

**EFEKTIVITAS PENGELOLAAN LIMBAH DOMESTIK
MENGUNAKAN METODE *MULTI SOIL LAYERING* (MSL) DI
KELURAHAN TLOGOMAS**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI
SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**WINDY ROSITA SARI
NIM. 145060401111008**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN
EFEKTIVITAS PENGELOLAAN LIMBAH DOMESTIK
MENGGUNAKAN METODE *MULTI SOIL LAYERING* (MSL) DI
KELURAHAN TLOGOMAS

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI
SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



WINDY ROSITA SARI
NIM. 145060401111008

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 14 September 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, M.S.
NIP. 19610131 198609 2 001

Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT.
NIP. 19770424 200312 1 001



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan ditulis dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

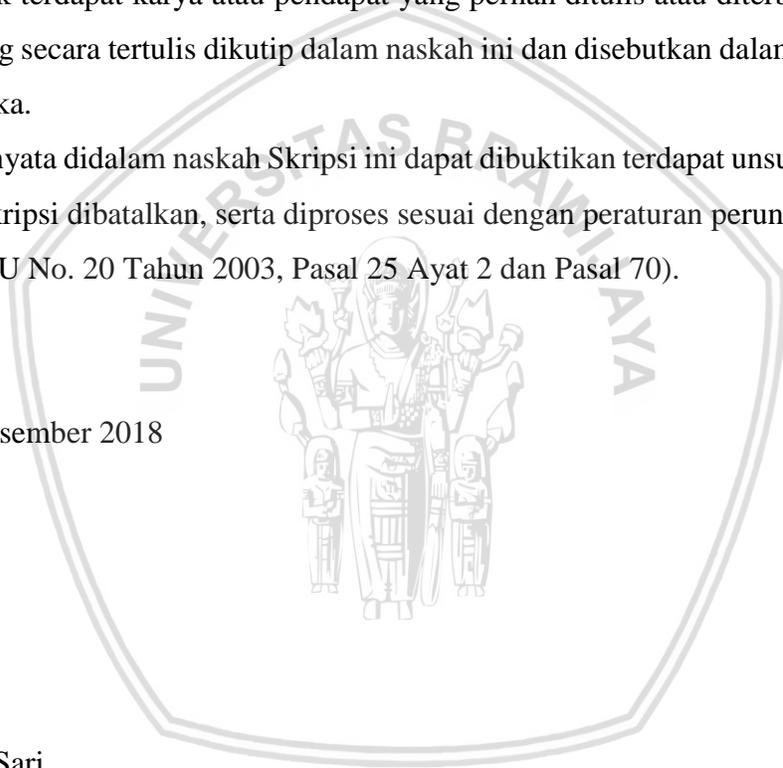
Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 10 Desember 2018

Mahasiswa

Windy Rosita Sari

NIM. 145060401111008





*Satu-satunya kebahagiaan yang
masih saya miliki yang melebihi harta
benda adalah orang tua saya,
terimakasih kepada ayah dan ibu yang
sudah mensupport secara materi maupun
finansial sampai saat ini.*

RINGKASAN

Windy Rosita Sari, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, September 2018, Efektivitas Pengelolaan Limbah Domestik Menggunakan Metode Multi Soil Layering (MSL) di Kelurahan Tlogomas, Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT.

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran dan asrama. Air limbah domestik dapat berupa *grey water* dan *black water*. *Grey water* adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga namun tidak termasuk yang berasal dari toilet. Selain *grey water* limbah rumah tangga juga menghasilkan limbah yang berasal dari kotoran manusia yang dikenal dengan *black water*. Sebagian orang membuang *grey water* langsung ke selokan yang ada didepan rumah maupun di belakang rumah, tanpa diolah terlebih dahulu. Akibatnya sungai yang menjadi tempat bermuaranya selokan berpotensi tercemar warnanya menjadi coklat dan mengeluarkan bau busuk. Oleh karena itu, dilakukan upaya pengelolaan limbah domestik tersebut dengan menggunakan metode *multi soil layering*. Dalam penelitian ini penulis menganalisis Oksigen Terlarut atau DO (*Dissolved Oxygen*), Kekeruhan, dan Daya Hantar Listrik (DHL). Pengambilan sampel pada penelitian ini terdapat pada bak sedimentasi pertama MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi reaktor multi soil layering yang lebih efisien dalam mengolah limbah domestik, mengetahui efektivitas penyisihan parameter DO, kekeruhan, dan daya hantar listrik, serta untuk membandingkan metode multi soil layering dengan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas.

Metode *multi soil layering* adalah metode penyaringan air limbah yang memanfaatkan tanah sebagai medianya. Pada metode *multi soil layering* ini terdapat dua percobaan yang dilakukan. Untuk percobaan pertama menggunakan media 40 cm zeolit, 40 cm kerikil, dan 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil. Dari ketiga media tersebut 40 cm zeolit memiliki efisiensi yang tinggi dalam mengolah limbah domestik, yang selanjutnya akan diterapkan pada percobaan kedua. Adapun komposisi yang digunakan pada percobaan kedua yaitu 40 cm zeolit dengan isian tambahan campuran tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa, 40 cm zeolit dengan isian tambahan campuran tanah andosol dan arang sekam padi, dan 40 cm zeolit dengan isian tambahan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa besarnya nilai DO pada percobaan pertama meliputi, 40 cm zeolit = 5,35 mg/l, 40 cm kerikil = 4,49 mg/l, dan 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil = 5,09 mg/l. Besarnya nilai kekeruhan pada percobaan pertama yaitu, 40 cm zeolit = 157 NTU, 40 cm kerikil = 194 NTU, dan 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil = 163 NTU. Dan besarnya nilai daya hantar listrik pada percobaan pertama yaitu, 40 cm zeolit = 0,68 mS/cm, 40 cm kerikil = 0,79 mS/cm, 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil = 0,74 mS/cm. Sedangkan untuk percobaan kedua hasil yang didapat yaitu, besar nilai DO untuk zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa = 5,96 mg/l, untuk zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi = 5,75 mg/l, dan untuk zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji = 5,68 mg/l. Untuk parameter kekeruhan pada percobaan kedua hasil yang didapat yaitu, besar nilai kekeruhan untuk zeolit dengan campuran tanah andosol

dan arang aktif tempurung kelapa = 117 NTU, zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi = 128 NTU, dan zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji = 113 NTU. Sedangkan untuk parameter daya hantar listrik pada percobaan kedua hasil yang didapat yaitu, besar nilai daya hantar listrik untuk zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa = 0,64 mS/cm, zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi = 0,73 mS/cm, dan zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji = 0,71 mS/cm.

Kata kunci : *limbah domestik, multi soil layering, DO, kekeruhan, DHL*



SUMMARY

Windy Rosita Sari, *Water Resource Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, September 2018, Effectiveness of Domestic Waste Management Using Multi Soil Layering (MSL) Method in Tlogomas Village, Lecturer : Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT.*

Domestic wastewater is wastewater originating from businesses and/or residential activities, restaurants, offices and dormitories. Domestic wastewater can be gray water and black water. Gray water is waste water originating from household activities but not including those originating from the toilet. In addition to gray water, household waste also produces waste from human waste known as black water. Some people throw gray water directly into the gutter that is in front of the house or behind the house, without being processed first. As a result, the river which is the place for the ditch to emerge is potentially polluted, the color becomes brown and produces a foul odor. Therefore, efforts are made to manage domestic waste using the method of multi soil layering. In this study the author analyzed Dissolved Oxygen, Turbidity, and Electrical Conductivity (DHL). Sampling in this study was found in the first sedimentation tub of Integrated MCK in Tlogomas Village.

This study aims to determine the composition of multi-soil layering reactors that are more efficient in processing domestic waste, find out the effectiveness of removal of DO parameters, turbidity, and electrical conductivity, and to compare multi-soil layering methods with WWTP (Wastewater Treatment Plant) in the Integrated MCK of Tlogomas Village.

The method of multi soil layering is a method of filtering wastewater that uses the soil as its medium. In this multi soil layering method, two experiments were carried out. For the first experiment using media 40 cm zeolite, 40 cm gravel, and 30 cm zeolite and 10 cm gravel. Of the three media, 40 cm zeolite has high efficiency in processing domestic waste, which will then be applied in the second experiment. The composition used in the second experiment was 40 cm zeolite with additional mixture of andosol soil and coconut shell activated charcoal, 40 cm zeolite with additional contents of a mixture of andosol and rice husk charcoal, and 40 cm zeolite with additional mixture of andosol and sawdust.

The results of this study indicate that the magnitude of DO values in the first experiment included, 40 cm zeolite = 5.35 mg/l, 40 cm gravel = 4.49 mg/l, and 30 cm zeolite and 10 cm gravel = 5.09 mg/l. The amount of turbidity in the first experiment was 40 cm zeolite = 157 NTU, 40 cm gravel = 194 NTU, and 30 cm zeolite and 10 cm gravel = 163 NTU. And the value of electrical conductivity in the first experiment was 40 cm zeolite = 0.68 mS/cm, 40 cm gravel = 0.79 mS/cm, 30 cm zeolite and 10 cm gravel = 0.74 mS/cm. Whereas for the second experiment the results obtained are, the DO value for zeolite with a mixture of andosol soil and coconut shell activated charcoal = 5.96 mg/l, for zeolite with a mixture of andosol soil and rice husk charcoal = 5.75 mg/l, and for zeolite with a mixture of andosol and sawdust soil = 5.68 mg/l. For turbidity parameters in the second experiment the results obtained were, the turbidity value for zeolite with a mixture of andosol soil and coconut shell activated charcoal = 117 NTU, zeolite with a mixture of andosol soil and rice husk charcoal = 128 NTU, and zeolite with a mixture of andosol and sawdust soil = 113 NTU. Whereas

for the electrical conductivity parameters in the second experiment the results obtained were, the value of electrical conductivity for zeolites with a mixture of andosol soil and coconut shell activated charcoal = 0.64 mS/cm, zeolite with a mixture of andosol soil and rice husk charcoal = 0, 73 mS/cm, and zeolite with a mixture of andosol and sawdust soil = 0.71 mS/cm.

Keywords : domestic waste, multi soil layering, DO, turbidity, DHL.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi yang berjudul “Efektivitas Pengelolaan Limbah Domestik Menggunakan *Metode Multi Soil Layering* (MSL) di Kelurahan Tlogomas”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat yang harus ditempuh mahasiswa Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam pengerjaan skripsi ini masih banyak kekurangan sehingga skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis.

Tidak lupa dengan kesungguhan serta rasa rendah hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Eng. Riyanto Haribowo, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penyusunan skripsi ini.
2. Ir. Moh. Sholichin, MT., PhD, Dr. Eng Tri Budi Prayogo, ST., MT, Emma Yuliani, ST., MT., PhD selaku dosen penguji yang berkenan menguji skripsi ini.
3. Dosen pembimbing akademik, Ir. Mohammad Taufiq, MT yang telah memberikan waktu, motivasi, arahan dan dukungan selama penulis menempu perkuliahan.
4. Kedua orang tua dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan selalu menyertakan doa setiap waktu untuk penulis.
5. Teman-teman Teknik Pengairan angkatan 2014 dan semua pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas motivasi terselesaikannya laporan skripsi ini.

Akhir kata penulis mengharapkan skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Rumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Tujuan	3
1.6. Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pengertian Limbah Cair Domestik	5
2.2. Karakteristik Limbah Cair Domestik	7
2.3. Parameter Yang Terdapat Pada Limbah Cair Domestik	8
2.4. Oksigen Terlarut/ Dissolved Oxygen (DO)	9
2.5. Kekeruhan	10
2.6. Daya Hantar Listrik (DHL)	10
2.7. Prosedur Analisis	11
2.7.1 Oksigen Terlarut/ Dissolved Oxygen (DO)	11
2.7.2 Kekeruhan	12
2.7.3 Daya Hantar Listrik	13
2.8. Multi Soil Layering (MSL)	14
2.8.1. Komposisi Metode Multi Soil Layering (MSL)	14
2.8.1.1 Tanah Andosol	15
2.8.1.2 Karbon Aktif	15
2.8.1.3 Arang Sekam Padi	22
2.8.1.4 Serbuk Gergaji	24
2.8.1.5 Zeolit	25
2.8.1.6 Kerikil	30
2.8.2. Mekanisme Metode Multi Soil Layering (MSL)	30
2.8.3. Keuntungan Metode Multi Soil Layering (MSL)	32
2.8.4. Penelitian Terkait	33
2.8.5 Uji Statistik	34
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1. Lokasi Daerah Studi	37
3.2. Bahan Penelitian	39
3.2.1. Media Reaktor Multi Soil Layering	39



3.2.2. Bahan Lainnya	39
3.3. Alat –alat yang Digunakan	39
3.3.1. Alat Instalasi	39
3.3.2. Alat Penelitian.....	39
3.4. Pengamatan Parameter.....	39
3.4.1. Pengukuran Oksigen Terlarut	39
3.4.2. Pengukuran Kekeruhan	40
3.4.3. Pengukuran Daya Hantar Listrik/ Konduktivitas.....	40
3.5. Tahapan Penelitian.....	40
3.5.1. Perhitungan Debit Air	40
3.5.2. Perancangan Unit Pengelolaan Limbah Domestik	41
3.6 Variabel Penelitian.....	44
3.7 Penelitian Lain Yang Terkait	46
3.8 Rancangan Instalasi	47
3.9 Rancangan Percobaan	51
3.10 Analisa Data Hasil Uji Model.....	51
3.11 Uji Statistik	52
3.12 Diagram Alir Penelitian	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1 Analisa Kualitas Air	55
4.2 Perhitungan Dimensi Reaktor.....	56
4.2.1 Pengaturan Air Limbah pada Alat	57
4.2.2 Komposisi Media Multi Soil Layering	58
4.3 Perhitungan Debit Air.....	61
4.4 Analisis Limbah Cair Domestik Pada Bak Sedimentasi I	61
4.5 Percobaan Pendahuluan	62
4.5.1 Pengamatan Kondisi Fisik	62
4.5.2 Pengamatan Kondisi Kimia	65
4.6 Percobaan Utama	67
4.6.1 Oksigen Terlarut/ Dissolved Oxygen (DO)	67
4.6.2 Kekeruhan	78
4.6.3 Daya Hantar Listrik.....	78
4.7 Perbandingan Hasil Pengolahan	85
4.7.1 Oksigen Terlarut/ Dissolved Oxygen (DO)	85
4.7.2 Kekeruhan	87
4.7.3 Daya Hantar Listrik.....	89
4.8 Uji Statistik	91
4.8.1 Uji F Berdasarkan Dissolved Oxygen (DO)/Oksigen Terlarut.....	92
4.8.2 Uji F Berdasarkan Parameter Kekeruhan	93
4.8.3 Uji F Berdasarkan Parameter Daya Hantar Listrik (DHL)	94
4.9 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya	95
BAB V PENUTUP.....	95
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran	98

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Baku Mutu Air Limbah Domestik	8
Tabel 2.2.	Syarat Mutu Karbon Aktif	18
Tabel 2.3.	Aplikasi Penggunaan Karbon Aktif Dalam Industri.....	21
Tabel 2.4.	Aplikasi Zeolit dan Penerapannya	28
Tabel 2.5.	Penelitian Mengenai Metode Multi Soil Layering	33
Tabel 3.1.	Nilai Kebutuhan Air Bersih untuk Bangunan Tempat Tinggal	41
Tabel 3.2.	Variabel Penelitian.....	45
Tabel 3.3.	Penelitian Mengenai Metode Multi Soil Layering	46
Tabel 3.4.	Data Pengamatan dengan Rancangan Acak Lengkap	51
Tabel 4.1.	Hasil Uji Sampel Awal	55
Tabel 4.2.	Rekapitulasi Parameter Desain dan Spesifikasi Reaktor	58
Tabel 4.3.	Hasil Analisa Limbah Cair Domestik Pada Bak Sedimentasi I.....	62
Tabel 4.4.	Kondisi Fisik (Bau dan Warna) Efluen Percobaan Pertama.....	63
Tabel 4.5.	Kondisi Fisik (Bau dan Warna) Efluen Percobaan Kedua	64
Tabel 4.6.	Kondisi Kimia Derajat Keasaman (pH) Efluen Percobaan pertama	65
Tabel 4.7.	Kondisi Kimia Derajat Keasaman (pH) Efluen Percobaan kedua.....	66
Tabel 4.8.	Hasil Pengukuran DO Pada Reaktor MSL Pertama	68
Tabel 4.9.	Hasil Pengukuran DO Pada Reaktor MSL Kedua.....	70
Tabel 4.10.	Hasil Pengukuran Kekeruhan Pada Reaktor MSL Pertama	73
Tabel 4.11.	Hasil Pengukuran Kekeruhan Pada Reaktor MSL Kedua	76
Tabel 4.12.	Hasil Pengukuran Daya Hantar Listrik Pada Reaktor MSL Pertama.....	78
Tabel 4.13.	Hasil Pengukuran Daya Hantar Listrik Pada Reaktor MSL Kedua.....	81
Tabel 4.14.	Hasil Uji F Berdasarkan Dissolved Oxygen/Oksigen Terlarut Pertama	92
Tabel 4.15.	Hasil Uji F Berdasarkan Dissolved Oxygen/Oksigen Terlarut Kedua	92
Tabel 4.16.	Hasil Uji F Berdasarkan Parameter Kekeruhan Pertama.....	93
Tabel 4.17.	Hasil Uji F Berdasarkan Parameter Kekeruhan Kedua	93
Tabel 4.18.	Hasil Uji F Berdasarkan Parameter Daya Hantar Listrik Pertama	94
Tabel 4.19.	Hasil Uji F Berdasarkan Parameter Daya Hantar Listrik Kedua.....	94





DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Komposisi Limbah Domestik.....	6
Gambar 2.2	Water Quality Checker Horiba Series U-50.....	12
Gambar 2.3	Water Quality Checker Horiba Series U-50.....	12
Gambar 2.4	Water Quality Checker Horiba Series U-50.....	13
Gambar 2.5	Tanah Andosol.....	15
Gambar 2.6	Karbon Aktif.....	16
Gambar 2.7	Struktur Fisika Karbon Aktif.....	18
Gambar 2.8	Struktur Kimia Karbon Aktif.....	19
Gambar 2.9	Arang Sekam Padi	22
Gambar 2.10	Serbuk Gergaji.....	24
Gambar 2.11	Zeolite.....	25
Gambar 2.12	Kerikil.....	30
Gambar 3.1.	Peta Lokasi Studi	37
Gambar 3.2.	Layout IPAL Kelurahan Tlogomas Malang	38
Gambar 3.3.	Sketsa Rangkaian Percobaan	44
Gambar 3.4.	Rancangan Percobaan Pertama Isian 40 cm Zeolit	47
Gambar 3.5.	Rancangan Percobaan Pertama Isian 40 cm Kerikil.....	48
Gambar 3.6.	Rancangan Percobaan Pertama Isian 30 cm Zeolit dan 10 cm Kerikil	48
Gambar 3.7.	Rancangan Percobaan Kedua Isian Zeolit dengan Campuran Tanah Andosol dan Arang Aktif	49
Gambar 3.8	Rancangan Percobaan Kedua Isian Zeolit dengan Campuran Tanah Andosol dan Serbuk Gergaji	49
Gambar 3.9	Rancangan Percobaan Kedua Isian Zeolit dengan Campuran Tanah Andosol dan Arang Sekam Padi.....	50
Gambar 3.10	Denah Rancangan Instalasi Percobaan I	50
Gambar 3.11	Denah Rancangan Instalasi Percobaan II	50
Gambar 3.12	Diagram Alir Penelitian.....	53
Gambar 4.1	Kondisi Awal Air Limbah Sebelum Pengolahan	55
Gambar 4.2	Sketsa Rangkaian Metode Multi Soil Layering.....	57
Gambar 4.3	Keran Pendistribusian Air Limbah	57
Gambar 4.4	Komposisi Reaktor Percobaan I	60
Gambar 4.5	Komposisi Reaktor Percobaan II.....	60
Gambar 4.6	Grafik Derajat Keasaman per 15 menit percobaan I	65
Gambar 4.7	Grafik Derajat Keasaman per 15 menit percobaan II.....	66
Gambar 4.8	Grafik Nilai DO Percobaan Pertama	68
Gambar 4.9	Grafik Prosentase Nilai DO Percobaan Pertama	69
Gambar 4.10	Grafik Nilai DO Percobaan Kedua.....	71
Gambar 4.11	Grafik Prosentase Nilai DO Percobaan Kedua.....	72
Gambar 4.12	Grafik Nilai Kekeuhan Percobaan Pertama	74
Gambar 4.13	Grafik Prosentase Nilai Kekeuhan Percobaan Pertama	75
Gambar 4.14	Grafik Nilai Kekeuhan Percobaan Kedua	76
Gambar 4.15	Grafik Prosentase Nilai Kekeuhan Percobaan Kedua.....	77
Gambar 4.16	Grafik Hasil Pengukuran DHL dengan Media Zeolit.....	79



Gambar 4.17	Grafik Hasil Pengukuran DHL dengan Media Kerikil.....	79
Gambar 4.18	Grafik Hasil Pengukuran DHL dengan Media Zeolit dan Kerikil	80
Gambar 4.19	Grafik Prosentase Nilai DHL Percobaan Pertama	80
Gambar 4.20	Grafik Hasil Pengukuran Nilai DHL dengan Media Tanah Andosol dan Arang Aktif Tempurung Kelapa.....	82
Gambar 4.21	Grafik Hasil Pengukuran Nilai DHL dengan Media Tanah Andosol dan Arang Sekam Padi	83
Gambar 4.22	Grafik Hasil Pengukuran Nilai DHL dengan Media Tanah Andosol dan Arang Serbuk Gergaji.....	83
Gambar 4.23	Grafik Prosentase Nilai DHL Percobaan Kedua	85
Gambar 4.24	Perbandingan Nilai DO Hasil Pengolahan IPAL dan Hasil Pengolahan MSL Percobaan Pertama	86
Gambar 4.25	Perbandingan Nilai DO Hasil Pengolahan IPAL dan Hasil Pengolahan MSL Percobaan Kedua	87
Gambar 4.26	Perbandingan Nilai Kekerusuhan Hasil Pengolahan IPAL dan Hasil Pengolahan MSL Percobaan Pertama.....	88
Gambar 4.27	Perbandingan Nilai Kekerusuhan Hasil Pengolahan IPAL dan Hasil Pengolahan MSL Percobaan Kedua	88
Gambar 4.28	Perbandingan Nilai DHL Hasil Pengolahan IPAL dan Hasil Pengolahan MSL Percobaan Pertama	90
Gambar 4.29	Perbandingan Nilai DHL Hasil Pengolahan IPAL dan Hasil Pengolahan MSL Percobaan Kedua.....	91



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Peta Jenis Tanah.....	99
Lampiran 2.	Perhitungan Material Penyusun Reaktor MSL	100
Lampiran 3.	Analisa Parameter DO, Kekeruhan, dan DHL.....	104
Lampiran 4.	Dokumentasi Penelitian	105
Lampiran 5.	Data Hasil Pengujian.....	106
Lampiran 6.	Tabel F Probabilitas 5%	118





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber limbah cair terbesar di negara ini adalah hasil dari aktivitas rumah tangga. Jumlah penduduk yang sangat besar mempengaruhi besarnya limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga. Peningkatan jumlah penduduk diikuti peningkatan produksi air limbah khususnya air limbah domestik. Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Malang No. 2 Tahun 2017 air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran dan asrama. Air limbah domestik dibagi menjadi dua dapat berupa *grey water* dan *black water*. Air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga namun tidak termasuk yang berasal dari toilet biasa disebut *grey water*. Dibandingkan dengan kegiatan industri *grey water* memiliki nilai pencemaran yang lebih ringan. Selain *grey water* air limbah rumah tangga juga menghasilkan limbah yang berasal dari kotoran manusia yang disebut dengan *black water*. Pencemaran lingkungan dan berbagai penyakit dapat ditimbulkan karena adanya bahan organik dan anorganik maupun gas yang terkandung di dalam limbah cair rumah tangga. Selain itu, sebagian dari bahan organik dan anorganik yang diuraikan oleh mikroorganisme menjadi suatu senyawa yang dapat menimbulkan bau yang tidak sedap. Air limbah memiliki komponen yang terdiri dari 99,7% air dan 0,3% bahan lain, seperti bahan padat, koloid, dan terlarut.

Air limbah domestik di Kota Malang belum seluruhnya dapat tertangani dengan baik, karena masih dijumpai adanya BABS (Buang Air Besar Sembarangan), selain itu sebagian besar orang menjadikan selokan yang ada di depan rumah maupun dibelakang rumah sebagai tempat pembuangan limbah *grey water* secara langsung tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Akibatnya sungai yang menjadi tempat bermuaranya selokan berpotensi tercemar warnanya menjadi coklat dan mengeluarkan bau busuk. Berbagai penyakit seperti kolera, disentri, dan penyakit lain dapat timbul karena adanya zat-zat polutan polutan yang terkandung didalam air limbah. Selain itu juga dapat menyebabkan ikan-ikan mati. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelolaan air limbah domestik dengan cara membuat sistem pengaturan terhadap jaringan air limbah.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik terdiri dari parameter BOD,

COD, TSS, pH, minyak dan lemak, amonia (NH_3), total coliform yang apabila keseluruhan parameter tersebut dibuang langsung ke badan penerima, maka akan mengakibatkan pencemaran air. Data awal limbah cair domestik di Kelurahan Tlogomas menunjukkan bahwa parameter BOD 43,40 mg/L, COD 146,2 mg/L, TSS 124,5 mg/L, amonia 8,415 mg/L, minyak dan lemak 2,0 mg/L, dan total coliform 240 MPN/100ml.

Salah satu upaya mengolah limbah cair tersebut yaitu dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL). Menurut Matsunaga T *et al*, (2007) Metode *Multi Soil Layering* ini adalah metode pengolahan air limbah yang memanfaatkan kemampuan tanah dalam mengolah limbah cair. Metode ini dikenal murah dari segi biaya, sederhana dari segi pengoperasian dan pengontrolan, serta bersifat ramah lingkungan karena menggunakan bahan-bahan alam yang mudah didapatkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Meningkatnya limbah rumah tangga yang dihasilkan dari rumah penduduk yang tidak memiliki septic tank, sehingga mengharuskan adanya pengolahan limbah domestik *grey water* dan *black water* di Kelurahan Tlogomas sebelum dibuang ke sungai (Peraturan Daerah Kota Malang No. 2 Tahun 2017). Beberapa masalah timbul ketika limbah domestik langsung dibuang ke sungai tanpa ada pengelolaan terlebih dahulu. Seperti halnya limbah domestik yang langsung dibuang ke sungai akan membuat kondisi fisik air menjadi keruh dan berwarna coklat, kualitas air juga menurun dapat dilihat dari kandungan airnya akan melebihi standar baku mutu yang diatur, diantaranya kandungan BOD, COD, TSS, pH, minyak dan lemak, amonia, dan total coliform sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dibahas diantaranya :

1. Manakah reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) yang lebih efisien mengolah limbah domestik di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas ?
2. Bagaimana efisiensi penyisihan parameter DO, kekeruhan, dan daya hantar listrik pada air limbah domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) di Kelurahan Tlogomas ?
3. Bagaimana perbandingan hasil pengolahan limbah menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) dengan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas ?

1.4 Batasan Masalah

Pada pembahasan masalah ini akan dititik beratkan pada pengolahan limbah cair domestik. Oleh karena itu diperlukan batasan-batasan masalah. Lingkup pengamatan dan pembahsannya adalah pengolahan limbah cair di Kelurahan Tlogomas, meliputi :

1. Sampel limbah cair domestik yang dihasilkan oleh MCK terpadu di Kelurahan Tlogomas.
2. Efisiensi pengolahan limbah cair domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) dengan variasi komposisi pada reaktor MSL.
3. Parameter limbah yang diamati adalah DO, kekeruhan, dan daya hantar listrik.

1.5 Tujuan

Dengan memperhatikan rumusan masalah maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Dapat mengetahui komposisi reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) yang lebih efisien dalam mengolah limbah domestik di Kelurahan Tlogomas
2. Dapat mengetahui efektivitas penyisihan parameter DO, kekeruhan, dan daya hantar listrik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) di Kelurahan Tlogomas.
3. Dapat mengetahui perbandingan hasil pengolahan limbah domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) dengan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas.

1.6 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas air limbah yang akan dibuang ke sungai serta meningkatkan kualitas air limbah tersebut agar tidak mencemari dan mengganggu biota pada sungai tersebut. Serta dapat merancang suatu teknologi alternatif untuk mengolah limbah cair domestik dengan metode *Multi Soil Layering* (MSL). Masyarakat juga akan mendapatkan dampak positif dari penelitian ini, sehingga tidak lagi merugikan masyarakat sekitar, lingkungan, dan biota di badan sungai.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Limbah Cair Domestik

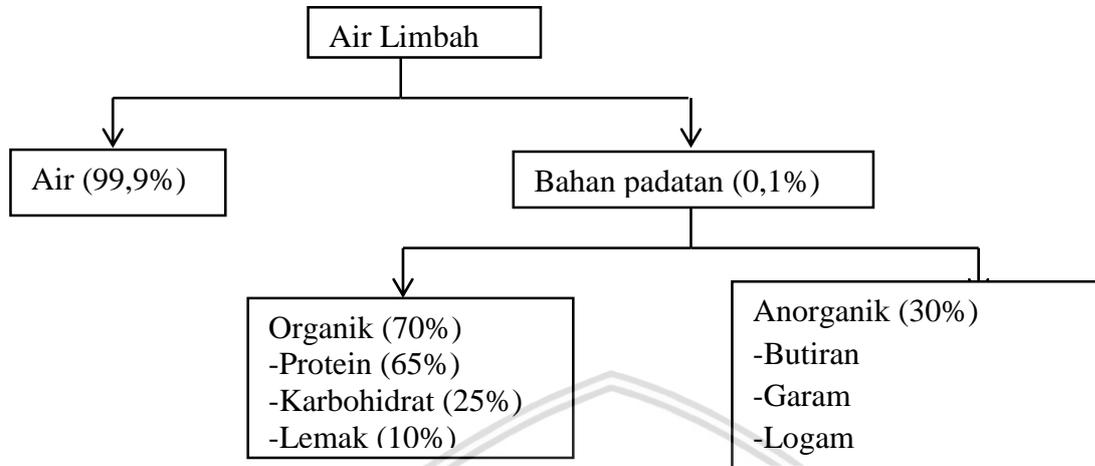
Air limbah domestik, menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada pasal 1 ayat 1, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (real estate), rumah makan (restaurant), perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Limbah domestik atau limbah rumah tangga berasal dari pembuangan air kotor kamar mandi, kakus dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran dari zat-zat bahan mineral dan organik dalam banyak bentuk, termasuk partikel-partikel besar dan kecil, benda padat, sisa-sisa bahan-bahan larutan dalam keadaan terapan dan dalam bentuk koloid dan setengah koloid.

Air dikatakan tercemar jika adanya penambahan makhluk hidup, energi atau komponen lainnya baik sengaja maupun tidak, kedalam air baik oleh manusia ataupun proses alam yang menyebabkan kualitas air menurun sampai tingkat yang menyebabkan air tidak sesuai peruntukannya.

Limbah cair domestik dapat dibagi menjadi 2 yaitu *black water* atau yang sering disebut limbah kakus dan *grey water* yang biasa disebut limbah dari mandi-cuci. *Black water* oleh sebagian penduduk dibuang melalui septic tank, namun sebagian dibuang langsung ke sungai yang dapat mengakibatkan menurunnya kualitas air sungai. Sedangkan *grey water* hampir seluruhnya dibuang ke sungai melalui saluran. Perkembangan penduduk kota-kota besar tersebut semakin meningkat pesat, seiring dengan pesatnya laju pembangunan, semakin besar pula limbah domestik yang dihasilkan. Sedangkan daya dukung sungai atau badan air penerima limbah domestik yang ada justru cenderung menurun dilihat dari terus menurunnya debit sungai tersebut.

Limbah domestik yang masuk ke perairan terbawa oleh air selokan atau air hujan yang akan bermuara disungai. Bahan pencemar yang terbawa antara lain feses, urim, sampah dari dapur (plastik, kertas, lemak, sisa-sisa makanan). Air sungai yang telah tercemar berat oleh limbah domestik biasanya ditandai dengan jumlah bakteri yang tinggi dan adanya bau busuk, busa, air yang keruh dan BOD yang tinggi (Mutiara, 1999).

Sesuai dengan sumber asalnya, air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat, tetapi secara garis besar zat yang terdapat di dalam air limbah dikelompokkan seperti skema pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposisi Limbah Domestik
Sumber : Tebbutt, 1998; Mara 2004

Bahan organik merupakan komponen utama yang terdapat pada air buangan domestik. Bahan organik ini dapat bersumber dari buangan manusia (*human body waste*), deterjen, kosmetik, dan sisa makanan. Bahan organik ini terdiri dari unsur-unsur karbon, hidrogen oksigen, nitrogen, sulfur, serta unsur-unsur lain. Tipikal bahan organik dalam air buangan dalam bentuk protein (40%-65%), karbohidrat (25%-50%), dan minyak dan lemak (8%-12%) (Metcalf & Eddy, 2003, p.4).

Dalam menganalisa debit air buangan kita harus mengetahui terlebih dahulu jumlah penduduk yang akan dilayani. Dan kita harus mengetahui jumlah air limbah yang dihasilkan liter/orang/hari. Menurut Metcalf and Eddy (2003), dari pemakaian air bersih jumlah air buangan yang dihasilkan berkisar antara 50-80% (p.200). Untuk perhitungan jumlah air buangan yang dihasilkan oleh daerah pelayanan ditetapkan 80% dari konsumsi air bersih. Nilai 80%:20% adalah perbandingan antara sambungan langsung terhadap hidran umum perkotaan untuk masyarakat ekonomi sedang (Dinas kimpraswil,2003), sedangkan nilai 30 lt/orang/hari adalah standar kebutuhan air bersih untuk hidran umum perkotaan. Faktor air buangan terhadap air minum 0,5-0,8. Maka perhitungan debit buangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q_r = \frac{f_{ab} \times [(80\% \times Q_{am} \times \text{jumlah penduduk}) + (20\% \times 30 \text{ lt/orang/hari})]}{86400 \text{ detik/hari}} \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan :

Q_r : Debit rata-rata air buangan (lt/detik)

F_{ab} : Faktor timbulan air buangan 0,5-0,8

Qam : Kebutuhan air bersih lt/orang/hari

2.2 Karakteristik Limbah Cair Domestik

Black water adalah air limbah domestik yang dikeluarkan melalui toilet. Pengolahan *black water* dengan tangki septik memiliki efisiensi pengolahan sebesar 65%. Hanya 22,5% dari total beban polutan organik yang dapat dihilangkan dan 77,5% masih terbuang keluar. Menurut Sembel (2015), pada umumnya *black water* memiliki beberapa kandungan yang dapat mencemari lingkungan diantaranya sebagai berikut :

1. Mikroba (seperti bakteri *Salmonella typhi* penyebab demam tifus dan bakteri *Vibrio cholerae* penyebab kolera, hepatitis A, dan virus penyebab polio). Tinja manusia mengandung puluhan miliar mikroba termasuk bakteri koli-tinja (*E-coli*).
2. Materi organik berupa sisa dan ampas makanan yang tidak tercerna dalam bentuk karbohidrat, enzim, lemak, mikroba, dan sel-sel mati. Satu liter tinja mengandung materi organik yang setara dengan 200-300 mg BOD. Kandungan BOD yang tinggi mengakibatkan air mengeluarkan bau tak sedap dan berwarna hitam.
3. Telur cacing yang diakibatkan cacing cambuk dan cacing gelak.
4. Nutrien yang umumnya merupakan senyawa nitrogen (N) dan fosfor (P) yang dibawa oleh sisa-sisa protein dan sel-sel mati.

Unsur nitrogen, fosfat, dan potassium umumnya banyak terkandung dalam limbah *grey water* (Lindstrom, 2000). Unsur-unsur tersebut merupakan nutrien bagi tumbuhan, sehingga eutrofikasi dapat terjadi pada badan air apabila limbah *grey water* dialirkan begitu saja ke permukaan badan air. Eutrofikasi adalah sebuah peristiwa dimana badan air menjadi kaya akan materi organik, sehingga memicu pertumbuhan ganggang menjadi pesat pada permukaan badan air tersebut. Peristiwa eutrofikasi ini dapat menurunkan kualitas air badan air permukaan karena dapat menurunkan kadar oksigen terlarut di dalam badan air tersebut. Sebagai akibatnya, makhluk hidup air yang hidup di badan air tersebut tidak dapat tumbuh dengan baik atau mungkin mati (Metcalf and Eddy, 2003, p.42).

Menurut Fardiaz (1992), pengujian sifat-sifat air diperlukan untuk mengetahui apakah air tersebut tercemar atau tidak. Sifat air yang telah diketahui dapat menjadi batasan penyimpangan air. Tingkat polusi air dapat diketahui dengan melakukan uji sifat-sifat air sebagai berikut :

1. Suhu

Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat, dengan bertambahnya suhu maka oksigen terlarut akan semakin sedikit. Hal tersebut dapat menyebabkan matinya biota air karena kekurangan oksigen.

2. Warna, bau dan rasa

Warna air yang terdapat di alam sangat bervariasi, misalnya air dirawa-rawa berwarna kuning, coklat atau kehijauan, air sungai biasanya berwarna kuning kecoklatan karena mengandung lumpur, dan air buangan yang mengandung besi.

3. Jumlah padatan

Air yang terpolusi selalu mengandung padatan berupa sedimen tersuspensi atau koloid terlarut, minyak dan lemak. Dalam analisis air selain padatan-padatan tersebut diatas sering juga dilakukan analisis terhadap total padatan, yaitu semua padatan setelah airnya dihilangkan atau diluapkan. Padatan yang terdapat didalam air juga dapat dibedakan atas padatan organik dan anorganik.

4. Nilai BOD

Biocheical Oxygen Demand menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mngoksidasi bahan-bahan organik. Pengukuran selama 5 hari pada suhu 20°C ini hanya menghitung sebanyak 68% bahan organik yang teroksidasi.

5. Nilai COD

Uji Chemical Oxygen Demand biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dari pada uji BOD. Karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD.

2.3 Parameter Yang Terdapat Pada Limbah Cair Domestik

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan beberapa parameter air limbah domestik diantaranya yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Derajat Keasaman (pH), Minyak dan Lemak, Amonia (NH₃), Total Coliform, dan debit.

Tabel 2.1
Baku Mutu Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
1.	BOD	mg/L	30
2.	COD	mg/L	100

Lanjutan Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

No	Parameter	Satuan	Kadar maksimum
3.	TSS	mg/L	30
4.	pH	-	6,0-9,0
5.	Minyak dan Lemak	mg/L	5,0
6.	Amonia (NH ₃)	mg/L	10
7.	Total coliform	Jumlah/100mL	3000
8.	Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016.

2.4 Oksigen Terlarut/ Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk bernafas, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Proses aerobik juga membutuhkan oksigen untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik. Proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup diperairan merupakan sumber utama oksigen dalam suatu perairan (Salmin, 2000). Kecepatan difusi oksigen dari udara, dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas, pergerakan massa air dan udara seperti arus, gelombang dan pasang surut.

Kandungan oksigen terlarut (DO) dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (toksik) minimum sebesar 2 ppm. Kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 ppm selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70% (Huet, 1970).

Oksigen memegang peranan penting dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik, karena oksigen terlarut sebagai indikator kualitas perairan. Selain itu, kandungan biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik juga ditentukan dari oksigen. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrien yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrien dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting

untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga.

Sebagaimana diketahui bahwa oksigen berperan sebagai pengoksidasi dan pereduksi bahan kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Disamping itu oksigen juga sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pernapasan. Organisme tertentu, seperti mikroorganisme, sangat berperan dalam menguraikan senyawa kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Karena peranannya yang penting ini, air buangan industri dan limbah sebelum dibuang ke lingkungan umum terlebih dahulu diperkaya kadar oksigennya.

2.5 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan parameter pencemar air yang dapat disebabkan oleh zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik yang mengapung dan terurai dalam air. Sifat optis air dapat ditunjukkan melalui parameter kekeruhan, yang mengakibatkan pembiasan cahaya ke dalam air serta dapat membatasi masuknya cahaya ke dalam air. Menurut Effendi (2003), kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1 mg/L SiO₂. *Jackson Candler Tirbidimeter* adalah peralatan yang pertama kali digunakan untuk mengukur kekeruhan yang dikalibrasi dengan menggunakan silica. Satu unit kekeruhan *Jackson Candler Tirbidimeter* dinyatakan dengan 1 JTU. Metode Nephelometric juga sering digunakan untuk mengukur kekeruhan. Metode ini hanya melewatkan sumber cahaya pada sampel air dan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh bahan-bahan penyebab kekeruhan diukur dengan menggunakan suspensi polimer formazin sebagai larutan standart. Nephelometric Turbidity Unit (NTU) adalah Satuan kekeruhan yang diukur dengan menggunakan metode Nephelometric.

2.6 Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik (DHL) merupakan kemampuan suatu cairan untuk menghantarkan arus listrik (disebut juga konduktivitas). DHL pada air merupakan ekspresi numerik yang menunjukkan kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik. Oleh karena itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin besar pula nilai DHL. Besarnya nilai DHL bergantung kepada kehadiran ion-ion anorganik, valensi, suhu, serta konsentrasi total maupun relatifnya.

Tujuan dari pengukuran daya hantar listrik untuk mengetahui kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan listrik serta memprediksi kandungan mineral dalam air. Pengukuranyang dilakukan berdasarkan kemampuan kation dan anion untuk menghantarkan arus listrik yang dialirkan dalam air, dimana semakin tinggi nilai daya hantar listrik yang ditunjukkan pada *konduktivimeter* berarti semakin tinggi kemampuan kation dan anion yang terdapat dalam air untuk menghantarkan arus listrik. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak mineral yang terkandung dalam air.

Konduktivitas dinyatakan dengan satuan $\mu\text{mhos/cm}$ atau p siemens/cm . Dalam analisa air, satuan yang biasa digunakan adalah $\mu\text{mhos/cm}$. Air suling (aquades) memiliki nilai DHL sekitar $1 \mu\text{mhos/cm}$, sedangkan perairan alami sekitar $20\text{-}1500 \mu\text{mhos/cm}$ (Effendi, 2003).

Pengukuran DHL dilakukan menggunakan konduktivimeter dengan satuan $\mu\text{mhos/cm}$. Prinsip kerja alat ini adalah daya hantar listrik berbanding lurus dengan banyaknya ion yang terlarut dalam air. Batas waktu maksimum pengukuran yang direkomendasikan adalah 28 hari. Menurut Effendi (2003), diketahui bahwa pengukuran DHL berguna dalam hal sebagai berikut :

1. Menetapkan tingkat mineralisasi dan derajat disosiasi dari air destilasi.
2. Memperkirakan efek total dari konsentrasi ion.
3. Mengevaluasi pengolahan yang cocok dengan kondisi mineral air.
4. Memperkirakan jumlah zat padat terlarut dalam air.
5. Menentukan air layak dikonsumsi atau tidak.

2.7 Prosedur Analisis

2.7.1 Oksigen Terlarut/ Dissolved Oxygen (DO)

Pengukuran *Dissolved Oxygen (DO)* dilakukan dengan menggunakan alat *water quality checker* Horiba series U-50, dengan cara sebagai berikut:

- 1) Melapisi lubang sensor dengan penutup konektor pelindung
- 2) Memastikan tidak ada uap air pada konektor sensor
- 3) Mengencangkan sensor dengan aman menggunakan tangan
- 4) Bersihkan sensor menggunakan alkohol dengan kain basah
- 5) Menghubungkan unit kontrol dengan sensor probe
- 6) Menekan tombol power dan tunggu kurang lebih 5 menit
- 7) Memasukkan unit probe ke dalam limbah yang akan diuji dan tekan tombol “cal”

- 8) Memilih *automatic calibration* pada menu dan menekan tombol “*enter*”, selanjutnya masuk pada menu *automatic calibration* dan menekan kembali tombol “*enter*”
- 9) Menunggu kurang lebih 2 menit untuk mendapat hasil yang stabil
- 10) Mencatat nilai DO mg/l yang muncul pada layar monitor



Gambar 2.2 *water quality checker* Horiba series U-50
 Sumber: www.horiba.com, diakses pada tanggal 18 Oktober 2018

2.7.2 Kekeruhan

Pengukuran Kekeruhan dilakukan dengan menggunakan alat *water quality checker* Horiba series U-50, dengan cara sebagai berikut:

- 1) Melapisi lubang sensor dengan penutup konektor pelindung
- 2) Memastikan tidak ada uap air pada konektor sensor
- 3) Mengencangkan sensor dengan aman menggunakan tangan
- 4) Bersihkan sensor menggunakan alkohol dengan kain basah
- 5) Menghubungkan unit kontrol dengan sensor probe
- 6) Menekan tombol power dan tunggu kurang lebih 5 menit
- 7) Memasukkan unit probe ke dalam limbah yang akan diuji dan tekan tombol “*cal*”
- 8) Memilih *automatic calibration* pada menu dan menekan tombol “*enter*”, selanjutnya masuk pada menu *automatic calibration* dan menekan kembali tombol “*enter*”
- 9) Menunggu kurang lebih 2 menit untuk mendapat hasil yang stabil
- 10) Mencatat nilai Kekeruhan NTU yang muncul pada layar monitor



Gambar 2.3 *water quality checker* Horiba series U-50
 Sumber: www.horiba.com, diakses pada tanggal 18 Oktober 2018

2.7.3 Daya Hantar Listrik

Pengukuran daya hantar listrik dilakukan dengan menggunakan alat *water quality checker* Horiba series U-50, dengan cara sebagai berikut:

- 1) Melapisi lubang sensor dengan penutup konektor pelindung
- 2) Memastikan tidak ada uap air pada konektor sensor
- 3) Mengencangkan sensor dengan aman menggunakan tangan
- 4) Bersihkan sensor menggunakan alkohol dengan kain basah
- 5) Menghubungkan unit kontrol dengan sensor probe
- 6) Menekan tombol power dan tunggu kurang lebih 5 menit
- 7) Memasukkan unit probe ke dalam limbah yang akan diuji dan tekan tombol “cal”
- 8) Memilih *automatic calibration* pada menu dan menekan tombol “enter”, selanjutnya masuk pada menu *automatic calibration* dan menekan kembali tombol “enter”
- 9) Menunggu kurang lebih 2 menit untuk mendapat hasil yang stabil
- 10) Mencatat nilai daya hantar listrik mS/cm yang muncul pada layar monitor



Gambar 2.4 *water quality checker* Horiba series U-50

Sumber: www.horiba.com, diakses pada tanggal 18 Oktober 2018

2.8 Multi Soil Layering (MSL)

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 ini terjadi proses filtrasi, absorpsi, adsorpsi, dan dekomposisi. Seperti di Jepang dan Thailand metode MSL ini sudah diterapkan. Pengolahan limbah cair yang dihasilkan rumah tangga dan institusi yang bersumber dari toilet, dapur, dan kafetaria di Jepang dan Thailand membuktikan efisiensi penyisihan rata-rata sebesar 70-90%. (Wakatsuki & Attanandana, 2000).

Metode *Multi Soil Layering* (MSL) dikenal murah dari segi biaya, sederhana, mudah dari segi pengoperasian dan pengontrolan, serta bersifat ramah lingkungan karena menggunakan bahan-bahan alam yang ada disekitar kita yang mudah didapatkan. Komponen-komponen organik air limbah efektif dihilangkan dengan menggunakan metode *multi soil layering* ini. Metode MSL merupakan suatu sistem dengan menggunakan tanah, zeolit, dan arang sebagai sumber karbon yang disusun dengan pola seperti batu bata.

Proses kerja MSL adalah dengan memasukkan air kedalam instalasi reaktor, yang di dalam reaktor tersebut dibuat bervariasi antara lapisan yang dibentuk seperti batu bata ataupun lapisan yang ada dibawah atau sekitar tumpukan yang menyerupai batu bata. Kemudian air dialirkan melalui pipa *inlet* dengan mengatur debitnya, pengujian dilakukan dengan mengambil air yang keluar dari pipa *outlet* setelah mengalami proses pengolahan limbah cair dengan metode MSL dalam instalasi reaktor. Air yang akan di uji hasilnya akan dibandingkan dengan nilai hasil pengujian *inlet*, sehingga kita dapat mengetahui efisiensi dari pengolahan limbah menggunakan metode MSL. Selain membandingkan dengan nilai pengujian *inlet* peneliti juga akan membandingkan dengan standart baku mutu yang telah ditentukan.

Menurut Luanmanee *et al* (2002) dan Attanandana *et al* (2000) keuntungan sistem MSL adalah mempunyai kemampuan menguraikan zat organik, menurunkan kadar BOD, COD, N, dan fosfor dari limbah cair secara simultan, mampu mencegah penyumbatan (*clogging*), memiliki kemampuan yang tinggi untuk menerima dan menyerap air 1000–4000 L/m²hari, sedangkan tanah konvensional 10-40 L/m²hari, komposisi material penyusunnya dapat diganti dengan material yang ada disekitar kita.

2.8.1 Komposisi Metode *Multi Soil Layering* (MSL)

Pada metoda 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.

Dalam kondisi anaerob sistem MSL harus disesuaikan, sehingga polutan dapat disisihkan dengan efisien. 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).

2.8.1.1 Tanah Andosol



Gambar 2.5 Tanah andosol

Sumber: www.ilmugeografi.com, diakses pada tanggal 18 Oktober 2018

Definisi andosol dalam Sistem Klasifikasi Dudal dan Soeprahardjo (1957, 1961) adalah tanah berwarna hitam atau coklat tua, struktur remah, kadar bahan organik tinggi, licin (*meary*) jika dipirid. Tanah bagian bawah berwarna coklat sampai coklat kekuningan, tekstur sedang, porous, pemadatan lemah, akumulasi liat sering ditemukan dilapisan bawah.

Tanah adalah komponen utama dalam sistem MSL. Proses adsorpsi fosfor dan aktivitas mikroba juga dipengaruhi oleh tanah. Secara garis besar tanah andosol memiliki sifat fisika seperti memiliki masa jenis tanah yang lebih rendah dari pada tanah lain, memiliki kadar air yang lebih tinggi, memiliki batas mencair tinggi dan indeks plastisitas rendah. Tanah andosol juga memiliki sifat tidak akan kembali ke bentuk asal jika dikeringkan. Menurut Wakatsuki,dkk, tanah andosol menunjukkan bahwa potensi adsorpsi fosfor yang dihasilkan adalah 1g/kg, dan untuk kerikil kuarsa hanya 0,1g/kg.

2.8.1.2 Kabon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu dapat diadsorpsi dengan karbon aktif atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan

luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif (Darmawan, 2008). Karbon aktif dapat dibagi dua tipe, yaitu:

1. Karbon aktif sebagai pemucat

Biasanya berbentuk powder yang halus memiliki diameter pori 1000 Å, digunakan dalam fase cair dan berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu.

2. Karbon aktif sebagai penyerap uap

Biasanya berbentuk granular atau pelet yang sangat keras, memiliki diameter pori sebesar 10-200 Å, umumnya digunakan pada fase gas yang berfungsi untuk pengembalian pelarut, katalis, dan pemurnian gas (Ruthven, 1984).

a. Bentuk Karbon Aktif

- Karbon aktif bentuk serbuk

Karbon aktif bentuk serbuk memiliki ukuran lebih kecil dari 0,18 mm. Terutama digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas.



Gambar 2.6 Karbon aktif bentuk serbuk
Sumber: Cahyo (2015, p.4)

Biasanya digunakan pada industri pengolahan air minum, industri farmasi, bahan tambahan makanan, penghalus gula, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.

- Karbon aktif bentuk granular

Karbon aktif bentuk granular/tidak beraturan memiliki ukuran 0,2 – 5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan pada pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurnian pelarut dan penghilang bau busuk.

- Karbon aktif bentuk pellet

Karbon aktif bentuk pellet memiliki diameter 0,8 – 5 mm. Kegunaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan

kadar abu rendah. Biasanya digunakan untuk pemurnian udara, control emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran dan pengontrol emisi pada gas buang.

b. Fungsi karbon aktif

Pada umumnya karbon atau arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap, juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator. Arang aktif mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus digunakan sebagai bahan aditif kopolimer pada industri karet ban.

- Karbon aktif berfungsi sebagai filter untuk menjernihkan air
- Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben pemurnian gas
- Karbon aktif berfungsi sebagai filter insudtri minuman
- Karbon aktif berfungsi sebagai penyerap hasil tambang dalam industri pertambangan
- Karbon aktif berfungsi sebagai pemucat atau penghilang warna kuning pada gula pasir
- Karbon aktif berfungsi untuk mengolah limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya)
- Dapat berfungsi sebagai penyegar atau pembersih udara ruangan dari kandungan uap air.

c. Sifat karbon aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya untuk bidang industri. Bentuk pori karbon aktif bervariasi yaitu berupa silinder, persegi panjang, dan bentuk lain yang tidak teratur. Ketika dilakukan aktivasi gugus fungsi pada karbon aktif terbentuk, yang dikarenakan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa (Sudirjo, 2006). Adapun syarat mutu karbon aktif yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

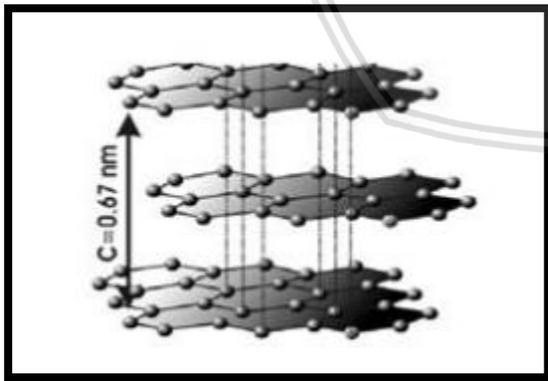
Tabel 2.2
Syarat mutu karbon aktif (SNI. 06-3730-1995)

No.	Uraian	Satuan	Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	%	Maks. 15	Maks. 25
2	Kadar air	%	Maks. 4,5	Maks. 15
3	Kadar debu	%	Maks. 2,5	Maks. 10
4	Bagian yang tidak mengarang		Tidak ternyata	Tidak ternyata
5	Daya serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min. 750	Min. 750
6	Karbon aktif murni	%	Min. 80	Min. 65

Sumber: SNI. 06-3730-1995

d. Struktur fisika dan kimia karbon aktif

Karbon aktif mempunyai bentuk yang amorf yang terdiri dari pelat-pelat datar dari mana atom-atom karbonnya tersusun dan terikat secara kovalen dalam kisis heksagonal. Hal ini telah dibuktikan dengan penelitian menggunakan sinar-X yang menunjukkan adanya bentuk-bentuk kristalin yang sangat kecil dengan struktur grafit.

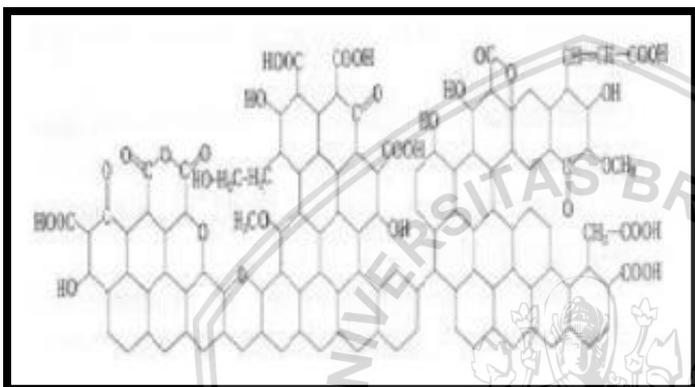


Gambar 2.7 Struktur fisika karbon aktif
Sumber: Sontheimer (1985, p.7)

Daerah kristalin memiliki ketebalan 0,7 – 1,1 nm, jauh lebih kecil dari grafit. Hal ini menunjukkan adanya 3 atau 4 lapisan atom karbon dan kurang lebih terisi 20-30 heksagon ditiap lapisannya. Rongga antar kristal-kristal karbon diisi dengan karbon-karbon amorf yang berikatan secara tiga dimensi dengan atom-atom lainnya terutama oksigen. Susunan

karbon yang tidak teratur ini diselingi retakan-retakan dan celah yang disebut pori dan kebanyakan berbentuk silindris.

Selain mengandung karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang secara kimiawi terikat dalam berbagai gugus fungsi seperti karbonil, karboksil, fenol, lakton, quinon, dan gugus-gugus eter. Gugus fungsional dibentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Gugus fungsional ini membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorbsinya. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dengan gugus fungsionalnya dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Struktur kimia karbon aktif

Sumber: Sudibandriyo (2003, p.8)

e. Faktor yang mempengaruhi daya serap karbon aktif

- Sifat serapan

Karbon aktif mampu mengadsorpsi banyak senyawa, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda-beda untuk masing-masing senyawa. Kemampuan adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Adsorpsi dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur dari senyawa serapan.

- Temperatur

Dalam pemakaian arang aktif disarankan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Viskositas dan stabilitas thermal senyawa serapan sangat berpengaruh pada proses adsorpsi. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya.

- pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik, apabila pH diturunkan maka kemampuan adsorpsi akan meningkat, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

- Waktu kontak

Bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Jumlah arang yang digunakan berbanding terbalik dengan waktu yang dibutuhkan. Waktu kontak juga dipengaruhi oleh pengadukan. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk berkontak dengan senyawa serapan. Dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi.

- f. Proses pembuatan karbon aktif

- Dehidrasi

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air didalam bahan baku dengan cara pemanasan didalam oven dengan suhu 170°C . Pada temperatur sekitar 275°C terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada temperature $400-600^{\circ}\text{C}$.

- Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses penghilangan unsur-unsur oksigen dan hidrogen dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hesseler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada suhu lebih dari 400°C akan tetapi hal itu tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi. Smisek dan Cerny menjelaskan bahwa saat karbonisasi terjadi beberapa tahap yang terdiri dari penghilangan air atau dehidrasi, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar.

Produk dari hasil proses karbonisasi memiliki daya adsorpsi yang kecil. Hal ini disebabkan pada proses karbonisasi suhunya rendah, sebagian dari tar yang dihasilkan berada dalam pori dan permukaan sehingga mengakibatkan adsorpsi terhalang. Produk hasil karbonisasi dapat diaktifkan dengan cara mengeluarkan produk tar melalui pemanasan dalam suatu aliran gas inert, atau melalui ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang sesuai misalnya dengan menggunakan selenium oksida, atau telah melalui sebuah reaksi kimia.

Karbon aktif dengan daya adsorpsi yang besar, dapat menghasilkan oleh proses aktivasi bahan baku yang telah dikarbonisasi dengan suhu tinggi.

- Aktivasi

Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang dengan tujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik sifat kimia maupun fisika, yaitu bertambah besar luas permukaannya dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Produk dari karbonisasi tidak dapat diaplikasikan sebagai adsorben (karena struktur porusnya tidak berkembang) tanpa adanya aktivasi. Dasar metode aktivasi terdiri dari perawatan dengan gas pengoksidasi pada suhu tinggi. Proses aktivasi menghasilkan karbon oksida yang tersebar dalam permukaan karbon karena adanya reaksi antara karbon dengan zat pengoksidasi.

Proses aktivasi bertujuan untuk menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. Mekanisme dari proses aktivasi yaitu adanya interaksi antara zat pengaktivasi dengan struktur atom-atom karbon hasil karbonisasi. Selama aktivasi, karbon dibakar pada suasana oksidasi yang akan menambah jumlah atau volume pori dan luas permukaan produk melalui proses eliminasi atau penghilangan volatil produk pirolisis.

g. Aplikasi karbon aktif

Proses penyerapan dengan menggunakan karbon aktif sudah berkembang dengan sangat luas diantaranya dalam proses pengolahan dalam skala industri.

Tabel 2.3

Aplikasi penggunaan karbon aktif dalam industri

No.	Industri	Kegunaan	Ukuran <i>Mesh</i>
1	Industri obat dan makanan	Menyaring, menghilangkan bau dan rasa	240
2	Kimia perminyakan	Penyulingan bahan mentah	240
3	Pembersih air	Penghilang warna dan bau	48
4	Insustri gula	Penghilangan zat-zat warna, proses penyaringan menjadi lebih sempurna	32, 48

Lanjutan Tabel 2.3 Aplikasi penggunaan karbon aktif dalam industri

5	Pelarut yang digunakan kembali	Penarikan kembali berbagai pelarut	32, 48, 240
6	Pemurnian gas	Menghilangkan sulfur, gas beracun, bau busuk asap	32, 48
7	Katalisator	Reaksi katalisator pengangkutan vinil klorida, vinil asetat	32, 120
8	Pengolahan pupuk	Pemurnian, penghilangan bau	240

h. Sumber-sumber karbon aktif

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai bahan dasar yang mengandung karbon. Yang biasa dipakai sebagai bahan dasar karbon aktif yaitu batu bara, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, petrol coke, limbah pinus, dan kayu (Pujiyanto, 2010). Bahan dasar yang digunakan berpengaruh terhadap struktur permukaan besar dari karbon aktif yang dapat dilihat dari scanning Electron Micrographs (SEM). Ada tiga kriteria bahan dasar yang dapat dibuat sebagai karbon aktif, yaitu:

- Bahan dasar harus mengandung karbon
- Pengotor pada bahan dasar harus dijaga seminimal mungkin
- Bahan dasar harus mempunyai kualitas yang konstan

2.8.1.3 Arang Sekam Padi



Gambar 2.9 Arang sekam padi

Sumber: www.ilmubudidaya.com, diakses pada tanggal 18 Oktober 2018

Limbah sering diartikan sebagai bahan buangan atau bahan sisa dari proses pengolahan hasil pertanian. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan

manusia. Pada setiap penggilingan padi akan selalu kita lihat tumpukan bahkan gunung sekam yang semakin lama semakin tinggi. Pemanfaatan sekam padi masih sangat sedikit, sehingga sekam menjadi bahan limbah yang mengganggu lingkungan (Lutfi dan Efendi, 2011). Selanjutnya Lutfi dan Efendi (2011) telah melakukan penelitian penyulingan air waduk Poto'an Laok di Pamekasan dan berhasil memperbaiki kualitas air baik warna, kekeruhan dan rasa.

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butiran beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Pada bahan baku industry sekam dikategorikan sebagai biomassa pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Dari proses penggilingan padi sekam yang diperoleh sekitar 20-30% dari bobot gabah. Tujuan penggunaan energy sekam untuk menekan biaya pengeluaran untuk bahan bakar bagi rumah tangga petani. Selain itu penggunaan bahan bakar minyak yang harganya terus meningkat akan berpengaruh terhadap biaya rumah tangga yang harus dikeluarkan setiap harinya. Dari penggilingan padi biasanya didapatkan sekam sekitar 20-30%, dedak antara 8-12% dan beras giling antara 50-63% data bobot awal gabah. Sekam dengan persentase yang tinggi tersebut dapat menimbulkan masalah lingkungan.

Ditinjau data komposisi kimiawi, sekam mengandung beberapa unsur kimia penting seperti berikut (Suharno, 1979):

- Kadar air: 9,02%
- Protein kasar: 3,03%
- Lemak: 1,18%
- Serat kasar: 35,68%
- Abu: 17,17%
- Karbohidrat dasar: 33,71%

Komposisi kimia sekam padi menurut DTC-IPB adalah:

- Karbon (zat arang): 1,33%
- Oksigen: 1,54%
- Silika: 16,98%

Dengan komposisi kandungan kimia seperti diatas, sekam dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan diantaranya adalah bahan baku pada industri kimia, terutama kandungan zat kimia furfural yang bisa digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai industri kimia, pada industri bahan bangunan dapat dijadikan sebagai bahan baku, terutama kandungan

silika yang dapat digunakan untuk campuran pembuatan semen portland, bahan isolasi, huskboard dan campuran pada industri bata merah, untuk keperluan manusia dapat dijadikan sebagai sumber energy panas, kadar selulosa yang cukup tinggi memberikan pembakaran yang merata dan stabil.

2.8.1.4 Serbuk Gergaji



Gambar 2.10 Serbuk gergaji

Sumber: www.agromaret.com, diakses pada tanggal 18 Oktober 2018

Serbuk gergaji berbentuk butiran-butiran halus yang terbang saat kayu dipotong dengan gergaji. Jumlah serbuk gergaji yang dihasilkan dari pengrajin-pengrajin kayu seperti produksi perabotan rumah tangga banyak dan tidak terpakai. Kayu yang digunakan dominan kayu lapis (triplek). Balai Penelitian Hasil Hutan (BPHH) pada kilang penggergajian di Sumatera dan Kalimantan serta Perum Perhutani di Jawa menunjukkan bahwa rendemen rata-rata penggergajian adalah 45%, sisanya 55% berupa limbah. Sebanyak 10% dari limbah penggergajian tersebut merupakan serbuk gergaji.

Meminimalisir pemanfaatan kayu seoptimal mungkin yang dapat memproduksi limbah kayu merupakan salah satu kebijakan Departemen Kehutanan. Namun demikian kenyataan di lapangan umumnya rendemen industri penggergajian kayu masih berkisar dari 50-60%, sebanyak 15-20% terdiri dari serbuk kayu gergajian. Jumlah limbah serbuk kayu gergajian di Indonesia sebanyak 0,78 juta m³/tahun. Untuk industri besar dan terpadu, limbah serbuk kayu gergajian sudah dimanfaatkan menjadi bentuk briket arang dan dijual secara komersial. Namun untuk industri penggergajian kayu skala industri kecil yang jumlahnya mencapai ribuan unit dan tersebar di pedesaan, limbah tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah serbuk gergaji yang dihasilkan dari industri penggergajian masih dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, diantaranya sebagai media tanam, bahan baku

furnitur dan bahan baku briket arang. Salah satu usaha meningkatkan nilai tambah dari serbuk gergaji ini adalah dibuat karbon aktif.

Dari hasil penelitian terdahulu pembuatan arang aktif dari serbuk gergaji kayu, bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan lama waktu aktivasi terhadap hasil dan mutu arang aktif yang dihasilkan dari arang serbuk kayu gergajian dengan menggunakan bahan pengaktif yang digunakan adalah larutan H_3PO_4 15%. Hasil kondisi yang terbaik terdapat pada suhu $900^\circ C$ dengan waktu aktivasi 90 menit yang menghasilkan rendemen sebesar 11,33%, kadar air 19,26%, kadar abu 41,90%, kadar zat terbang 9,25%, kadar karbon terikat 48,85%. Daya serap arang aktif terhadap benzena sebesar 10,93%, $CHCl_3$ sebesar 30,38%, daya serap iodium 1171,5 mg/g telah memenuhi syarat standar Jepang dan daya serap terhadap biru metilena sebesar 149,98 mg/g. Berdasarkan sifat dan besarnya daya serap terhadap biru metilena, maka arang aktif dari serbuk gergaji kayu ini dapat digunakan untuk penjernihan zat cair.

2.8.1.5 Zeolit



Gambar 2.11 Zeolite

Sumber: www.hidroponikstore.com, diakses pada tanggal 18 Oktober 2018

Mineral zeolit banyak ditemukan di alam sebagai batuan sedimen vulkano. Mordenit dan klipnotilonit dalam berbagai variasi komposisi adalah penyusun utama zeolit. Zeolit berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu zein yang berarti mendidih dan lithos yang berarti batuan. Disebut demikian karena mineral ini bersifat mendidih atau mengembang apabila dipanaskan. Dimana air dalam rongga-rongga zeolit akan mendidih bila dipanaskan pada temperatur $100^\circ C$.

Zeolit diartikan sebagai senyawa aluminosilikat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi dengan rongga didalamnya. Unit-unit tetrahedral $(AlO_4)^{-5}$ dan $(SiO_4)^{-4}$

yang saling berikatan melalui atom oksigen membentuk pori-pori zeolit merupakan struktur kerangka zeolit. Ion silikon bervalensi 4, sedangkan alumunium bervalensi 3. Hal ini yang menyebabkan struktur zeolit kelebihan muatan negatif yang diseimbangkan oleh kation-kation logam alkali atau alkali tanah seperti Na^+ , K^+ , Ca^+ atau Sr^+ maupun kation-kation lainnya. Kation-kation tersebut terletak diluar tetrahedral, dapat bergerak bebas dalam rongga-rongga zeolit dan bertindak sebagai counter ion yang dapat dipertukarkan dengan kation-kation lainnya, sifat-sifat inilah yang mendasari zeolit sebagai penukar kation. Berdasarkan sifat fisika maupun sifat kimia zeolit tersebut zeolit dapat digunakan sebagai penukar ion, penyaring molekuler, adsorben dan katalis.

Zeolit pertama kali ditemukan oleh Freiherr Axel Cronstedt, seorang ahli mineralogi dari Swedia pada tahun 1756. Menurut proses pembentukannya zeolite terbagi menjadi 2 yaitu, zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolite berdasarkan ukuran porinya dibedakan menjadi 3 golongan yaitu zeolit dengan pori kecil, zeolit dengan pori medium dan zeolit dengan pori besar. Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation Na^+ , K^+ , Ca^{2+} atau Mg^{2+} sedangkan zeolit sintetis biasanya hanya mengandung kation-kation K^+ atau Na^+ . Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas dipermukaan 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 katalis dari zeolit tersebut. Inilah alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Secara fisika, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada temperatur $300-400^\circ\text{C}$ 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.

a. Rumus umum

Rumus umum zeolit adalah



Dimana:

$\text{M}_{x/n}$ = kation bermuatan

[] = kerangka aluminosilika

X = jumlah AlO_4

Y = jumlah SiO_4 , $y > x$

Z = jumlah H_2O

Kerangka zeolit berupa rongga yang berisi kation M^+ sebagai kation penyumbang muatan AlO_4 .

- Rasio Si/Al

Rasio Si/Al merupakan perbandingan jumlah atom Si terhadap jumlah atom Al didalam rangka zeolit. Zeolit-A merupakan zeolit sintetik yang mempunyai rasio Si/Al sama dengan satu. Beberapa zeolit mempunyai rasio Si/Al yang tinggi seperti zeolit ZK-4 (LTA), yang mempunyai struktur kerangka seperti zeolit-A, mempunyai rasio 2,5. Banyak zeolit sintetik yang dikembangkan untuk katalis mempunyai kadar Si yang tinggi seperti ZMS-5(MFI) (*Zeolite Secony-Mobil*) dengan rasio Si/Al antara 20 sampai tak terhingga (murni SiO_2). Ini jauh melebihi mordenit (rasio Si/Al = 5,5) yang merupakan zeolit alam yang dikenal paling banyak mengandung Si.

Perubahan rasio Si/Al dari zeolit akan mengubah muatan zeolit sehingga pada akhirnya akan mengubah jumlah kation penyeimbang. Lebih sedikit atom Al artinya lebih sedikit muatan negatif pada zeolit sehingga lebih sedikit pula kation penyeimbang yang ada. Zeolit berkadar Si tinggi bersifat hidrofobik dan mempunyai affinitas terhadap hidrokarbon.

- Kation penyeimbang

Kerangka Si/Al-O pada zeolit bersifat rigid, akan tetapi kation bukan merupakan bagian dari kerangka ini. Kation yang berada didalam rongga zeolit disebut *exchangeable cations* karena bersifat mobil dan dapat digantikan oleh kation lainnya.

Keberadaan dan posisi kation pada zeolit sangat penting untuk berbagai alasan. Lingkar silang dari cincin dan terowongan pada strukturnya dapat diubah dengan mengubah ukuran dan muatan kation. Secara signifikan hal ini dapat mempengaruhi ukuran molekul yang dapat teradsorpsi. Perubahan pada pengisian kationik juga akan mengubah distribusi muatan di dalam rongga yang akan mempengaruhi sifat adsorptif dan aktivitas katalik dari zeolit tersebut. Dengan alasan ini maka perlu untuk mengatur posisi kation didalam kerangka dan banyak penelitian telah melakukan untuk maksud tertentu.

b. Struktur zeolit

Zeolit umumnya berstruktur tiga dimensi, yang terbentuk dari tetrahedral alumina dan silika dengan rongga-rongga di dalam yang berisi ion-ion logam, biasanya alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas. Secara empiris, rumus molekul zeolit adalah $M_{x/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y].mH_2O$. struktur zeolit sejauh ini diketahui bermacam-macam, tetapi secara garis besar strukturnya terbentuk dari unit bangun

primer, berupa tetrahedral yang kemudian menjadi unit bangun sekunder polihedral dan membentuk polihedra dan akhirnya unit struktur zeolit.

c. Sifat unik zeolit

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolit yang unik, sehingga zeolit oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serba guna. Sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben, dan penyaringan molekul, katalisator, dan penukar ion. Apabila dipanaskan zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H_2O). Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H_2O 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. Gugus fungsi asam tipe Bronsted atau Lewis dapat membentuk pusat-pusat aktif. 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 kedalam rongga zeolit.

d. Manfaat zeolit

Tabel 2.4.

Aplikasi zeolit dan penerapannya

Bidang/Sektor	Aplikasi
Pertanian	Penetral keasaman tanah, meningkatkan aerasi tanah, sumber mineral pendukung pada pupuk dan tanah, serta sebagai pengontrol yang efektif dalam pembebasan ion amonium, nitrogen, dan kalium pupuk.

Lanjutan Tabel 2.4 Aplikasi zeolit dan penerapannya

Bidang/Sektor	Aplikasi
Peternakan	Meningkatkan nilai efisiensi nitrogen, dapat mereduksi penyakit <i>lembuhg</i> pada hewan ruminensia, pengontrol kelembaban kotoran hewan dan kandungan amonia kotoran hewan.
Perikanan	Membersihkan air kolam ikan yang mempunyai sistem resikulasi air, dapat mengurangi kadar nitrogen pada kolam ikan.
Energi	Sebagai katalis pada proses pemecahan hidrokarbon minyak bumi sebagai panel-panel pada pengembangan energi matahari, dan penyerap gas freon.
Industri	Pengisi (filter) pada industri kertas, semen, beton, kayu lapis, besi baja, dan besi tuang, adsorben dalam industri tekstil dan minyak sawit, bahan baku pembuatan keramik.

- Aplikasi adsorben

Aplikasi adsorben umum dan berfokus pada membersihkan molekul polar atau senyawa terpolarisasi untuk proses pemurnian dan pemisahan massal didasarkan pada proses penyaringan molekuler. Salah satu sifat zeolite yaitu sebagai penyaring alami. Air tanah yang dilewatkan kolom gelas berisi zeolit, kadar Fe dapat diturunkan sampai 55%, sedangkan kadar Mn dapat diturunkan sampai 100%.

- Aplikasi katalis

Aplikasi utama katalis oleh zeolit. Transformasi hidrokarbon oleh zeolit, pertukaran kation NH_4^+ dan spesi multivalen. Zeolit mengalami peningkatan penggunaan untuk sintesis bahan kimia organik. Zeolite sebagai katalis heterogen memiliki keuntungan yaitu pemisahannya mudah dan mudah dilakukan regenerasi. Setiadi menemukan bahwa metanol (CH_3OH) dapat dibuat dari umpan gas CO_2 dan H_2 dengan katalis zeolit alam. Meskipun telah ada penemuan peningkatan kinerja zeolit selama 50 tahun terakhir, tetapi hanya sebagian sangat kecil yang pernah menemukan aplikasi yang dapat digunakan secara komersial.

- Aplikasi penukar ion

Aplikasi zeolit untuk pertukaran ion. Penggunaan utama dari zeolit sebagai penukaran ion adalah untuk pelunakan air dalam industri detergen dan penggunaan pengganti

fosfat. Zeolit mampu menggantikan peran fosfat sebagai pembentuk (*builders*) dalam detergen. Penggunaan zeolit menurunkan ongkos produksi detergen, menurunkan kesadahan air, dan menghilangkan logam-logam berat seperti besi, mangan dan tembaga. Selektivitas zeolit A untuk Ca_2^+ menghasilkan keuntungan yang unik. Zeolit alam penggunaannya cukup baik untuk membersihkan radiosotop Cs^+ dan Sr^{2+} dengan penukaran ion dari aliran limbah radioaktif.

2.8.1.6 Kerikil



Gambar 2.12 Kerikil
Sumber: Anonim

kerikil merupakan nama Indonesia dari *gravel* yang berasal dari kata *gravelle* (bahasa Prancis) yang berarti *coarse sand* atau pasir kasar. Ukuran kerikil minimum 2 mm dan tidak lebih dari 75 mm. Namun pada beberapa literatur umumnya ukuran kerikil dibatasi 2–4 mm dan untuk ukuran 4–75 mm lebih digolongkan kepada *pebble* atau batu kecil-kecil. Kerikil terbagi atas dua macam, yaitu kerikil alam yang berasal dari sungai dan kerikil batu pecah yang merupakan hasil produksi dari mesin *stone crusher*. Kerikil batu pecah mempunyai mutu yang lebih baik dari pada kerikil alam, hal ini disebabkan kerikil tersebut bersudut dan mempunyai permukaan yang lebih luas, sehingga mikroorganisme dapat tumbuh lebih banyak untuk mendekomposisi zat organik.

2.8.2 Mekanisme Metode *Multi Soil Layering* (MSL)

Zona aerob berfungsi untuk menguraikan bahan organik, mengoksidasi ion ferro menjadi ion ferri, pengikatan fosfat dan nitrifikasi. Proses denitrifikasi terjadi pada zona anaerob. Menurut Wakatsuki *et al* (1993), Proses dekomposisi bahan organik, fiksasi fosfat, nitrifikasi, denitrifikasi terdapat pada zona aerob dan zona anaerob.

Lapisan pada *Multi Soil Layering* (MSL) disesuaikan dengan kebutuhannya sehingga polutan yang terkandung pada limbah dapat disisihkan secara efisien.

Dibawah akan dijelaskan mengenai mekanisme sistem MSL:

1. Filtrasi

Filtrasi diartikan sebagai proses pemisahan antara *solid-liquid* dengan melewati 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 bisa terjadi karena adanya gaya dorong, yaitu: gravitasi, tekanan dan gaya sentrifugal. Proses filtrasi di mulai pada saat limbah cair masuk ke lapisan aerob (batuan) sistem MSL (Wakatsuki dkk, 1993).

2. Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut (Reynolds, 1996). Proses adsorpsi ini melibatkan dua komponen utama yaitu adsorben yang merupakan padatan dimana di atasnya terjadi pengumpulan substansi yang disisihkan dan adsorbat yaitu substansi yang akan disisihkan dari cairan. Adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi adalah karbon aktif, diantaranya adalah aktif, serbuk gergaji, kulit pisang, dan bahan lain yang mengandung karbon. Ada 4 tahap proses adsorpsi, antara lain (Reynolds, 1996) :

- a. Perpindahan substansi dari larutan ke lapisan film di sekeliling adsorben;
- b. Perpindahan substansi melewati lapisan film (*film diffusion*);
- c. Perpindahan substansi ke dalam kapiler atau pori dalam adsorben (*pore diffusion*);
- d. Adsorpsi substansi pada permukaan adsorben.

Pada MSL Adsorpsi terjadi di lapisan permukaan campuran tanah pada zona aerob.

Material organik limbah cair diadsorpsi dalam lapisan atas campuran tanah dan arang aktif serta permukaan zeolit (Wakatsuki dkk, 1993).

3. 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 zona anaerob di lapisan campuran tanah (Wakatsuki *et al*, 1993).

4. 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 (Begon dalam Sunarto, 2003). Faktor yang mempengaruhi dekomposisi, yaitu oksigen, bakteri, bahan organik sebagai nutrien, suhu, kelembaban, cahaya, dan pH (Sunarto, 2003). Pada MSL, Mikroorganisme di dalam tanah dan di dalam *biofilm* yang terbentuk pada zeolit mendekomposisi material organik teradsorpsi tersebut (Luanmanee *et al*, 2000).

5. 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 (Jennie *et al*, 1990). Nitrifikasi berlangsung pada lapisan batuan dan sekat antara lapisan batuan dan lapisan campuran tanah (Wakatsuki *et al*, 1993).

6. Fiksasi

Fiksasi merupakan proses pengikatan nutrien (nitrogen dan fosfat) oleh bakteri dari udara bebas, dan mengubahnya menjadi suatu senyawa. Fiksasi N dilakukan oleh beberapa bakteri yang hidup bebas, antara lain: *Clostridium pasteurianum*, *Klebisella*, dan *Rhodobacter* (Anonim, 2009).

7. Denitrifikasi

Denitrifikasi didefinisikan sebagai 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). Denitrifikasi pada sistem MSL berlangsung pada lapisan campuran tanah (Wakatsuki *et al*, 1993). Denitrifikasi dideskripsikan sebagai penggunaan ion nitrat atau ion nitrit oleh bakteri denitrifikasi (anaerob fakultatif) untuk mendegradasi senyawa organik. Meskipun denitrifikasi sering dikombinasikan dengan aerob untuk menyisahkan variasi komponen nitrogen dari limbah, namun denitrifikasi berlangsung ketika kondisi anoxic (tidak ada oksigen) (Musterman *et al*, 1995).

2.8.3 Keuntungan Metode *Multi Soil Layering* (MSL)

Menurut Luanmanee dkk (2002) dan Attanandana dkk (2000) keuntungan sistem MSL adalah:

1. Mempunyai kemampuan menguraikan zat organik, menurunkan kadar BOD, COD, N, dan fosfor dari limbah cair secara simultan.
2. Mampu mencegah penyumbatan (*clogging*).
3. Punya kemampuan yang tinggi untuk menerima dan menyerap air 1000-4000 l/m²hari, sedangkan tanah konvensional 10-40 l/m²hari.

4. Komposisi material penyusunnya dapat diganti dengan material yang tersedia.
5. Masa pakai material lebih dari 10 tahun.

Permasalahan yang timbul akibat pengolahan limbah cair dengan menggunakan tanah, diantaranya (Wakatsuki dkk dalam Kaula, 2007) :

1. Kemampuan konduktivitas tanah yang terbatas untuk HLR yang besar dari 50 l/m².hari.
2. Distribusi limbah cair yang tidak merata.
3. Ketidakefektifan dalam penyisihan nitrat.

Oleh sebab itu, metode MSL dapat menyelesaikan berbagai masalah yang terjadi dalam sistem pengolahan limbah cair dengan menggunakan tanah, seperti yang diuraikan di atas (Wakatsuki dkk dalam Kaula, 2007).

2.8.4 Penelitian Terkait

Berbagai penelitian mengenai metode *Multi Soil Layering* (MSL) menggunakan media tanah andosol, karbon aktif, serbuk gergaji, jerami padi, kerikil, dan zeolit telah banyak dilaksanakan dalam usaha memperbaiki kualitas lingkungan yang tercemar dan meningkatkan kesehatan masyarakat. Penelitian mengenai metode *Multi Soil Layering* (MSL) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.5
Penelitian Mengenai Metode *Multi Soil Layering*

No.	Peneliti	Judul	Parameter Yang Diuji	Hasil
1.	Rahmadani Mutia, Shinta Elystia dan Elvi Yenie (Fakultas Teknik Universitas Riau)	Metode <i>Multi Soil Layering</i> Dalam Penyisihan Parameter TSS Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Variasi Hydraulic Loading Rate (HLR) dan Material Organik Pada Lapisan Anaerob	TSS dan Amonia	<ul style="list-style-type: none"> • Lapisan anaerob berupa campuran tanah andosol dan arang tempurung kelapa dapat menyisihkan TSS sebesar 79,77-88,76% dan amonia sebesar 39,85-56,52%. • Lapisan anaerob berupa campuran tanah dan arang kulit pisang dapat menyisihkan konsentrasi TSS sebesar 73,03-79,99%.

Lanjutan Tabel 2.5 Penelitian Mengenai Metode *Multi Soil Layering*

No.	Peneliti	Judul	Parameter Yang Diuji	Hasil
2.	Irmanto, Suyata (Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman)	Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu di Desa Kalisari Kecamatan Cilongok dengan Metode <i>Multi Soil Layering</i> .	TSS, BOD, dan COD	Penurunan kadar TSS, BOD, dan COD limbah cair masing-masing sebesar 78,62%, 98,89%, dan 95,53%.
3.	Taufiq Ihsan, Shinta Indah dan Denny Helard (Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas)	Penyisihan Kalium Dari Limbah Cair Persawahan Dengan Metode <i>Multi Soil Layering</i>	Kalium	<ul style="list-style-type: none"> • Lapisan anaerob dengan campuran tanah andisol dan arang dapat menyisihkan kalium sebesar 3,057-100%. • Lapisan anaerob dengan campuran serbuk gergaji dapat menyisihkan kalium sebesar 19,443-100%.

Sumber: Internet, diakses pada 1 April 2018

Pada penelitian kali ini akan dilakukan penelitian dengan penggabungan beberapa media yang berbeda dengan menggunakan media tanah andosol, karbon aktif, serbuk gergaji, dan jerami padi. Namun air limbah yang akan digunakan adalah air limbah domestik di kelurahan Tlogomas. Berdasarkan data awal diketahui parameter air limbah COD, BOD, dan TSS pada air limbah domestik di Kelurahan tlogomas melebihi standar baku mutu. Sehingga untuk parameter yang diuji pada penelitian kali ini menitik beratkan pada parameter DO, dan untuk parameter pendukung yaitu kekeruhan, dan daya hantar listrik.

2.8.5 Uji Statistik

Statistik berasal dari kata state yang artinya negara. Dalam pengertian yang paling sederhana statistik artinya data. Dalam pengertian yang lebih luas, statistik dapat diartikan sebagai kumpulan data dalam bentuk angka maupun bukan angka yang disusun dalam

bentuk tabel (daftar) dan atau diagram yang menggambarkan (berkaitan) dengan suatu masalah tertentu.

Uji statistik mempunyai dua fungsi diantaranya adalah Fungsi deskriptif: Yaitu fungsi statistik dalam memahami, mendiskripsikan, menerangkan data, peristiwa, yang dikumpulkan dalam suatu penelitian, penyelidikan dan tidak sampai pada generalisasi atau pengambilan kesimpulan tentang populasi yang diselidiki dan Fungsi Inferensial yaitu fungsi statistiik untuk memprediksikan atau mengotrol tentang semua atau populasi berdasarkan data atau gejala dan peristiwa yang ada dalam suatu penelitian, karena itu bagian ini dimulai dengan estimasi, hipotesis. Uji Hipotesis adalah cabang Ilmu Statistika Inferensial yang dipergunakan untuk menguji kebenaran suatu pernyataan secara statistik dan menarik kesimpulan apakah menerima atau menolak pernyataan tersebut. Pernyataan ataupun asumsi sementara yang dibuat untuk diuji kebenarannya tersebut dinamakan dengan Hipotesis atau Hipotesa. Tujuan dari Uji Hipotesis adalah untuk menetapkan keputusan apakah menolak atau menerima kebenaran dari pernyataan atau asumsi yang telah dibuat. Uji Hipotesis juga dapat memberikan kepercayaan diri dalam pengambilan keputusan yang bersifat Objektif.

Jenis-jenis statistik uji hipotesis yang sering digunakan :

1. Uji Z, digunakan untuk menguji apakah kedua rerata kelompok data tersebut tidak berbeda secara nyata (signifikan), digunakan uji Z dengan menghitung Z_M , kemudian hasil perhitungan Z_M dibandingkan dengan Z dari tabel distribusi normal dengan probabilitas tertentu. Uji Z digunakan apabila data sampel $n > 30$ data.
2. Uji T, digunakan untuk menguji apakah kedua sampel berasal dari populasi yang sama, digunakan uji T dengan menghitung Tscore, kemudian hasil perhitungan T_{cr} dibandingkan dengan T_{cr} . Uji T digunakan untuk ukuran sampel yang kecil $n < 30$ data.
3. Uji F, dikenal dengan uji serentak atau uji model/uji anova, yaitu uji untuk melihat bagaimanakah pengaruh semua variabel bebasnya secara bersama-sama terhadap variabel terikatnya. Uji F dapat dilakukan dengan membandingkan F hitung dengan F_{α} .
4. Uji Anova, uji anova merupakan uji yang lebih kompleks dibandingkan uji T. Uji anova merupakan uji statistik yang digunakan untuk eksperimen. Uji anova mengharuskan kita untuk menghitung nilai F hitung yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai F tabel.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Daerah Studi

Wilayah daerah studi adalah Kelurahan Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Kelurahan Tlogomas ini terdiri dari sembilan RW (Rukun Warga) dan 49 RT (Rukun Tetangga). Secara administratif, Kelurahan Tlogomas dikelilingi oleh kelurahan lainnya yang ada di Kota Malang. Adapun batas-batas wilayah Kelurahan Tlogomas adalah sebagai berikut :

- Sebelah utara berbatasan dengan Kelurahan Tunggulwulung
- Sebelah timur berbatasan dengan Kelurahan Dinoyo
- Sebelah barat berbatasan dengan Desa Landungsari
- Sebelah selatan berbatasan dengan Kelurahan Merjosari

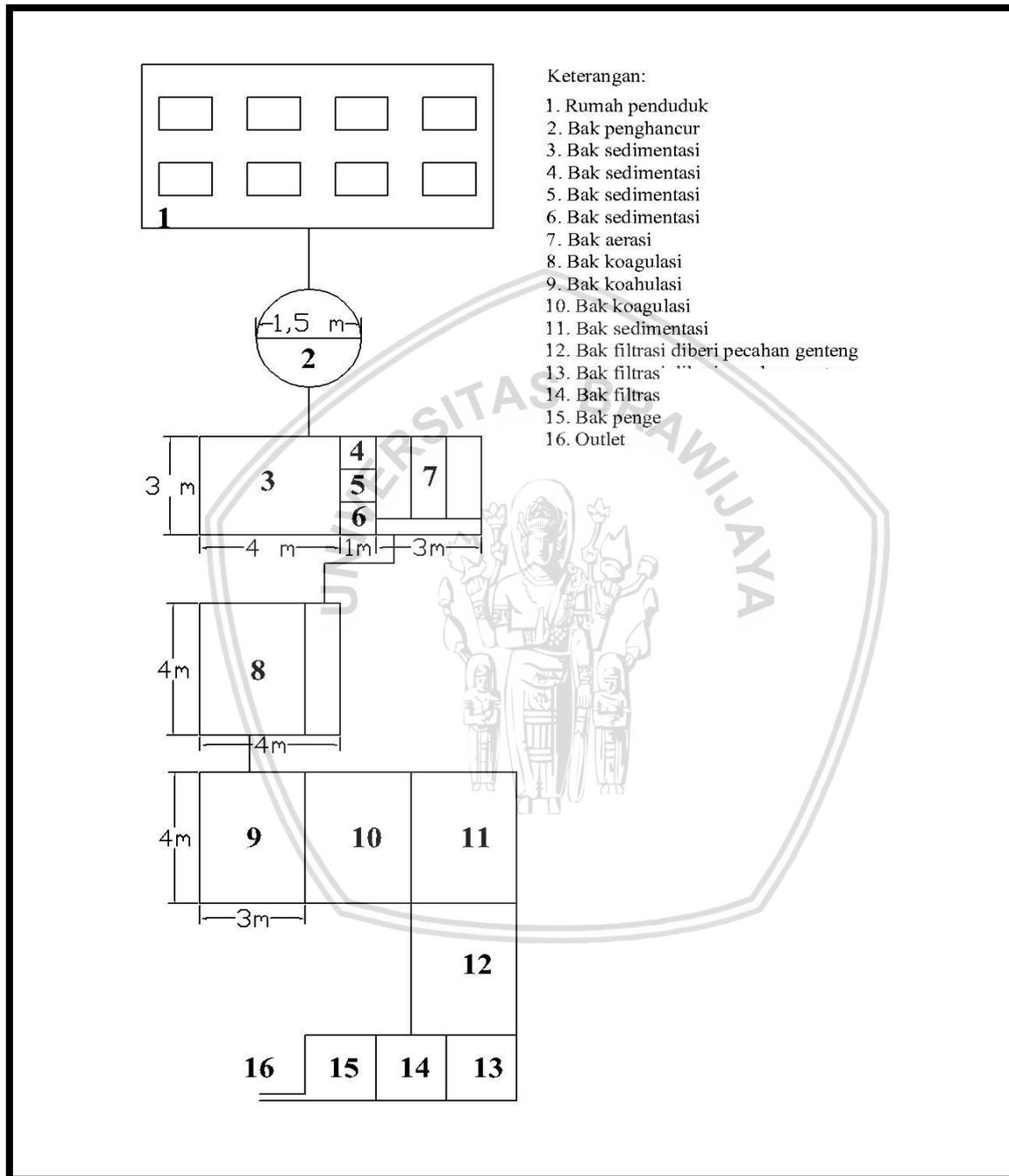


Gambar 3.1 Peta Lokasi studi

Sumber: Map data ©2017 Google

MCK terpadu Tlogomas berada di Jalan Tirta Rona Tlogomas. Sebanyak 104 keluarga di sana memiliki saluran MCK (mandi, cuci, kakus) terpadu atau instalasi pengelolaan air limbah (IPAL) komunal. Limbah cair rumah tangga disalurkan ke satu lokasi di belakangkampung, persis di pinggir Sungai Brantas. Kawasan MCK terpadu tersebut berukuran 15 meter x 25 meter. Instalasi pengelolaan air limbah tersebut dibuat terbuka,

tidak tertutup seperti septic tank pada umumnya. MCK terpadu memiliki 12 bak. Bak-bak pada IPAL ini ditanami ecenggondok untuk mengurangi bau, menetralkan pH dan mengurangi jentik – jentik nyamuk. Berikut dapat disajikan layout MCK Terpadu Tlogomas pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Layout IPAL Kelurahan Tlogomas Malang
Sumber : Olahan Peneliti, 2018

Pada gambar diatas dijelaskan bahwa pada IPAL Kelurahan Tlogomas terdapat 12 bak pengolahan limbah domestik yang terdiri dari bak penghancur yaitu bak yang digunakan untuk memisahkan antara limbah padat dan limbah cair, bak sedimentasi yang digunakan

untuk mengendapkan padatan tersuspensi, bak aerasi digunakan untuk menambah jumlah oksigen dan penurunan jumlah karbon dioksida, bak koagulasi digunakan untuk mengikat partikel-partikel kecil yang mungkin terbawa oleh air dan bak filtrasi yang berfungsi sebagai penyaring air untuk memisahkan partikel yang tidak dapat mengendap agar air yang diperoleh jernih.

3.2 Bahan Penelitian

3.2.1 Media Reaktor Multi Soil Layering

Media yang digunakan pada metode multi soil layering adalah sebagai berikut:

- a. Zeolit
- b. Kerikil
- c. Tanah andosol
- d. Arang aktif
- e. Arang jerami padi
- f. Serbuk gergaji

3.2.2 Bahan Lainnya

- a. Air limbah
- b. Aquades

3.3 Alat-alat yang Digunakan

3.3.1 Alat Instalasi

Alat instalasi untuk penelitian ini dengan rincian sebagai berikut:

- a. Bak reaktor dengan ukuran 41 cm x 20,5cm x 50 cm sebanyak 3 buah
- b. Pompa air 1 buah
- c. Pipa PVC ½” 4 – 6 m
- d. Kran plastik ½” 3 buah
- e. Lem PVC sedang 1 buah

3.3.2 Alat Penelitian

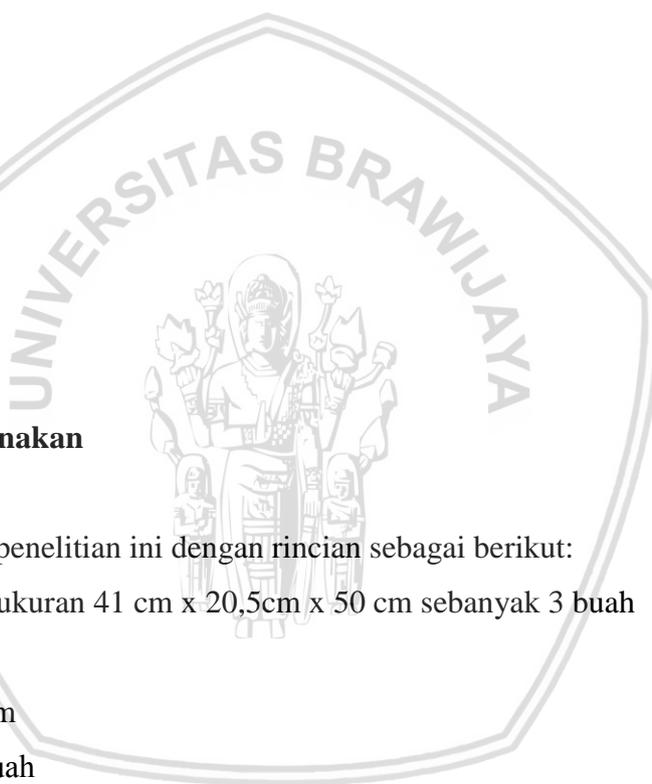
- a. Water quality checker merk horiba U-50
- b. Wadah untuk membersihkan alat

3.4 Pengamatan Parameter

3.4.1 Pengukuran Oksigen Terlarut

Adapun prosedur kerja dalam pengukuran oksigen terlarut menggunakan water quality checker adalah sebagai berikut :

- a. Membersihkan alat water quality checker dengan aquades dan mengeringkan alat
- b. Mengkalibrasi alat water quality checker pada skala nol



- c. Kemudian memasukkan sensor water quality checker ke dalam permukaan air limbah yang akan diukur kadar oksigennya.
- d. Membiarkan beberapa saat dan melihat angka yang ditunjukkan oleh alat
- e. Mencatat hasil pengukuran
- f. Mengulangi sebanyak 3 kali tiap parameter yang diuji

3.4.2 Pengukuran Kekeruhan

Adapun prosedur kerja dalam pengukuran parameter kekeruhan menggunakan water quality checker adalah sebagai berikut :

- a. Membersihkan alat water quality checker dengan aquades dan mengeringkan alat
- b. Mengkalibrasi alat water quality checker pada skala nol
- c. Kemudian memasukkan sensor water quality checker ke dalam permukaan air limbah yang akan diukur kandungan organisme (plankton).
- d. Membiarkan beberapa saat dan melihat angka yang ditunjukkan oleh alat
- e. Mencatat hasil pengukuran
- f. Mengulangi sebanyak 3 kali tiap parameter yang diuji

3.4.3 Pengukuran Daya Hantar Listrik

Adapun prosedur kerja dalam pengukuran konduktivitas menggunakan water quality checker adalah sebagai berikut :

- a. Membersihkan alat water quality checker dengan aquades dan mengeringkan alat
- b. Mengkalibrasi alat water quality checker pada skala nol
- c. Kemudian memasukkan sensor water quality checker ke dalam permukaan air limbah yang akan diukur nilai daya hantar listriknya
- d. Membiarkan beberapa saat dan melihat angka yang ditunjukkan oleh alat
- e. Mencatat hasil pengukuran
- f. Mengulangi sebanyak 3 kali tiap parameter yang diuji

3.5 Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan yang muncul dalam dunia lingkungan. Kemudian dilakukan proses studi pustaka untuk mendapatkan data pendukung dalam melakukan proses pemecahan masalah hingga kegiatan penelitian.

3.5.1 Perhitungan Debit Air

Debit rata-rata air buangan adalah debit air buangan yang berasal dari rumah tangga, bangunan umum, bangunan komersil, dan bangunan industri. Jumlah air limbah yang dihasilkan berkisar antara 50-80% dari pemakaian air bersih. Untuk perhitungan jumlah air

buangan yang dihasilkan oleh daerah pelayanan ditetapkan 80% dari konsumsi air bersih. Faktor air buangan terhadap air minum 0,5-0,8 (Metcalf & Eddy 1991).

Tabel 3.1

Nilai Kebutuhan Air Bersih untuk Bangunan Tempat Tinggal

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air (lt/org/hari)
I	Kota Metropolitan	Diatas 1 juta	190
II	Kota Besar	500.000 – 1 juta	170
III	Kota Sedang	100.000 – 500.000	150
IV	Kota Kecil	20.000 – 100.000	130
V	Desa	10.000 – 20.000	100
VI	Desa Kecil	3000 – 10.000	60

Sumber: DPUD Jenderal Cipta Karya Direktorat Air Bersih

Untuk mengetahui berapa besar debit yang akan masuk kedalam bak penghancur, maka dilakukan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$Q_r = \frac{fab \times [(80\% \times Q_{am} \times \text{jumlah penduduk}) + (20\% \times 30 \text{ L/orang/hari})]}{86400 \text{ detik/hari}} \dots\dots\dots (3-1)$$

Keterangan :

Q_r : Debit rata-rata air buangan (lt/detik)

Fab : Faktor timbulan air buangan 0,5-0,8

Q_{am} : Kebutuhan air bersih lt/orang/hari

3.5.2 Perancangan Unit Pengelolaan Limbah Domestik

Perancangan reaktor ini bertujuan untuk mengetahui spesifikasi reaktor MSL yang digunakan, seperti bahan dan dimensi, komposisi lapisan material penyusun, dan berat material dalam lapisan campuran tanah (melalui analisis kadar air). Berikut ini dijelaskan mengenai spesifikasi yang digunakan dan diperhitungkan dalam desain reaktor.

a. Bahan dan dimensi

Reaktor yang terbuat dari bahan kaca dan berdimensi 41 cm x 20,5 cm x 50 cm ini dilengkapi dengan kran dan pipa inlet ½ inch yang diberi lubang (di permukaan paling atas), pipa outlet ½ inch (di bagian bawah reaktor).

b. Komposisi lapisan material penyusun reactor antara lain:

1. Lapisan batuan

Lapisan batuan yang digunakan adalah kerikil yang berukuran 2-5 mm dan pasir zeolit. Penggunaan kerikil dengan ukuran yang sama bertujuan untuk menghindari terjadinya *clogging*. Pemilihan lapisan jenis kerikil dan pasir zeolit dilakukan karena mudah didapatkan dan tidak memakan banyak biaya dalam pengadaannya. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) buah reaktor dengan komposisi material berbeda pada masing-masing reaktor. Percobaan pertama pada metode MSL terdapat tiga variasi isi reaktor yang pertama yaitu reaktor dengan hanya menggunakan media kerikil saja, reaktor kedua hanya bermedia pasir zeolit saja, dan reaktor ketiga bermedia kerikil dan pasir zeolit.

2. Lapisan campuran tanah

Lapisan campuran tanah yang digunakan adalah tanah andosol, arang aktif tempurung kelapa, arang jerami padi, dan serbuk gergaji. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) buah reaktor dengan komposisi lapisan material penyusun berbeda pada masing-masing reaktor. Perbedaan tersebut terdapat pada penggunaan lapisan campuran tanah, dimana pada percobaan kedua ini digunakan campuran tanah andosol dengan arang aktif, campuran tanah andosol dengan serbuk gergaji, dan campuran tanah andosol dengan arang jerami padi. Untuk mengetahui komposisi tanah, arang, dan serbuk gergaji yang digunakan, maka harus dilakukan pengukuran atau analisis kadar air. Tujuan dari analisis kadar air ini adalah mengetahui berat kering sehingga didapatkan besarnya komposisi masing-masing campuran (tanah, arang aktif tempurung kelapa, arang jerami padi dan serbuk gergaji).

c. Pengukuran/analisis kadar air

Material lapisan campuran tanah (campuran tanah dan arang aktif tempurung kelapa, campuran tanah dengan serbuk gergaji, serta campuran tanah dengan arang jerami padi) yang diperlukan untuk menyusun ketiga reaktor. Diperkirakan rasio berat komposisi lapisan campuran tanah yang digunakan adalah:

Tanah : arang aktif tempurung kelapa = 2 : 1

Tanah : serbuk gergaji = 2 : 1

Tanah : arang jerami padi = 2 : 1

Perhitungan kadar air secara matematis :

$$\frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3-2)$$

Dimana :

w_1 = berat awal (gr)

w_2 = berat akhir (gr)

Setelah pengukuran atau analisis kadar air, dilakukan juga penentuan *bulk density* (massa jenis) material yang digunakan.

Perhitungan kadar air secara matematis :

$$\frac{w_2 - w_1}{V} \dots\dots\dots (3-3)$$

dimana :

w_2 = berat gela piala 2

w_1 = berat gela piala 1

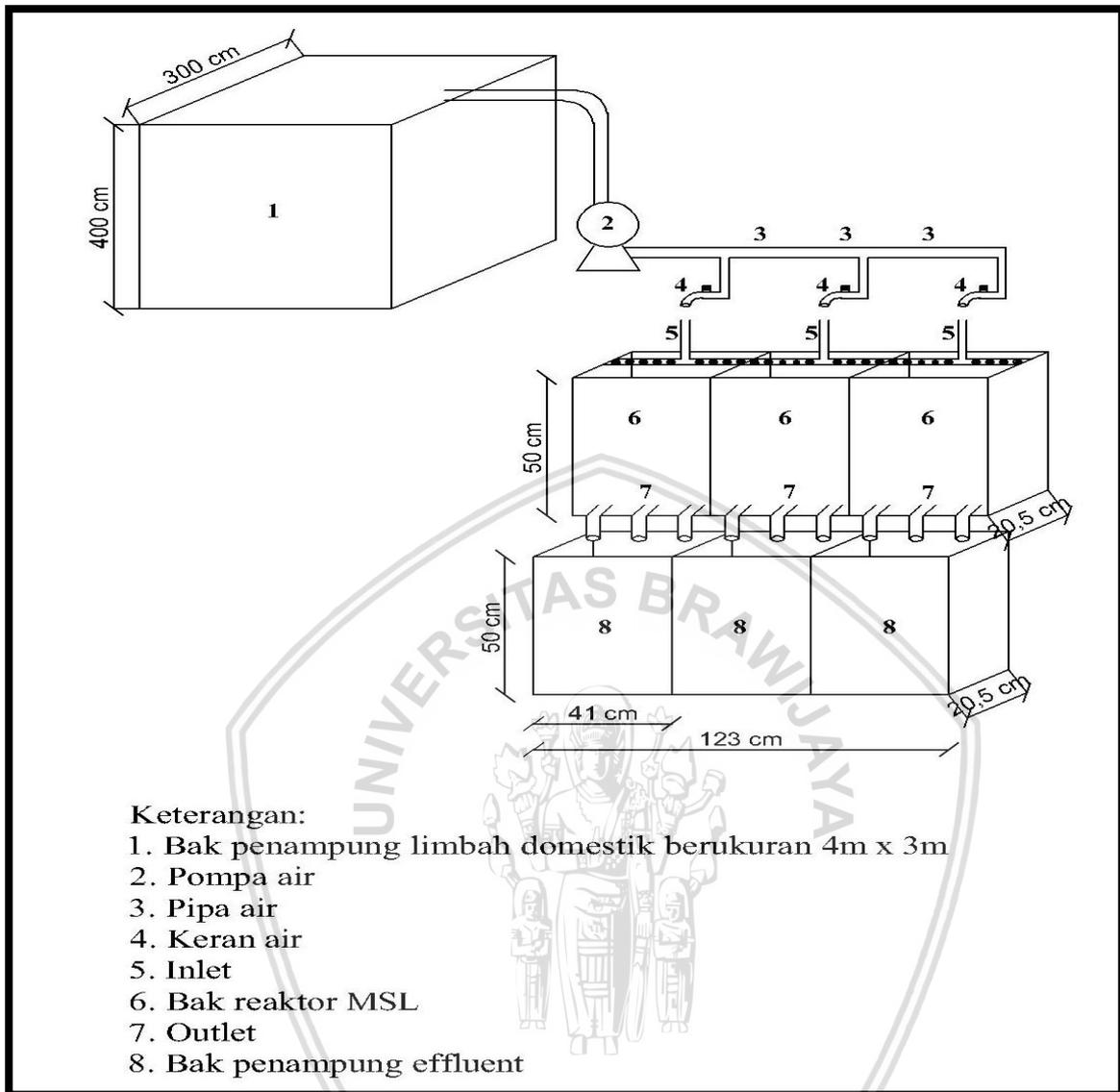
d. Pemasangan dan penyusunan lapisan

Reaktor yang digunakan terdiri dari 6 (enam) unit berbentuk balok yang terbuat dari kaca dengan dimensi 41 cm x 20,5 cm x 50 cm. pada percobaan pertama reaktor diisi kerikil, zeolit, dan campuran kerikil dan zeolit. Sedangkan pada model kedua di dalam reaktor paling bawah diisi kerikil sampai setinggi 10 cm, seluruh permukaan ditutup dengan net plastik. Lapisan kedua diisi dengan zeolit dengan ketinggian 5 cm . Empat buah campuran lapisan campuran tanah dimana diisi campuran tanah andosol dengan arang aktif, campuran tanah andosol dengan serbuk gergaji, dan campuran tanah andosol dengan arang jerami padi yang berbentuk seperti batu bata masing-masing berdimensi (5 cm x 20,5 cm x 5 cm) dipasang sejajar dengan jarak 2 cm antar kotak. Campuran memiliki perbandingan 2:1.

Peralatan pendukung MSL terdiri dari :

- Pipa Inlet, yang berfungsi mengalirkan limbah ke dalam reaktor MSL
- Pipa Outlet, yang berfungsi untuk mengalirkan air yang telah melewati reaktor MSL
- Tangki Efluen, yang berfungsi untuk menampung hasil olahan limbah cair oleh reaktor MSL

Rancangan prototype Multi Soil Layering dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sketsa rangkaian percobaan
Sumber : Olahan peneliti, 2018

3.6 Variabel Penelitian

Pada penelitian menggunakan metode Multi Soil Layering ini variabel yang digunakan ada dua variabel yaitu variabel bebas, variabel tergantung, dan variabel tetap.

a. Variabel bebas

Variabel bebas sering juga disebut sebagai variabel penyebab. Pengertian variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi atau menyebabkan terjadinya perubahan. Dengan kata lain, yaitu faktor-faktor yang nantinya akan diukur, dipilih dan dimanipulasi oleh peneliti untuk melihat hubungan diantara fenomena atau peristiwa yang diamati.

b. Variabel tergantung/ variabel terikat

Variabel terikat sering juga disebut sebagai variabel tergantung. Variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti dalam sebuah penelitian, untuk menentukan ada tidaknya pengaruh variabel bebas. Dalam sebuah desain penelitian, seorang peneliti harus mengetahui secara pasti, apakah ada faktor yang muncul atau tidak muncul, atau berubah seperti yang diperkirakan oleh peneliti.

c. Variabel tetap

Variabel tetap yaitu variabel yang tidak mempengaruhi atau menyebabkan terjadinya perubahan.

Adapun variabel penelitian kali ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2

Variabel Penelitian

No	Variabel	Keterangan
1	Variabel bebas	Komposisi reaktor : <ul style="list-style-type: none"> - Kerikil - Zeolit - Campuran kerikil dan zeolit - Tanah andosol dan arang aktif - Tanah andosol dan arang jerami padi - Tanah andosol dan serbuk gergaji
2	Variabel terikat	Parameter yang diuji: <ul style="list-style-type: none"> - DO - Kekeruhan - Daya hantar listrik
3	Variabel tetap	Komposisi pendukung <ul style="list-style-type: none"> - Debit 0,0063 l/dt - Air limbah - Dimensi reaktor

Sumber: ketentuan peneliti,2018

3.7 Penelitian Lain Yang Terkait

Tabel 3.3
Penelitian Mengenai Metode *Multi Soil Layering*

No.	Peneliti	Judul	Hasil
1.	Monik Kasman, Peppy Herawati, Hikmah (Universitas Batanghari Jambi)	Pengolahan <i>leachate</i> dengan menggunakan multi soil layering (MSL)	Reaktor dengan isian batu pecah, kerikil, dan campuran tanah andosol dan arang aktif mampu menyisahkan, COD= 53,46%, Amoniak= 98,32%, Fe = 88,5%, dan pH berkisar 7.
2.	Shinta Elystia, Shinta Indah, Denny Helard (Universitas Andalas)	Efisiensi metode multi soil layering dalam penyisihan COD dari limbah cair hotel	<ul style="list-style-type: none"> • Reaktor dengan isian kerikil, batu pecah, campuran tanah andosol dan arang mampu menyisahkan COD antara 55-90% • Reaktor dengan isian kerikil, batu pecah, campuran tanah andosol dan serbuk gergaji mampu menyisahkan COD 56-89%.
3.	Irmanto, Suyata (Universitas Jenderal Soedirman)	Pengolahan limbah cair industri tahu di desa kalisari kecamatan cilongok dengan metode multi soil layering	Reaktor dengan isian kerikil, zeolit, dan campuran tanah andosol dengan arang mampu menurunkan kadar TSS, BOD, dan COD limbah cair masing – masing sebesar 78,62%, 98,89%, dan 95,53%

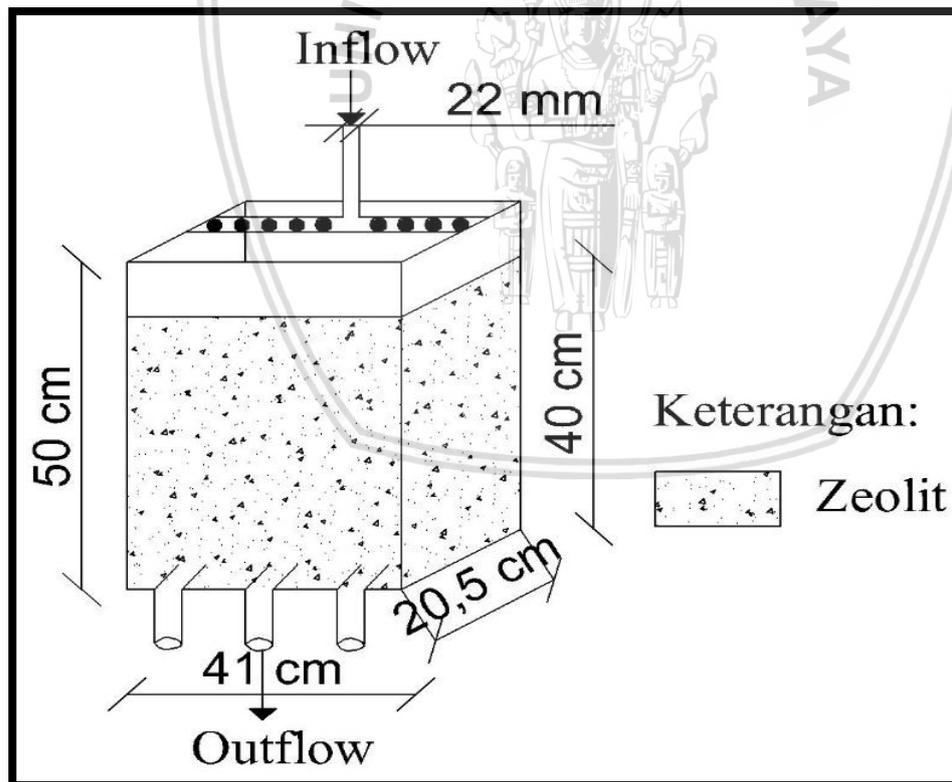
Dari penelitian sebelumnya apabila dibandingkan dengan penelitian yang saya kaji mempunyai perbedaan. Dimana perbedaannya adalah material yang digunakan, penelitian yang saya kaji memakai material zeolit, kerikil, dan campuran zeolit-kerikil untuk percobaan pertama dan zeolit dengan tambahan isian tanah dan arang aktif, zeolit dengan tambahan isian tanah dan serbuk gergaji, dan zeolit dengan tambahan isian tanah dan arang jerami padi untuk percobaan kedua. Selain perbedaan material, penelitian yang saya kaji dan penelitian sebelumnya terdapat perbedaan pada perlakuannya, dimana pada penelitian sebelumnya tidak mencari lapisan batuan mana yang lebih baik untuk digunakan sebagai

penyekat untuk percobaan kedua. Pada percobaan pertama kita mencari hasil pengolahan dengan nilai tertinggi yang ditentukan dari perhitungan efisiensi untuk menentukan mana yang baik sebagai penyekat reaktor kedua. Hasil yang didapat untuk percobaan pertama untuk reaktor dengan isian 40 cm zeolit mampu menaikkan nilai DO sebesar 80,05% - 83,74%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 58,79% - 67,85%, dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 10,39% - 19,73%. Sedangkan hasil yang didapat untuk percobaan kedua reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif mampu menaikkan nilai DO sebesar 75,06% - 81,88%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 72,91% - 76,69%, dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 16,49% - 31,77%.

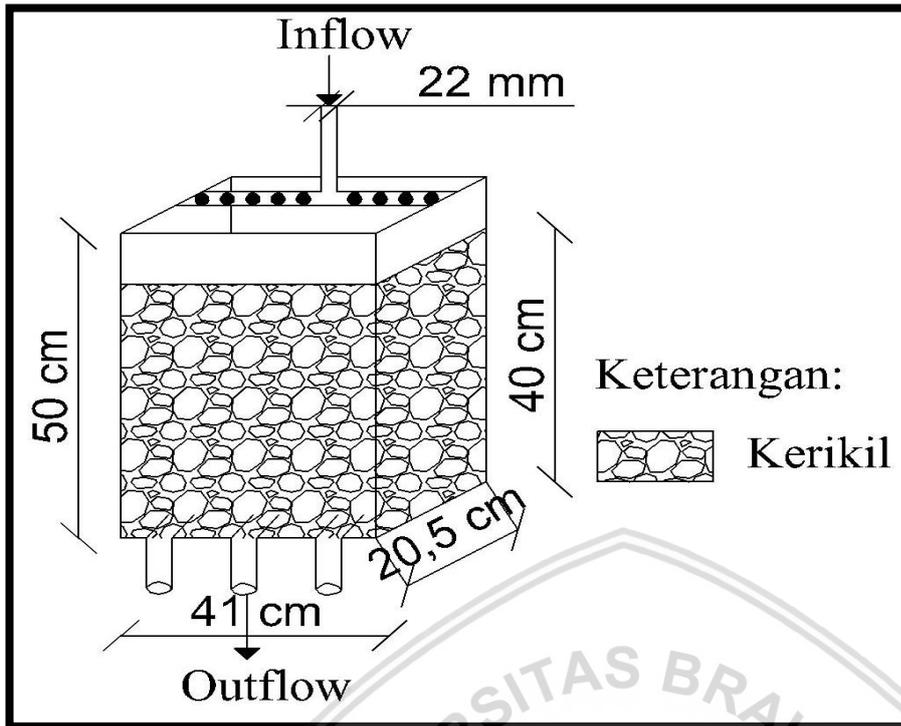
3.8 Rancangan Instalasi

a. Percobaan I

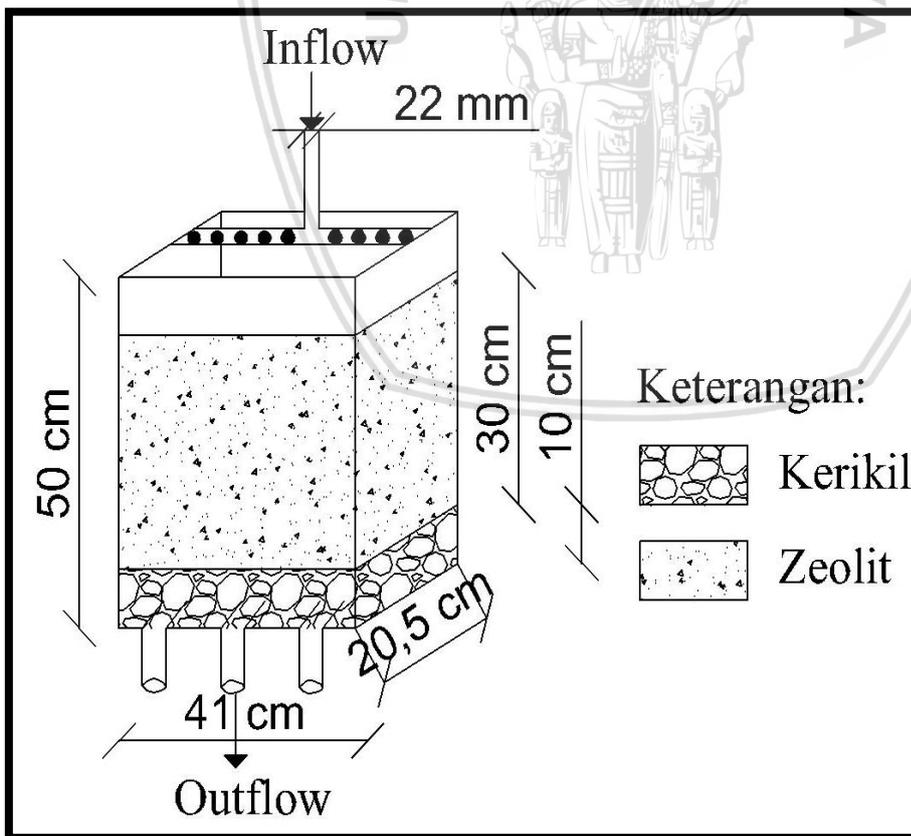
Pada percobaan pertama ada tiga model yang digunakan dalam metode *multi soil layering*.



Gambar 3.4 Rancangan percobaan pertama dengan isian 40 cm zeolit
Sumber: Olahan peneliti, 2018



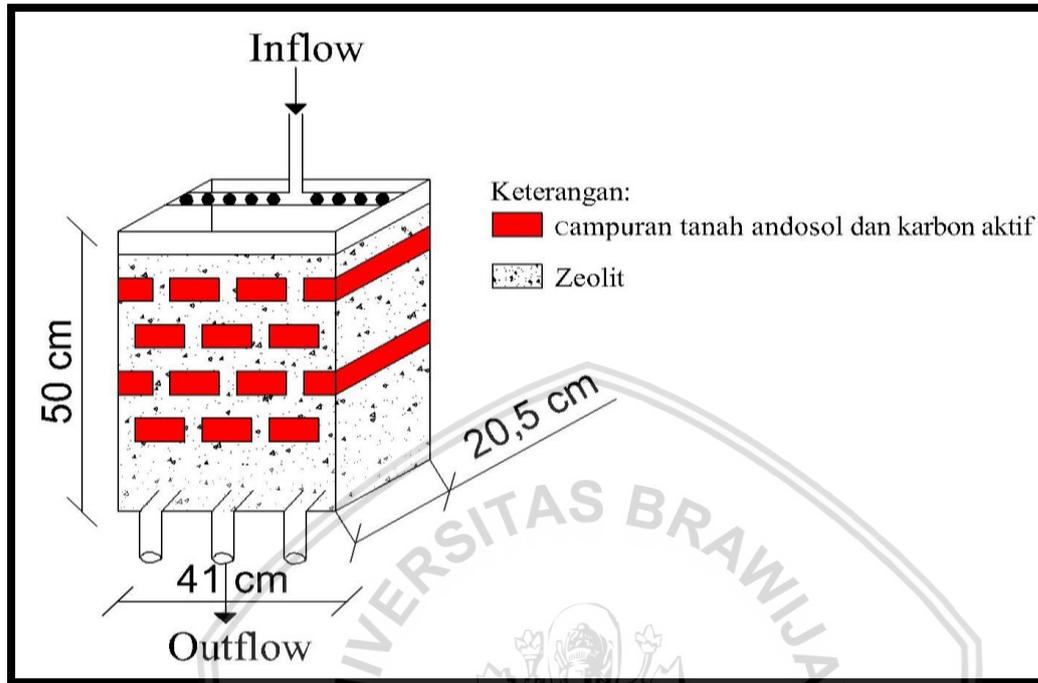
Gambar 3.5 Rancangan percobaan pertama dengan isian 40 cm kerikil
Sumber: Olahan peneliti, 2018



Gambar 3.6 Rancangan percobaan pertama dengan isian 10 cm kerikil dan 30 cm zeolit
Sumber: Olahan peneliti, 2018

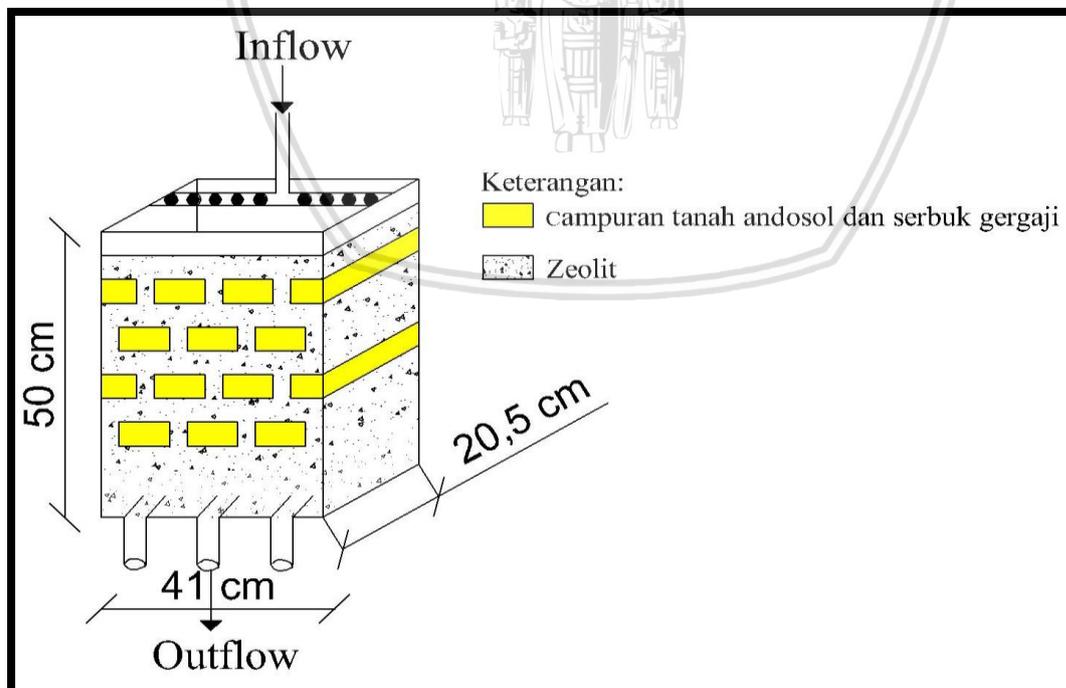
b. Percobaan II

Pada percobaan kedua ada tiga model yang digunakan untuk menentukan komposisi yang paling efektif dalam metode multi soil layering. Untuk detailnya sebagai berikut:



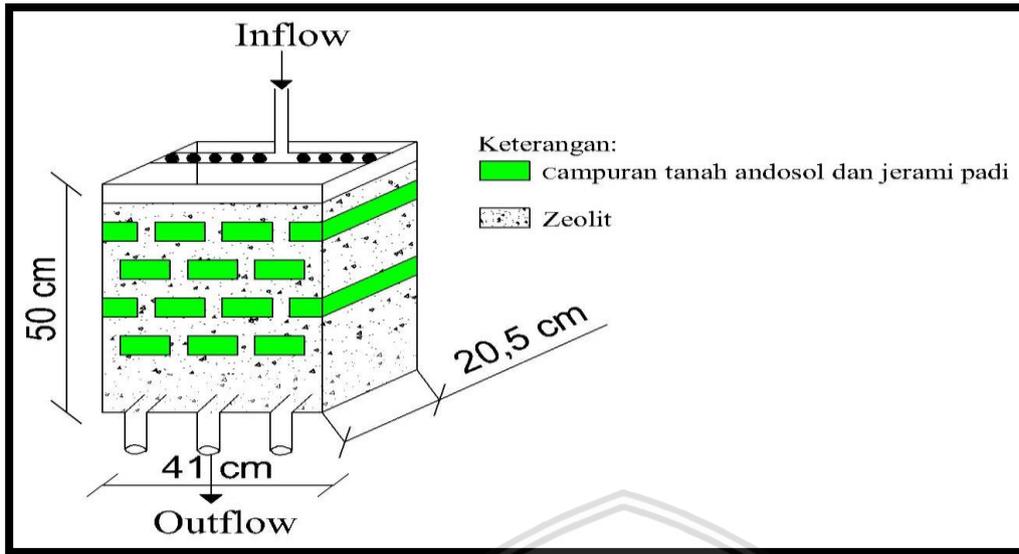
Gambar 3.7 Rancangan percobaan kedua isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan karbon aktif

Sumber: Olahan peneliti, 2018



Gambar 3.8 Rancangan percobaan kedua isian zeolit dengan tanah andosol dan serbuk gergaji

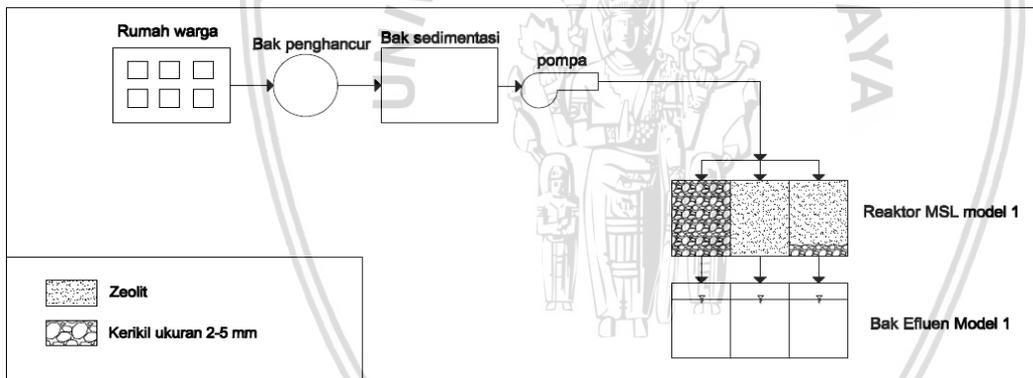
Sumber: Olahan peneliti, 2018



Gambar 3.9 Rancangan percobaan kedua dengan isian tanah andosol dan arang jerami padi.

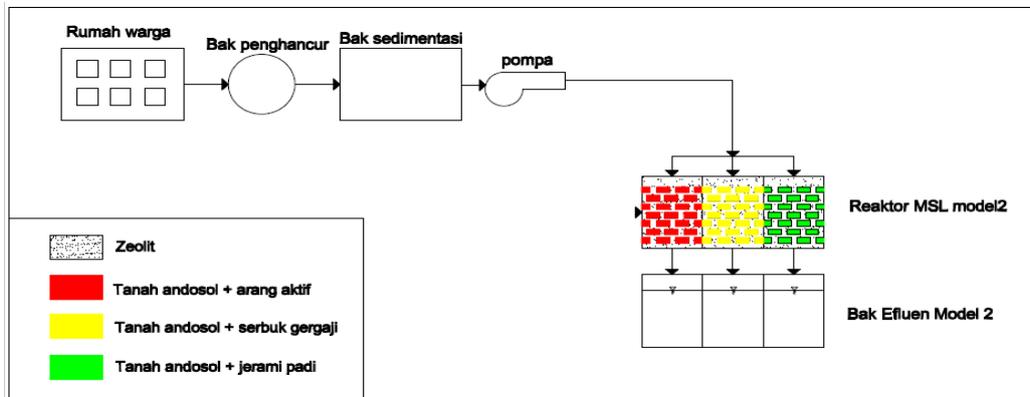
Sumber: Olahan peneliti, 2018

c. Denah Rancangan Instalasi



Gambar 3.10 Denah Rancangan Instalasi Percobaan I

Sumber: Olahan Peneliti, 2018



Gambar 3.11 Denah Rancangan Instalasi Percobaan II

Sumber: Olahan Peneliti, 2018

3.9 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan ini menggunakan Metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada faktorial 1x6 dengan 3 kali pengulangan. Faktor pertama yaitu debit, debit yang digunakan yaitu 0,0063 L/dt. Faktor kedua yaitu variasi material, variasi material yang digunakan yaitu zeolit, keriki, zeolit dan kerikil, zeolit dengan tambahan isian tanah dan arang aktif, zeolit dengan tambahan isian tanah dan serbuk gergaji, dan zeolit dengan tambahan isian tanah dan arang jerami padi. Sehingga didapat kombinasi perlakuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.4

Data Pengamatan dengan Rancangan Acak Lengkap

Perlakuan (Yi)		Ulangan (Yj)		
Debit	Material	1	2	3
D ₁	M ₁	D ₁ M ₁	D ₁ M ₁	D ₁ M ₁
	M ₂	D ₁ M ₂	D ₁ M ₂	D ₁ M ₂
	M ₃	D ₁ M ₃	D ₁ M ₃	D ₁ M ₃
	M ₄	D ₁ M ₄	D ₁ M ₄	D ₁ M ₄
	M ₅	D ₁ M ₅	D ₁ M ₅	D ₁ M ₅
	M ₆	D ₁ M ₆	D ₁ M ₆	D ₁ M ₆

Sumber: Ketentuan Peneliti 2018

Keterangan:

D₁ = Debit 0,0063 L/dt

M₁ = Material Zeolit

M₂ = Material kerikil

M₃ = Material zeolit dan kerikil

M₄ = Material zeolit dengan tambahan isian tanah dan arang aktif

M₅ = Material zeolit dengan tambahan isian tanah dan serbuk gergaji

M₆ = Material zeolit dengan tambahan isian tanah dan arang sekam padi

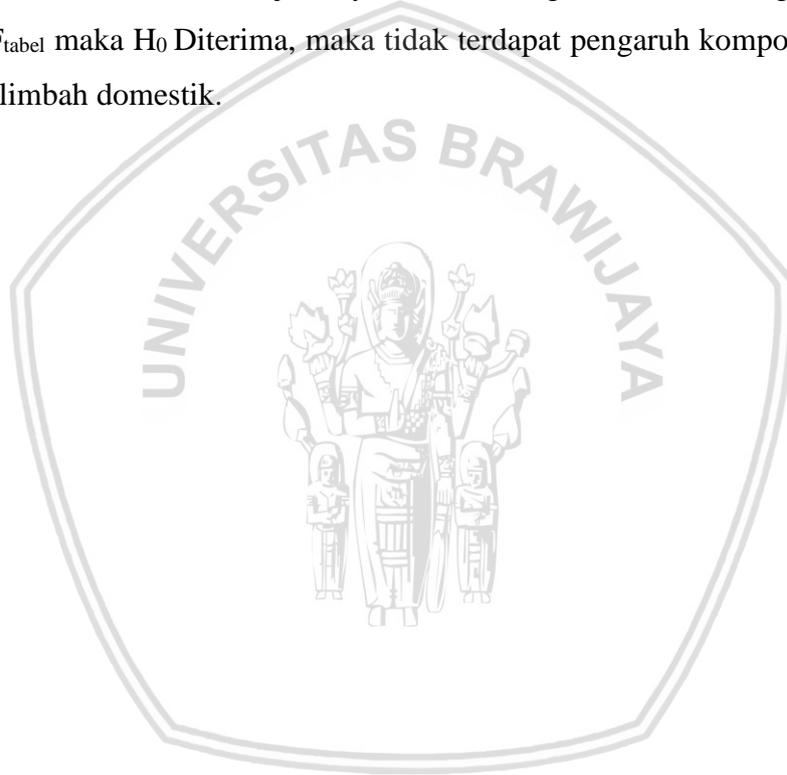
3.10 Analisa Data Hasil Uji Model

Analisa yang dimaksudkan adalah membandingkan kandungan limbah awal dan sesudah dilakukan pengolahan menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL). Apakah dengan pengolahan menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) efisien dalam menurunkan kandungan limbah yang melebihi baku mutu. Efisiensi pengurangan parameter air limbah dapat dihitung dengan cara :

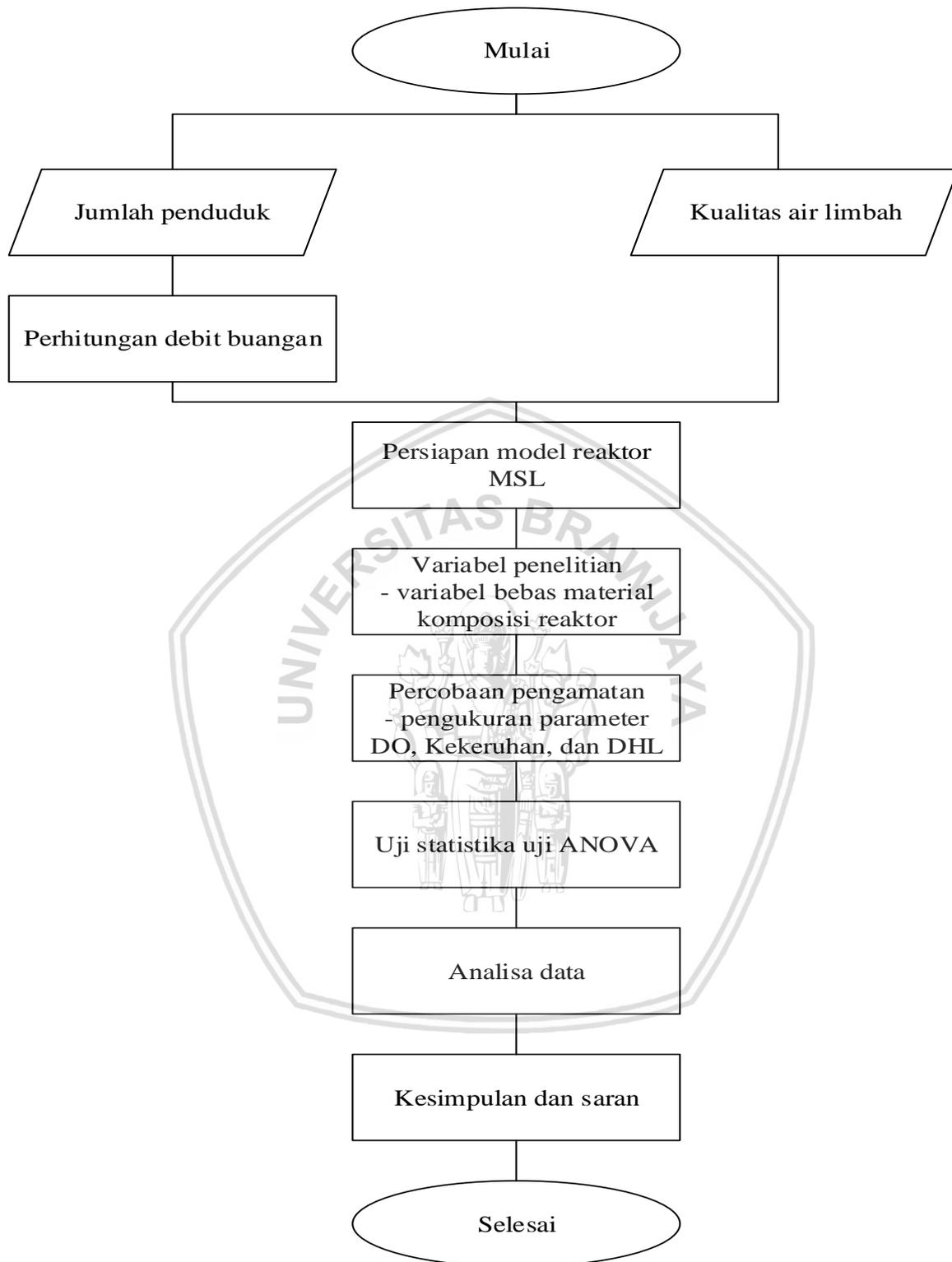
$$\text{Effisiensi (\%)} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-4)$$

3.11 Uji Statistik

Uji statistik yang digunakan adalah uji statistik ANOVA dimana uji yang dipakai apabila perbandingan itu lebih dari dua sampel (Montarcih, 2009). Dimana data yang digunakan untuk pengujian ini adalah data hasil pengujian percobaan pertama dan percobaan kedua. Pengujian dilakukan menggunakan excel yang nantinya menghasilkan nilai jumlah sampel tiap model, jumlah nilai ujian keseluruhan sampel tiap model, nilai rerata keseluruhan sampel tiap model, dan varian nilai ujian keseluruhan tiap model, selain itu juga didapat nilai *sum of square* (SS), nilai *degrees of freedom*, nilai *mean squared deviation* (MS), nilai F_{hitung} , nilai *p-value* (probabilitas), dan nilai F_{tabel} . Setelah mendapatkan nilai di atas maka selanjutnya membandingkan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} , apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$ maka H_0 Diterima, maka tidak terdapat pengaruh komposisi terhadap hasil pengolahan limbah domestik.



3.12 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.12 Diagram alir penelitian
Sumber : Olahan peneliti, 2018



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Kualitas Air

Kondisi awal sampel air limbah dapat ditentukan oleh dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung yaitu melalui indera penglihatan (keruh dan berwarna) maupun indera penciuman (bau menyengat dan aroma tidak sedap). Kondisi sampel air yang digunakan pada penelitian kali ini memiliki aroma tidak sedap dan berwarna keruh abu-abu pekat.

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 22 Mei 2018. Pengambilan sampel dilokasi dilakukan dengan menggunakan pompa dengan debit 0,0063 l/dt dan pengambilan sampel dilakukan pada bak sedimentasi pertama MCK Terpadu Tlogomas.



Gambar 4.1 Kondisi Awal Air Limbah Sebelum Pengolahan

Adapun tiga parameter uji yang diujikan di Laboratorium Tanah dan Air Tanah meliputi *Dissolved Oxygen* (DO), Kekeruhan, dan Daya Hantar Listrik (DHL). Dari hasil uji laboratorium dengan sampel mengambil sampel air di lokasi diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Uji sampel awal tanggal 22 Mei 2018

No.	Parameter Uji	Satuan	Nilai	Standar Baku Mutu
1	<i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	Mg/L	0,69	4,0
2	Kekeruhan	NTU	432	-
3	Daya Hantar Listrik (DHL)	μ mho	0,916	-

Sumber : Sumber: PP RI No. 82 Tahun 2001

Dari hasil Tabel di atas dapat disimpulkan bahwa kualitas air limbah daerah studi tidak memenuhi standar baku mutu air limbah domestik.. Dari tiga parameter uji sampel awal air dapat dilihat bahwa satu parameter diantaranya tidak memenuhi standar baku mutu, yaitu *Dissolved Oxygen* (DO). Dengan melihat hal tersebut maka diperlukan peningkatan kualitas air limbah dilokasi studi dengan mengurangi unsur-unsur yang berlebihan pada air limbah tersebut sebelum dibuang kesungai.

4.2. Perhitungan Dimensi Reaktor

Dengan mengacu kondisi kualitas air pada lokasi studi, maka dapat dilakukan perancangan alat pengolahan limbah domestik sederhana. Alat pengolahan air limbah ini menggunakan metode *Multi Soil Layering*. Penelitian ini memfokuskan pada modifikasi letak media filtrasi yang menggunakan kemampuan tanah untuk menyaring air limbah tersebut.

Metode Multi Soil Layering pada penelitian ini menggunakan media zeolit, kerikil, tanah andosol, arang aktif, serbuk gergaji, dan arang jerami padi. Pada penelitian ini dimensi reaktor ditentukan berdasarkan debit yang telah dihitung dan juga berdasarkan kecepatan penyaringan yang telah tercantum pada SNI 6774:2008. Berikut perhitungan dimensi reaktor secara sistematis dapat dilihat pada persamaan 4-1.

$$A_s = \frac{Q}{V_o} \dots\dots\dots (4-1)$$

$$A_s = \frac{0,0063 \text{ L/detik}}{6 \text{ m/jam}}$$

$$A_s = \frac{0,02 \text{ m}^3/\text{jam}}{6 \text{ m/jam}}$$

$$A_s = 0,0033 \text{ m}^2$$

$$A_s = 33,33 \text{ cm}^2$$

Dengan AS 33,33 cm² maka didapat nilai dimensi,

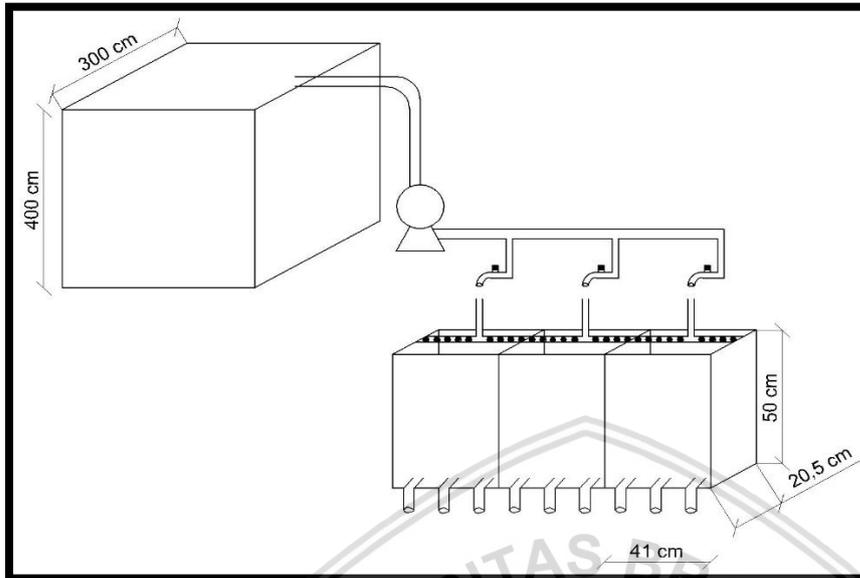
$$A_s = p \times l$$

$$33,33 = 8,2 \times 4,1$$

$$33,33 = 33,62 \text{ (memenuhi)}$$

Dari perhitungana diatas maka didapat nilai dimensi panjang reaktor 8,2 cm dan lebar dimensi reaktor 4,1 cm, tetapi untuk penelitian ini digunakan ukuran lebih besar lima kali dari prototype sehingga panjang reaktor 41 cm dan lebar dimensi reaktor 20,5 cm. Untuk tinggi dari reaktor sendiri ditentukan berdasarkan penjumlahan dari ketebalan lapisan

penyangga 10 cm, lapisan pasir 30 cm, dan juga jarak antara lapisan dengan pipa inlet 10 cm, sehingga didapatkan ketinggian reaktor adalah 50 cm.



Gambar 4.2. Sketsa Rangkaian Metode *Multi Soil Layering*

4.2.1 Pengaturan Air Limbah pada Alat

Pengaturan air pada alat dilakukan dengan menggunakan keran air berukuran $\frac{1}{2}$ inci yang terhubung langsung dengan pipa penghubung pompa dengan tujuan debit yang masuk pada alat sesuai dengan kebutuhan dan dapat mendistribusikan air pada ketiga bak. Sebelum sampai ke bak penampungan, debit yang akan masuk ke bak penampung diatur dengan menggunakan pipa penghubung yang sudah dilubangi dibagian bawahnya dengan tujuan pendistribusian air limbah ke media MSL bisa merata.



Gambar 4.3 Keran pendistribusian air limbah

proses pemasukan air:

1. Air limbah diambil di bak sedimentasi pertama MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas menggunakan pompa air.
2. Mengatur keran dengan debit 0,0063 lt/dt.
3. Setelah mengatur keran, biarkan aliran tersebut mengalir nonstop hingga melalui outflow.

4.2.2 Komposisi Media *Multi Soil Layering*

Dalam penelitian ini media penyaring terdiri dari kerikil, zeolit, tanah andosol, arang aktif, serbuk gergaji, dan arang jerami padi. Hanya letak dari media tersebut yang berbeda, adapun rekapitulasi parameter desain dan spesifikasi reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2
Rekapitulasi Parameter Desain dan Spesifikasi Reaktor

Parameter Desain	Satuan	Spesifikasi percobaan 1	Spesifikasi percobaan 2
Bahan reactor	-	Kaca	Kaca
Dimensi	cm	41x20,5x50	41x20,5x50
Lapisan campuran tanah			
Jumlah lapisan	-	-	4
Dimensi campuran tanah	blok cm	-	8x20,5x5
Jenis tanah	-	-	Andosol
Campuran material organic	-	-	- Arang aktif tempurung kelapa - Arang sekam padi - Serbuk gergaji
Rasio material berat tanah setiap model	- kg	- -	2 : 1 -Tanah andosol dan arang aktif : 1,7 kg -Tanah andosol dan jerami padi : 1,7 kg -Tanah andosol dan serbuk gergaji : 1,7 kg

Lanjutan Tabel 4.2 Rekapitulasi Parameter Desain dan Spesifikasi Reaktor

Berat campuran material organik setiap model			-Arang aktif tempurung kelapa : 0,55 kg -Arang sekam padi : 1,4 kg -Serbuk gergaji : 0,13 kg
Lapisan Batuan			
Ukuran zeolite	Mm		
Jumlah lapisan	-	1	4
Dimensi lapisan		-Zeolit : 41x20,5x40 -Campuran zeolit dan kerikil: 41x20,5x30	41x20,5x5
Dimensi blok zeolit penyekat	Cm		- 1,5x20,5x5 - 2,25x20,5x5
Volume total zeolit	cm ³	-Zeolit: 33.620 -Campuran zeolit dan kerikil : 25.215	57.810
Lapisan penyangga (kerikil)			
Ukuran kerikil	Mm	2-5	-
Dimensi lapisan	Cm	-Kerikil: 41x20,5x40 -Campuran zeolit dan kerikil: 41x20,5x10	-
Volume total kerikil	cm ³	-Kerikil: 33.620 -Campuran zeolit dan kerikil: 8.405	-

Sumber : Hasil perhitungan

Pada Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa keseluruhan material kerikil yang dibutuhkan pada percobaan 1 sebesar 42.025 cm³ untuk percobaan 2 tidak menggunakan material kerikil. Material zeolit yang dibutuhkan pada percobaan 1 sebesar 58.835 cm³ sedangkan untuk percobaan 2 membutuhkan material zeolit sebesar 57.810 cm³. Material tanah andosol yang dibutuhkan seluruhnya sebesar 5,1 kg untuk percobaan 2. Material arang sekam padi yang dibutuhkan seluruhnya sebesar 0,55 kg untuk percobaan 2. Material arang aktif yang dibutuhkan sebesar 1,4 kg untuk percobaan 2. dan keseluruhan serbuk gergaji yang

dibutuhkan sebesar 0,13 kg untuk percobaan 2. Untuk percobaan 2 material tanah andosol dengan arang aktif tempurung kelapa, arang jerami padi, serbuk gergaji menggunakan perbandingan 2:1 dihitung berdasarkan nilai bulk density dan juga nilai berat jenis material yang digunakan.

Diharapkan dengan perbedaan komposisi perletakan susunan media penyaring ini akan didapatkan hasil yang berbeda dan dapat diketahui susunan mana yang menghasilkan nilai keluaran (output) paling optimal dalam proses pengolahan air limbah domestik. Komposisi media penyaring dapat dilihat pada Gambar 4.4 untuk percobaan 1 dan Gambar 4.5 untuk percobaan 2.



Gambar 4.4 Komposisi Reaktor Percobaan 1
Sumber: Olahan peneliti



Gambar 4.5 Komposisi Reaktor Percobaan 2
Sumber: Olahan peneliti

4.3. Perhitungan Debit Air

Dari hasil uji sampel didapatkan sebuah kesimpulan bahwa perlunya peningkatan kualitas air limbah di lokasi studi sebelum dibuang langsung ke sungai. Maka perlu dihitung berapa debit buangan yang dihasilkan penduduk di lokasi studi. Dalam menganalisa debit air buangan kita harus mengetahui terlebih dahulu jumlah penduduk yang akan dilayani. Dalam hal ini debit yang digunakan yaitu debit per satu rumah dengan rata-rata jumlah anggota dalam setiap rumah adalah lima orang. Maka perhitungan debit buangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q_r = \frac{fab \times [(80\% \times Q_{am} \times \text{jumlah penduduk}) + (20\% \times 30 \text{ lt/orang/hari})]}{86400 \text{ detik/hari}} \dots\dots\dots (4-2)$$

$$Q_r = \frac{0,8 \times [(80\% \times 120 \times 5) + (20\% \times 30 \text{ lt/orang/hari})]}{86400 \text{ detik/hari}}$$

Dengan persamaan 4-1 maka didapat perhitungan sebagai berikut:

$$Q_r = \frac{0,8 \times [(80\% \times 170 \times 5) + (20\% \times 30)]}{86400}$$

$$Q_r = 0,0063 \text{ L/detik}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan debit yang masuk ke dalam MCK terpadu Tlogomas sebesar 0,0063 L/detik.

Debit adalah volume air yang mengalir dari suatu saluran dengan penampang tertentu dalam satuan waktu. Debit yang diukur dalam penelitian ini adalah debit inflow dari masing-masing ketiga bak. Pengukuran debit inflow dilakukan untuk mengetahui kapasitas air yang akan diolah alat tersebut.

Pelaksanaan dari pengukuran debit inflow adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan botol ukur dan stopwatch
- Menempatkan botol ukur di bawah keran inlet
- Mengukur waktu air untuk mencapai suatu batas tertentu pada botol ukur
- Mencatat hasil pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran saat penelitian dapat disimpulkan bahwa debit yang mengalir ke reaktor sebesar 0,0063 l/detik. Debit yang mengalir pada alat memang disesuaikan dengan besar debit per satu rumah.

4.4 Analisis Limbah Cair Domestik Pada Bak Sedimentasi 1

Limbah cair domestik yang digunakan berasal dari limbah domestik MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas. Limbah domestik yang digunakan diambil pada bak sedimentasi 1

yang telah melalui proses penghancuran limbah sebelumnya. Analisa yang diamati adalah DO, Kekeruhan, dan DHL. Hasil analisa dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Hasil Analisa Limbah Cair Domestik Pada Bak Sedimentasi 1

No.	Parameter	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Baku mutu
1.	DO	0,13	1,07	1,4	4,0
2.	Kekeruhan	256	447	765	-
3.	Daya Hantar Listrik (DHL)	0,894	0,771	0,872	-

Sumber: PP RI No. 82 Tahun 2001

4.5 Percobaan Pendahuluan

Percobaan pendahuluan yang digunakan pada penelitian ini meliputi pengamatan kondisi fisik dan kimia pada efluen reaktor *Multi Soil Layering* (MSL). Percobaan pendahuluan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi tunak reaktor *Multi Soil Layering*, dimana kondisi tunak sendiri yaitu kondisi dimana reaktor MSL telah mampu beradaptasi dengan limbah yang dialirkan, dan merupakan tahap persiapan sebelum digunakan pada percobaan utama.

Untuk dapat mengetahui reaktor dalam keadaan tunak, maka perlu diamati kondisi fisik dan kimia efluen limbah yang keluar dari outlet reaktor. Pengamatan kondisi fisik berhubungan dengan warna serta bau efluen, sedangkan secara kimia reaktor dikatakan tunak jika memiliki . Limbah cair domestik dialirkan dengan debit sebesar 0,0063 l/detik. Pengamatan dilakukan pada efluen sampel yang diambil setiap 15 menit selama 90 menit (satu setengah jam).

4.5.1 Pengamatan Kondisi Fisik

Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui kesiapan reaktor *Multi Soil Layering* (MSL) dalam mengolah limbah domestik. Dari hasil pengamatan fisik, efluen yang dihasilkan ketiga reaktor cenderung berwarna, kondisi fisik dari ketiga reaktor MSL dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4
Kondisi Fisik (Bau dan Warna) Efluen Percobaan Pertama

15 menit ke-	Kondisi Fisik					
	Zeolit		Kerikil		Zeolit dan Kerikil	
	Bau	Warna	Bau	Warna	Bau	Warna
1	Berbau	Bening kecoklatan	Berbau	Kecoklatan	Berbau	Bening kecoklatan
2	Berbau	Bening kecoklatan	Berbau	Bening kecoklatan	Tidak berbau	Bening kecoklatan
3	Berbau	Bening	Berbau	Bening kecoklatan	Tidak berbau	Bening kecoklatan
4	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening
5	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening
6	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening

Sumber: Olahan Peneliti, 2018

Berdasarkan Tabel 4.4 pada percobaan pertama dapat ditarik kesimpulan bahwa kondisi reaktor dengan isian 40 cm zeolit, 40 cm kerikil, dan campuran 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil pada menit ke -1,2,3 belum stabil hasilnya, hal ini dikarenakan ketiga model reaktor masih belum terbiasa dengan limbah yang dialirkan, namun pada reaktor dengan isian 40 cm zeolit, 40 cm kerikil, dan campuran 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil beradaptasi dengan air limbah pada 15 menit ke-4, hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan kondisi warna yang sama dan konstan. Warna yang telah sama dan konstan menunjukkan bahwa ketiga reaktor telah dalam kondisi tunak. Dimana kondisi tunak adalah kondisi dimana reaktor MSL telah mampu beradaptasi dengan limbah yang dialirkan, atau kondisi dari air limbah yang dialirkan tidak berubah seiring berjalannya waktu atau konstan (Rahmadani, 2015).

Tabel 4.5
Kondisi Fisik (Bau dan Warna) Efluen Percobaan Kedua

15 menit ke-	Kondisi Fisik					
	Tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa		Tanah andosol dan arang sekam padi		Tanah andosol dan serbuk gergaji	
	Bau	Warna	Bau	Warna	Bau	Warna
1	Berbau	Bening	Berbau	Bening kecoklatan	Berbau	Bening
2	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening kecoklatan	Tidak berbau	Bening
3	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening
4	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening
5	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening
6	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening	Tidak berbau	Bening

Sumber: Olahan Peneliti, 2018

Berdasarkan Tabel 4.5 pada percobaan kedua dapat ditarik kesimpulan bahwa kondisi reaktor dengan isian 40 cm zeolit dan campuran blok tanah andosol dengan arang aktif tempurung kelapa, campuran tanah andosol dengan arang sekam padi, dan campuran tanah andosol dengan serbuk gergaji pada menit ke-1,2 belum stabil hasilnya, hal ini dikarenakan ketiga model reaktor masih belum terbiasa dengan limbah yang dialirkan, namun pada isian 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dengan arang aktif tempurung kelapa, campuran tanah andosol dengan arang sekam padi, dan campuran tanah andosol dengan serbuk gergaji dapat beradaptasi dengan air limbah pada 15 menit ke-3, hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan kondisi warna yang sama dan konstan. Warna yang telah sama dan konstan menunjukkan bahwa ketiga reaktor telah dalam kondisi tunak. Dimana kondisi tunak adalah kondisi dimana reaktor MSL telah mampu beradaptasi dengan limbah yang dialirkan, atau kondisi dari air limbah yang dialirkan tidak berubah seiring berjalannya waktu atau konstan (Rahmadani, 2015).

4.5.2 Pengamatan Kondisi Kimia

Untuk pengamatan kondisi kimia efluen reaktor, dilakukan analisis derajat keasaman (pH) per 15 menit selama 90 menit. Hal ini bertujuan untuk melihat waktu kondisi tunak masing-masing reaktor, dimana reaktor sudah dapat beradaptasi dengan limbah cair yang dialirkan. Untuk kondisi kimia efluen reaktor MSL dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan 4.7.

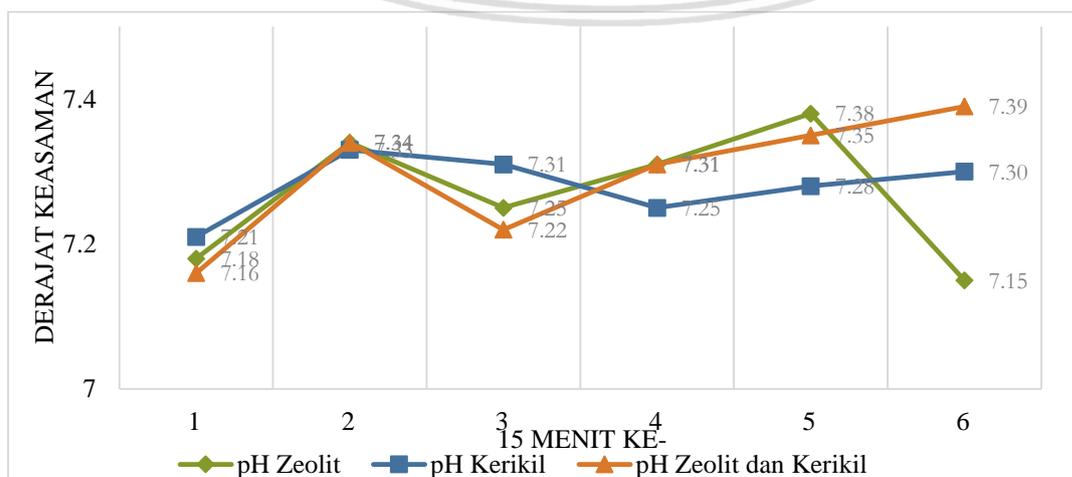
Tabel 4.6

Kondisi Kimia Derajat Keasaman (pH) Efluen Percobaan Pertama

15 menit ke-	pH awal	Derajat Keasaman (pH)		
		Zeolit	Kerikil	Zeolit dan Kerikil
1		7,18	7,21	7,16
2		7,34	7,33	7,34
3	6,42	7,25	7,31	7,22
4		7,31	7,25	7,31
5		7,38	7,28	7,35
6		7,15	7,30	7,39

Sumber: Olahan Peneliti, 2018

Berdasarkan pengamatan pendahuluan dapat ditarik kesimpulan pada Tabel 4.6 kondisi derajat keasaman (pH) pada 15 menit ke-1,2,3 masih berfluktuasi, hal ini dikarenakan ketiga model reaktor masih belum terbiasa dengan limbah yang dialirkan, namun pada reaktor dengan isian 40 cm kerikil, dan campuran 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil mulai beradaptasi dengan air limbah pada 15 menit ke-4, hal ini ditunjukkan adanya kondisi pH yang stabil dan meningkat pada 15 menit ke-4. pH stabil meningkat menunjukkan bahwa ketiga reaktor telah dalam kondisi tunak. Namun pada 15 menit ke-6 mengalami penurunan dikarenakan pada saat itu reaktor MSL sudah dalam keadaan jenuh, dimana keadaan jenuh adalah kondisi media reaktor sudah tidak mampu lagi menampung polutan kedalam porinya sehingga untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan penggelontoran atau pencucian dari media penyaring.



Gambar 4.6 Grafik derajat keasaman per 15 menit percobaan I

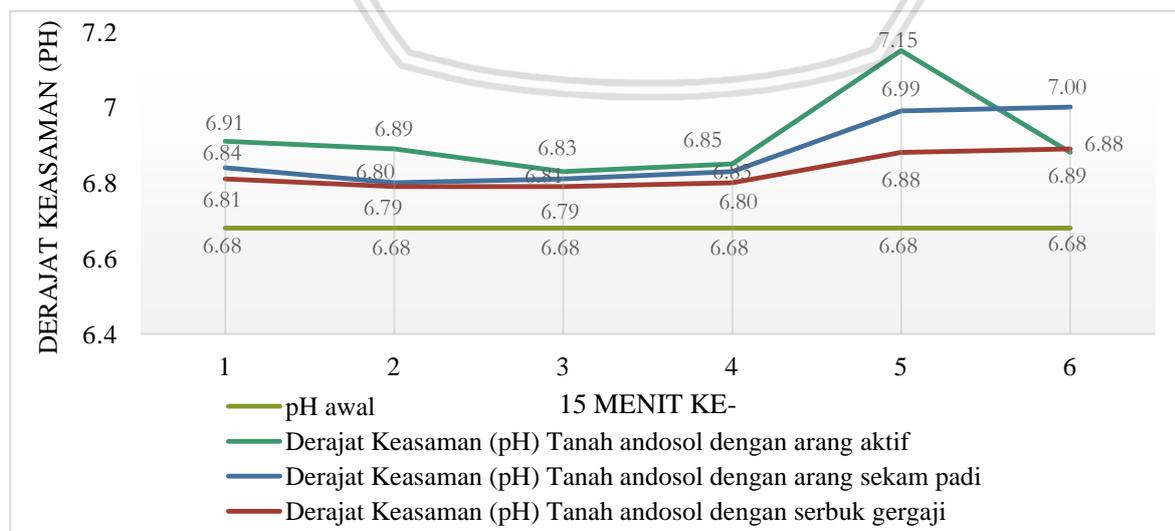
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Tabel 4.7
Kondisi Kimia Derajat Keasaman (pH) Efluen Percobaan Kedua

15 menit ke-	pH awal	Derajat Keasaman (pH)		
		Zeolit dengan isian tanah andosol dengan arang aktif tempurung kelapa	Zeolit dengan isian tanah andosol dengan arang sekam padi	Zeolit dengan isian tanah andosol dengan serbuk gergaji
1		6,91	6,84	6,81
2		6,89	6,80	6,79
3	6,68	6,83	6,81	6,79
4		6,85	6,83	6,80
5		7,15	6,99	6,88
6		6,88	7,00	6,89

Sumber: Olahan Peneliti, 2018

Berdasarkan pengamatan pendahuluan pada percobaan kedua dapat ditarik kesimpulan pada Tabel 4.7 kondisi derajat keasaman (pH) pada menit ke-1,2,3 masih berfluktuasi, hal ini dikarenakan ketiga model reaktor masih belum terbiasa dengan limbah yang dialirkan, namun pada reaktor dengan isian campuran tanah andosol dengan arang sekam padi dan campuran tanah andosol dengan serbuk gergaji mulai beradaptasi dengan air limbah pada menit ke-4, hal ini ditunjukkan adanya kondisi pH yang stabil dan meningkat pada menit ke-4. pH stabil meningkat menunjukkan bahwa ketiga reaktor telah dalam kondisi tunak. Namun pada 15 menit ke-6 mengalami penurunan dikarenakan pada saat itu reaktor MSL sudah dalam keadaan jenuh, dimana keadaan jenuh adalah kondisi media reaktor sudah tidak mampu lagi menampung polutan kedalam porinya sehingga untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan penggelontoran atau pencucian dari media penyaring.



Gambar 4.7 Grafik derajat keasaman per 15 menit percobaan II

Sumber: Olahan peneliti, 2018

4.6 Percobaan Utama

Percobaan utama dilakukan dengan mengairkan limbah cair domestik ke reaktor *Multi Soil Layering* pertama dan reaktor *Multi Soil Layering* kedua yang dibedakan masing-masing isianannya. Adapun macam-macam isianannya pada percobaan *Multi Soil Layering* pertama yaitu, berisi zeolit, kerikil, dan kerikil dan zeolit. Dari percobaan pertama ini nantinya akan dicari reaktor manakah yang paling efektif dalam menurunkan limbah domestik. Setelah didapat hasil dari percobaan pertama yang paling efektif dilanjutkan dengan percobaan kedua dimana pada percobaan kedua ini merupakan gabungan dari hasil percobaan pertama dengan menambahkan blok campuran tanah yang dibentuk batu bata ke dalam reaktor. Isian yang ditambahkan untuk reaktor yaitu campuran tanah andosol dan arang aktif, campuran tanah andosol dan arang jerami padi, dan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji. Dari percobaan kedua ini nantinya juga akan dicari manakah yang paling efisien dalam menurunkan limbah domestik yang diamati.

Dari pengaturan komposisi media *Multi Soil Layering* ini didapatkan hasil keluaran (output) yang bervariasi. Dengan perbedaan isian tersebut didapatkan hasil yang berbeda dan dapat diketahui isian mana yang dapat menghasilkan nilai keluaran (output) yang paling optimal. Interval waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 15 menit dengan total waktu pengujian alat selama 150 menit. Dengan interval waktu tersebut diharapkan dapat diketahui keluaran (output) air dari waktu ke waktu dan dapat diketahui pula kemampuan media *Multi Soil Layering* dalam mengolah air limbah domestik.

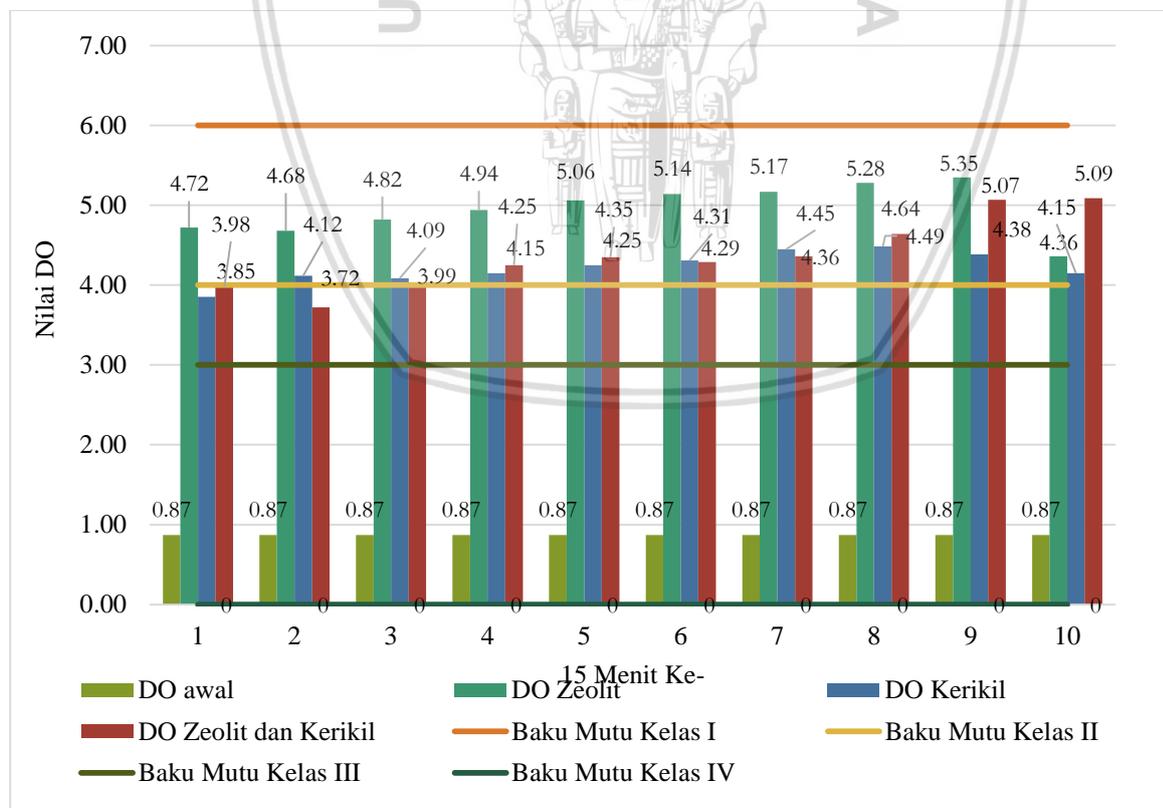
4.6.1 Dissolved Oxygen (DO)/ Oksigen Terlarut

Kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*, disingkat DO) atau sering juga disebut dengan kebutuhan oksigen (*Oxygen Demand*) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Terhadap limbah cair yang diuji dilakukan pengukuran konsentrasi DO sebelum dan sesudah limbah melewati reaktor MSL, ini bertujuan untuk mengetahui besarnya efisiensi penyisihan DO yang terdapat dalam air limbah tersebut. Rekapitulasi hasil pengukuran DO dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan pada Gambar 4.8.

Tabel 4.8
Hasil Pengukuran DO Pada Reaktor MSL Pertama

15 Menit Ke-	DO awal	Efluen Reaktor		
		DO isian zeolit	DO isian kerikil	DO isian zeolit dan kerikil
1	0,87	4,72	3,85	3,98
2	0,87	4,68	4,12	3,72
3	0,87	4,82	4,09	3,99
4	0,87	4,94	4,15	4,25
5	0,87	5,06	4,25	4,35
6	0,87	5,14	4,31	4,29
7	0,87	5,17	4,45	4,36
8	0,87	5,28	4,49	4,64
9	0,87	5,35	4,38	5,07
10	0,87	4,36	4,15	5,09

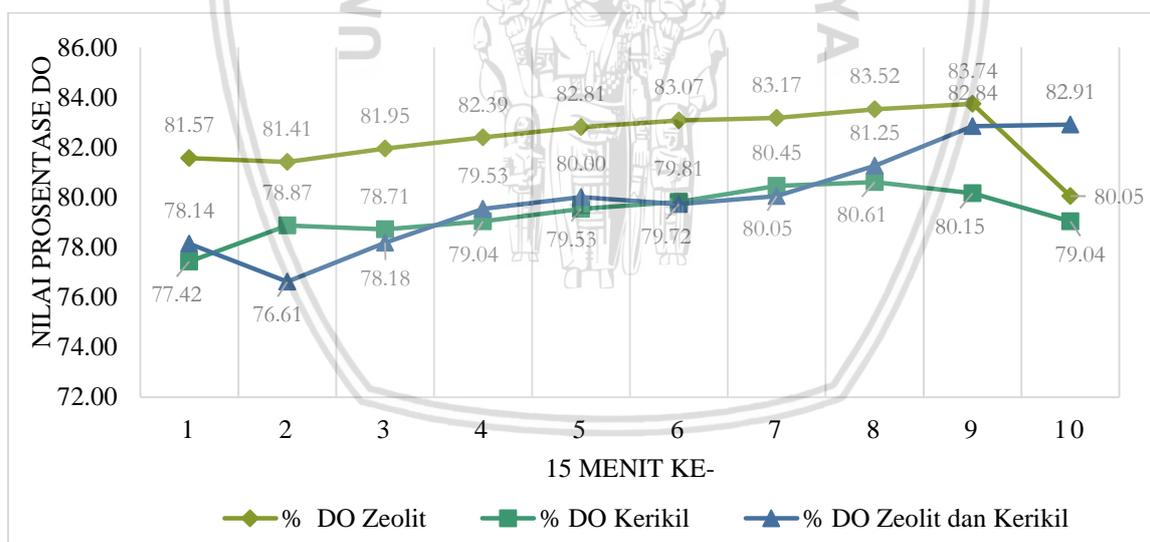
Sumber: Hasil uji kualitas air, 2018



Gambar 4.8 Grafik Nilai Dissolved Oxygen Percobaan Pertama

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai DO pada isian 40 cm zeolit sudah memenuhi baku mutu air untuk kelas II. Sedangkan untuk isian 40 cm kerikil dan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil memenuhi baku mutu air limbah untuk kelas III sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Nilai DO pada isian 40 cm zeolit tertinggi sebesar 5,35 mg/l sedangkan untuk nilai DO terendah sebesar 4,36 mg/l. Untuk reaktor dengan komposisi 40 cm kerikil memiliki nilai DO tertinggi sebesar 4,49 mg/l dan nilai DO terendah sebesar 3,85 mg/l. Sedangkan untuk reaktor dengan media 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil mempunyai nilai DO tertinggi sebesar 5,09 mg/l dan nilai DO terendah 3,72 mg/l. Apabila dibandingkan dengan data awal, kadar nilai DO hasil pengukuran mayoritas lebih besar. Untuk nilai DO awal sebesar 0,87 mg/l baku mutu yang memenuhi yaitu baku mutu kelas IV. Kenaikan nilai DO tersebut dipengaruhi oleh zeolit. Karena 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 kenaikan nilai DO dipengaruhi oleh kontak langsung dengan udara pada proses aerasi. Adapun presentase nilai DO dari percobaan pertama dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Garfik Prosentase Nilai DO Percobaan Pertama
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Gambar 4.9 diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pada reaktor pertama pada isian 40 cm zeolit memiliki prosentase kenaikan tertinggi 83,74% dan prosentase kenaikan terendah 80,05% untuk reaktor dengan isian 40 cm kerikil memiliki prosentase kenaikan tertinggi 80,61% dan prosentase terendah 77,42% sedangkan pada reaktor dengan isian 10 cm kerikil dan 30 cm zeolit memiliki prosentase kenaikan tertinggi 82,91% dan prosentase

terendah 76,61%. Hal ini disebabkan karena media yang digunakan yaitu zeolit yang berfungsi sebagai adsorben.

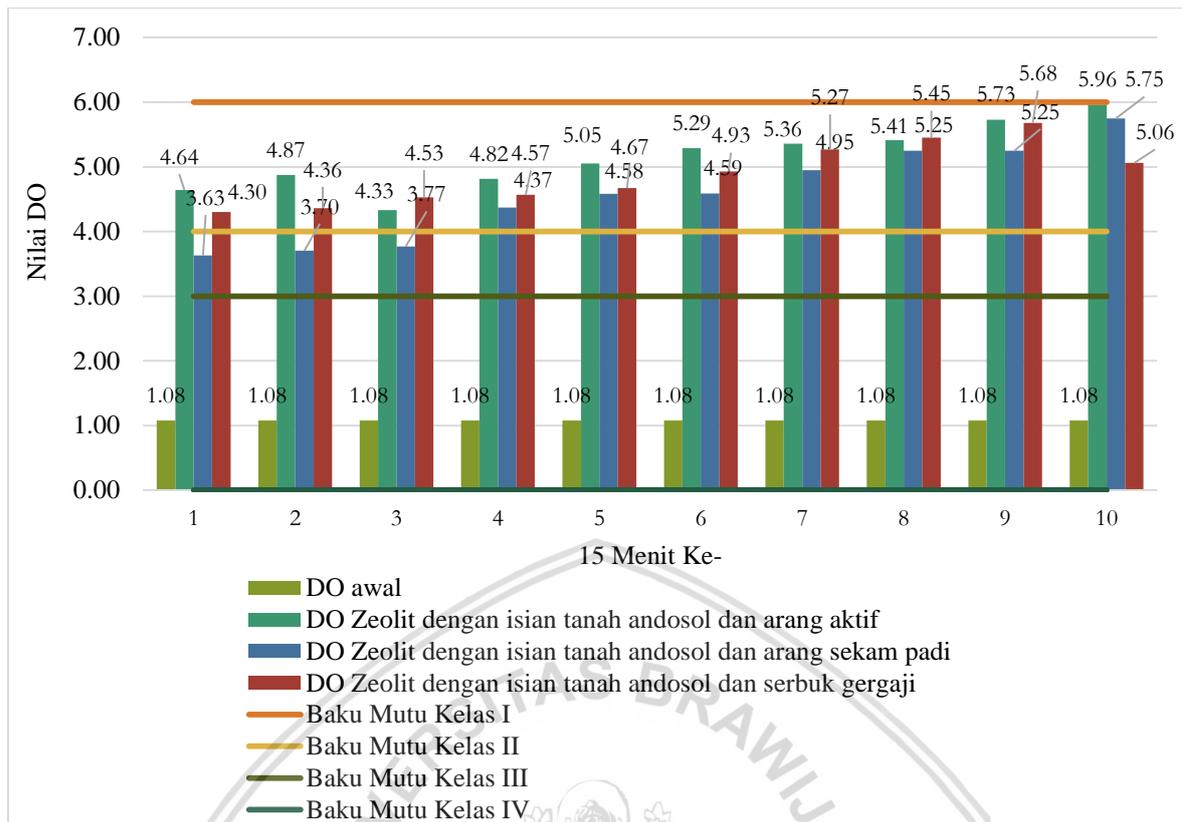
Zeolit merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi. Oksigen terlarut merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh makhluk hidup yang tinggal dalam air untuk mempertahankan hidupnya. Apabila kebutuhan oksigen dalam air limbah tersebut kurang maka akan mengganggu kelangsungan makhluk hidup tersebut dan berdampak buruk pada lingkungan. Dengan adanya zeolit tersebut yang memiliki sifat adsorpsi yang tinggi sehingga dapat menyerap polutan-polutan yang terdapat dalam air limbah yang berpengaruh pada naiknya nilai DO. Selain itu kenaikan nilai DO juga dipengaruhi oleh proses aerasi dimana aerasi adalah penambahan konsentrasi oksigen yang bergantung dalam air limbah, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan berjalan dengan baik cara menambahkan oksigen kedalam air limbah dengan cara berkontak langsung air limbah dengan oksigen.

Dari grafik prosentase diatas menunjukkan perbandingan efisiensi dari ketiga reaktor dalam menyisihkan DO. Reaktor dengan komposisi 40 cm zeolit memiliki efisiensi yang lebih besar dari pada efisiensi pada reaktor dengan isian 40 cm kerikil dan reaktor dengan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dari hasil perhitungan efisiensi percobaan pertama yang baik dalam mengolah limbah adalah reaktor dengan isian 40 cm kerikil.

Tabel 4.9
Hasil Pengukuran DO Pada Reaktor MSL Kedua

15 Menit Ke-	DO awal	Efluen Reaktor		
		DO Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang aktif	DO Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang sekam padi	DO Zeolit dengan isian tanah andosol dan serbuk gergaji
1	1,08	4,64	3,63	4,30
2	1,08	4,87	3,70	4,36
3	1,08	4,33	3,77	4,53
4	1,08	4,82	4,37	4,57
5	1,08	5,05	4,58	4,67
6	1,08	5,29	4,59	4,93
7	1,08	5,36	4,95	5,27
8	1,08	5,41	5,25	5,45
9	1,08	5,73	5,25	5,68
10	1,08	5,96	5,75	5,06

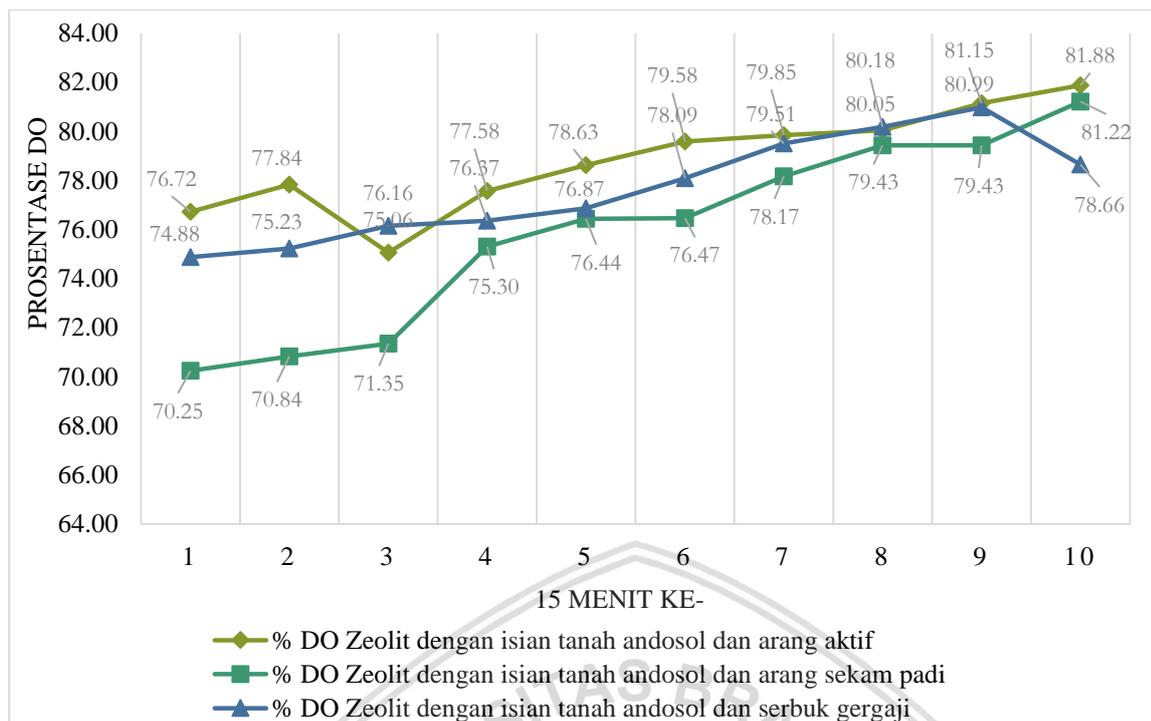
Sumber: Hasil uji kualitas air, 2018



Gambar 4.10 Grafik Nilai *Dissolved Oxygen* Percobaan Kedua

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai DO pada isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa sudah memenuhi baku mutu air limbah untuk kelas II. Sedangkan untuk reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi sudah memenuhi baku mutu air limbah untuk kelas III. Reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji memenuhi baku mutu air limbah untuk kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Nilai DO tertinggi pada reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dengan arang aktif yaitu 5,96 mg/l. Sedangkan nilai DO paling rendah terdapat pada reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi yaitu 3,63 mg/l. DO yang rendah pada isian campuran tanah andosol dengan arang sekam padi disebabkan karena kemampuan arang jerami padi dalam menyerap (adsorpsi) air limbah kurang optimal dibandingkan dengan arang aktif dan serbuk gergaji. Selain itu zeolit juga berpengaruh terhadap kenaikan nilai DO karena zeolit memiliki sifat adsorpsi yang tinggi sehingga dapat menyerap polutan – polutan yang terdapat pada air limbah. Apabila dibandingkan dengan data awal, kadar nilai DO hasil pengukuran mayoritas lebih besar. Untuk nilai DO awal sebesar 1,08 mg/l baku mutu yang memenuhi yaitu baku mutu kelas IV. Adapun presentase nilai DO dari percobaan pertama dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Grafik Prosentase Nilai DO Percobaan Kedua

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Gambar 4.11 diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pada percobaan kedua dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif memiliki prosentase kenaikan tertinggi 81,88% dan prosentase kenaikan terendah 75,06% untuk reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi memiliki prosentase kenaikan tertinggi 81,22% dan prosentase terendah 70,25% sedangkan pada reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji memiliki prosentase kenaikan tertinggi 80,99% dan prosentase terendah 74,88%. Hal ini disebabkan karena media yang digunakan yaitu zeolit yang berfungsi sebagai adsorben.

Zeolit mempunyai sifat adsorben yang mampu mengadsorbsi polutan dalam jumlah besar karena mempunyai struktur yang berongga dan mempunyai luasan pori yang besar. Tanah andosol mempunyai kandungan silika didalam tanah yang bersifat mampu menyerap zat terapung atau zat terlarut dalam air. Arang aktif juga mengandung karbon yang memiliki pori-pori yang besar sehingga mampu menyerap polutan yang ada pada air limbah. Sedangkan serbuk gergaji memiliki kelebihan dalam menyerap air sehingga cocok sebagai adsorben. Dari sifat-sifat yang dimiliki media tersebut berpengaruh terhadap kualitas air limbah yang masuk ke reaktor sehingga air limbah menjadi bening dan cahaya matahari dapat masuk kedalam air sehingga terjadi fotosintesis dalam air limbah yang dapat meningkatkan nilai DO pada air limbah.

Dari grafik prosentase diatas menunjukkan perbandingan efisiensi dari ketiga model reaktor dalam menyisihkan DO. Reaktor yang berisi zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif memiliki efisiensi yang lebih besar daripada efisiensi reaktor yang berisikan zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi dan reaktor yang berisikan zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji. Hal ini disebabkan dengan adanya tambahan komposisi arang aktif yang berfungsi sebagai adsorben selanjutnya setelah zeolit.

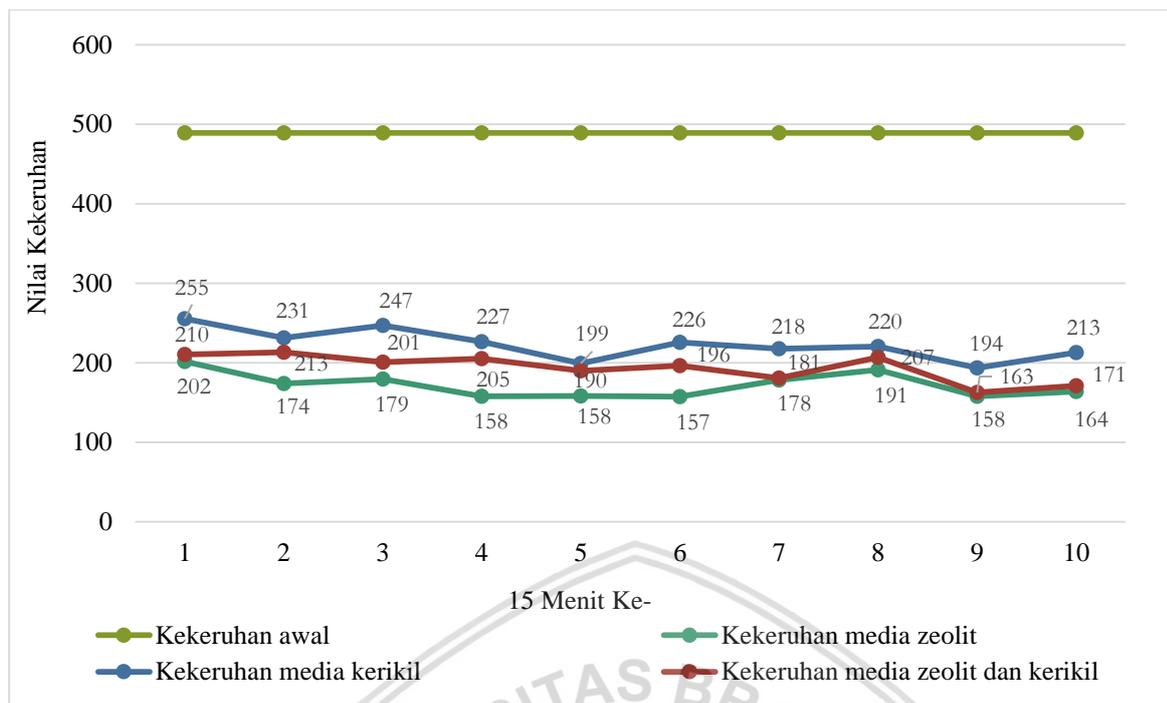
4.6.2 Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus) maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain, kekeruhan dinyatakan dalam satuan nefelometer turbiditas (NTU). Kekeruhan disebabkan oleh adanya benda tercampur ataupun butiran-butiran koloid dalam air. Jika semakin banyak kandungan koloid maka semakin keruh airnya. Dari segi estetika maupun dari segi kualitas, air yang keruh tidak baik untuk dikonsumsi. Dari hasil uji kualitas air dapat diketahui bahwa sampel air memiliki nilai kekeruhan 489 NTU. Setelah adanya percobaan menggunakan metode *Multi Soil Layering* nilai dari kekeruhan dapat berkurang seperti pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.12. ini disebabkan karena partikel koloid, bahan organik dan bahan anorganik dapat tersaring dan terserap oleh zeolit ke dalam pori-porinya yang kemudian tertahan oleh kerikil.

Tabel 4.10
Hasil Pengukuran Kekeruhan Pada Reaktor MSL Pertama

15 Menit Ke-	Kekeruhan awal	Efluen Reaktor		
		Kekeruhan Zeolit	Kekeruhan Kerikil	Kekeruhan Zeolit dan Kerikil
1	489	202	255	210
2	489	174	231	213
3	489	179	247	201
4	489	158	227	205
5	489	158	199	190
6	489	157	226	196
7	489	178	218	181
8	489	191	220	207
9	489	158	194	163
10	489	164	213	171

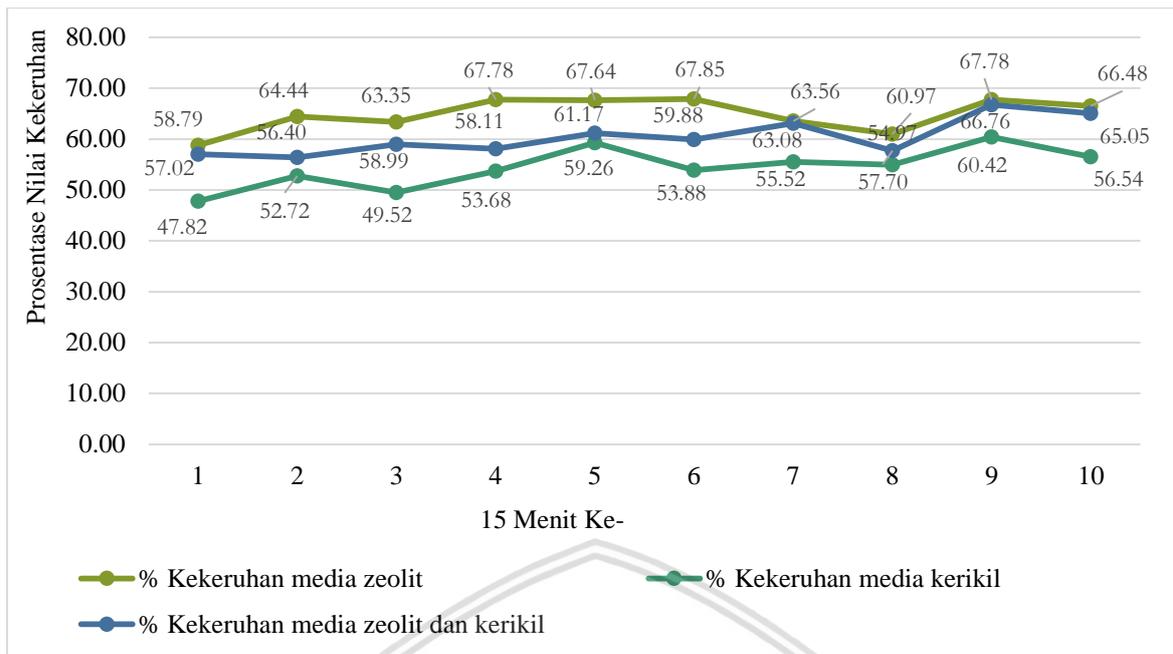
Sumber: Hasil uji kualitas air, 2018



Gambar 4.12 Grafik Nilai Kekeruhan Percobaan Pertama

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari keterangan yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 hasil yang diperoleh pada percobaan pertama menunjukkan perbedaan nilai kekeruhan setiap model yang cukup mencolok. Reaktor dengan isian 40 cm zeolit memiliki nilai penurunan kekeruhan tertinggi sebesar 202 NTU dan memiliki penurunan kekeruhan terendah sebesar 157 NTU. Reaktor dengan isian 40 cm kerikil mampu menurunkan kekeruhan tertinggi sebesar 255 NTU dan memiliki penurunan kekeruhan terendah sebesar 194 NTU. Reaktor dengan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil mampu menurunkan kekeruhan tertinggi sebesar 213 NTU dan mampu menurunkan kekeruhan terendah sebesar 163 NTU. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus) maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain, kekeruhan dinyatakan dalam satuan nefelometer turbiditas (NTU). Kekeruhan disebabkan oleh adanya benda tercampur ataupun butiran-butiran koloid dalam air. Untuk menurunkan nilai kekeruhan tersebut pada metode multi soil layering kerikil berfungsi untuk menyaring partikel tersuspensi yang berukuran besar. Selain itu 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, sehingga zeolite menyebabkan partikel koloid dapat terserap sempurna oleh pori-pori zeolite. Adapun prosentase nilai kekeruhan pada percobaan pertama dapat dilihat pada Gambar 4.13 sebagai berikut.



Gambar 4.13. Grafik Prosentase Nilai Kekeruhan Percobaan Pertama
Sumber: Olahan peneliti, 2018

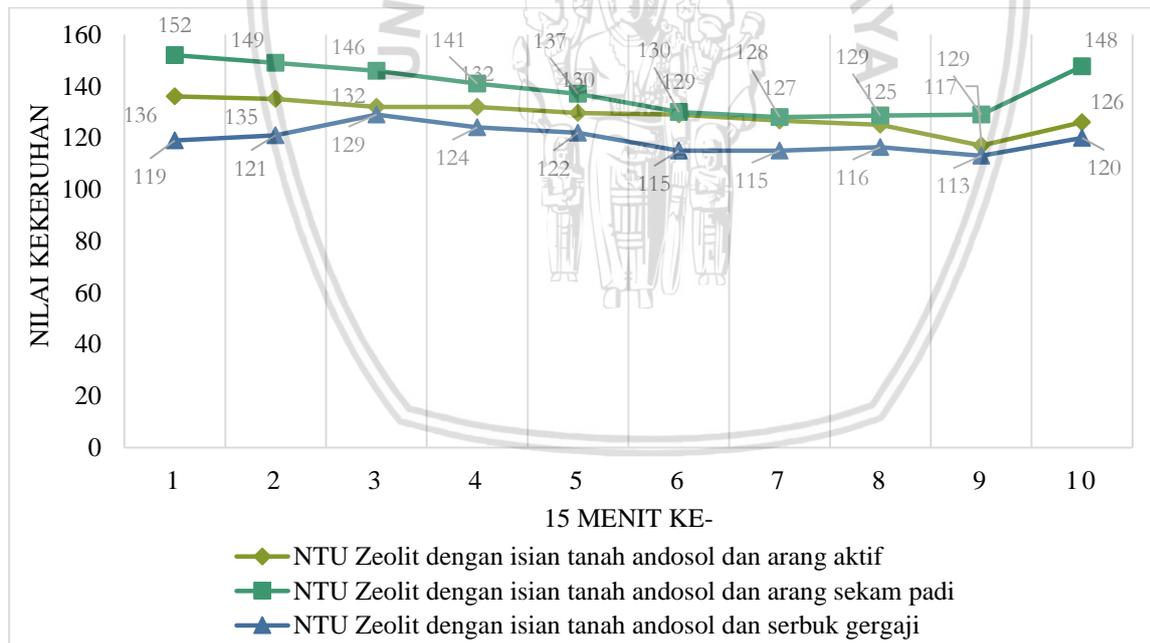
Dari gambar diatas reaktor dengan media 40 cm zeolite mengalami penurunan tertinggi mencapai 67,85% dan mengalami penurunan terendah mencapai 58,79%. Untuk reaktor dengan media 40 cm kerikil mengalami penurunan tertinggi mencapai 60,42% dan mengalami penurunan terendah mencapai 47,82%. Reaktor dengan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil mengalami penurunan tertinggi mencapai 66,76% dan mengalami penurunan terendah mencapai 56,40%. Penurunan tertinggi pada parameter kekeruhan terjadi karena zeolite memiliki sifat adsorpsi yang tinggi sehingga partikel koloid dapat terserap semua kedalam pori-pori zeolit. Selain itu kerikil juga berfungsi untuk menahan dan menyaring partikel yang berukuran besar sehingga mampu menurunkan nilai kekeruhan pada air limbah.

Grafik prosentase diatas menunjukkan perbandingan efisiensi ketiga model dalam menurunkan kekeruhan. Reaktor dengan menggunakan media 40 cm zeolit memiliki efisiensi yang lebih besar daripada efisiensi pada reaktor bermedia 40 cm kerikil dan reaktor dengan media 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari hasil perhitungan efisiensi pada percobaan pertama yang baik dalam mengolah limbah adalah reaktor dengan media 40 cm zeolit. Hal ini disebabkan dengan adanya tambahan komposisi zeolit yang berfungsi sebagai adsorben. Oleh karena itu, reaktor dengan media 40 cm zeolit akan diterapkan pada percobaan kedua dengan tambahan media yaitu campuran tanah andosol dan arang aktif, campuran tanah andosol dan arang sekam padi, dan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji.

Tabel 4.11
Hasil Pengukuran Kekeruhan Pada Reaktor MSL Kedua

15 Menit Ke-	NTU awal	Efluen Reaktor		
		NTU Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang aktif	NTU Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang sekam padi	NTU Zeolit dengan isian tanah andosol dan serbuk gergaji
1	502	136	152	119
2	502	135	149	121
3	502	132	146	129
4	502	132	141	124
5	502	130	137	122
6	502	129	130	115
7	502	127	128	115
8	502	125	129	116
9	502	117	129	113
10	502	126	148	120

Sumber: Hasil uji kualitas air, 2018

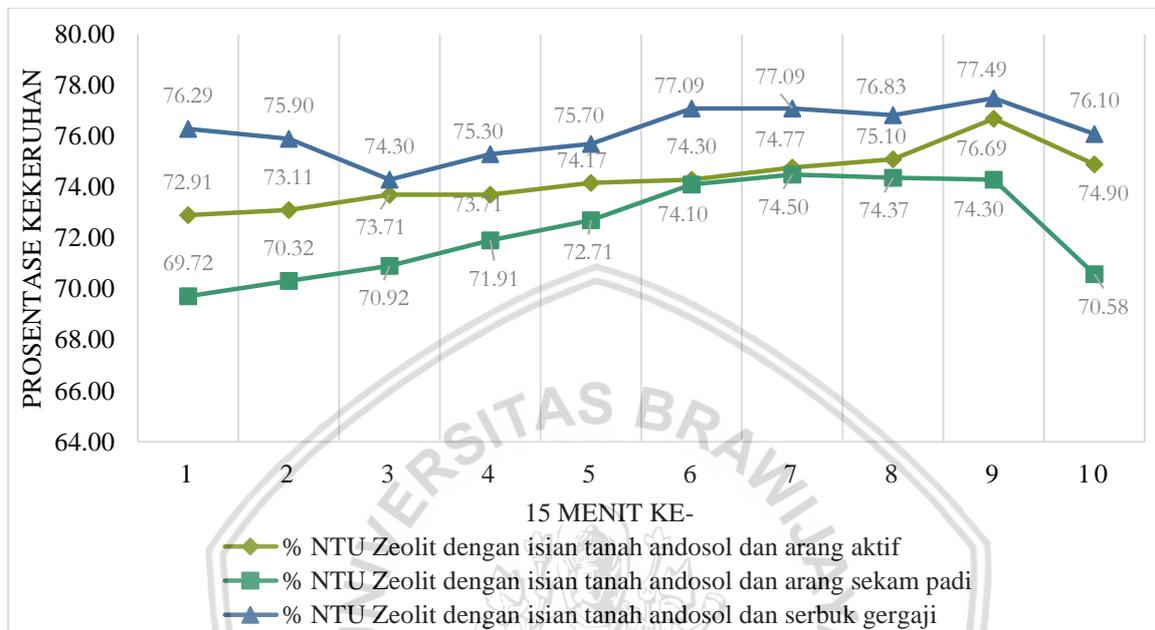


Gambar 4.14 Grafik Nilai Kekeruhan Percobaan Kedua

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari keterangan yang dapat dilihat pada Gambar 4.14 hasil yang diperoleh pada percobaan kedua menunjukkan perbedaan nilai kekeruhan setiap model yang cukup mencolok. Nilai kekeruhan tertinggi terdapat pada reaktor dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi sebesar 152 NTU, hal ini disebabkan karena media pada reaktor sebelumnya telah mengandung partikel koloid sehingga proses

penyaringan tidak dapat berjalan maksimal, ini dapat dibuktikan dengan hasil akhir penyaringan yang melebihi sampel outlet IPAL yang ada disana. Sedangkan untuk nilai kekeruhan terendah terdapat pada reaktor dengan isian zeolit campuran tanah andosol dan serbuk gergaji sebesar 113 NTU. Adapun prosentase nilai kekeruhan pada percobaan kedua dapat dilihat pada Gambar 4.15 sebagai berikut.



Gambar 4.15. Grafik Prosentase Nilai Kekeruhan Percobaan Kedua
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari grafik diatas didapatkan hasil bahwa pada reaktor MSL dengan isian zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif memiliki prosentase penurunan tertinggi 76,69% dan prosentase penurunan terendah 72,91%, pada reaktor dengan media zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi memiliki prosentase penurunan tertinggi 74,50% dan prosentase penurunan terendah 69,72%, dan pada reaktor dengan media zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji memiliki prosentase penurunan tertinggi 77,49% dan prosentase penurunan terendah 74,30%. Hal ini disebabkan karena 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, besarnya daya serap yang dimiliki serbuk gergaji juga mempengaruhi penurunan kekeruhan pada air limbah, kandungan silika yang dimiliki arang sekam padi berfungsi sebagai penyaring kotoran berukuran kecil yang terbawa oleh air limbah, arang aktif juga mengandung karbon yang memiliki pori-pori mampu menyerap polutan yang terkandung dalam air limbah. Sedangkan kandungan alofan pada tanah andosol dapat menyerap koloid secara stabil.

Grafik prosentase diatas menunjukkan perbandingan efisiensi ketiga model dalam menurunkan kekeruhan. Reaktor dengan menggunakan media zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji memiliki efisiensi yang lebih besar daripada efisiensi pada reaktor bermedia zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi dan reaktor bermedia zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari hasil perhitungan efisiensi pada percobaan kedua yang baik dalam mengolah limbah adalah reaktor dengan media campuran tanah andosol dan serbuk gergaji. Hal ini disebabkan dengan adanya tambahan komposisi didalam reaktor berisi serbuk gergaji yang berfungsi sebagai adsorben selanjutnya setelah zeolit.

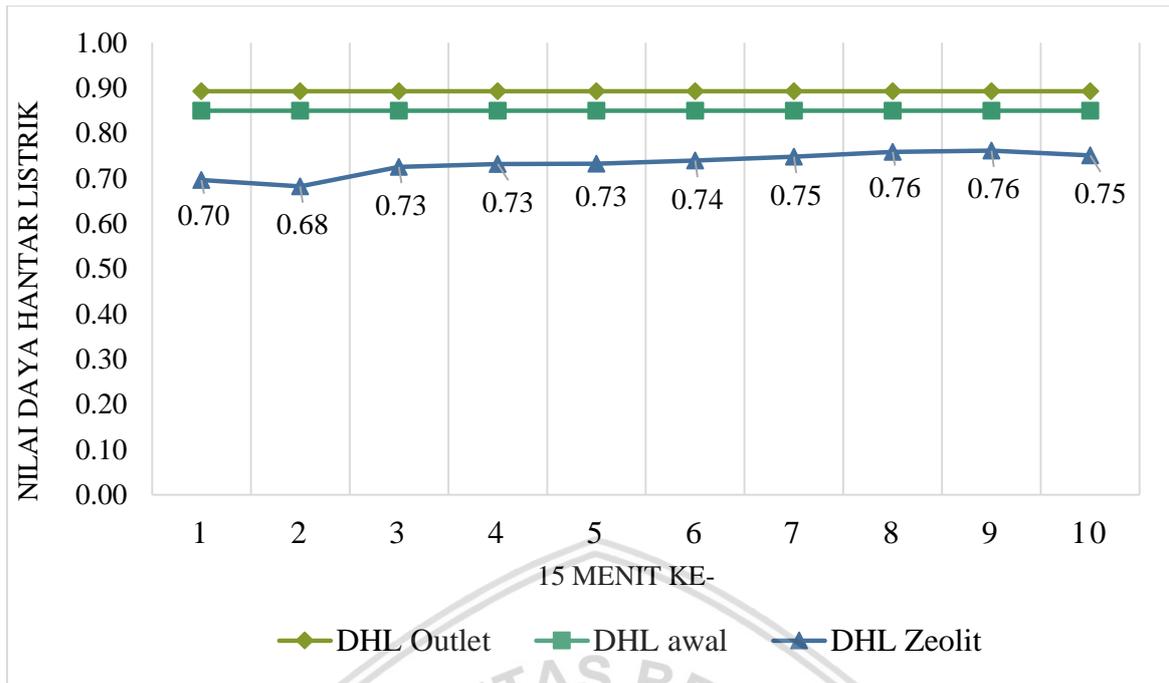
4.6.3. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik (DHL) adalah kemampuan suatu cairan untuk menghantarkan listrik atau sering disebut juga konduktivitas. Oleh sebab itu, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi pula nilai daya hantar listrik, dan semakin besar daya hantar listrik maka semakin besar kandungan logam-logam berat dalam air yang bisa menghantarkan arus listrik.

Tabel 4.12
Hasil Pengukuran Daya Hantar Listrik Pada Reaktor MSL Pertama

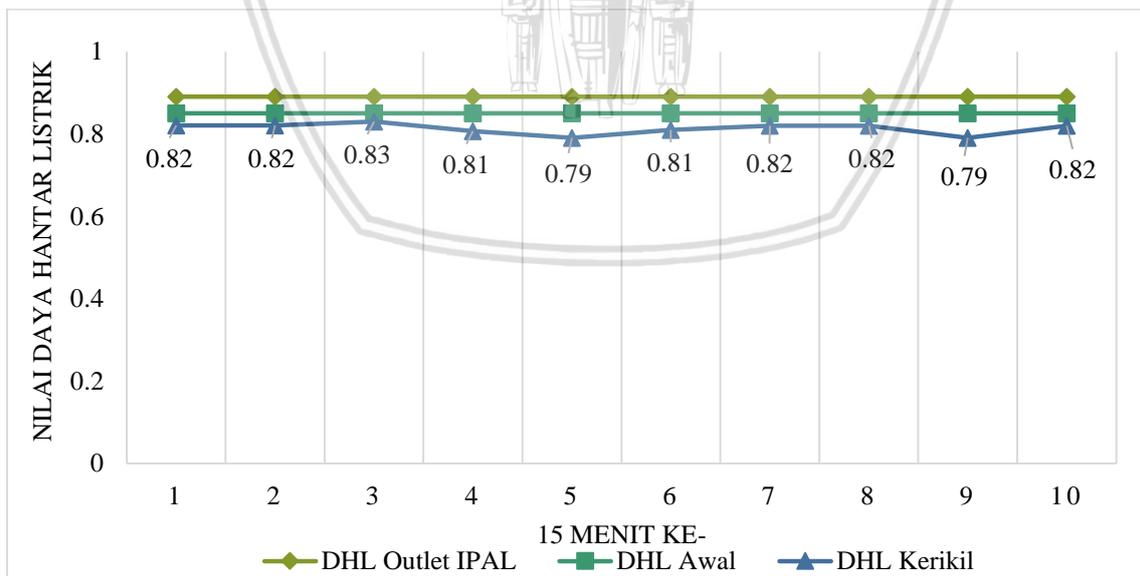
15 Menit Ke-	DHL awal	Efluen Reaktor		
		DHL Zeolit	DHL Kerikil	DHL Zeolit dan Kerikil
1	0,85	0,70	0,82	0,74
2	0,85	0,68	0,82	0,74
3	0,85	0,73	0,83	0,76
4	0,85	0,73	0,81	0,76
5	0,85	0,73	0,79	0,76
6	0,85	0,74	0,81	0,77
7	0,85	0,75	0,82	0,76
8	0,85	0,76	0,82	0,79
9	0,85	0,76	0,79	0,75
10	0,85	0,75	0,82	0,76

Sumber: Hasil uji kualitas air, 2018



Gambar 4.16 Grafik hasil pengukuran nilai DHL dengan media zeolit
Sumber: Olahan peneliti, 2018

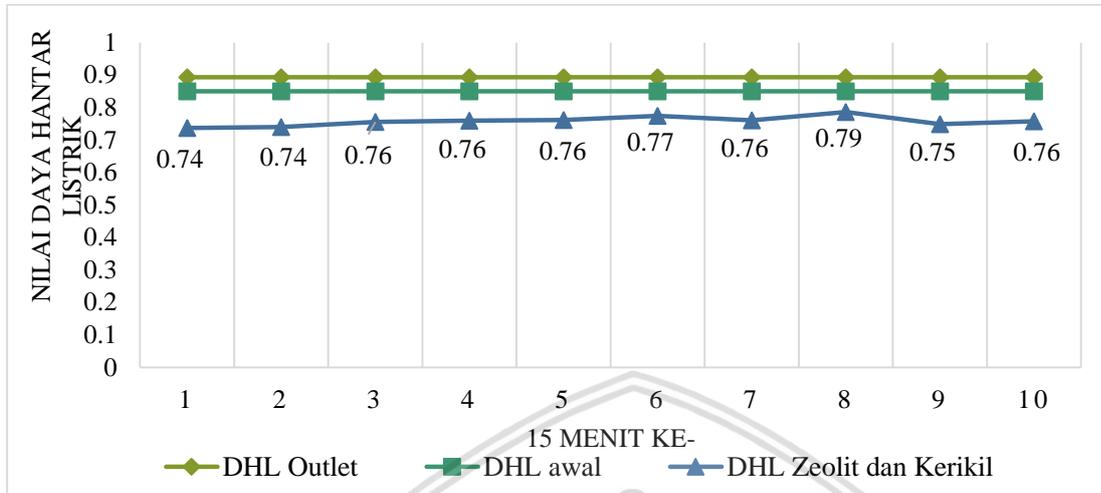
Pada pengukuran nilai daya hantar listrik menggunakan metode MSL dengan isian zeolit setinggi 40 cm, didapatkan penurunan pada pengaliran ke 0 hingga 15 menit ke 1 setelah pengaliran awal yaitu dari 0,85 mS/cm menjadi 0,70 mS/cm, dari 15 menit ke 1 sampai menit ke 10 nilai daya hantar listrik yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai daya hantar listrik awal.



Gambar 4.17 Grafik hasil pengukuran nilai DHL dengan media kerikil
Sumber: Olahan peneliti, 2018

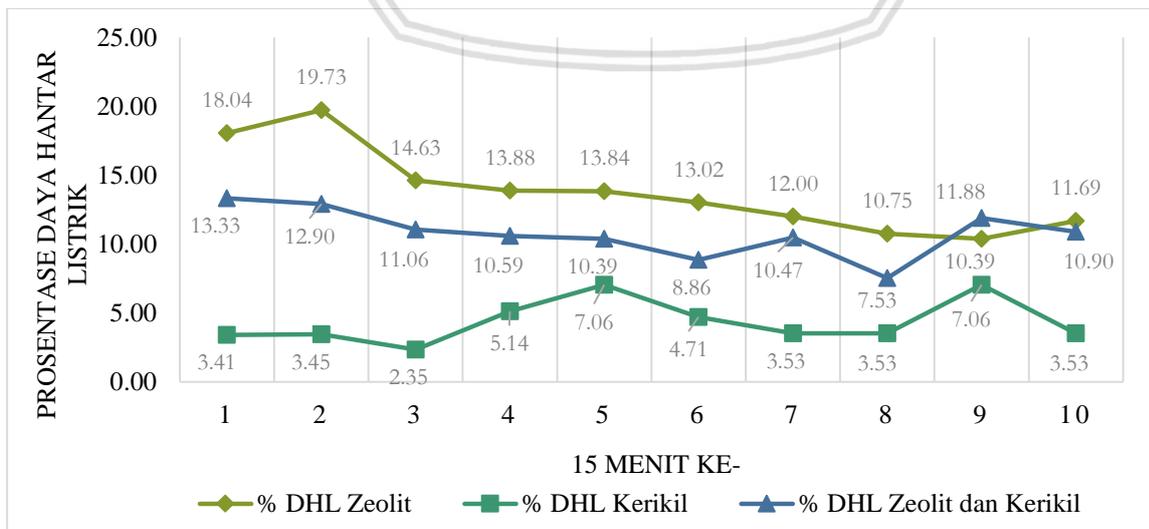
Pada Gambar 4.17 diatas dapat disimpulkan nilai daya hantar listrik yang didapat pada pengolahan limbah domestik menggunakan metode multi soil layering dengan isian 40 cm kerikil yaitu didapatkan nilai penurunan DHL pada pengaliran menit ke 0 hingga 15 menit

ke 1 setelah pengaliran awal yaitu dari 0,85 mS/cm menjadi 0,82 mS/cm. Nilai daya hantar listrik terendah pada media kerikil terdapat pada 15 menit ke-5 yaitu sebesar 0,79 mS/cm dan nilai daya hantar listrik tertinggi terdapat pada 15 menit ke-3 yaitu sebesar 0,83 mS/cm.



Gambar 4.18 Grafik hasil pengukuran nilai DHL dengan media zeolit dan kerikil
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Pada Gambar 4.18 diatas dapat disimpulkan nilai daya hantar listrik yang didapat pada pengolahan limbah domestik menggunakan metode multi soil layering dengan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil yaitu didapatkan nilai penurunan DHL pada pengaliran menit ke 0 hingga 15 menit ke 1 setelah pengaliran awal yaitu dari 0,85 mS/cm menjadi 0,74 mS/cm. Nilai daya hantar listrik terendah pada media kerikil terdapat pada 15 menit ke- 1,2 yaitu sebesar 0,74 mS/cm dan nilai daya hantar listrik tertinggi terdapat pada 15 menit ke-8 yaitu sebesar 0,79 mS/cm. Dari 15 menit ke 1 sampai menit ke 10 nilai daya hantar listrik yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai daya hantar listrik awal. Adapun prosentase nilai DHL dari ketiga reaktor dapat dilihat pada gambar 4.19 sebagai berikut.



Gambar 4.19. Grafik Prosentase Nilai Daya Hantar Listrik Percobaan Pertama
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari gambar diatas reaktor dengan isian 40 cm zeolit memiliki nilai prosentase penurunan tertinggi daya hantar listrik sebesar 19,73% dan memiliki prosentase penurunan terendah daya hantar listrik sebesar 10,39% . Pada reaktor dengan isian 40 cm kerikil nilai prosentase penurunan tertinggi daya hantar listrik sebesar 7,06% dan prosentase penurunan terendah sebesar 2,35% dan pada reaktor dengan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil nilai prosentase penurunan tertinggi daya hantar listrik sebesar 13,33% dan penurunan terendah sebesar 7,53%. Berdasarkan hasil uji kualitas air diperoleh kesimpulan bahwa ketiga reaktor pada percobaan pertama mengalami penurunan dari sampel awal. Hal ini disebabkan karena adanya media zeolit dalam mengolah limbah. Seperti yang diketahui salah satu sifat zeolit yaitu sebagai penukar ion. Sifat penukaran ion pada zeolit terjadi 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 yang berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak yang menyebabkan menurunnya nilai daya hantar listrik.

Grafik prosentase diatas menunjukkan perbandingan efisiensi ketiga model dalam menurunkan daya hantar listrik. Reaktor dengan menggunakan media 40 cm zeolit memiliki efisiensi yang lebih besar daripada efisiensi pada reaktor bermedia 40 cm kerikil dan reaktor dengan media 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari hasil perhitungan efisiensi pada percobaan pertama yang baik dalam mengolah limbah adalah reaktor dengan media 40 cm zeolit. Hal ini disebabkan dengan adanya tambahan komposisi zeolit yang berfungsi sebagai penukar ion. Oleh karena itu, reaktor dengan media 40 cm zeolit akan diterapkan pada percobaan kedua dengan tambahan media yaitu campuran tanah andosol dan arang aktif, campuran tanah andosol dan arang sekam padi, dan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji.

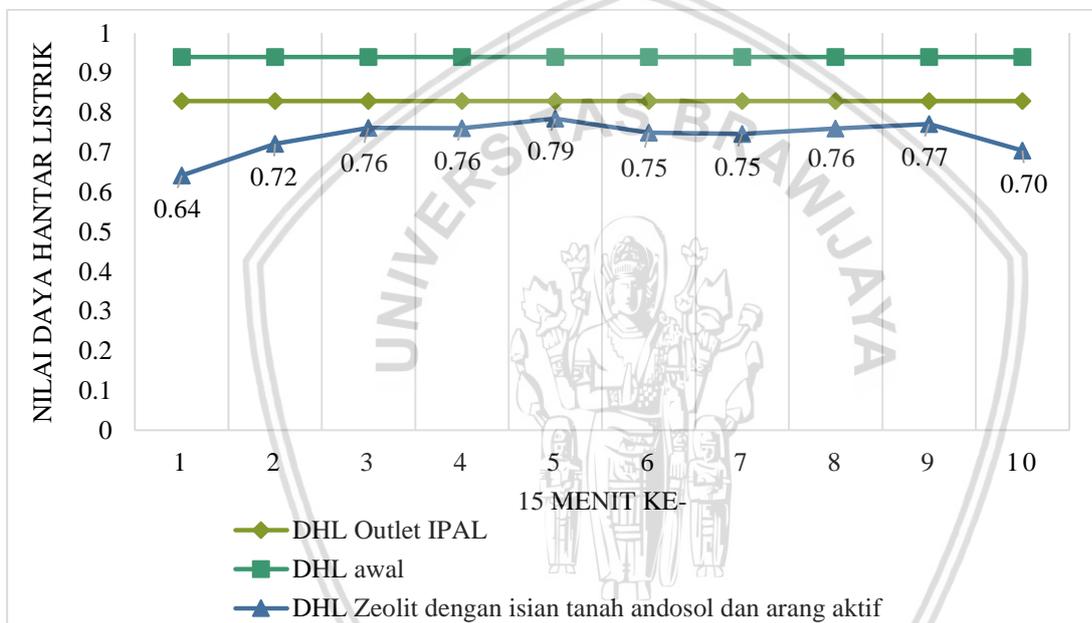
Tabel 4.13

Hasil Pengukuran Daya Hantar Listrik Pada Reaktor MSL Kedua

15 Menit Ke-	DHL awal	Efluen Reaktor		
		DHL Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang aktif	DHL Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang sekam padi	DHL Zeolit dengan isian tanah andosol dan serbuk gergaji
1	0,94	0,64	0,81	0,71
2	0,94	0,72	0,81	0,74
3	0,94	0,76	0,73	0,76
4	0,94	0,76	0,74	0,74

15 Menit Ke-	DHL awal	Efluen Reaktor		
		DHL Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang aktif	DHL Zeolit dengan isian tanah andosol dan arang sekam padi	DHL Zeolit dengan isian tanah andosol dan serbuk gergaji
5	0,94	0,79	0,76	0,77
6	0,94	0,75	0,77	0,77
7	0,94	0,75	0,76	0,76
8	0,94	0,76	0,78	0,78
9	0,94	0,77	0,74	0,73
10	0,94	0,70	0,81	0,77

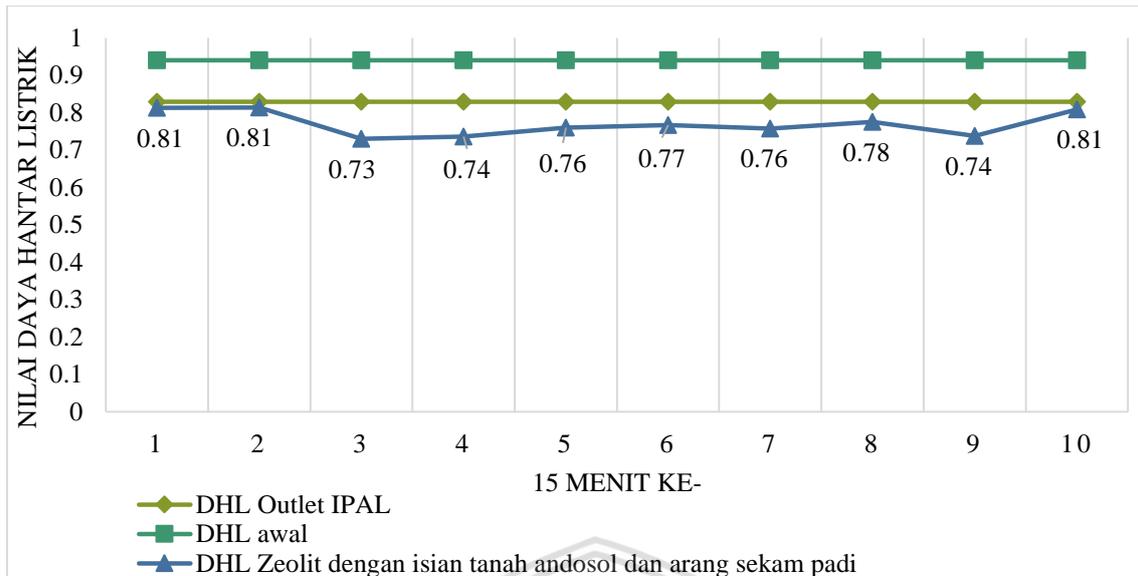
Sumber: Hasil uji kualitas air, 2018



Gambar 4.20 Grafik hasil pengukuran nilai DHL dengan media tanah andosol dan arang aktif

Sumber: Olahan peneliti, 2018

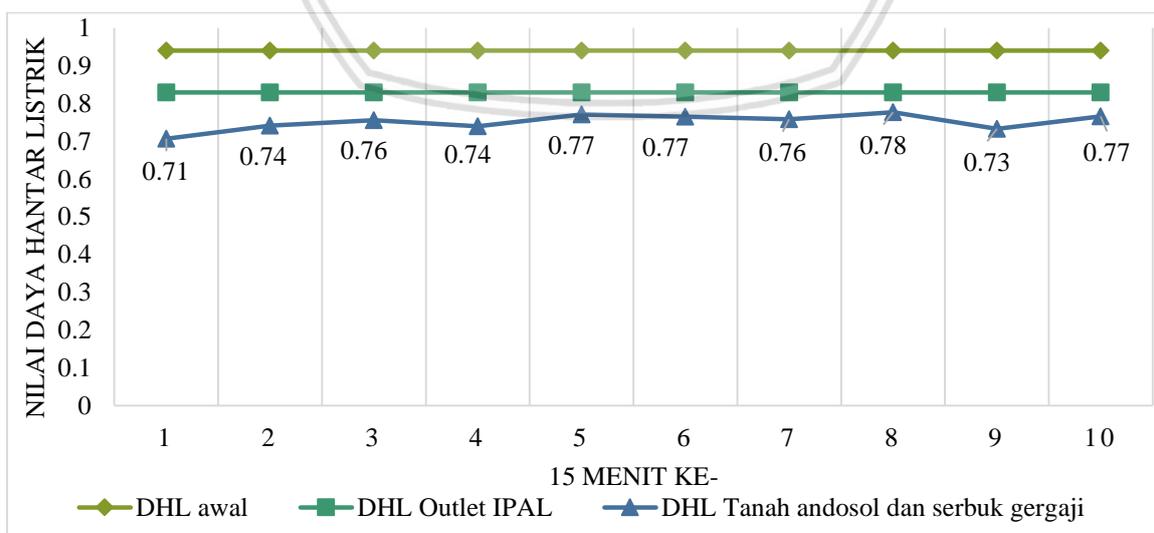
Pada Gambar 4.20 diatas dapat disimpulkan nilai daya hantar listrik yang didapat pada pengolahan limbah domestik menggunakan metode multi soil layering dengan isian 40 cm zeolit dengan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa yaitu didapatkan nilai penurunan DHL pada pengaliran menit ke 0 hingga 15 menit ke 1 setelah pengaliran awal yaitu dari 0,94 mS/cm menjadi 0,64 mS/cm. Nilai daya hantar listrik terendah pada media zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif terdapat pada 15 menit ke- 1 yaitu sebesar 0,64 mS/cm dan nilai daya hantar listrik tertinggi terdapat pada 15 menit ke-5 yaitu sebesar 0,79 mS/cm. Dari 15 menit ke 1 sampai menit ke 10 nilai daya hantar listrik yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai daya hantar listrik awal.



Gambar 4.21 Grafik hasil pengukuran nilai DHL dengan media tanah andosol dan arang sekam padi

Sumber: Olahan peneliti, 2018

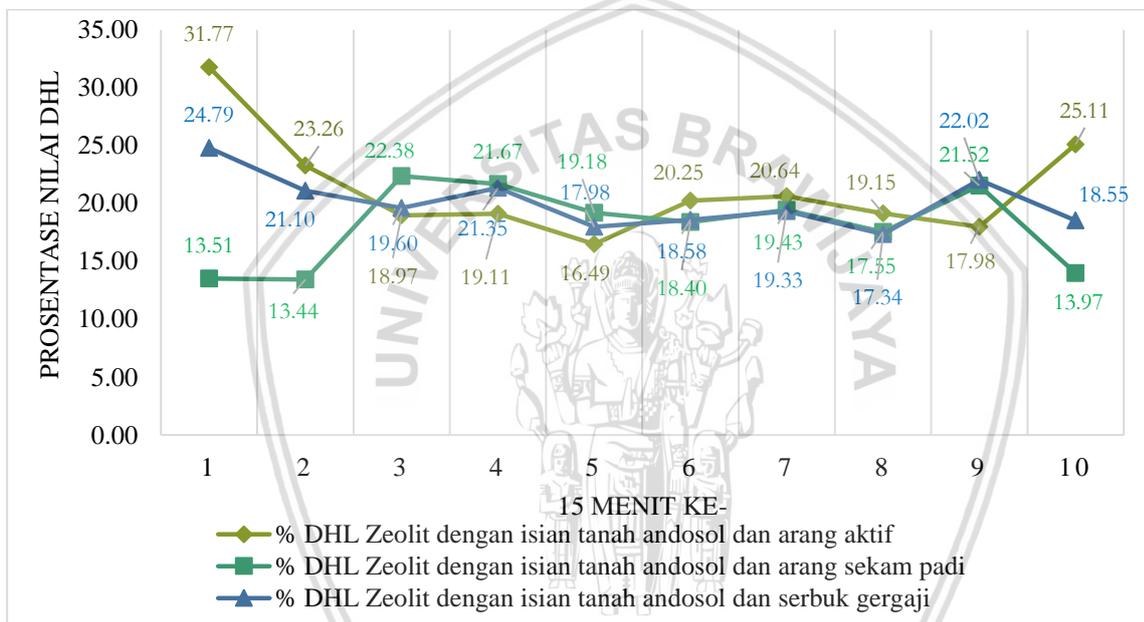
Pada Gambar 4.21 diatas dapat disimpulkan nilai daya hantar listrik yang didapat pada pengolahan limbah domestik menggunakan metode multi soil layering dengan isian 40 cm zeolit dengan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang sekam padi yaitu didapatkan nilai penurunan DHL pada pengaliran menit ke 0 hingga 15 menit ke 1 setelah pengaliran awal yaitu dari 0,94 mS/cm menjadi 0,81 mS/cm. Nilai daya hantar listrik terendah pada media kerikil terdapat pada 15 menit ke-3 yaitu sebesar 0,73 mS/cm dan nilai daya hantar listrik tertinggi terdapat pada 15 menit ke-10 yaitu sebesar 0,81 mS/cm. Dari 15 menit ke 1 sampai menit ke 10 nilai daya hantar listrik yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai daya hantar listrik awal.



Gambar 4.22 Grafik hasil pengukuran nilai DHL dengan media tanah andosol dan serbuk gergaji

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Pada Gambar 4.22 diatas dapat disimpulkan nilai daya hantar listrik yang didapat pada pengolahan limbah domestik menggunakan metode multi soil layering dengan isian 40 cm zeolit dengan tambahan blok campuran tanah andosol dan serbuk gergaji yaitu didapatkan nilai penurunan DHL pada pengaliran menit ke 0 hingga 15 menit ke 1 setelah pengaliran awal yaitu dari 0,94 mS/cm menjadi 0,71 mS/cm. Nilai daya hantar listrik terendah pada media kerikil terdapat pada 15 menit ke- 1 yaitu sebesar 0,71 mS/cm dan nilai daya hantar listrik tertinggi terdapat pada 15 menit ke-5 yaitu sebesar 0,77 mS/cm. Dari 15 menit ke 1 sampai menit ke 10 nilai daya hantar listrik yang didapatkan lebih rendah dibandingkan dengan nilai daya hantar listrik awal. Adapun prosentase nilai DHL dari ketiga reaktor dapat dilihat pada gambar 4.23 sebagai berikut.



Gambar 4.23 Grafik Prosentase Nilai Daya Hantar Listrik Percobaan Kedua
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari gambar diatas reaktor dengan isian 40 cm zeolit dan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang aktif memiliki nilai prosentase kenaikan daya hantar listrik sebesar 31,77%. Pada reaktor dengan isian 40 cm zeolit dan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang sekam padi memiliki nilai prosentase kenaikan daya hantar listrik sebesar 22,38% dan pada reaktor dengan isian 40 cm zeolit dan tambahan blok campuran tanah andosol dan serbuk gergaji nilai prosentase kenaikan daya hantar listrik sebesar 24,79%. Berdasarkan hasil uji kualitas air diperoleh kesimpulan bahwa ketiga reaktor pada percobaan kedua mengalami penurunan dari sampel awal. Hal ini disebabkan karena adanya media zeolit dalam mengolah limbah. Seperti yang diketahui salah satu sifat zeolit yaitu sebagai penukar ion. Sifat penukaran ion pada zeolit terjadi 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 yang berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak yang menyebabkan menurunnya nilai daya hantar listrik.

Grafik prosentase diatas menunjukkan perbandingan efisiensi ketiga model dalam menurunkan daya hantar listrik. Reaktor dengan menggunakan media 40 cm zeolit dengan isian campuran tanah andosol dan arang aktif memiliki efisiensi yang lebih besar daripada efisiensi pada reaktor bermedia 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi, dan reaktor dengan media 30 cm zeolit dan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji, sehingga dapat disimpulkan bahwa dari hasil perhitungan efisiensi pada percobaan kedua yang baik dalam mengolah limbah adalah reaktor dengan media 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang aktif. Hal ini disebabkan dengan adanya tambahan komposisi zeolit yang berfungsi sebagai penukar ion.

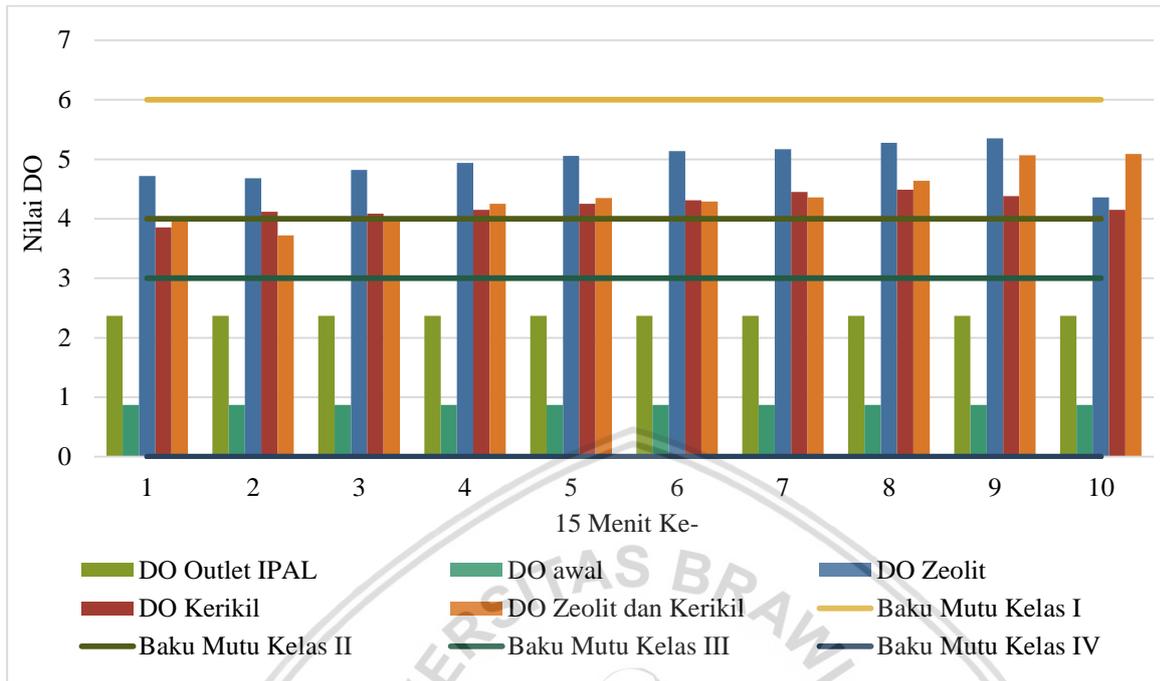
4.7 Perbandingan Hasil Pengolahan

Tujuan dari perbandingan ini yaitu untuk membandingkan hasil pengolahan limbah domestik dengan menggunakan IPAL yang ada di MCK Kelurahan Tlogomas dengan pengolahan limbah domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL).

4.7.1 Dissolved Oxygen (DO)/ Oksigen Terlarut

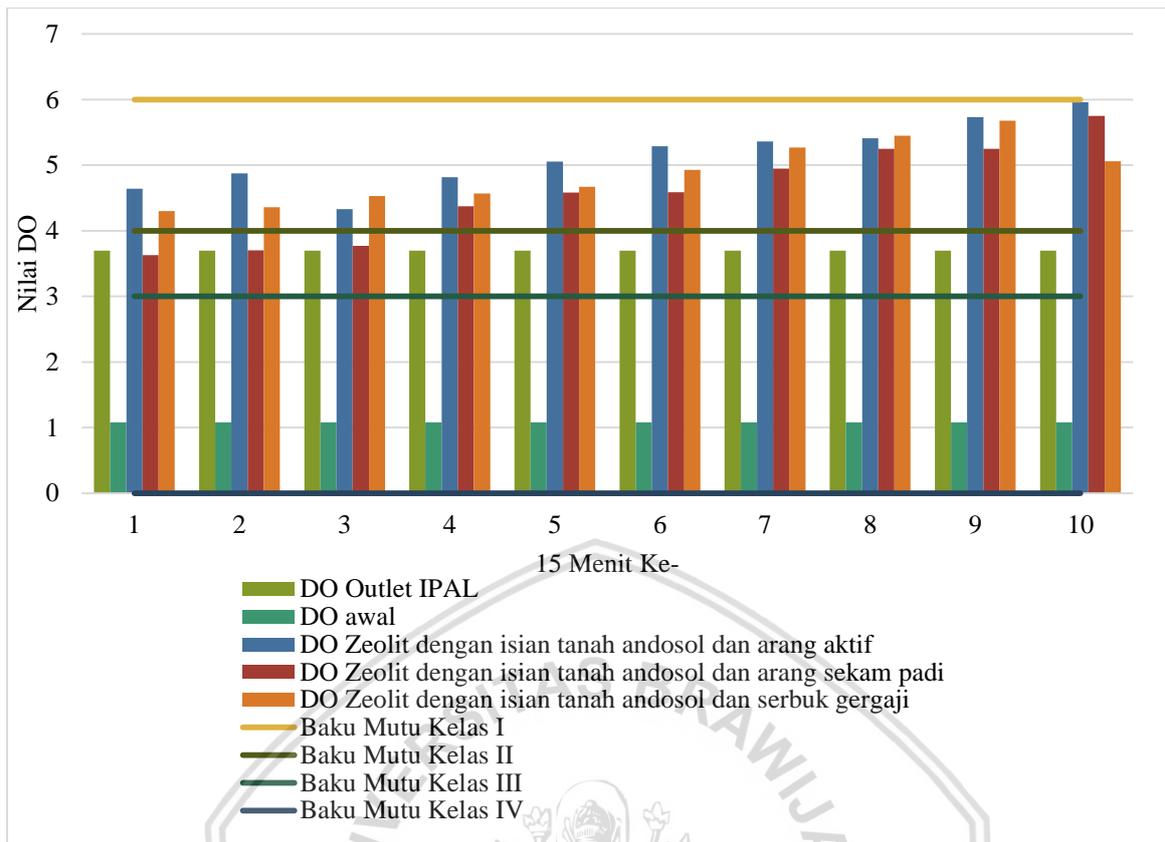
Hasil yang diperoleh setelah membandingkan pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada percobaan pertama menunjukkan perbedaan yang cukup mencolok, untuk nilai oksigen terlarut yang didapat dari outlet IPAL MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas sebesar 2,37 mg/l dapat disimpulkan bahwa hasil dari outlet IPAL MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas berada pada baku mutu air limbah domestik pada kelas IV yaitu 0 mg/l. Sedangkan untuk nilai DO yang didapat dari outlet pengolahan air limbah domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada isian 40 cm zeolit dapat menaikkan kadar oksigen terlarut sebesar 4,36 mg/l - 5,35 mg/l dan berada pada baku mutu air limbah kelas II yaitu 4 mg/l, untuk reaktor dengan isian 40 cm kerikil mampu menaikkan kadar oksigen terlarut sebesar 3,85 mg/l – 4,49 mg/l dan berada pada baku mutu air limbah kelas III yaitu 3 mg/l. Untuk raktor dengan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil dapat menaikkan kadar oksigen terlarut sebesar 5,09 mg/l – 3,72 mg/l dan berada pada baku mutu air limbah kelas III yaitu 3 mg/l. Hal ini dikarenakan pada reaktor berisikan zeolite dapat diketahui salah satu sifat zeolit yaitu sebagai adsorben yang mampu mengadsorbsi polutan

dalam jumlah besar karena mempunyai struktur yang berongga dan mempunyai luasan pori yang besar. Lebih detailnya akan digambarkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24. Perbandingan nilai DO hasil pengolahan IPAL dan hasil pengolahan MSL
Sumber: Olahan peneliti, 2018

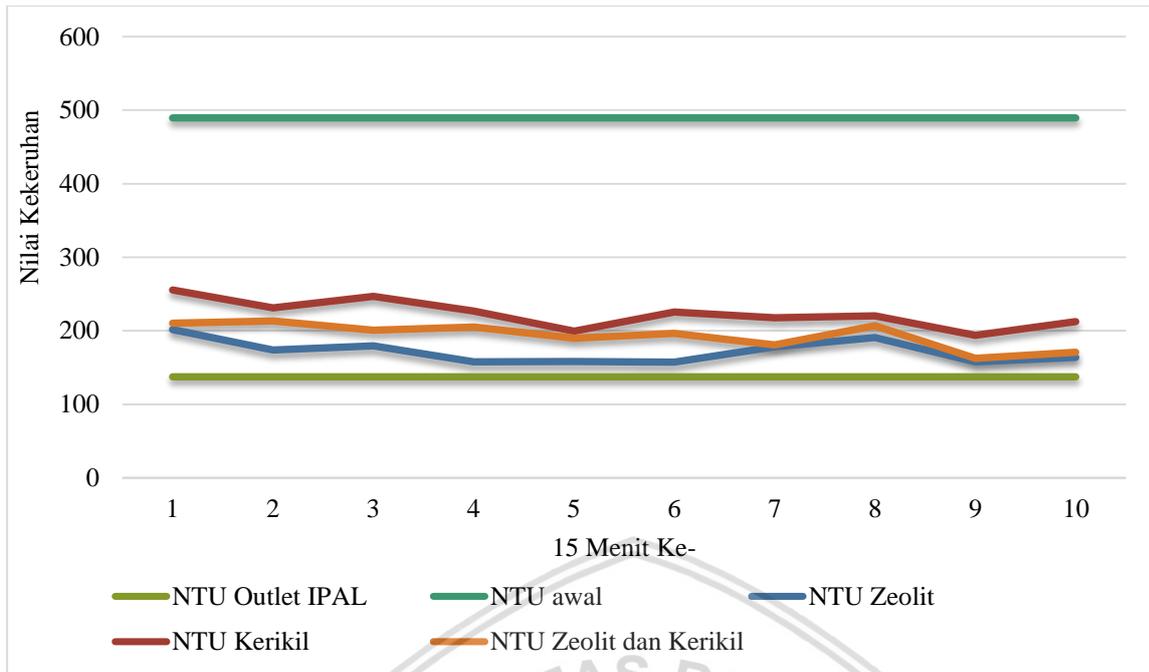
Hasil yang diperoleh setelah membandingkan pengolahan air limbah domestik dengan menggunakan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada percobaan kedua menunjukkan perbedaan yang cukup mencolok, untuk nilai oksigen terlarut yang didapat dari outlet IPAL MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas sebesar 3,76 mg/l dapat disimpulkan bahwa hasil dari outlet IPAL MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas berada pada baku mutu air limbah domestik pada kelas III yaitu 3 mg/l. Sedangkan untuk nilai DO yang didapat dari outlet pengolahan air limbah domestik menggunakan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada reaktor dengan isian 40 cm zeolite dan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang aktif mampu menaikkan oksigen terlarut sebesar 4,33 mg/l – 5,96 mg/l dan berada pada baku mutu air limbah kelas II yaitu 4 mg/l, reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi mampu menurunkan oksigen terlarut sebesar 3,63 mg/l – 5,75 mg/l dan berada pada baku mutu air limbah kelas III yaitu 3 mg/l, dan untuk reaktor berisikan 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji rata-rata dapat menaikkan kadar oksigen terlarut sebesar 4,30 mg/l – 5,68 mg/l dan berada pada baku mutu air limbah kelas II yaitu 4 mg/l. Lebih detailnya akan digambarkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25. Perbandingan nilai DO hasil pengolahan IPAL dan hasil pengolahan MSL
Sumber: Olahan peneliti, 2018

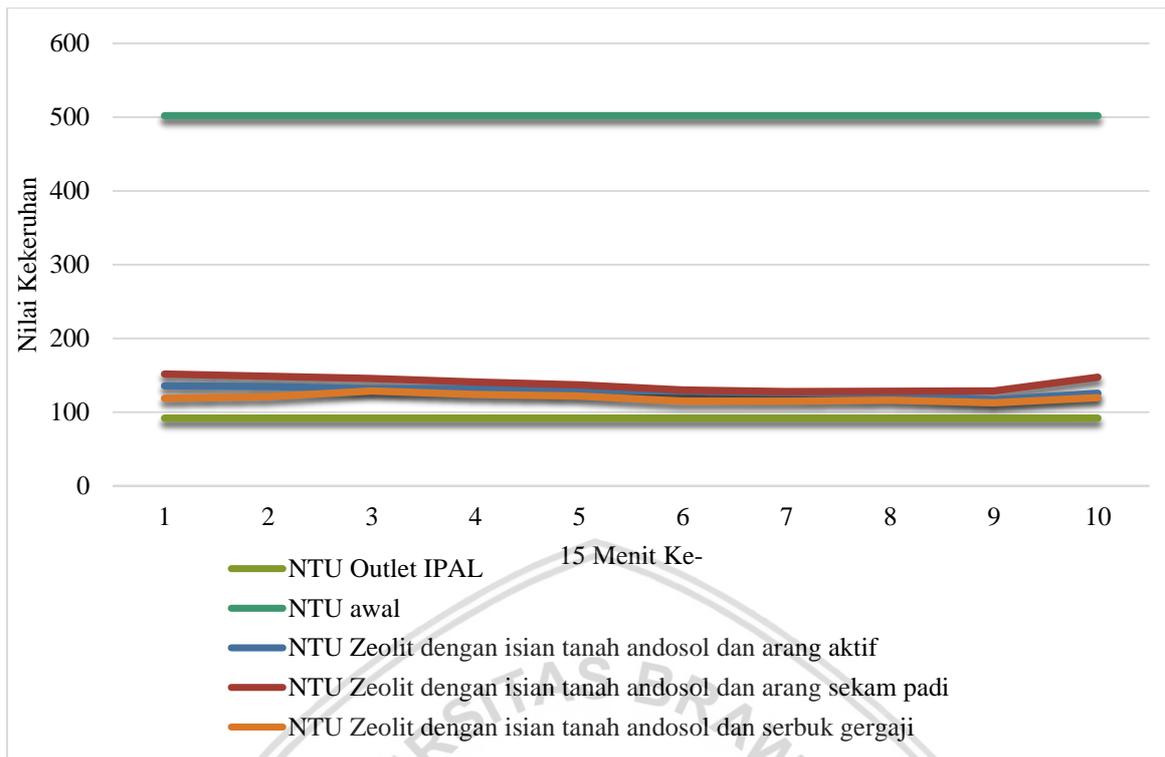
4.7.2 Kekерuhan

Nilai kekeruhan yang didapat setelah membandingkan hasil dari pengolahan air limbah menggunakan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada percobaan pertama menunjukkan dari ketiga reaktor yaitu reaktor dengan isian 40 cm zeolit mampu menurunkan kekeruhan sebesar 157 NTU – 202 NTU, untuk reaktor dengan isian 40 cm kerikil mampu menurunkan kekeruhan sebesar 255 NTU-194 NTU, dan untuk reaktor dengan isian 30 cm zeolit dengan 10 cm kerikil mampu menurunkan kekeruhan sebesar 213 NTU – 163 NTU. Tetapi pada metode *Multi Soil Layering* (MSL) rata-rata kurang efektif dalam menurunkan nilai kekeruhan dibandingkan dengan pengolahan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas sebesar 137,5 NTU. Hasil akhir yang didapat dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* lebih rendah dibandingkan dengan sampel awal. Hal ini dikarenakan pada metode *Multi Soil Layering* material yang digunakan pada material sebelumnya terdapat partikel koloid sehingga menyebabkan penurunan parameter kekeruhan kurang maksimal dan dapat mempengaruhi hasil akhir dari penelitian. Lebih detailnya akan digambarkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26. Perbandingan nilai Kekeruhan pengolahan IPAL dan pengolahan MSL
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Nilai kekeruhan yang didapat setelah membandingkan hasil dari pengolahan air limbah menggunakan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada percobaan kedua menunjukkan dari ketiga reaktor yaitu reaktor dengan isian 40 cm zeolit dan tambahan campuran tanah andosol dan arang aktif mampu menurunkan kekeruhan sebesar 136 NTU – 117 NTU, reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi mampu menurunkan kekeruhan sebesar 152 NTU – 128 NTU, dan reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji mampu menurunkan kekeruhan sebesar 113 NTU – 129 NTU. Tetapi pada metode *Multi Soil Layering* (MSL) rata-rata kurang efektif dalam menurunkan nilai kekeruhan dibandingkan dengan pengolahan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas yang mampu menurunkan kekeruhan sebesar 92,3 NTU. Hasil akhir yang didapat dengan menggunakan metode *Multi Soil Layering* lebih rendah dibandingkan dengan sampel awal yaitu sebesar 502 NTU. Hal ini dikarenakan pada metode *Multi Soil Layering* material yang digunakan pada material sebelumnya terdapat partikel koloid sehingga menyebabkan penurunan parameter kekeruhan kurang maksimal dan dapat mempengaruhi hasil akhir dari penelitian. Lebih detailnya akan digambarkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.27.

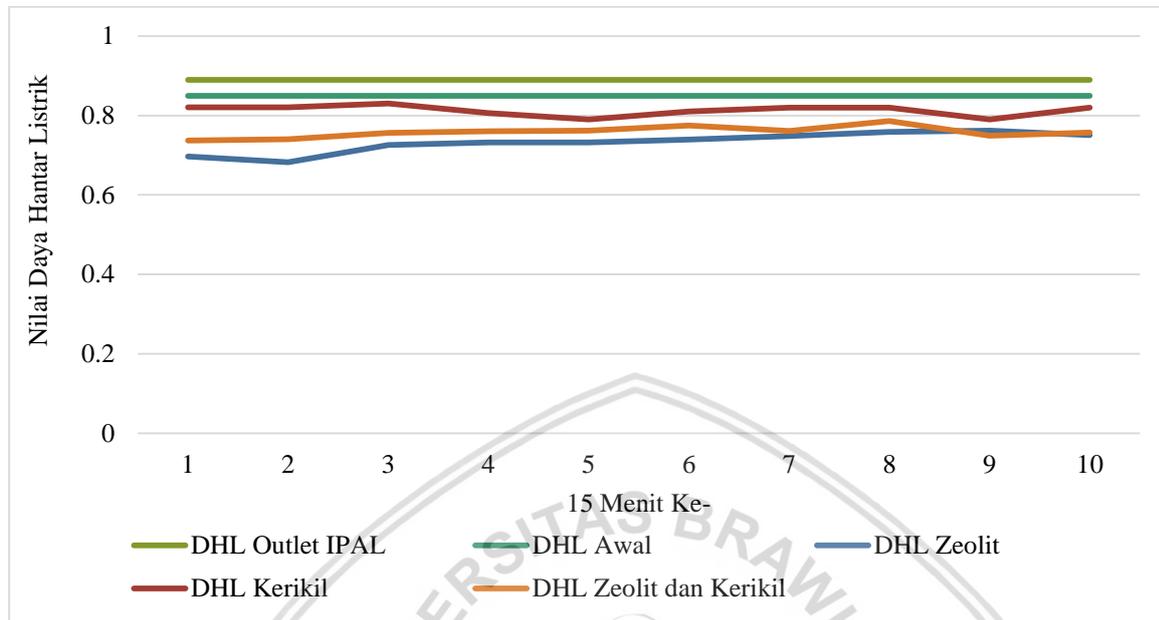


Gambar 4.27. Perbandingan nilai Kekeruhan pengolahan IPAL dan pengolahan MSL
Sumber: Olahan peneliti, 2018

4.7.3 Daya Hantar Listrik (DHL)

Nilai daya hantar listrik yang didapat setelah membandingkan hasil dari pengolahan air limbah menggunakan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada percobaan pertama menunjukkan dari ketiga reaktor yaitu reaktor dengan isian 40 cm zeolit mampu menurunkan nilai daya listrik sebesar 0,68 mS/cm – 0,76 mS/cm, reaktor dengan isian 40 cm kerikil mampu menurunkan nilai daya hantar listrik sebesar 0,79 mS/cm – 0,83 mS/cm, dan reaktor dengan isian 30 cm zeolit dengan 10 cm kerikil mampu menurunkan nilai daya hantar listrik sebesar 0,74 mS/cm – 0,79 mS/cm. Metode *Multi Soil Layering* (MSL) rata-rata efektif dalam menurunkan nilai daya hantar listrik dibandingkan dengan pengolahan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas. Hal ini dikarenakan adanya media zeolit dalam mengolah limbah. Seperti yang diketahui salah satu sifat zeolit yaitu sebagai penukar ion. Sifat penukaran ion pada zeolit terjadi 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 yang berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak yang menyebabkan menurunnya nilai daya hantar listrik. Hasil yang diperoleh pada IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas untuk menurunkan nilai daya hantar listrik kurang efektif ditunjukkan dengan

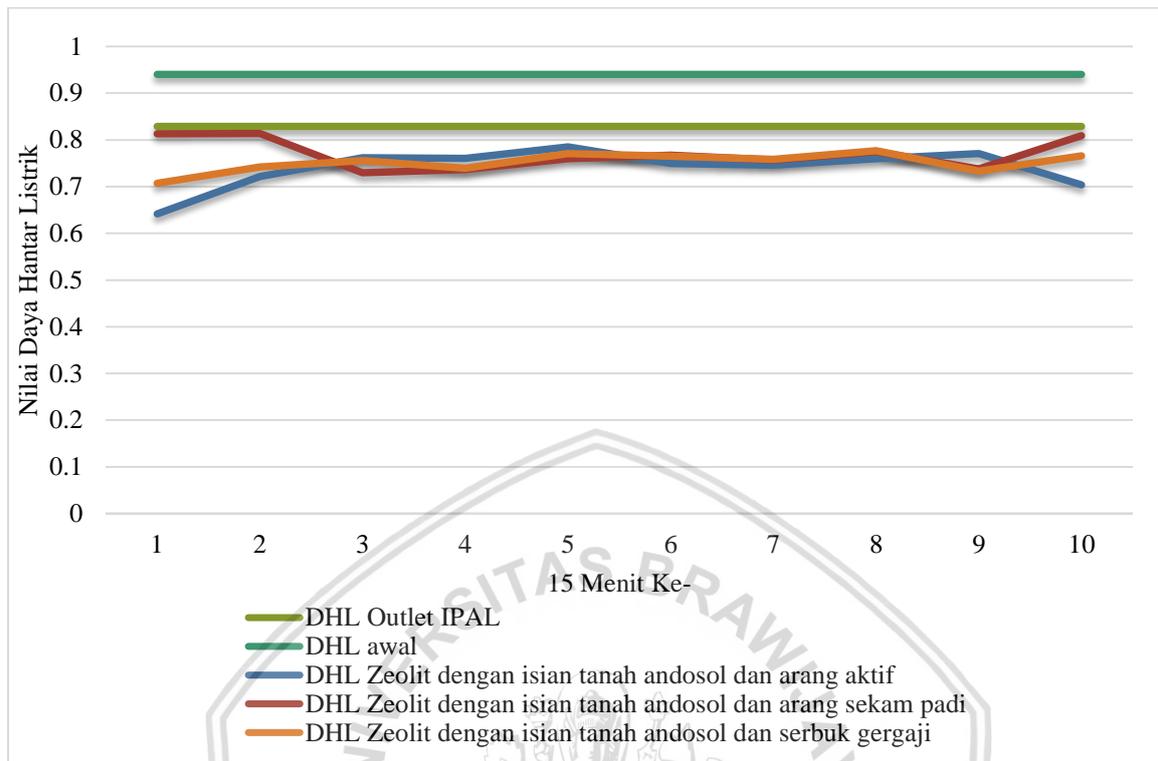
meningkatnya nilai DHL dari kondisi awal. Dimana nilai DHL kondisi awal 0,85 mS/cm dan nilai keluaran pada IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas sebesar 0,98 mS/cm. Lebih detailnya akan digambarkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28. Perbandingan nilai daya hantar listrik pengolahan IPAL dan pengolahan MSL
Sumber: Olahan peneliti, 2018

Nilai daya hantar listrik yang didapat setelah membandingkan hasil dari pengolahan air limbah menggunakan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas dengan metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada percobaan kedua menunjukkan dari ketiga ketiga reaktor yaitu reaktor dengan isian 40 cm zeolit dan tambahan campuran tanah andosol dan arang aktif mampu menurunkan nilai daya hantar listrik sebesar 0,64 mS/cm – 0,79 mS/cm, reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan arang sekam padi mampu menurunkan nilai daya hantar listrik sebesar 0,78 mS/cm – 0,81 mS/cm, dan reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan campuran tanah andosol dan serbuk gergaji mampu menurunkan nilai daya hantar listrik sebesar 0,71 mS/cm – 0,78 mS/cm. Metode *Multi Soil Layering* (MSL) rata-rata efektif dalam menurunkan nilai daya hantar listrik dibandingkan dengan pengolahan IPAL yang ada di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas sebesar 0,829 mS/cm. Hal ini dikarenakan adanya media zeolit dalam mengolah limbah. Seperti yang diketahui salah satu sifat zeolit yaitu sebagai penukar ion. Sifat penukaran ion pada zeolit terjadi 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 yang berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak yang menyebabkan menurunnya nilai daya

hantar listrik. Lebih detailnya akan digambarkan pada grafik yang terdapat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29. Perbandingan nilai daya hantar listrik pengolahan IPAL dan pengolahan MSL
Sumber: Olahan peneliti, 2018

4.8 Uji Statistik

Pengujian F atau pengujian model digunakan untuk mengetahui apakah hasil dari model yang diduga tepat/sesuai atau tidak. Jika hasilnya signifikan, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Sedangkan jika hasilnya tidak signifikan, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Hal ini dapat juga dilakukan sebagai berikut:

H_0 ditolak jika $F_{hitung} > F_{tabel}$

H_0 diterima jika $F_{hitung} < F_{tabel}$

H_0 menunjukkan tidak adanya hubungan antara limbah domestik dengan kualitas air limbah domestik di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas

H_1 menunjukkan terdapat hubungan antara air limbah domestik dengan kualitas air limbah domestik di MCK Terpadu Kelurahan Tlogomas

4.8.1 Uji F Berdasarkan *Dissolved Oxygen*/Oksigen Terlarut

Tabel 4.14

Hasil uji F berdasarkan *Dissolved Oxygen*/Oksigen Terlarut percobaan pertama

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1	10	45,993	4,599	0,341
Column 2	10	38,143	3,814	0,067
Column 3	10	43,687	4,369	0,120

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	3,256	2	1,628	9,239	0,00088	3,354
Within Groups	4,757	27	0,176			
Total	8,013	29				

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Tabel 4.14 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai $F_{hitung} = 9,239$ dan nilai $F_{tabel} = 3,354$ dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak yang berarti terdapat pengaruh komposisi terhadap hasil pengolahan limbah domestik. Dapat disimpulkan bahwa ketiga model reaktor yang memiliki komposisi berbeda di dalamnya mampu menurunkan kadar DO.

Tabel 4.15

Hasil uji F berdasarkan *Dissolved Oxygen*/Oksigen Terlarut percobaan kedua

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1	10	51,997	5,200	0,046
Column 2	10	44,937	4,494	0,191
Column 3	10	46,727	4,673	0,174

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2,694	2	1,347	9,850	0,001	3,354
Within Groups	3,692	27	0,137			
Total	6,386	29				

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Tabel 4.15 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai $F_{hitung} = 9,850$ dan nilai $F_{tabel} = 3,354$ dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak yang berarti terdapat pengaruh komposisi terhadap hasil pengolahan limbah domestik. Dapat disimpulkan bahwa ketiga model reaktor yang memiliki komposisi berbeda di dalamnya mampu menurunkan kadar DO.

4.8.2 Uji F Berdasarkan Parameter Kekeruhan

Tabel 4.16

Hasil uji F berdasarkan parameter kekeruhan percobaan pertama

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1	10	1719,333	171,933	246,193
Column 2	10	2229,667	222,967	363,814
Column 3	10	1937	194	298,233

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	13115,756	2	6557,878	21,661	0,0000024	3,354
Within Groups	8174,156	27	302,747			
Total	21289,911	29				

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Tabel 4.16 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai $F_{hitung} = 21,661$ dan nilai $F_{tabel} = 3,354$ dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak yang berarti terdapat pengaruh komposisi terhadap hasil pengolahan limbah domestik. Dapat disimpulkan bahwa ketiga model reaktor yang memiliki komposisi berbeda di dalamnya mampu menurunkan parameter kekeruhan.

Tabel 4.17

Hasil uji F berdasarkan parameter kekeruhan percobaan kedua

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1	10	1362,333	136,233	108,199
Column 2	10	1448,667	144,867	60,178
Column 3	10	1249,000	124,900	45,433

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2005,489	2	1002,744	14,070	6,51E-05	3,354
Within Groups	1924,289	27	71,270			
Total	3929,778	29				

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Tabel 4.17 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai $F_{hitung} = 14,070$ dan nilai $F_{tabel} = 3,354$ dimana nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak yang berarti terdapat pengaruh komposisi terhadap hasil pengolahan limbah domestik. Dapat disimpulkan bahwa ketiga model reaktor yang memiliki komposisi berbeda di dalamnya mampu menurunkan parameter kekeruhan.

4.8.3 Uji F Berdasarkan Parameter Daya Hantar Listrik

Tabel 4.18

Hasil uji F berdasarkan parameter daya hantar listrik percobaan pertama

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Column 1	10	7,3273	0,7327	0,0007		
Column 2	10	7,9973	0,7997	0,0022		
Column 3	10	7,5827	0,7583	0,0002		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0,023	2	0,011	11,255	0,000279	3,354
Within Groups	0,027	27	0,001			
Total	0,050	29				

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Tabel 4.18 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai Fhitung = 11,255 dan nilai Ftabel = 3,354 dimana nilai Fhitung > Ftabel, maka H₀ ditolak yang berarti terdapat pengaruh komposisi terhadap hasil pengolahan limbah domestik. Dapat disimpulkan bahwa ketiga model reaktor yang memiliki komposisi berbeda di dalamnya mampu menurunkan parameter daya hantar listrik.

Tabel 4.19

Hasil uji F berdasarkan parameter daya hantar listrik percobaan kedua

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>		
Column 1	10	7,180	0,718	0,006		
Column 2	10	7,433	0,743	0,006		
Column 3	10	7,514	0,751	0,000		
ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0,006	2	0,003	0,785	0,466	3,354
Within Groups	0,104	27	0,004			
Total	0,110	29				

Sumber: Olahan peneliti, 2018

Dari Tabel 4.19 diatas dapat diambil kesimpulan bahwa nilai Fhitung = 0,785 dan nilai Ftabel = 3,354 dimana nilai Fhitung < Ftabel, maka H₀ diterima yang berarti tidak terdapat pengaruh komposisi terhadap hasil pengolahan limbah domestik. Dapat disimpulkan bahwa ketiga model reaktor yang memiliki komposisi berbeda di dalamnya tidak mampu menurunkan parameter daya hantar listrik.

4.9 Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya

Dari penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai metode Multi Soil layering untuk percobaan pertama menggunakan isian zeolit, kerikil, campuran zeolit dan kerikil, sedangkan untuk percobaan kedua menggunakan isian zeolit dengan tambahan campuran tanah andosol dengan arang aktif, zeolit dengan tambahan campuran tanah andosol dan arang sekam padi, dan zeolit dengan tambahan campuran tanah andosol. Untuk parameter yang diuji pada penelitian sebelumnya yaitu Derajat Keasaman (pH), TSS (*Total Suspended Solid*), dan TDS (*Total Dissolved Solid*). Pada penelitian tersebut percobaan pertama mampu meningkatkan nilai pH 6,60 – 7,26 dengan prosentase sebesar 3,46 – 9,13%, mampu menyisihkan parameter TSS sebesar 138,3 – 56,67 mg/L dengan prosentase sebesar 13,23 - 59,03%, dan mampu menyisihkan parameter TDS sebesar 541,33 – 454,33 mg/L dengan prosentase sebesar 2,77 – 16,07%. Sedangkan untuk percobaan kedua mampu meningkatkan nilai pH 6,70 – 7,13 dengan prosentase sebesar 0,45- 6,03%, mampu menyisihkan parameter TSS sebesar 126,67 – 36,67mg/L dengan prosentase sebesar 49,74 – 71,05%, dan mampu menyisihkan parameter TDS sebesar 602 – 396 mg/L dengan prosentase sebesar 14,02 – 34,22%.

Pada penelitian ini yang membedakan dengan penelitian diatas adalah parameter yang diuji yaitu DO (*Dissolved Oxygen*), Kekeruhan, dan Daya Hantar Listrik. Pada percobaan pertama mampu menaikkan nilai DO sebesar 0,87 – 5,35 mg/L dengan prosentase sebesar 77,42 – 83,74%, mampu menurunkan nilai kekeruhan sebesar 489 – 157 NTU dengan prosentase sebesar 47,82 – 67,85%, dan mampu menurunkan nilai DHL sebesar 0,85 – 0,68 mS/cm dengan prosentase sebesar 2,35 – 19,73%. Sedangkan untuk percobaan kedua mampu menaikkan nilai DO sebesar 1,08 – 5,96 mg/L dengan prosentase sebesar 70,25 – 81,88%, mampu menurunkan nilai kekeruhan sebesar 502 – 113 NTU dengan prosentase sebesar 69,72 – 77,49%, dan mampu menurunkan nilai DHL sebesar 0,94 – 0,68 mS/cm dengan prosentase sebesar 13,44 – 31,77%.

Dari penelitian diatas untuk parameter daya hantar listrik mengalami sedikit penurunan dipengaruhi oleh derajat keasaman (pH). Semakin pH bersifat asam maka nilai DHL semakin tinggi sedangkan semakin pH bersifat basa maka nilai DHL semakin rendah sehingga untuk metode ini kurang optimal untuk menurunkan parameter daya hantar listrik. Dan untuk parameter kekeruhan mengalami sedikit penurunan dikarenakan tidak ada reaksi kimia yang terjadi di metode MSL sehingga metode ini kurang optimal dalam menurunkan kekeruhan.



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Permasalahan kualitas air limbah yang terjadi pada daerah studi suatu problema yang perlu dilakukan penanganan (*treatment*) supaya tidak menyebabkan pencemaran sungai. Dengan penanganan tersebut diharapkan dapat diambil solusi terbaik guna meningkatkan kualitas air tersebut serta dapat diterapkan pada masyarakat secara luas.

Dalam suatu penelitian tentu erdapat berbagai macam kekurangan, baik dari mulai tahap persiapan, tahap pengerjaan atau prakter, serta tahap hasil dan analisa. Kekurangan tersebut diakibatkan oleh berbagai macam faktor seperti faktor manusia, faktor waktu, faktor biaya, faktor ketersediaan peralatan, dan sebagainya. Oleh karena itu melalui kesimpulan dari penelitian ini diharapkan bisa menjadi suatu gambaran serta menjadi rujukan dalam pengembangan penelitian di bidang kualitas air.

Meninjau rumusan masalah dan analisa hasil percobaan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan sampel parameter air limbah yang diuji, kualitas air dilokasi studi yang tidak memenuhi standar baku mutu adalah BOD, COD, TSS, tetapi parameter yang dilakukan pengujian adalah DO, Kekeruhan, dan Daya Hantar listrik sebagai parameter pendukung saja.
2. Besar debit yang digunakan pada penelitian metode *Multi Soil Layering* (MSL) adalah debit per satu rumah di Kelurahan Tlogomas RT.03 RW.07 yaitu 0,0063 L/detik dengan waktu tinggal 15 menit.
3. Metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada penelitian ini menggunakan berbagai media penyaring yaitu pada percobaan pertama menggunakan media 40 cm zeolit, 40 cm kerikil, dan 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil. Sedangkan untuk percobaan kedua menggunakan media 40 cm zeolit dengan isian tambahan blok tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa yang dibentuk seperti batu bata, 40 cm zeolit dengan isian tambahan blok tanah andosol dan arang sekam padi yang dibentuk seperti batu bata, dan 40 cm zeolit dengan isian tambahan blok tanah andosol dan serbuk gergaji yang dibentuk seperti batu bata.
4. Kemampuan media penyaring pada metode *Multi Soil Layering* (MSL) percobaan pertama yaitu, reaktor dengan isian 40 cm zeolit dapat menaikkan nilai DO sebesar 80,05% - 83,74%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 58,79% - 67,85%., dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 10,39% - 19,73%. Untuk reaktor

dengan isian 40 cm kerikil dapat menurunkan nilai DO sebesar 77,42% - 80,61%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 47,82% - 60,42%, dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 2,35% - 7,06%. Dan untuk reaktor dengan isian 30 cm zeolit dan 10 cm kerikil dapat menurunkan nilai DO sebesar 76,61% - 82,91%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 56,40% - 66,76%, dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 7,53% - 13,33%. Dari hasil diatas didapat kesimpulan bahwa dari percobaan pertama yang paling baik dalam mengolah limbah domestik adalah reaktor dengan isian 40 cm zeolit yang selanjutnya akan diterapkan pada percobaan kedua.

5. Kemampuan media penyaring pada metode *Multi Soil Layering* (MSL) pada percobaan kedua dengan tambahan blok campuran tanah yaitu, reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang aktif tempurung kelapa dapat menurunkan nilai DO sebesar 75,06% - 81,88%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 72,91% - 76,69%, dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 16,49% - 31,77%. Untuk reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang sekam padi dapat menurunkan nilai DO sebesar 70,25% - 81,22%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 69,72% - 74,50%, dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 13,44% - 22,38%. Dan untuk reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan tambahan blok campuran tanah andosol dan serbuk gergaji dapat menurunkan nilai DO sebesar 74,88% - 80,99%, menyisihkan parameter kekeruhan sebesar 74,30% - 77,49%, dan menyisihkan parameter daya hantar listrik sebesar 17,34% - 24,79%. Dari hasil diatas didapat kesimpulan bahwa dari percobaan pertama yang paling baik dalam mengolah limbah domestik adalah reaktor dengan isian 40 cm zeolit dengan tambahan blok campuran tanah andosol dan arang aktif .

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan tentang “Efektivitas Pengelolaan Limbah Domestik Menggunakan Metode *Multi Soil Layering* (MSL) di Kelurahan Tlogomas”, ada beberapa saran yang dapat peneliti berikan, antara lain:

1. Melakukan penelitian dengan menggunakan material yang lain sehingga penyisihan parameter pencemar pada limbah domestik lebih maksimal.
2. Melakukan penelitian dengan menggunakan variabel bebas yang lain sehingga dapat mengetahui pengaruh apa saja yang dapat menurunkan parameter yang akan diuji.
3. Dilakukan pengujian parameter lain untuk menjelaskan lebih luas kemampuan kombinasi dari metode *Multi Soil Layering* dalam menurunkan kadar polutan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Attanandana, T, B. Saitthiti, S. Thongpae, S. Kritapirom, dan T. Wakatsuki. 2000. *A Comparative Study of Zeolit with Other Materials As The Component of The Multi Soil Layering System for Wastewater Treatment. Ecological Engineering*. Thailand: Elsevier Press.
- Doraja, P. Shovitri, M. Dan Kuswytasari. 2012. *Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami dari Tangki Septik*. Vol. 1, No.1
- Elystia, S. 2012. *Efisiensi Metode Multi Soil Layering (MSL) dalam Penyisihan COD dari Limbah Cair Hotel (Studi Kasus: Hotel "X" Padang)*. Padang: Universitas Andalas.
- Irmanto, S. 2009. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Di Desa Kalisari Kecamatan Cilongok Dengan Metode Multi Soil Layering*. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: Mc Graw Hill.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Salmariza dan Ardinal. 2009. *Kombinasi Sistem Aerobik Filter dan Multi Soil Layering (MSL) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Kecil Menengah Makanan*. Vol. 3, No. 2 (118-127).
- Salmariza. 2011. *Aplikasi Metoda MSL (Multi Soil Layering) Untuk Mengolah Air Limbah Industri Edible Oil*. Padang: Baristand Industri Padang.
- Taufiq, I. 2013. *Penyisihan Kalium Dari Limbah Cair Persawahan Dengan Metode Multi Soil Layering (MSL)*. Padang: Universitas Andalas.