembur sampai remah, yang mencerminkan perkembangan agregat sangat berpori, struktur berbutir atau subangular.

## **5. Struktur Tanah**

Tanah Andosol memiliki struktur tanah yang mencerminkan tingginya bahan tanah berbentuk mineral non kristalin dan tingginya bahan organik tanah. Kedua bahan tersebut sangat berperan dalam menentukan rendahnya berat isi (*bulk density*). Horison permukaan dari tanah Andosol umumnya mempunyai struktur berbutir (*granular*) dan struktur gumpal (*blocky*) atau kadang-kadang membulat (*subangular*). Ukuran dan kelas struktur tanah Andosol cukup bervariasi, hal tersebut mencerminkan pengaruh dari jenis material tanah, budidaya, dan iklim (pengeringan dan pembasahan). Budidaya pertanian pada tanah Andosol cenderung menyebabkan terjadinya perubahan struktur dari struktur butir (*granular*) menjadi struktur agak membulat (*subangular*) bahkan menjadi gumpal agak bersudut (*subangular blocky*).

Horison bawah permukaan (horison Bw) dari tanah Andosol biasanya memiliki struktur gumpal agak bersudut (*subangular blocky*) yang lebih besar dalam ukuran dan lemah dalam perkembangan atau kekuatan dibandingkan dengan struktur yang sama ditemukan di horison permukaan. Horison bawah permukaan tanah Andosol muda terbentuk dari tephra kasar sering belum berstruktur dan berupa berbutir tunggal. Pengembangan struktur tanah Andosol berkaitan erat dengan sifat fisik yang unik dari tanah Andosol seperti retensi air tinggi, porositas total yang besar, dan drainase yang baik yang menguntungkan bagi pertumbuhan akar tanaman.



## J. Zeolit

Zeolit pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik. Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  atau  $Mg^{2+}$  sedangkan zeolit sintetik biasanya hanya mengandung kation-kation  $K^+$  atau  $Na^+$ . Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut. Inilah alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Secara fisika, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-4000C dengan udara panas atau dengan sistem vakum untuk melepaskan molekul air.

Sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan melalui pencucian zeolit dengan larutan  $Na_2EDTA$  atau asam-asam anorganik seperti HF, HCl dan  $H_2SO_4$  untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori. Struktur ini menunjukkan zeolit mampu menyerap dan melepas air secara reversible dan menukar kation yang ada di dalamnya, tanpa perubahan yang berarti pada strukturnya (Verawati, 2019).

### 1. Struktur Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal aluminosilikat terhidrasi, natural atau sintetik, yang memiliki struktur  $(Cn^+)x[(AlO_2)_nx(SiO_2)_y].m(H_2O)$  yang banyak digunakan sebagai adsorben, pertukaran ion, dan katalis. Struktur zeolit terdiri dari kerangka tiga dimensi tetrahedral  $SiO_4$  dan  $AlO_4$ . Ion aluminium dalam jumlah yang kecil menutup posisi tengah tetrahedron dari 4 atom oksigen dan penggantian isomorf  $Si^{4+}$  oleh  $Al^{3+}$  menghasilkan muatan negative pada kisi-kisinya. Volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal inilah yang menjadi dasar penggunaan mineral zeolit sebagai bahan penyaring (molecular sieving). Molekul zat yang disaring yang ukurannya lebih kecil dari ukuran garis tengah

ruang hampa mineral zeolit dapat melintas, sedangkan yang berukuran lebih besar akan tertahan atau ditolak.

Kapasitas atau daya saring mineral zeolit tergantung dari volume dan jumlah ruang hampunya. Makin besar jumlah ruang hampa, maka makin besar pula daya saring zeolit alam yang bersangkutan. Mineral zeolit mempunyai struktur tiga dimensi tetrahedral ( $\text{SiO}_4$ -4) yang biasa disebut “tektosilikat”, dimana masing-masing berhubungan dengan ion silicon sebagai pusatnya, sehingga masing-masing atom oksigen terdapat diantara atom silicon dan aluminium. Setiap atom terikat oleh dua struktur yang tetrahedral. Struktur yang hanya terdiri dari silicon dan oksigen ini bersifat netral (Verawati, 2019).

## **2. Komposisi Zeolit**

Mineral zeolit merupakan sekelompok mineral yang terdiri dari beberapa jenis (species) mineral. Berdasarkan hasil analisa kimia total, kandungan unsur-unsur zeolit dinyatakan sebagai oksida  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Akan tetapi di alam tergantung pada komponen bahan induk dan keadaan lingkungannya, maka perbandingan Si/Al dapat bervariasi, dan juga unsur Na, Al, Si, sebahagian dapat disubstitusikan oleh unsur lain. Parameter kimia yang penting dari zeolit adalah perbandingan Si/Al, yang menunjukkan persentase Si yang mengisi di dalam tetrahedral, jumlah kation monovalen dan divalen, serta molekul air yang terdapat didalam saluran kristal. Perbedaan kandungan atau perbandingan Si/Al akan berpengaruh terhadap ketahanan zeolit terhadap asam atau pemanasan. Ikatan ion Al-Si-O adalah pembentuk struktur kristal sedangkan logam alkali adalah kation yang mudah tertukar (“exchangeable cation”). Jumlah molekul air menunjukkan jumlah pori-pori atau volume ruang kosong yang terbentuk bila unit sel kristal tersebut dipanaskan (Verawati, 2019).

## **3. Manfaat Zeolit**

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolit yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serba guna. Sifat-sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator, dan penukar ion. Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul  $\text{H}_2\text{O}$ ) apabila

dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H<sub>2</sub>O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi.

Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat-pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi. Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas didalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lain dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolit berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak (Verawati, 2019).

## **K. Jurnal Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini dilakukan tidak lepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan pertimbangan dan acuan. Perbedaan penelitian kali ini dengan yang pernah dilakukan sebelumnya adalah dari variasi material organik dalam campuran tanah dan variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) terhadap efisiensi pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL). Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan perbandingan tidak lepas dari topik-topik penelitian yaitu mengenai sistem *Multi Soil Layering* (MSL). Berikut merupakan beberapa acuan jurnal penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

**Tabel 7.** Jurnal Terdahulu yang Relevan dengan Penelitian

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1	Irmanto, Suyata	Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Tekstil di Kabupaten Pekalongan dengan Metode <i>Multi Soil Layering</i>	2008	Efisiensi sistem MSL dalam penurunan nilai BOD dan COD limbah cair industri tekstil adalah 96,52% dan 80,87%. Kecepatan pengisian air limbah ke dalam sistem MSL untuk memperoleh penurunan nilai BOD dan COD limbah cair industri tekstil yang optimum adalah 320 L.m <sup>2</sup> .hari.	Jurnal Program Studi Kimia Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik Universitas Soedirman
2	Shinta Elystia, Shinta Indah, Denny Helard	Efisiensi Metode <i>Multi Soil Layering</i> (MSL) dalam Penyisihan COD Dari Limbah Cair Hotel	2012	Efisiensi penyisihan COD yang diperoleh pada penelitian ini berturut-turut pada reaktor 1 berkisar antara 55 – 90% dan pada reaktor 56-89%. Variasi HRL sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD. Makin rendah HRL yang diberikan maka makin tinggi efisiensi penyisihan pencemar yang diolah.	Jurnal Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
3	Hadrah, Monik Kasman, Karunia Tri Septiani	Analisis Penurunan Parameter Limbah Cair <i>Laundy</i> dengan <i>Multi Soil Layering</i> (MSL).	2019	Variasi HLR sangat berpengaruh terhadap penurunan parameter pencemar limbah cair usaha <i>laundry</i> Penurunan pencemar tertinggi untuk parameter COD, BOD, TSS, Total Fosfat, pH, dan MBAS diperoleh pada HLR 1000 l/m <sup>2</sup> .hari dengan persentasi penurunan tertinggi secara berurutan sebesar 95 % pada MSL 1 dan penurunan 92 % pada MSL 2	Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Batanghari
4	Taufiq Ihsan, Shinta Indah dan Denny Helard	Penyisihan Kalium Dari Limbah Cair Persawahan dengan <i>Metode Multi Soil Layering</i> (MSL)	2013	Efisiensi penyisihan kalium pada reaktor 1 (lapisan anaerob campuran tanah andisol dan arang) berkisar antara 3,057 - 100%, dan pada reaktor 2 (lapisan anaerob campuran tanah andisol dengan serbuk gergaji) berkisar antara 19,443 - 100%. Variasi HLR yang digunakan berpengaruh terhadap penyisihan kalium pada limbah cair persawahan, dimana semakin HLR, maka semakin tinggi efisiensi penyisihan.	Jurnal Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
5	Salmariza. Sy dan Sofyan	Aplikasi Metoda MSL ( <i>Multi Soil Layering</i> ) Untuk Mengolah Air Limbah Industri Edible Oil	2011	Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS dan Minyak/lemak sangat dipengaruhi oleh HRL, dimana efisiensi HRL berbanding terbalik dengan 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. Pengaruh HRL tidak berpengaruh terhadap pH	Jurnal Riset Industri
6	Syafnil	Mereduksi Kandungan Fe (Besi) Dengan Metode Multi Soil Layering	2008	Sistem multi soil layering dapat mereduksi kadar Fe dari 1,86 mg/L turun menjadi 0,15-0,33 mg/L dengan tingkat efisiensi 82,26 – 91,94 %. Kadar Fe setelah pengolahan telah memenuhi syarat sebagai air baku untuk air bersih dan air minum, kecuali untuk perlakuan loading 1800 mL/jam hanya memenuhi kriteria sebagai air bersih	Jurnal Gradien Jurusan Teknologi industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
7	Riyanto Haribowo, Sonia Megah, Windy Rosita	Efisiensi Sistem <i>Multi Soil Layering</i> Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Perkotaan Padat Penduduk	2019	IPAL MSL dengan lapisan zeolite memiliki hasil paling efisien dalam meningkatkan kualitas air limbah domestik dibandingkan dengan kerikil dan campuran antara zeolite dan kerikil. Lapisan zeolite mempunyai efisiensi untuk pH 3,93-9,13%, TSS 37,09 - 59,03%, TDS 9,91-16,07%, DO 80,05% - 83,74%, kekeruhan sebesar 58,79% - 67,85%, dan daya hantar listrik sebesar 10,39% - 19,73%. Pada percobaan tahap 2, IPAL MSL lapisan zeolite ditambah dengan isian tanah dan arang tempurung kelapa mempunyai efisiensi yang paling besar dibandingkan dengan isian tanah dan serbuk gergaji maupun isian tanah dan arang jerami padi. efisiensi untuk pH 4,24-5,77%, TSS 58,42-71,05%, TDS 18,05-31,84%, DO 75,06%-81,88%, kekeruhan 72,91% - 76,69%, dan daya hantar listrik sebesar 16,49% - 31,77%.	Jurnal Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
8	Adewirli Putra, Wiya Elsa Fitri	Efektivitas <i>Multi Soil Layering</i> Dalam Mereduksi Limbah Cair Industri Kelapa	2019	Berdasarkan parameter yang diujikan sudah terpenuhi, namun berdasarkan parameter biologi (Putra, 2018) masih terdapatnya <i>E.coli</i> didalam sampel tersebut sehingga belum layak untuk dikonsumsi sebagai air minum, maupun di manfaatkan oleh industri di jadikan sebagai air untuk proses operational dan produksi. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar metoda ini efektif di jadikan salah satu metoda alternatif dalam pengolahan limbah cair industri kelapa menjadi air layak minum.	Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia, Universitas Mohammad Natsir
9	Citra Pratiwi Sidebang dan Syafnil	Memanfaatkan Pasir Sebagai Komponen <i>Multi Soil Layering</i> (MSL) Untuk Meminimalkan Pencemaran Limbah Cair Crude Palm Oil (CPO)	2017	Laju aliran yang optimal untuk menurunkan bahan pencemar limbah cair CPO adalah 0,3 L/jam (kelas III) atau 0,4 L/jam (kelas IV). Daya serap sistem MSL-Pasir dengan laju alir 0,3 L/jam; 0,6 L/jam; 0,9 L/jam; dan 1,2 L/jam terhadap kadar minyak-lemak adalah 95,48 %; 92,92 %; 90,78 %; dan 88,27 %.	Jurnal Agroindustri, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu



No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
10	Rahmadani Mutia, Shinta Elystia, Elvi Yenie	Metode <i>Multi Soil Layering</i> dalam Penyisihan Parameter TSS Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Variasi <i>Hydraulic Loading Rate</i> (HRL) dan Material Organik Pada Lapisan Anaerob.	2015	Metode <i>Multi Soil Layering</i> (MSL) terdiri atas dua reaktor. Reaktor 1 (dengan lapisan anaerob berupa campuran tanah dan arang tempurung kelapa) dapat menyisihkan konsentrasi TSS sebesar 79,77-88,76% dan ammonia sebesar 39,85-56,52%. Reaktor 2 (dengan lapisan anaerob berupa campuran tanah dan arang kulit pisang) dapat menyisihkan konsentrasi TSS sebesar 73,03-79,77%. Variasi material organik dan variasi HLR memberikan pengaruh yang signifikan dalam menyisihkan parameter TSS. Parameter TSS disisihkan paling baik oleh reaktor 1 dan pengaliran HLR 500 l/m <sup>2</sup> .hari merupakan paling baik dalam menyisihkan parameter TSS. Hasil analisa terhadap konsentrasi TSS diefluen sebesar 180-240 mg/L, hasil ini menunjukkan bahwa efluen reaktor MSL telah memenuhi baku mutu.	Jurnal Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Riau.

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
11	Irmanto, Suyata	Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Kalisari Kecamatan Cilongok Dengan Metode <i>Multi Soil Layering</i>	2009	Metode Multi Soil Layering (MSL) dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam pengolahan limbah cair industri tahu untuk menurunkan kadar TSS, BOD dan COD. Kecepatan pengisian optimum limbah cair ke dalam sistem MSL adalah 320 lm <sup>-2</sup> hari <sup>-1</sup> . Efisiensi sistem MSL dalam penurunan kadar TSS, BOD dan COD limbah cair masing-masing sebesar 78,62 %, 98,89 % dan 95,53 %.	Jurnal Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman
12	Verawati Br Sembiring	Pemanfaatan Limbah Padat PKS dalam Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan <i>Multi Soil Layering</i> dengan Indikator Parameter pH, DO dan COD.	2019	Pengolahan air limbah domestik pada reaktor tandem kedua dengan metode MSL, dapat meningkatkan pH sebanyak 10-15%, meningkatkan DO sebanyak 60,56-%, dan dapat menyisihkan COD sebanyak 55,56-77,78%. Sehingga dapat disimpulkan reaktor I paling efektif dalam mengolah air limbah domestik dengan isian zeolit + tanah andosol : serbuk bambu : arang bambu : <i>fly ash</i> .	Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara