



TUGAS AKHIR - RE184804

**STUDI PENURUNAN KONSENTRASI SENYAWA
ORGANIK DAN TOTAL *COLIFORM* DALAM AIR
LIMBAH DOMESTIK MELALUI MEDIA TANAH**

SALNI OKTAVIANI AINUN SAIFUL
0321164000087

Dosen Pembimbing
Ir Eddy Setiadi Soedjono, Dipl S.E, M.Sc., Ph. D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - RE184804

**STUDI PENURUNAN KONSENTRASI SENYAWA
ORGANIK DAN TOTAL *COLIFORM* DALAM AIR
LIMBAH DOMESTIK MELALUI MEDIA TANAH**

SALNI OKTAVIANI AINUN SAIFUL
0321164000087

Dosen Pembimbing
Ir Eddy Setiadi Soedjono, Dipl S.E, M.Sc., Ph. D

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan Dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - RE184804

STUDY OF ORGANIC COMPOUNDS AND TOTAL COLIFORM CONCENTRATION REDUCTION IN DOMESTIC WASTEWATER THROUGH SOIL MEDIA

**SALNI OKTAVIANI AINUN SAIFUL
NRP. 03211640000087**

SUPERVISOR

Ir Eddy Setiadi Soedjono, Dipl S.E, M.Sc., Ph. D

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty Of Civil, Planning, And Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENURUNAN KONSENTRASI SENYAWA ORGANIK
DAN TOTAL COLIFORM DALAM AIR LIMBAH DOMESTIK
MELALUI MEDIA TANAH

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Teknik Lingkungan
Program Studi S-1 Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SALNI OKTAVIANI AINUN SAIFUL
NRP. 03211640000087

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE., MSc., PhD
NIP. 19600308 198903 1 001



STUDI PENURUNAN KONSENTRASI SENYAWA ORGANIK DAN TOTAL *COLIFORM* DALAM AIR LIMBAH DOMESTIK MELALUI MEDIA TANAH

Nama Mahasiswa : Salni Oktaviani Ainun Saiful
NRP : 0321164000087
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir Eddy Setiadi Soedjono, Dipl S.E,
M.Sc., Ph. D

ABSTRAK

Air limbah yang bersumber dari rumah tangga merupakan buangan yang berasal dari pemukiman penduduk. Menurut, Peraturan Menteri PUPR No. 4 Tahun 2017 bahwa Air limbah domestik dibagi menjadi 2 berdasarkan asalnya, air limbah kakus (*blackwater*) dan air limbah non kakus (*greywater*). air limbah kakus (*blackwater*) merupakan air limbah yang berasal dari toilet dan air limbah non kakus (*greywater*) merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan dapur, kamar mandi, dan mencuci. Kota Surabaya merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk yang besar. Jumlah penduduk di Kota Surabaya mencapai 2.765.487 jiwa Tahun 2018 dengan persentase pertumbuhan penduduk mencapai 0,65%. Kecamatan Sukolilo merupakan salah satu Kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dengan jumlah penduduk mencapai 119.873 jiwa Tahun 2018.

Pengelolaan air limbah di Kecamatan Sukolilo saat ini masih menggunakan sistem pengolahan air limbah domestik setempat (SPALD-S). Sebagian besar masyarakat menggunakan tangki septik atau cubluk yang ditempatkan pada kapling rumah. Air limbah domestik yang diolah dalam tangki septik atau cubluk biasanya hanya air limbah kakus (*blackwater*) saja. Sementara air limbah non kakus (*greywater*) akan dibuang ke saluran drainase terdekat. Pada penelitian ini, efektifitas pengolahan air limbah domestik menggunakan reaktor dengan reaktor *upflow dan downflow* melalui media tanah dan reaktor kontrol air dengan media tanah dan air limbah tanpa media tanah yang semua akan diteliti. Sampel air limbah domestik akan diambil dari

tangki sedot tinja di IPLT Keputih, sedangkan media tanah diambil dari daerah sekitar kampus ITS. Adapun parameter yang akan diuji, antara lain BOD, COD, dan total *coliform*.

Hasil yang didapatkan, Nilai efisiensi penurunan yang didapatkan pada kedalaman 100 cm untuk reaktor limbah nilai senyawa organik sebesar 93%, kedalaman 75 cm untuk reaktor limbah nilai COD sebesar 85% dan kedalaman 50 cm untuk reaktor limbah nilai COD sebesar 82% dan untuk Nilai coliform mencapai rata-rata 99% serta Hubungan antara aliran upflow dan downflow ketika melewati media terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestik yakni Untuk reaktor limbah sistem upflow lebih menghasilkan nilai rata-rata penurunan BOD yang lebih rendah yaitu 90 mg/L dibandingkan dengan nilai reaktor downflow menghasilkan nilai rata-rata 122 mg/L. ini dikarenakan waktu tinggal dari kedua sistem aliran berbeda dengan laju aliran yang berbeda. Melihat hasil analisa tiap proses yang terjadi dapat dikatakan bahwa media tanah dapat menurunkan kadar E.Coli namun hasil yang didapatkan baik pada sistem aliran upflow dengan rata-rata 29 MPN Index/100mL maupun downflow dengan rata-rata 22 MPN Index/100mL.

Kata Kunci : Limbah domestik, Reaktor, media tanah, Senyawa organik dan total *coliform*

ABSTRACT

Wastewater sourced from households is discharged from residential areas. According to the Minister of PUPR Regulation No. 4 of 2017 that domestic waste water is divided into 2 based on its origin, blackwater and greywater. blackwater is waste water from the toilet and greywater is waste water from kitchen, bathroom, and washing activities. Surabaya is one of the cities with a large population. The total population in the city of Surabaya reached 2,765,487 inhabitants in 2018 with a percentage of population growth reaching 0.65%. Sukolilo District is one of the Districts that has a high population density with a population of 119,873 inhabitants in 2018.

Waste water management in Sukolilo District is currently using the local domestic wastewater treatment system (SPALD-S). Most people use septic or cubluk tanks that are placed in a house lot. Domestic wastewater that is treated in septic tanks or cubluk is usually only blackwater. While greywater will be discharged to the nearest drainage channel. In this study, the effectiveness of domestic wastewater treatment using reactors with upflow and downflow reactors through the soil media and water control reactors with the soil media and wastewater without ground media which will all be examined. Domestic wastewater samples will be taken from the stool suction tank at the Keputih IPLT, while the soil media is taken from the area around the ITS campus. The parameters to be tested include BOD, COD, and total coliform.

The results obtained, the value of the reduction efficiency obtained at a thickness of 100 cm for the reactor value of 93% organic compound, 75 cm thickness for the waste reactor COD value of 85% and a thickness of 50 cm for the waste reactor COD value of 82% and for coliform values reached an average of 99% and the relationship between upflow and downflow flow when passing through the media on the efficiency of decreasing organic compounds and total coliforms in domestic wastewater. For upflow system waste reactors, it produces a lower average BOD reduction value of 90 mg / L compared to the downflow reactor value produces an average value of 122 mg / L. this is because the residence time of the two flow systems is different with different flow rates. Looking at the results of the analysis of each process

that occurs it can be said that the soil media can reduce E.Coli levels but the results obtained both in the upflow flow system with an average of 29 MPN Index / 100mL and downflow with an average of 22 MPN Index / 100mL.

Keywords: Domestic waste, reactor, soil media, organic compounds and total coliform

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur alhamdulillah penyusun panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan laporan tugas akhir tepat waktu. Tugas Akhir dengan judul “**Studi Penurunan Konsentrasi Senyawa Organik Dan Total Coliform Dalam Air Limbah Domestik Melalui Media Tanah**” dibuat sebagai persyaratan kelulusan pada Jurusan Teknik Lingkungan. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun menyampaikan terima kasih yang kepada :

1. Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE., M.S., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan saran hingga selesainya proposal tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng, Bapak Dr. Ali Masduqi, ST. MT. , dan Alfian Purnomo S.T., M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan koreksi untuk tugas akhir ini.
3. Bapak Alfian Purnomo S.T., M.T selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat akademis.
4. Keluarga Saya yaitu orang tua dan kakak yang telah memberikan nasehat dan semangat.
5. Teman-teman angkatan 2016 yang telah memberikan semangat dan dukungan, terimakasih banyak, *see you on top.*

Penyusunan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun pasti masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2020

Penyusun

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sumber Air Limbah Domestik	5
2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik	7
2.3 Sumber Limbah Cair	9
2.4 Teknologi Sanitasi	10
2.5 Teknologi Pengolahan Limbah Domestik	11
2.6 Pengolahan Air Limbah Domestik	15
2.7 Pembuangan Air Limbah Domestik	19
2.8 Jenis Tanah	20
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	27
3.2 Kerangka Penelitian	27
3.3 Pelaksanaan Penelitian	29
3.3.1 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.4 Persiapan Bahan Uji	30
3.5 Pengambilan Sampel	30
3.6 Pembuatan dan Simulasi Reaktor	30
3.7 Uji Parameter	33
3.7.1 Parameter Kualitas	33
3.7.2 Parameter Debit	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Tahap Aklimatisasi	35
4.2 Pengaruh variasi upflow dan downflow terhadap debit aliran	37
4.3 Pengaruh variasi upflow dan downflow terhadap nilai senyawa organik pada reaktor	42
4.4.1 Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand)	42
4.4.2 Penurunan BOD (Biological Oxygen Demand)	53
4.4 Pengaruh variasi upflow dan downflow terhadap nilai Total Coliform	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	80
BIOGRAFI PENULIS.....	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram komposisi Air Limbah.....	6
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	27
Gambar 3.2	Detail reaktor aliran Downflow.....	31
Gambar 3.3	Detail reaktor aliran upflow.....	32
Gambar 3.4	Reaktor ketika Running	32
Gambar 4.1	Hasil Proses Aklimatisasi Waktu 20 hari untuk reaktor Upflow Limbah	36
Gambar 4.2	Hasil Proses Aklimatisasi Waktu 15 hari untuk reaktor Downflow Limbah.....	37
Gambar 4.3	Perbandingan Nilai Debit sistem aliran upflow dan downflow Reaktor Kontrol	41
Gambar 4.4	Perbandingan Nilai Debit sistem aliran upflow dan downflow Reaktor Limbah.....	41
Gambar 4.5	Nilai Rata-Rata Removal COD terhadap Nilai COD Upflow dan Downflow Reaktor kontrol	45
Gambar 4.6	Nilai Rata-Rata Removal COD terhadap Nilai COD Upflow dan Downflow Reaktor Limbah	45
Gambar 4.7	Nilai Removal COD Terhadap Kedalaman Reaktor Kontrol.....	47
Gambar 4.8	Nilai Removal COD Terhadap Kedalaman Reaktor Limbah	47
Gambar 4.9	Nilai Removal COD Terhadap Waktu Reaktor Kontrol	48
Gambar 4.10	Nilai Removal COD Terhadap Waktu Reaktor Limbah.....	48
Gambar 4.11	Nilai Rata-Rata Removal BOD terhadap Nilai BOD Upflow dan Downflow Reaktor Kontrol.....	56
Gambar 4.12	Nilai Rata-Rata Removal BOD terhadap Nilai BOD Upflow dan Downflow Reaktor Limbah	57
Gambar 4.13	Nilai Removal BOD terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol	58
Gambar 4.14	Nilai Removal BOD terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah	58
Gambar 4.15	Nilai Removal BOD terhadap Waktu sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol	59
Gambar 4.16	Nilai Removal BOD terhadap Waktu sistem aliran	

	upflow dan Downflow Reaktor Limbah	59
Gambar 4.17	Nilai Removal Coliform terhadap Nilai Coliform sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah	68
Gambar 4.18	Nilai Removal Coliform terhadap Nilai Coliform sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol ...	68
Gambar 4.19	Nilai Removal Coliform terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah...	70
Gambar 4.20	Nilai Removal Coliform terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol	69
Gambar 4.21	Nilai Removal Coliform terhadap Waktu sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah	71
Gambar 4.22	Nilai Removal Coliform terhadap Waktu sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Limbah Cair Domestik	6
Tabel 2.2	Karakteristik Air Limbah Domestik	7
Tabel 2.3	Jarak Minimum Tangki Septik dan Bidang Resapan	14
Tabel 2.4	Baku Mutu Air Limbah Domestik	19
Tabel 2.5	Macam contoh tanah dan alat yang diperlukan untuk pengambilannya	21
Tabel 4. 1	Hasil Debit sistem aliran upflow	38
Tabel 4. 2	Hasil Debit sistem aliran Downflow	39
Tabel 4. 3	Hasil Parameter COD (mg/L) pada sistem aliran Downflow	42
Tabel 4. 4	Hasil Parameter COD (mg/L) pada reaktor sistem aliran Upflow	43
Tabel 4. 5	Hasil Parameter BOD (mg/L) pada reaktor sistem aliran Downflow	54
Tabel 4. 6	Hasil Parameter BOD (mg/L) pada sistem aliran upflow	55
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Bakteri Coliform Pada Reaktor Limbah Setiap Minggunya	65
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan Bakteri Coliform Pada Reaktor Kontrol Setiap Minggunya	66

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah yang dihasilkan dalam beberapa tahun terakhir telah menjadi masalah lingkungan utama. Peningkatan kuantitas dan jenis limbah yang dihasilkan tidak hanya terjadi di negara maju tetapi juga terjadi di negara berkembang, salah satunya di Indonesia. Limbah dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan gangguan kesehatan bila tidak dikelola dengan efektif dan efisien (Scortar, 2009). Salah satu jenis limbah yang dihasilkan adalah air limbah. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 bahwa, air limbah adalah sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Sedangkan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (real estate), rumah makan (restoran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (Peraturan Menteri PUPR No. 4 Tahun 2017). Air limbah yang bersumber dari rumah tangga merupakan buangan yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah terdiri dari *excreta* (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, serta umumnya terdiri dari bahan-bahan organik (Notoatmodjo, 2007). Menurut, Peraturan Menteri PUPR No. 4 Tahun 2017 bahwa Air limbah domestik dibagi menjadi 2 berdasarkan asalnya, air limbah kakus (*blackwater*) dan air limbah non kakus (*greywater*). *Greywater* merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan dapur, kamar mandi, dan mencuci sedangkan *blackwater* merupakan air limbah yang berasal dari toilet (Büsser *et al.*, 2007).

Sampai saat ini pencemaran air masih menjadi masalah penting di Indonesia, terutama di Pulau Jawa. Hasil pemantauan 2008–2012 oleh Kementerian Lingkungan Hidup menunjukkan kualitas air sungai cenderung menurun, terutama di Pulau Jawa dan Sumatera. Sumber utama pencemar berasal dari aktivitas domestik yang terlihat dari parameter organik (Status Lingkungan Hidup Indonesia, 2012). Kota Surabaya mencapai 2.765.487 jiwa Tahun 2018 dengan persentase pertumbuhan penduduk mencapai 0,65%. Kecamatan Sukolilo yang terdiri dari tujuh

kelurahan merupakan salah satu Kecamatan yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi dengan jumlah penduduk mencapai 119.873 jiwa Tahun 2018 (Badan Pusat Statistika Kota Surabaya, 2018). Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Surabaya Tahun 2015-2034, arah pengembangan Kecamatan Sukolilo mengarah pada pengembangan kawasan perumahan, permukiman, pelayanan umum, serta kawasan industri.

Salah satu permasalahan lingkungan yang perlu diatasi di Kota Surabaya adalah air limbah. Masuknya air limbah langsung ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu menyebabkan pencemaran pada badan air yang berakibat pada menurunnya kualitas badan air. Pengolahan air limbah domestik merupakan salah satu persyaratan kesehatan perumahan dalam Kepmenkes No. 892 Tahun 1999. Salah satu aspeknya yaitu air limbah yang berasal dari rumah tidak boleh mencemari sumber air, tidak menimbulkan bau dan tidak mencemari permukaan tanah. Melihat tingkat kepadatan penduduk dan rencana arah pengembangan kota tersebut secara otomatis akan menyebabkan peningkatan volume air limbah yang dihasilkan setiap harinya. Kecamatan Sukolilo merupakan wilayah yang perlu mendapatkan perhatian khususnya terhadap penanganan air limbah domestik, karena di kecamatan ini masih terdapat jumlah BABS mencapai 496 KK (Pokja Sanitasi Kota Surabaya, 2016).

Pengelolaan air limbah di Kecamatan Sukolilo saat ini juga masih menggunakan sistem pengolahan air limbah domestik setempat (SPALD-S). Sebagian besar masyarakat menggunakan cubluk atau tangki septik yang ditempatkan pada kapling rumah. Air limbah domestik yang diolah dalam tangki septik atau cubluk biasanya hanya air limbah kakus (*blackwater*) saja. Sementara air limbah non kakus (*greywater*) akan dibuang ke saluran drainase terdekat (Pokja Sanitasi Kota Surabaya, 2016).

Berdasarkan hal tersebut, maka dimungkinkan untuk dilakukan penelitian terkait efektifitas dalam menurunkan kandungan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestik. Penelitian ini akan dilakukan dengan sampel tanah yang ada di sekitar kampus ITS, seperti Keputih dan Gebang Putih. Adapun limbah domestik yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari tangki sedot tinja di IPLT Keputih.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh kedalaman media reaktor terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestik?
2. Bagaimanakah hubungan antara aliran upflow dan downflow atas dissolved solid yang ada ketika melewati media terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan sebelumnya, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh kedalaman reaktor terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestik.
2. Menganalisis hubungan antara aliran upflow dan downflow ketika melewati media terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestik

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup memiliki tujuan untuk membatasi masalah yang akan dibahas pada penelitian ini. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan reaktor kontinu.

1. Sampel air limbah domestik yang dimaksud untuk diuji bersumber dari air limbah domestik sebelum masuk ke *primary treatment* di IPLT Keputih
2. Senyawa organik yang dimaksud adalah COD (Chemical Organic Demand) dan BOD (Biochemical Oxygen Demand) dan total coliform yang juga menjadi parameter utama dalam penelitian ini

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah studi dari proses yang terjadi dalam tanah ketika menurunkan senyawa organik.

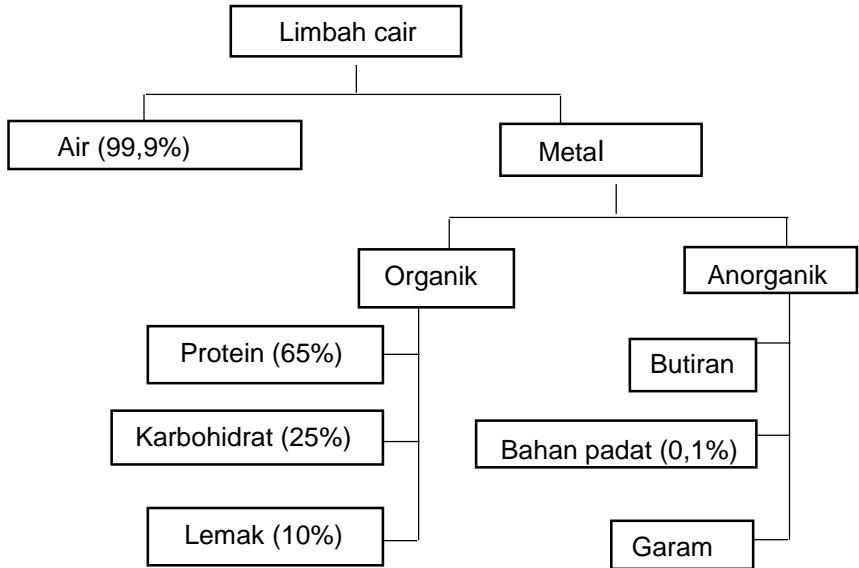
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air Limbah Domestik

Air Limbah adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang erasal dari industry, air tanah, air permukaan serta uangan lainnya (Sugiharto, 2008). Sumber serta macam air limbah dapat dipengaruhi oleh tingkat kehidupan masyarakat. Kair limbah yang berasal dari permukiman biasanya disebut air limbah domestik. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari bekas kegiatan/ aktivitas manusia di rumah tangga, perumahan, rumah susun, apartemen, perkantoran, rumah sakit, mall, pasar swalayan, hotel, industri, sekolah, dan lainnya. Di daerah beriklim tropis, air limbah dapat segera kehilangan kandungan oksigen terlarutnya (dissolved oxygen) sehingga menjadi septic (busuk). Menurut Asmadi dan Suharno (2012), air limbah yaitu cairan yang dibawa oleh saluran air buangan. Air limbah yang bersumber dari rumah tangga merupakan buangan yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah terdiri dari excreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, serta umumnya terdiri dari bahan-bahan organik (Notoatmodjo, 2007).

Limbah cair atau buangan merupakan air yang tidak dapat dimanfaatkan lagi serta dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap manusia dan lingkungan. Keberadaa limbah cair tidak diharapkan di lingkungan karena tidak mempunyai nilai ekonomi. Pengolahan yang tepat bagi limbah cair sangat diutamakan agar tidak mencemari lingkungan (Mardana, 2007). Sedangkan menurut Permenlhk 68 Tahun 2016 Air Limbah domestic adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Air limbah domestik dibagi menjadi 2 berdasarkan asalnya, yaitu greywater dan blackwater. Greywater merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan dapur, kamar mandi, dan mencuci sedangkan blackwater merupakan air limbah yang berasal dari toilet (Büsser et al., 2007). Komposisi air limbah domestik hampir lebih dari 99% berisi air itu sendiri sisanya adalah kandungan pencemar dengan kuantitas yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Adapun untuk komposisi limbah cair domestik ditunjukkan pada Tabel 2.1.



Gambar 2. 1 Diagram komposisi Air Limbah
(Sumber: Sugiharto, 1987)

Tabel 2. 1 Komposisi Limbah Cair Domestik

	Faeces	Urine	Satuan
Massa basah (gr/org/hari)	135-270	1-1,3	Gr
Massa kering (gr/org/hari)	20-35	0,5-0,7	Gr
Uap air	66-80	93-96	%
Organik	88-97	93-96	%
Nitrogen	5-7	15-19	%
	Faeces	Urine	Satuan
Fosfor	3-5,4	2,5-5	%
Kalium (K ₂ O)	1-2,5	3-4,5	%
Karbon	44-55	11-17	%
Kalsium	4,5-5	4,5-6	%

Sumber: Sugiharto, 1987

2.2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Berdasarkan komposisi dan jenis zat tersuspensi yang terkandung di dalam air limbah, pencemar air limbah domestik dominan berupa bahan organik yang bersifat organobiologis. Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, dimana karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang diuraikan sebagai berikut (Metcalf and Eddy, 2008).

Sebagian besar mengandung padatan tersuspensi baik berukuran besar, sedang, maupun kecil, partikel koloid maupun terlarut, senyawa kimia (sabun dan detergen), minyak dan lemak. Karakteristik air limbah domestik dapat bervariasi sesuai dengan kondisi lokal masing-masing daerah, waktu aktivitas (jam, hari, minggu, musim), tipe penyaluran (terpisah atau kombinasi), kebiasaan, budaya, dan gaya hidup masyarakat. Tabel 2.2 memperlihatkan karakteristik air limbah domestik.

Tabel 2. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik

Parameter	Air Limbah Domestik
BOD	100-300 mg/l
COD	160-500 mg/l
Total Solid (Padatan total)	200-1000 mg/l
Suspended Solid (Padatan Tersuspensi)	100-500 mg/l
Dissolved Solid (Padatan Terlarut)	100-500 mg/l
Nitrogen Total	5-86 mg/l
Phosphor Total	2-10 mg/l
Logam Berat	0 mg/l
Minyak dan Lemak	0-40 mg/l

Sumber : Wisjnuaprpto, 2007

2.2.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisika air limbah yang perlu diketahui adalah *total solid*, bau, temperatur, densitas, warna, konduktivitas, dan turbidity.

a. *Total Solid (TS)*

Total solid adalah semua materi yang tersisa setelah proses evaporasi pada suhu 103-105°C. Karakteristik yang bersumber dari saluran air domestik, industri, erosi tanah, dan infiltrasi ini dapat menyebabkan bangunan pengolahan penug dengan *sludge* dan kondisi anaerob dapat tercipta sehingga mengganggu proses pengolahan.

b. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

c. Temperatur

Temperatur ini mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut di dalam air. Air yang baik mempunyai temperatur normal 8°C dari suhu kamar 27°C. Semakin tinggi temperatur air (>27°C) maka kandungan oksigen dalam air berkurang atau sebaliknya.

d. *Density*

Density adalah perbandingan antara massa dengan volume yang dinyatakan sebagai *slug/ft³* (kg/m^3).

e. Warna.

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

f. Kekeruhan

Kekeruhan diukur dengan perbandingan antara intensitas cahaya yang dipancarkan oleh sampel air limbah dengan cahaya yang dipancarkan oleh suspensi standar pada konsentrasi yang sama (Eddy, 2008).

2.2.2 Karakteristik Kimia

Pada air limbah ada tiga karakteristik kimia yang perlu diidentifikasi yaitu bahan organik, anorganik, dan gas.

a. Bahan organik

Pada air limbah bahan organik bersumber dari

hewan, tumbuhan, dan aktivitas manusia. Bahan organik itu sendiri terdiri dari C, H, O, N yang menjadi karakteristik kimia adalah protein, karbohidrat, lemak dan minyak, surfaktan, pestisida dan fenol, dimana sumbernya adalah limbah domestik, komersil, industri kecuali pestisida yang bersumber dari pertanian.

b. Bahan anorganik

Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh asal air limbah. Pada umumnya berupa senyawa-senyawa yang mengandung logam berat (Fe, Cu, Pb, dan Mn), asam kuat dan basa kuat, senyawa fosfat senyawa-senyawa nitrogen (amoniak, nitrit, dan nitrat), dan juga senyawa-senyawa belerang (sulfat dan hidrogen sulfida).

c. Gas

Gas yang umumnya ditemukan dalam limbah cair yang tidak diolah adalah nitrogen (N_2), oksigen (O_2), metana (CH_4), hidrogen sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), dan karbondioksida (Eddy, 2008).

2.2.3 Karakteristik Biologi

Pada air limbah, karakteristik biologi menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme pathogen. Karakteristik biologi tersebut seperti bakteri dan mikroorganisme lainnya yang terdapat dalam dekomposisi dan stabilitas senyawa organik (Eddy, 2008).

2.3 Sumber Limbah Cair

Sumber air limbah dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

2.3.1 Air Limbah domestik atau rumah tangga

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003, Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan, yaitu kotoran, *urine*, dan air bekas cucian yang mengandung detergen, bakteri, dan virus (Eddy, 2008).

2.3.2 Air limbah industri

Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber lainnya (Eddy, 2008).

2.3.3 Infiltrasi

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

2.4 Teknologi Sanitasi

Infrastuktur sanitasi pada umumnya terdiri dari 4 komponen yaitu jamban, pengumpulan, pengolahan dan pembuangan/pemakaian kembali lumpur olahan. Keempat komponen tersebut dapat berada di satu lokasi dan disebut sebagai sistem setempat untuk melayani satu atau sekelompok kecil rumah tangga. Penanganan air limbah sistem pada dasarnya terbagi atas 2 tipe yaitu individual dan komunal.

2.4.1 Sistem Setempat (*On-site*)

Menurut sumber yang dikutip dalam TTPS tahun (2010), sistem setempat bisa kering atau basah. Sistem setempat bisa memberikan layanan bersih dan nyaman sebagai saluran air limbah. Dalam kasus sistem sanitasi setempat, kotoran manusia dan air limbah dikumpulkan dan diolah dalam properti (lahan) milik pribadi dengan teknologi seperti tangki septik.

Menurut Soedjono, dkk (2012) menjelaskan semua sistem setempat yang memadai perlu tangki untuk menampung endapan tinja (*sludge*), juga tergantung pada permeabilitas tanah untuk menapis air limbah ke dalam tanah. Selain itu, fasilitas komunal kecil, seperti tangki septik komunal (untuk 5 hingga 10 keluarga) dan fasilitas komunal seperti MCK dan MCK plus dengan tangki

septik setempat, dapat dianggap sebagai fasilitas setempat. Jika air limbah yang dihasilkan lebih dari 30 liter/orang.hari, besar kemungkinan tanah tidak mampu lagi meloloskan air limbah. Jika volume air limbah yang dihasilkan lebih rendah, maka tanah berpasir masih mampu meloloskan air limbah terolah dari tangki septik ke dalam tanah.

2.4.2 Sistem Terpusat (*Off-site*)

Sistem sanitasi terpusat biasanya dikelola oleh Pemerintah Daerah atau badan swasta resmi mengalirkan *blackwater* dan *greywater* sekaligus. Berdasarkan draft SPM, sistem ini dinilai cocok untuk kota dengan kerapatan penduduk lebih besar dari 300 orang/hektar. Faktanya, memang kota-kota sudah tidak cocok lagi mendapatkan sistem pelayanan sanitasi setempat. Sistem sanitasi terpusat umumnya menyertakan WC gelontor yang tersambung ke saluran limbah. Di daerah dengan curah hujan tinggi, air limpasan yang masuk ke saluran limbah akan menimbulkan beban lebih besar pada saluran ataupun IPAL bahkan air limbah akhirnya meluap melalui lubang manhole yang ada. Fungsi IPAL yang tidak lain dan tidak bukan adalah untuk menurunkan berbagai polutan yang ada di dalam air limbah. Tujuannya agar sesuai dengan baku mutu air limbah terolah yang ada, sebelum air digunakan kembali ataupun dikembalikan ke alam.

2.5 Teknologi Pengolahan Limbah Domestik

Pemilihan opsi teknologi sistem pengolahan sangat tergantung pada kebutuhan atau kapasitas pengolahan, kondisi lingkungan, ketersediaan ruang, tanah serta kemampuan pengguna atau pengelola dalam mengoperasikan dan memeliharanya.

2.5.1 Tangki Septik

Tangki septik adalah tempat penampungan limbah kotoran manusia (*feces*) dan yang bersifat kedap air. Di dalam tangki septik feces (bahan organik) akan mengalami dekomposisi oleh bakteri-bakteri pengurai yang akan menghasilkan gas-gas dan bahan-bahan anorganik lainnya, bahan-bahan yang tidak dapat diuraikan akan mengendap menjadi lumpur (*sludge*).

Pemanfaatan tangki septik memerlukan air penggelontoran, jenis tanah yang *permeable* (tidak kedap air) dan air tanah yang cukup agar sistem peresapan berlangsung dengan baik. Oleh karena itu tangki septik cocok digunakan pada daerah yang memiliki pengadaan air bersih baik dengan sistem perpipaan sumur dangkal setempat, kondisi tanah yang dapat meloloskan air, letak permukaan air tanah yang cukup dalam, dan tingkat kepadatan penduduk yang masih rendah tidak melebihi 200 jiwa/ha. Tangki septik memerlukan pengurasan lumpur secara berkala (2-5 tahun) (TTPS, 2010).

Tata cara perencanaan tangki septik dengan Sistem resapan dengan persyaratan teknis ukuran tangki septik dan jarak minimum terhadap bangunan. Menurut (SNI 2398:2017) Persyaratan teknis tangki septik antara lain:

- a. Bahan bangunan kuat.
- b. Tahan terhadap asam dan kedap air.
- c. Penutup dan pipa penyalur air limbah adalah batu kali, bata merah, batako, beton bertulang, beton tanpa tulang, PVC, keramik, plat besi, plastik, dan besi.
- d. Bentuk dan ukuran tangki septik disesuaikan dengan Q (debit) jumlah pemakai dan waktu pengurasan. Contoh : untuk ukuran 1 kk dapat berbentuk bulat Q 1,2 meter dan tinggi 1,5 m.
- e. Ukuran tangki septik sistem tercampur dengan periode pengurasan 3 tahun (untuk 1 KK, ruang basah 1,2 m³, ruang lumpur 0,45 m³, ruang ambang bebas 0,41,2 m³ dengan panjang 1,6 m, lebar 0,8 meter dan tinggi 1,6 m).
- f. Ukuran tangki septik sistem terpisah dengan periode pengurasana 3 tahun (untuk 2 KK, ruang basah 0,4 m³, ruang lumpur 0,9 m³, ruang ambang bebas 0,3 m³ dengan panjang 1,6 m, lebar 0,8 m dan tinggi 1,3 m).
- g. Pipa penyalur air limbah terbuat dari PVC, keramik/beton yang harus kedap air.
- h. Kemiringan minimum 2%.
- i. Pipa udara diameter 50 mm dan tinggi minimal 25 cm dari permukaan tanah.
- j. Jarak tangki septik dan bidang resapan ke bangunan = 1,5 m, ke sumur air bersih = 10 m dan sumur resapan air hujan = 5 m.
- k. Menurut Rencana Strategis Direktorat Jendral Cipta Karya

(2010-2014) mengatakan yang tercatat dari data tahun 2007, banyaknya rumah tangga yang menggunakan tangk septik sebesar 71,06 % di perkotaan dan 32,47 % di perdesaan. Sedangkan sisanya 50,86 % rumah tangga melakukan praktek pembuangan tinja tinja tidak aman di kolam/sawah, sungai/laut, lubang tanah/kebun.

2.5.2 Cubluk

Sistem cubluk merupakan sistem pengolahan air limbah yang sangat konvensional dan masyarakat sekarang cenderung menggunakan sistem cubluk yang dilengkapi dengan kloset leher angsa. Sistem cubluk dapat langsung dibangun di bawah kloset jika lokasi untuk penempatan cubluk tersebut sangat terbatas atau penempatan kloset dengan cubluk dilakukan pada lokasi yang terpisah. Jarak maksimum letak cubluk terhadap kloset adalah 8 m. Diameter pipa penyalur sekurang-kurangnya 90 mm dengan kemiringan sekurang-kurangnya 1:40. Konstruksi tersebut mempersatukan sistem pengolahan dan resapan, air limbah langsung meresap ke dalam tanah. Cubluk biasanya didesain untuk waktu $\geq 5 - 10$ tahun, beberapa jenis cubluk di antaranya :

2.5.2.1 Cubluk Tunggal

Cubluk tunggal dapat digunakan untuk daerah yang memiliki ketinggian muka air tanah > 1 m dari dasar cubluk, kepadatan < 200 jiwa/ha. Pemakaian cubluk dihentikan apabila sudah tersisi 75% dari kapasitas yang ada, apabila masih digunakan melebihi batas tersebut maka di khawatirkan timbul pencemaran bau, kotoran tinja meluber ke atas permukaan.

2.5.2.2 Cubluk Kembar

Cubluk kembar dengan kepadatan penduduk < 50 jiwa/Ha dan memiliki air tanah > 2 m dari dasar cubluk. Pemakaian lubang pertama dihentikan jika terisi 75%, maka tinja yang ada di lobang pertama dapat dikosongkan secara manual dan dapat digunakan untuk pupuk tanaman. Menurut Departemen PU Ditjen Cipta Karya (2006) cubluk dapat digunakan untuk 5-10 KK. Ketentuan-ketentuan teknis yang harus dipenuhi berdasarkan petunjuk teknis

pembuatan cubluk pedesaan Departemen Pekerjaan Umum Jendral Cipta Karya adalah sebagai berikut :

- a. Kedalaman minimum cubluk 4 meter dan jarak terhadap sumber air adalah 10 meter.
- b. Tersedia air bersih.
- c. Tidak ditempatkan pada daerah dengan kepadatan penduduk lebih dari 300 jiwa/ha.

Cubluk merupakan prasarana paling sederhana karena menggunakan sedikit penggelontoran, teknologi sederhana, biaya pembuatannya murah tetapi membutuhkan daya resap tanah dan kedalaman air tanah tertentu. Oleh karena itu cubluk tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya bila dibangun di daerah-daerah yang muka air tanahnya tinggi misalnya di kota-kota pantai (Sumber : Tata Cara Pembuatan Cubluk Pedesaan).

2.5.3 Tangki Septik dengan Sistem Resapan

Air yang diresapkan merupakan air limbah yang telah diresapkan padatnya (*effluent* tangki septik) namun masih mengandung bahan organik dan mikroba patogen. Dengan adanya bidang resapan ini, diharapkan air olahan dapat meresap ke dalam tanah sebagai proses filtrasi dengan media tanah ataupun jenis lainnya. Sistem peresapan secara konvensional tidak boleh ditempatkan pada tanah yang mempunyai kemiringan lebih besar 20% (SNI 19-6466-2000). Jarak minimum *septic tank* dan bidang resapan ke unit pembangunan ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Jarak Minimum Tangki Septik dan Bidang Resapan (SNI 2398:2017)

No	Jarak dari	Tangki septik	Bidang resapan
1	Bangunan	1,50 m	1,50 m
2	Pipa air bersih	3,00 m	3,00 m
3	Sumur	10,0 m	10,0 m

Sumber : Departemen PU (2006)

2.6 Pengolahan Air Limbah Domestik

Salah satu unsur penting dalam pengelolaan air limbah domestik adalah pengolahan air limbah dimana tujuan dari pengolahan ini adalah untuk membunuh organisme patogen yang berada di dalam air limbah yang jika tidak diolah dapat menyebabkan pencemaran dan penurunan kesehatan masyarakat. Secara umum pengolahan air limbah yang dapat digunakan untuk mengolah *grey water* terdiri dari tiga metode yaitu pengolahan fisik, kimia, dan biologis (March *et al.*, 2004). Ketiga metode pengolahan air limbah tersebut dapat diaplikasikan secara sendiri-sendiri atau dapat juga dikombinasikan.

a. Pengolahan Fisik

Merupakan tahap awal dari pengolahan air limbah sebelum dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air buangan, dengan tujuan agar bahan-bahan tersuspensi yang berukuran besar dan yang mudah mengendap atau bahan-bahan terapung disisihkan terlebih dahulu. Beberapa proses pengolahan fisik yang dapat digunakan untuk pengolahan air limbah domestik *grey water* antara lain *screening*, sedimentasi, flotasi, dan lainnya.

- Proses *screening* biasanya merupakan unit pengolahan limbah pertama untuk mencegah material padat seperti daun dan benda lain yang tidak dapat diurai sehingga tidak mengganggu proses pengolahan di tahap selanjutnya.
- Proses sedimentasi adalah pengendapan partikel koloid dan tersuspensi secara gravitasi dengan syarat berat jenis partikel lebih besar dibandingkan dengan berat jenis air. Jika masih ditemukan partikel yang berat jenisnya lebih kecil biasanya proses sedimentasi dibarengi dengan proses koagulasi dengan penambahan koagulan untuk mengikat partikel-partikel sehingga dapat mengendap.
- Proses flotasi banyak digunakan untuk menyisahkan bahan-bahan yang mengapung seperti minyak dan lemak agar tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya.

b. Pengolahan Kimia

Pengolahan air limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap,

logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun dengan cara membubuhkan bahan kimia tertentu yang dibutuhkan. Beberapa proses pengolahan secara kimiawi yang dapat digunakan untuk mengolah limbah *grey water* antara lain koagulasi flokulasi, penukaran ion, dan karbon aktif (Li *et al.*, 2009; Pidou *et al.*, 2008).

Proses koagulasi adalah proses destabilisasi partikel senyawa koloid di dalam air limbah. Dengan penambahan bahan koagulan, partikel koloid di dalam air limbah akan saling terikat sehingga partikel koloid tadi dapat mengendap. Koagulasi disebut juga proses pembubuhan senyawa kimia. Proses flokulasi proses pengadukan atau percampuran bahan koagulan yang sudah ditambahkan pada proses koagulasi sehingga senyawa koloid dalam air limbah dapat dengan cepat saling terikat kemudian terjadi pengendapan. Kecepatan pada proses flokulasi sangat lambat. Air limbah yang sudah diberi koagulan dengan dosis tertentu diaduk dalam tangki flokulasi kemudian pengaduk dimatikan dan dibiarkan, maka akan terbentuk endapan di bagian bawah tangki.

- Pengolahan dengan cara pertukaran ion adalah suatu cara yang menggunakan *ion exchange resin* dengan garam-garam terlarut (ion) di dalam air
- Proses dengan karbon aktif, dilakukan untuk menyisahkan senyawa aromatik (misalnya:fenol) dan senyawa organik terlarut lainnya, terutama jika diinginkan untuk menggunakan kembali air buangan tersebut. Pada dasarnya efisiensi dengan proses kimia sangat tinggi, akan tetapi biaya pengolahan menjadi lebih mahal karena membutuhkan bahan kimia.

c. Pengolahan Biologi

Pengolahan biologi pada umumnya digunakan untuk menghilangkan bahan pencemar berupa zat organik. Pengolahan secara biologi merupakan pengolahan sekunder yang paling murah dan efektif dalam meremoval zat organik yang ada di dalam air limbah (Metcalf dan Eddy, 1997). Untuk pengolahan air limbah biodegradabel, yang lebih efisien adalah dengan proses aerobik karena tidak akan menimbulkan bau dan mencegah pertumbuhan patogen sehingga air limbah dapat disimpan lebih lama (Elmitwalli dan Otterpohl, 2007; Li *et al.*, 2003; Gross *et al.*, 2007; Lesjean dan Gnirs, 2006). Namun, terdapat penelitian juga menyebutkan

bahwa pengolahan anaerobik adalah yang paling efisien karena dapat dapat menghemat energi dan biaya. Selain itu dalam meremoval nutrient, efisiensi pengolahan anaerobik lebih besar dibandingkan aerobik (Hernandez *et al.*, 2011). Secara garis besar pengolahan air limbah secara biologis dibagi menjadi tiga, yaitu proses biologis dengan metode pembiakkan mikroorganisme tersuspensi (*suspended growth*), proses biologis dengan metode pembiakkan mikroorganisme secara melekat (*attached growth*), dan proses pengolahan dengan sistem lagoon atau kolam.

Pengolahan biologis secara *suspended growth* adalah proses pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik polutan yang ada di dalam air limbah. pembiakkan mikroorganisme di lakukan secara tersuspensi di dalam lumpur yang dialirkan dalam suatu reaktor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan sistem ini adalah *activated sludge*, *contact stabilization*, *oxidation ditch*, dan lainnya. Dalam proses pengaliran tersebut, air limbah akan melalui filter berupa lumpur yang terdiri dari butiran mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik. Namun pengolahan dengan lumpur aktif kurang sesuai untuk mesyarakat kecil atau pedesaan tanpa pasokan air dan listrik yang memadai. Selain itu operasional dan perawatannya juga tidak mudah.

Pengolahan biologis secara *attached growth* adalah pengolahan biologis dimana pembiakkan mikroorganisme di lakukan pada permukaan suatu media sehingga mikroorganisme melekat dan membentuk lapisan film yang disebut *biofilm*. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah secara *attached growth* antara lain *tricking filter*, *submerged biofilter*, *rotating biological contactor* (RBC), dan lainnya.

Proses pengolahan air limbah dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal cukup lama. pembiakkan mikroorganisme dilakukan secara alami dan senyawa polutan yang ada di dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat dilakukan proses aerasi. Salah satu contoh pengolahan adalah (*stabilization pond*). Contoh lain dari konsep pembiakkan mikroorganisme secara alami adalah *Constructed wetland*. *Constructed wetland* adalah salah satu teknologi alternatif untuk pengolahan air limbah dengan konsep natural treatment. *Constructed wetland* berupa kolam

dangkal yang didalamnya terdapat berbagai substrat seperti tanah atau kerikil dan tanaman air. Dalam pengolahannya *constructed wetland* memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah dan tanaman untuk mengolah air limbah.

Terdapat berbagai jenis teknologi yang dapat digunakan untuk pengolahan air limbah domestik, baik dengan pengolahan secara fisik, kimia, biologis, atau pun kombinasi dari ketiganya. Namun teknologi yang terpilih nantinya harus memenuhi beberapa kriteria pengolahan air limbah. Adapun kriteria dari sistem pengolahan air limbah yang baik antara lain (Fatnasari, 2010):

1. Kriteria kesehatan

Organisme patogen yang ada di dalam air limbah harus hilang dan sistem pengolahan yang terpilih nantinya harus dapat memisahkan organisme patogen dari air limbah sehingga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan mempengaruhi kesehatan masyarakat.

2. Kriteria penggunaan ulang

Hasil pengolahan air limbah harus aman untuk dibuang ke badan air atau dapat dimanfaatkan kembali untuk berbagai keperluan lain selain untuk keperluan konsumsi.

3. Kriteria ekologis

Pembuangan air hasil pengolahan ke dalam badan air tidak boleh melampaui *self purification* dari badan air penerima dan harus memenuhi baku mutu yang berlaku.

4. Kriteria gangguan

Parameter bau pada air hasil pengolahan harus dibawah ambang gangguan sehingga tidak meresahkan masyarakat atau warga yang tinggal di sekitar.

5. Kriteria budaya

Metode pengolahan air limbah yang terpilih harus sesuai dengan budaya masyarakat setempat.

6. Kriteria operasional

Untuk unit pengolahan terpilih perlu adanya tenaga operasional dan pemeliharaan rutin. Kalaupun tidak ada tenaga

operasional, masyarakat yang tinggal di sekitar unit pengolahan harus diberi edukasi sehingga operasional dapat dilakukan oleh swadaya masyarakat sendiri dan teknologi yang terpilih haruslah yang mudah dan mudah untuk pemeliharaannya.

7. Kriteria biaya

Biaya operasional dan pemeliharaan sebaiknya tidak melebihi kemampuan masyarakat.

2.7 Pembuangan Air Limbah Domestik

Air limbah domestik yang dapat dibuang ke lingkungan adalah air limbah yang sudah memenuhi baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Berdasarkan keputusan tersebut, baku mutu limbah domestik meliputi parameter pH, BOD, TSS, dan minyak lemak. Baku mutu air limbah domestik yang ada di Indonesia khususnya di Jawa Timur selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
Ph	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Total Colifom	Jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Permen LHK No.68 Tahun 2016

2.8 Jenis Tanah

Tanah mendukung semua kehidupan di bumi baik bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Tanah juga mempunyai peranan penting sebagai tempat penyimpanan air dan menekan erosi. Terdapat perbedaan jenis tanah di Kota Surabaya, dikelompokkan menjadi jenis tanah Alluvial, Bukan Abu Vulkanik, Endapan Lumpur, Endapan Pasir, Endapan Pasir Lumpur, dan Alluvial, Bukan Abu Vulkanik. Jenis tanah yang banyak ditemukan adalah tanah Alluvial. Tanah alluvial merupakan tanah yang terbentuk dari lumpur sungai atau pantai yang mengendap di dataran rendah (Profil Keanekaragaman Hayati, 2012).

Tanah mempunyai sifat sangat kompleks, terdiri atas komponen padatan yang berinteraksi dengan cairan, dan udara. Komponen pembentuk tanah yang berupa padatan, cair, dan udara jarang berada dalam kondisi kesetimbangan, selalu berubah mengikuti perubahan yang terjadi di atas permukaan tanah yang dipengaruhi oleh suhu udara, angin, dan sinar matahari. Sifat-sifat fisik tanah yang dapat ditetapkan di laboratorium mencakup berat volume (BV), berat jenis partikel ($PD = \textit{particle density}$), tekstur tanah, permeabilitas tanah, stabilitas agregat tanah, distribusi ukuran pori tanah termasuk ruang pori total (RPT), pori drainase, pori air tersedia, kadar air tanah, kadar air tanah optimum untuk pengolahan, plastisitas tanah, pengembangan atau pengerutan tanah ($COLE = \textit{coefficient of linier extensibility}$), dan ketahanan geser tanah. Analisis sifat fisik tanah memerlukan contoh tanah yang berbeda, tergantung tujuannya. Ada beberapa jenis contoh tanah, diantaranya contoh tanah utuh (*undisturbed soil sample*), agregat utuh (*undisturbed soil aggregate*), dan contoh tanah tidak utuh (*disturbed soil sample*) yang peruntukan analisisnya berbeda.

Peralatan yang digunakan untuk mengambil contoh tanah berbeda sesuai dengan macam contoh tanah yang akan diambil. Jenis peralatan yang digunakan disajikan pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Macam contoh tanah dan alat yang diperlukan untuk pengambilannya

<u>Jenis contoh tanah</u>	<u>Jenis alat</u>
Contoh tanah utuh (<i>undisturbed soil sample</i>)	Tabung logam kuningan atau tembaga (<i>ring sample</i>), sekop/cangkul, pisau tajam tipis
Contoh tanah dengan agregat utuh (<i>undisturbed soil aggregate</i>)	Cangkul, kotak contoh
Contoh tanah terganggu (<i>disturbed soil sample</i>)	Cangkul dan atau bor tanah, kantong plastik tebal

Contoh tanah utuh dapat diambil menggunakan tabung logam yang terbuat dari tembaga, kuningan, dan besi. Laboratorium Fisika Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor menggunakan tabung tembaga yang mempunyai ukuran tinggi 4 cm, diameter dalam 7,63 cm, dan diameter luar 7,93 cm. Tabung tersebut ditutup dengan plastik di kedua ujungnya.

contoh tanah utuh merupakan contoh tanah yang diambil dari lapisan tanah tertentu dalam keadaan tidak terganggu, sehingga kondisinya hampir menyamai kondisi di lapangan. Contoh tanah tersebut digunakan untuk penetapan angka berat volume (berat isi, *bulk density*), distribusi pori pada berbagai tekanan (pF 1, pF 2, pF 2,54, dan pF 4,2 dan permeabilitas.

a. Teknik pengambilan contoh tanah

1. Ratakan dan bersihkan permukaan tanah dari rumput atau serasah.
2. Gali tanah sampai kedalaman tertentu (5-10 cm) di sekitar calon tabung tembaga diletakkan, kemudian ratakan tanah dengan pisau.
3. Letakan tabung di atas permukaan tanah secara tegak lurus dengan permukaan tanah, kemudian dengan menggunakan

- balok kecil yang diletakkan di atas permukaan tabung, tabung ditekan sampai tiga per empat bagian masuk ke dalam tanah.
4. Letakan tabung lain di atas tabung pertama, dan tekan sampai 1 cm masuk ke dalam tanah.
 5. Pisahkan tabung bagian atas dari tabung bagian bawah.
 6. Gali tabung menggunakan sekop. Dalam menggali, ujung sekop harus lebih dalam dari ujung tabung agar tanah di bawah tabung ikut terangkat.
 7. Iris kelebihan tanah bagian atas terlebih dahulu dengan hati-hati agar permukaan tanah sama dengan permukaan tabung, kemudian tutuplah tabung menggunakan tutup plastik yang telah tersedia. Setelah itu, iris dan potong kelebihan tanah bagian bawah dengan cara yang sama dan tutuplah tabung.
 8. Cantumkan label di atas tutup tabung bagian atas contoh tanah yang berisi informasi kedalaman, tanggal, dan lokasi pengambilan contoh tanah

b. Pengangkutan contoh tanah

1. Contoh tanah dalam tabung tertutup plastik disusun di dalam peti (kotak) yang terbuat dari kayu atau karton dengan tumpukan maksimum empat buah tabung contoh.
2. Di bagian dasar peti dan di atas contoh tanah diberi pelindung dari gabus atau bahan lain untuk mengurangi getaran selama pengangkutan.
3. Contoh dalam peti dikirim ke laboratorium menggunakan angkutan darat, laut, atau udara. Untuk pengiriman melalui pos atau jasa pengiriman lain sebaiknya digunakan peti dari kayu.

Contoh tanah agregat utuh adalah contoh tanah berupa bongkahan alami yang kokoh dan tidak mudah pecah. tanah ini diperuntukkan bagi analisis indeks kestabilan agregat (IKA). Contoh diambil menggunakan cangkul pada kedalaman 0-20 cm.

Bongkahan tanah dimasukkan ke dalam boks yang terbuat dari kotak seng, kotak kayu atau kantong plastik tebal. Dalam mengangkut contoh tanah yang dimasukkan ke dalam kantong plastik harus hati-hati, agar bongkahan tanah tidak hancur di perjalanan, dengan cara dimasukkan ke dalam peti kayu atau kardus yang kokoh. Untuk analisis IKA dibutuhkan 2 kg contoh

tanah.

Contoh tanah terganggu dapat juga digunakan untuk analisis sifat-sifat kimia tanah. Kondisi contoh tanah terganggu tidak sama dengan keadaan di lapangan, karena sudah terganggu sejak dalam pengambilan contoh. Contoh tanah ini dapat dikemas menggunakan kantong plastik tebal atau tipis. Kemudian diberi label yang berisikan informasi tentang lokasi, tanggal pengambilan, dan kedalaman tanah. Label ditempatkan di dalam atau di luar kantong plastik. Jika label dimasukkan ke dalam kantong plastik bersamaan dengan dimasukkannya contoh tanah, maka label dalam ini perlu dibungkus dengan kantong plastik kecil, agar informasi yang telah tercatat tidak hilang karena terganggu oleh kelembapan air tanah.

Pengangkutan semua contoh tanah hendaknya berpegang kepada prinsip dasar, bahwa contoh tanah tidak boleh tercampur satu sama lain dan tidak mengalami perubahan apapun selama dalam perjalanan. Contoh tanah terganggu lebih dikenal sebagai contoh tanah biasa (*disturbed soil sample*), merupakan contoh tanah yang diambil dengan menggunakan cangkul, sekop atau bor tanah dari kedalaman tertentu sebanyak 1-2 kg. Contoh tanah terganggu digunakan untuk keperluan analisis kandungan air, tekstur tanah, perkolasi, batas cair, batas plastis, batas kerut, dan lain-lain.

2.8.1 Aktivitas Dalam Tanah

Tanah adalah kumpulan dari benda alam dipermukaan bumi yang tersusun dalam horison-horison, terdiri dari campuran bahan mineral, bahan Organik, air dan udara, dan merupakan media untuk tumbuhnya tanaman Hardjowigeno (1987). Stevenson (1994) mengatakan bahwa bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Bahan organik tanah harus terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman secara optimal. Bahan organik tanah berpengaruh terhadap sifat fisik, biologi dan kimia tanah. Bahan organik adalah bahan pemantap agregat tanah yang sangat baik,

selain itu berperan sebagai sumber hara bagi tanaman dan sumber energi bagi organisme tanah (Hakim dkk, 1986). Dijelaskan oleh Hardjowigeno (1988), bahwa kandungan bahan organik ditentukan secara tidak langsung dengan mengkonversikan kadar Carbon (C) dengan suatu faktor, yang unsurnya sebagai berikut : kandungan bahan organik = Carbon x 1,724, jadi semakin tinggi kandungan C-organik suatu tanah, maka semakin tinggi pula kandungan bahan organiknya. Mikroorganisme adalah komponen penting yang ada di tanah. Mereka membantu menguraikan bahan organik, dan pada saat yang sama juga menyediakan hara bagi tanaman. Hara ini diambil dari batuan dan udara, dan membantu kemampuan pelekatan (adesi) tanah (Tisdall, 1994; Hayat dkk., 2010). . Mikroorganisme melakukan berbagai aktivitas yang saling berinteraksi dengan sesama mikroorganisme lain. Peranan mikroorganisme di dalam tanah sangat besar bagi kehidupan mengingat semua proses dekomposisi dan mineralisasi serasah bahan organik menjadi bahan anorganik terjadi karena peranan mikroorganisme yang ada di dalam tanah. Mikroorganisme memegang peranan penting dalam ekosistem karena menguraikan sisa organik yang telah mati menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah seperti Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Calsium (Ca), Mangan (Mn) dan keatmosfer (CH₄ atau CO₂) sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman. (Wicaksono, 2015)

Aktivitas mikroorganisme tanah merupakan suatu proses yang terjadi karena adanya kehidupan mikroorganisme yang melakukan aktivitas hidup dalam suatu massa tanah. Aktivitas mikroorganisme tanah berbanding lurus dengan jumlah total mikroorganisme di dalam tanah, jika total mikroorganisme tinggi maka aktivitas mikroorganisme juga semakin tinggi. Kadar air tanah adalah kandungan air yang terdapat pada ruang antar partikel-partikel tanah. Tanah yang mempunyai tekstur halus dengan luas permukaan persatuan berat lebih besar akan mampu menahan air lebih banyak dan lebih kuat dibanding dengan tanah bertekstur kasar karenatanah mempunyai poripori yang jauh lebih banyak daripada pertikel tanah. Menurut Kemas Ali (2007) menjelaskan bahwa tanah mempunyai kapasitas yang berbeda-beda untuk menyerap dan mempertahankan kelembabanya tergantung kepada struktur, tekstur dan kandungan bahan organik yang terdapat didalam tanah. Menurut Hardjowigeno (1987) kadar

air tanah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti banyaknya curah hujan pada daerah tersebut, keadaan drainase, sistem irigasi, kemampuan tanah dalam menahan air, dan adanya penguapan langsung yang terjadi baik itu melalui tanah maupun oleh tanaman dan tingginya muka air tanah.

2.9 Permeabilitas Tanah

Permeabilitas adalah kualitas tanah untuk meloloskan air atau udara yang diukur berdasarkan besarnya aliran melalui satuan tanah yang telah dijenuhi terlebih dahulu persatuan waktu tertentu. Permeabilitas sangat dipengaruhi oleh sifa-sifat fisik tanah dan perubahan pada suhu air. Permeabilitas tanah sangat dipertimbangkan untuk efektifnya pemakaian fasilitas pembangunan limbah seperti tangki septik yang menjadi faktor yang harus ada dalam pemilihan Small Bore Sewer. Kisaran permeabilitas yang efektif $2,7 \cdot 10^{-4}$ liter/m²/detik – $4,10^{-4}$ liter/m²/detik.

Permeabilitas berbeda dengan drainase yang lebih mengacu pada proses pengaliran air saja, permeabilitas dapat mencakup bagaimana air, bahan organik, bahan mineral, udara dan partikel-partikel lainnya yang terbawa bersama air yang akan diserap masuk ke dalam tanah (Rohmat, 2009).

Pencemaran perairan didefinisikan sebagai segala proses yang menyebabkan atau mempengaruhi kondisi perairan, sehingga menyebabkan atau mempengaruhi kondisi perairan, sehingga dapat merusak lingkungan dan nilai guna airnya sebagai besar air yang tercemar dapat dicirikan melalui kondisi fisiknya dapat berupa bau, rasa, buih maupun warnanya.

Pencemaran atau kontaminasi air tanah dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kebocoran pada tangki septik, pipa maupun sumber pencemar lainnya. Adanya hubungan antara air tanah sebagai discharge dengan aliran air yang secara kontinu dimana aliran air tersebut mengandung cemaran akan menyebabkan pencemaran air tanah. Sumber pencemar dapat meresap ke dalam tanah secara vertical maupun horizontal. Kurniawan (2006) menjelaskan adanya kaitan antara kondisi kualitas air sumur yang buruk dengan adanya kaitan antara pencemaran air tanah akibat rembesan air limbah yang masuk ke

sumur bersamaan dengan air hujan.

Jarak perpindahan bakteri horizontal biasanya kurang dari 60 cm pada tanah berpori dan kurang lebih sedalam 3 m secara vertikal. Bakteri sendiri dapat berpindah hingga sejauh 30 m dari sumber cemaran dalam waktu 33 jam di dalam aquifer. Penurunan jumlah bakteri terus berkurang sepanjang jarak tersebut mengingat adanya filtrasi maupun kematian bakteri itu sendiri, dimana waktu hidup bakteri coli atau organisme lainnya biasanya 3 hari atau 3 kali 24 jam (Kesehatan Lingkungan, 2012).

Konduktivitas hidraulik K merujuk pada sifat-sifat fluida dan atuan, atau dengan kata lain K merupakan fungsi dari sifat fluida dan tanah. Pengertian K dalam mekanika tanah yakni disebut dengan koefisien permeabilitas tanah. Nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Nilai K tanah/batuan (dimodifikasi dari Todd, 1988)

No	Jenis Tanah	K (m/hari)
1	Kerikil kasar	150
2	Kerikil sedang	270
3	Kerikil halus	450
4	Pasir kasar	45
5	Pasir sedang	12
6	Pasir halus	2.5
7	Lanau	0.08
8	Lempung	0.0002
9	<i>Sand stone</i> , berbutir halus	0.2
10	<i>Sand stone</i> , berbutir kasar	3.1

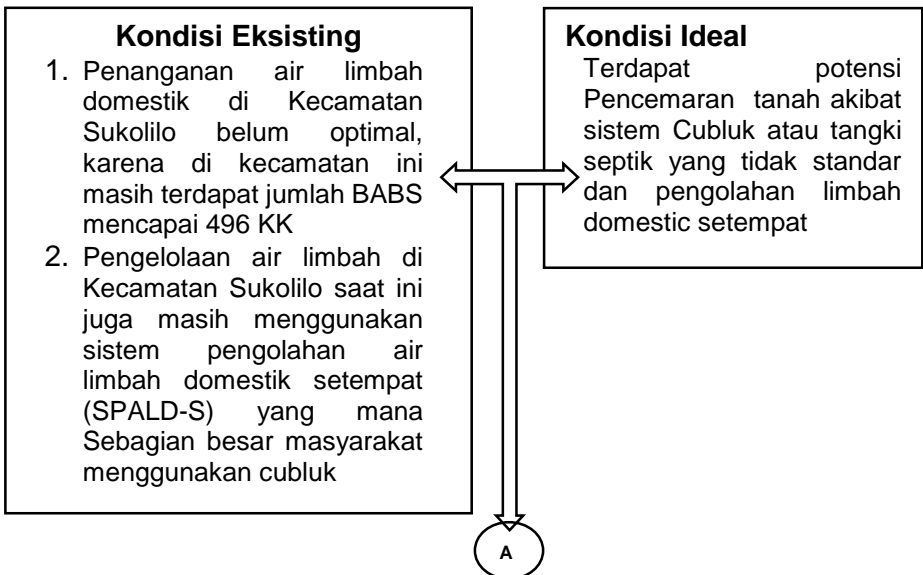
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan selama total 3 bulan yang dimulai tanggal 14 Oktober 2019 hingga tanggal 30 Desember 2019. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di Laboratorium Pemulihan Air Lingkungan, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Surabaya.

3.2 Kerangka Penelitian

Pembuatan kerangka penelitian memiliki tujuan agar penelitian berjalan sesuai dengan rencana dan dapat memenuhi tugas yang telah ditetapkan. Kerangka penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

A

Rumusan Masalah

Pengaruh kedalaman reaktor terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestic dan hubungan antara aliran upflow dan downflow ketika melewati media terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestic?

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh kedalaman reaktor terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestic.
2. Menganalisis hubungan antara aliran upflow dan downflow ketika melewati media terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestic

Ide Penelitian

Studi Penurunan Senyawa Organik dan Total *Coliform* pada Limbah Domestik

Studi Literatur

1. Sumber Air Limbah Domestik dan pengolahannya
2. Jenis dan Karakteristik Tanah

Penentuan Parameter

1. Parameter uji : COD, BOD, dan total coliform
2. Titik sampel uji : 100 cm, 75 cm, dan 50 cm

Pembuatan Reaktor

Pembuatan reaktor kontrol dan reaktor limbah dengan Sistem aliran upflow dan downflow dimasing masing reaktor

Penelitian Utama

1. Variasi jenis aliran : Sistem upflow dan downflow
2. Variasi ketebalan : 100 cm, 75 cm, dan 50 cm
3. Melakukan *running* terhadap reaktor kontrol dengan air kran dan reaktor limbah dengan air limbah IPLT setiap hari dan melakukan pengecekan sekaligus pengamilan sampel untuk melakukan pengukuran nilai parameter DO, pH, BOD dan COD diawal dan setiap hariya sampai hasil penurunan *steadystate*

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Tahap pelaksanaan dimulai dari tahap persiapan penelitian ini terdiri atas persiapan alat dan bahan.

3.3.1 Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat

- Uji Kandungan BOD
 - Botol Winkler
 - Lemari Inkubasi
 - Labu Pengenceran 500 mL
 - Pipet Volumetrik 1 mL, dan 10 mL
 - Labu Ukur 100 mL;
 - Labu Erlenmeyer 250 mL
 - Buret
 - Statif
 - Pipet Tetes
 - Propipet
- Uji Kandungan COD dan Coliform
 - Tabung Vial
 - Labu Erlenmeyer 100 mL
 - Pipet Ukur 10 mL
 - Propipet
 - Pipet Tetes
 - *Heating Block*

3.3.2 Bahan

- Uji Kandungan BOD
 - Aquadest
 - Larutan Buffer Fosfat
 - Larutan Magnesium Klorida
 - Larutan Kalsium Klorida
 - Larutan Feri Klorida
 - Larutan Suspensi Bibit Mikroba
 - Larutan Air Pengencer
 - Larutan Glukosa - Asam Glutamat
 - Larutan Asam Sulfat
 - Larutan Natrium Hidroksida
 - Larutan Natrium Sulfit
 - Larutan Asam Asetat
 - Larutan Kalium Iodida 100%
 - Larutan Indikator Amilum

- Uji Kandungan COD
 - Aquadest
 - Serbuk Kalium Dikromat
 - Serbuk Merkuri (II) Sulfat
 - Larutan Asam Sulfat 1 M
 - Serbuk Perak Sulfat
 - Larutan Asam Sulfamat
 - Larutan Kalium Hidrogen Ftalat
- Uji Colifom
 - Pembuatan kaldu laktosa

3.4 Persiapan Bahan Uji

Persiapan bahan uji untuk analisis senyawa organik (COD dan BOD), serta total *coliform* dilakukan terlebih dahulu sebelum pengambilan sampel air limbah domestik di IPLT Keputih. Hal tersebut dilakukan agar sampel air limbah yang telah diambil dapat segera dianalisis dan tidak disimpan terlalu lama. Persiapan bahan uji dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

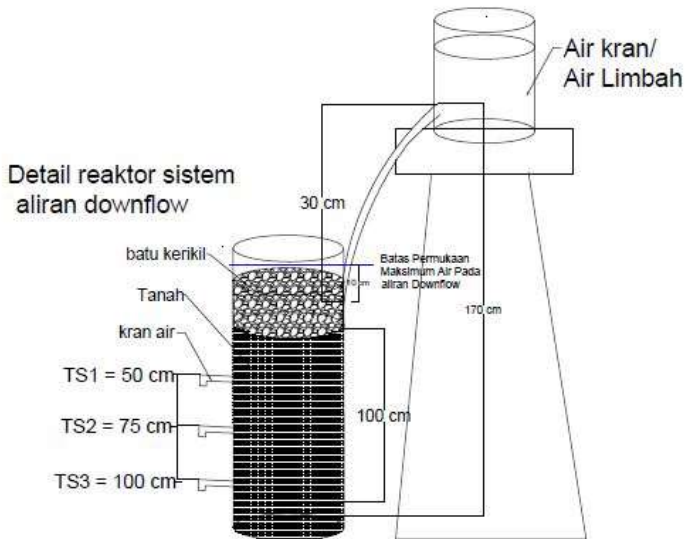
3.5 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah domestik akan dilakukan di tangki sedot tinja di IPLT Keputih. Adapun media tanah yang akan digunakan dalam reaktor buatan berasal dari tanah di Keputih. Sampel air limbah domestik diambil menggunakan jerigen sesuai volume air limbah yang dibutuhkan dalam pembuatan reaktor buatan. Sampel air limbah domestik yang telah diambil sebaiknya segera dianalisis dalam kurun waktu kurang dari satu minggu dan disimpan pada suhu 4°C. Sampel air limbah domestik yang tidak langsung dianalisis dalam kurun waktu lebih dari satu minggu, maka sebaiknya sampel tersebut dibekukan sampai waktu analisis.

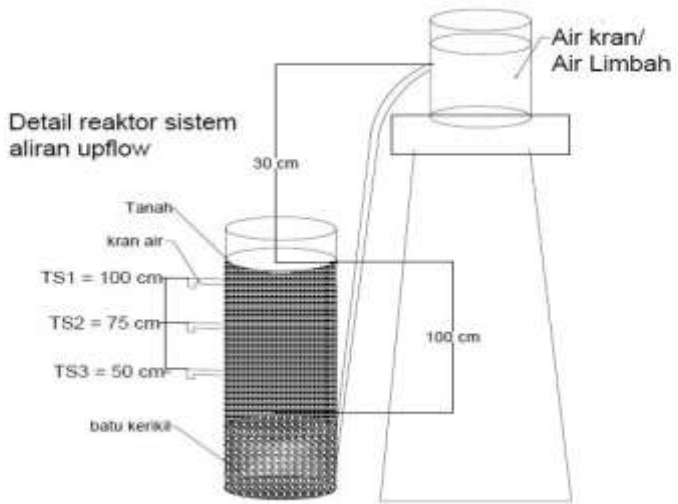
3.6 Pembuatan dan Simulasi Reaktor

Reaktor cubluk dibuat menggunakan pipa dengan diameter sekitar 7.5 cm. Tinggi pipa yang digunakan dalam pembuatan

reaktor cubluk adalah 140 cm sejumlah empat buah. Dengan tiga titik sampel kedalaman yaitu 100 cm, 75 cm dan 50 cm. Selanjutnya, outlet reaktor cubluk ditempatkan di bagian atas reaktor dan ditambah selang untuk outlet air limbah domestik, sehingga air limbah dalam reaktor cubluk akan mengalir secara *upflow dan downflow* dan satu reactor sebagai reactor kontrol. Gambar sketsa reaktor buatan yang akan digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.2 sampai Gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Detail reaktor aliran Downflow



Gambar 3. 3 Detail reaktor aliran upflow

Setelah Reaktor direncanakan, reaktor di *running* untuk memperoleh data yang kemudian mengukur parameternya, dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Reaktor ketika *Running*

3.7 Uji Parameter

Uji parameter yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji parameter Kualitas yaitu terdiri dari Uji Parameter BOD, COD, dan Total *Coliform*. Uji parameter lainnya yaitu uji parameter Debit.

3.7.1 Parameter Kualitas

Uji parameter kualitas dalam hal ini Uji parameter BOD dan COD akan dilakukan dengan metode winkler dan metode *close reflux*, sedangkan uji parameter total *coliform* akan dilakukan dengan metode *Most Probable Number* (MPN). Analisis parameter COD, BOD, dan total *coliform* ini akan dilakukan terhadap sampel air limbah domestik yang berasal dari *inlet* dan *outlet* masing-masing reaktor.

3.7.2 Parameter Debit

Uji parameter debit dilakukan untuk mencari besarnya volume air yang mengalir melalui media tanah. Debitnya diukur dengan cara menghitung besar volume air yang menetes per periode waktu. Namun, untuk memperkirakan debit yang akan keluar dapat dihitung dengan nilai K (Konduktivitas Hidrolik) berdasarkan jenis tanah. Jenis tanahnya berbentuk lanau dengan $K = 0.08$ m/hari. Reaktor direncanakan memiliki dimensi yang sama, namun debitnya berbeda sesuai dengan HRTnya nanti ketika running.

Direncanakan :

- $K = 0.08$ m/hari
 - Diameter = 7.5 cm
 - $A = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (7.5)^2$
 - $A = 5.89$ cm² = 0.059 m²
- Debit = $K \times A$
= 45 m/hari x 0.059 m²
= 0.00472 m³/hari
= 4.72 cm³/hari

Diperkirakan debit aliran yang keluar dari reaktor sekitar 2.65m³/hari. Nilai ini mendekati dengan nilai debit rata-rata yang didapatkan pada aliran *upflow* (pada Tabel 4.1).

“Halaman Ini Sengaja Dikосongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

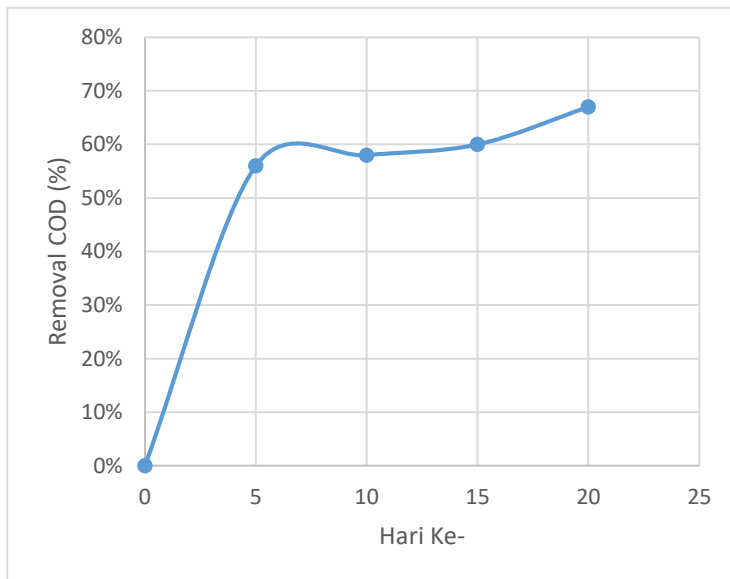
Penelitian ini dilaksanakan mulai tanggal 14 Oktober 2019 hingga 29 Desember 2019. Penelitian ini dilaksanakan pada beberapa tempat antara lain *Workshop* dan Laboratorium Pemulihan Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 4 reaktor yang terdiri dari dua reaktor limbah dan dua reaktor limbah dengan arah aliran yang *upflow* dan *downflow* di masing-masing reaktor. Reaktor dioperasikan dengan menggunakan selang dialirkan secara gravitasi dengan ketinggian yang berbeda dari reaktor ke bak penampung limbah dan kran air sebagai kontrol. Sampel diambil ketika sebelum *running* dan setelah *running* kemudian dilakukan uji terhadap parameter-parameter, antara lain Kandungan COD, kandungan BOD, dan *Total Coliform*. Tahap penelitian ini terdiri dari tahap aklimatisasi untuk proses adaptasi mikroorganisme dalam reaktor supaya mampu mengolah limbah dengan konsentrasi yang ditentukan dan tahap *running* reaktor untuk memperoleh data pada saat penelitian.

4.1 Tahap Aklimatisasi

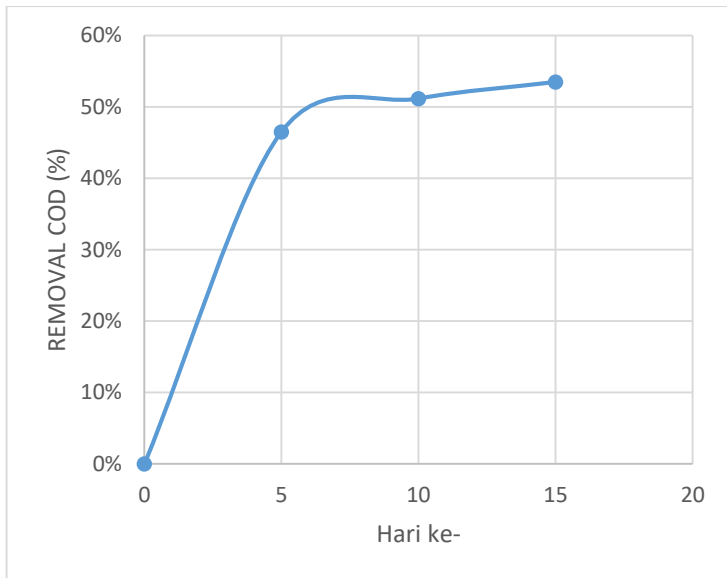
Sebelum dilakukan pengujian, dalam reaktor terlebih dahulu dilakukan proses aklimatisasi. Aklimatisasi adalah suatu proses penyesuaian diri bagi mikroorganisme dengan menambahkan limbah yang mengandung senyawa organik yang ditingkatkan secara bertahap dengan tujuan agar mikroorganisme dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan ketika proses *running* pada reaktor (Muluwati, 2015). Pada tahap aklimatisasi, persentase pengurangan kadar pencemar organik tidak boleh lebih dari 10%. Selama proses aklimatisasi hal-hal yang harus diperhatikan adalah kadar suhu air dan pH. Pada masa aklimatisasi dilakukan pemeriksaan BOD, COD dan *Total Coliform* dengan pengambilan sampel setiap tiga hari sekali. Dari data tersebut apabila kondisi *Steady State* telah tercapai, yaitu dengan melihat fluktuasi efisiensi penurunan yang cenderung konstan. Tahap aklimatisasi berlangsung selama 20 hari untuk reaktor *upflow* dan 15 hari untuk reaktor *downflow* Dimulai dari konsentrasi

kurang lebih 700 mg/L kemudian setiap harinya ditingkatkan hingga mencapai konsentrasi kurang lebih 1000 mg/L

Proses aklimatisasi dilakukan dengan cara mengalirkan limbah dengan konsentrasi yang telah ditentukan dalam reaktor secara gravitasi dan dilakukan pengambilan sampel diawal proses dan diakhir proses untuk diuji kandungan CODnya. Batasan dari proses aklimatisasi adalah kestabilan dari efisiensi penurunan kadar COD pada limbah. Menurut Herald (2010), titik akhir dari proses aklimatisasi adalah ketika efisiensi penurunan kadar COD mencapai angka stabil dengan tingkat fluktuasi kurang lebih 10%. Berikut nilai removal selama aklimatisasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 smpai 4.2.



Gambar 4. 1 Hasil Proses Aklimatisasi Waktu 20 hari untuk reaktor Upflow Limbah



Gambar 4. 2 Hasil Proses Aklimatisasi Waktu 15 hari untuk reaktor Downflow Limbah

Dari kedua gambar diatas, titik stabil efisiensi penurunan kadar COD pada air limbah terjadi pada 7 hari terakhir dengan tingkat fluktuasi kurang lebih 10%. Reaktor tersebut bekerja dalam kondisi anaerobic, sehingga prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme anaerobik untuk mendegradasi senyawa organik dalam air limbah.

4.2 Pengaruh variasi upflow dan downflow terhadap debit aliran

Debit adalah volume per satuan waktu. Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan limpasan air dari titik terjauh menuju titik kontrol yang ditinjau (Barid dan Yakob, 2007). Perhitungan debit air dilakukan untuk mengetahui laju aliran yang keluar dari masing-masing reaktor. sistem upflow dengan aliran dari bawah ke atas dan sistem downflow dengan arah aliran dari atas ke bawah dapat mempengaruhi debit yang keluar dari masing-masing reaktor dengan tiga titik kedalaman yang berbeda yaitu 100 cm, 75

cm dan 50 cm.

Menurut Soemarto(1987) debit diartikan sebagai volume air yang mengalir per satuan waktu, yaitu: $Q = V : t$

Keterangan :

Q = Debit air ($m^3/detik$)

t = Waktu yang dibutuhkan (detik)

V = Volume yang tertampung (m^3)

Untuk mengetahui debit dari reaktor, disini mengukurnya dengan cara jumlah volume yang tertampung dalam satuan waktu dengan pengecekan secara bertahap setiap harinya. Analisis untuk melihat tingkat laju aliran yang keluar dari masing-masing reaktor agar dapat menyesuaikan dengan jumlah sampel yang akan diambil setiap minggunya. Hasil data debit dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 4. 1 Hasil Debit sistem aliran upflow

	Minggu ke-	Kedalaman	Volume (mL)	Waktu (hari)	Debit (mL/hari)
UPFLOW REAKTOR KONTROL	0	100 cm	9.8	7	1.40
	1		10.2	6	1.70
	2		10	7	1.43
	3		10.1	7	1.44
	4		9.7	6	1.62
	0	75 cm	11.1	5	2.22
	1		10.2	4	2.55
	2		10	5	2.00
	3		8.7	5	1.74
	4		9.2	4	2.30
	0	50 cm	15	3	5.00
	1		12.2	4	3.05
	2		13.8	3	4.60
	3		14	4	3.50
	4		14.1	4	3.53

Tabel 4. 2 Lanjutan

	Minggu ke-	Kedalaman	Volume (mL)	Waktu (hari)	Debit (mL/hari)
UPFLOW REAKTOR LIMBAH	0	100 cm	9.2	8	1.15
	1		9.5	8	1.19
	2		10.2	9	1.13
	3		8.7	8	1.09
	4		9.9	7	1.41
	0	75 cm	10.1	6	1.68
	1		8.9	5	1.78
	2		10	6	1.67
	3		9.4	6	1.57
	4		8.5	5	1.70
	0	50 cm	15	4	3.75
	1		12.2	4	3.05
	2		13.8	3	4.60
	3		14	4	3.50
	4		14.1	4	3.53

Pada tael 4.1 di atas diketahui reaktor dengan sistem upflow kecepatan alirnya lebih kecil dengan rata-rata debit untuk upflow reaktor kontrol yaitu 2.54 mL/hari dan debit rata-rata reaktor limbah yaitu 2.19 mL/hari dibandingkan dengan kecepatan aliran downflow yang bisa dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 3 Hasil Debit sistem aliran Downflow

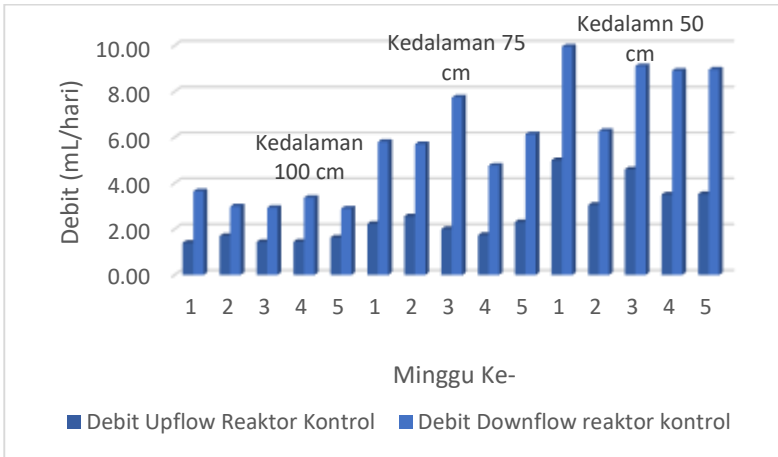
	Minggu Ke-	Kedalaman	Volume (mL)	Waktu (Hari)	Debit (mL/Hari)
DOWNFLOW REAKTOR KONTROL	0	100 cm	18.2	5	3.64
	1		17.9	6	2.98
	2		17.5	6	2.92
	3		16.8	5	3.36
	4		17.3	6	2.88

Tabel 4. 4 Lanjutan

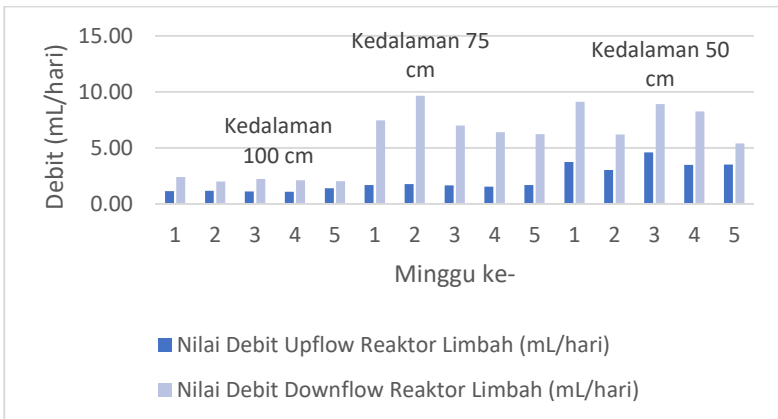
	Minggu ke-	Kedalaman	Volume (mL)	Waktu (hari)	Debit (mL/hari)
	0	75 cm	23.2	4	5.80
	1		22.8	4	5.70
	2		23.2	3	7.73
	3		23.8	5	4.76
	4		24.5	4	6.13
	0	50 cm	19.9	2	9.95
	1		18.8	3	6.27
	2		18.2	2	9.10
	3		17.8	2	8.90
	4		17.9	2	8.95
DOWNFLOW REAKTOR LIMBAH	0	100 cm	19.2	8	2.40
	1		18.2	9	2.02
	2		17.9	8	2.24
	3		17	8	2.13
	4		18.3	9	2.03
	0	75 cm	22.4	3	7.47
	1		19.3	2	9.65
	2		21	3	7.00
	3		19.2	3	6.40
	4		18.7	3	6.23
	0	50 cm	18.2	2	9.10
	1		18.6	3	6.20
	2		17.8	2	8.90
	3		16.5	2	8.25
	4		16.2	3	5.40

Nilai debit yang didapatkan untuk sistem aliran downflow lebih besar dibandingkan sistem aliran upflow. Debit rata-rata yang didapatkan reaktor kontrolnya yaitu 5.94 mL/hari dan untuk reaktor

limbahnya yaitu 5.69 mL/hari dapat dilihat nilai perminggunya dari Gambar 4.3 dan 4.4 dibawah ini.



Gambar 4. 3 Perbandingan Nilai Debit sistem aliran upflow dan downflow Reaktor Kontrol



Gambar 4. 4 Perbandingan Nilai Debit sistem aliran upflow dan downflow Reaktor Limbah

Dari analisis tersebut baik melalui Tabel diatas, pada reaktor kontrol maupun reaktor limbah dapat disimpulkan bahwa laju aliran dalam reaktor melalui media sangat bervariasi. Terlihat

bahwa fluktuasi debit air yang mengalir pada reaktor berbeda-beda hal ini dilihat dari adanya perbedaan nilai debit maksimum maupun nilai debit minimum selama periode penelitian. Fluktuasi Debit yang keluar dimungkinkan oleh adanya proses yang terjadi dalam media sehingga debit yang keluar pun terbilang sedikit, rata-rata 4.24 mL/hari untuk reaktor kontrol dan 3.94 mL/hari untuk reaktor limbah. Debit yang keluar dari aliran reaktor sistem upflow rata-ratanya mencapai 2.36 mL/hari. Nilai ini lebih rendah dari sistem aliran downflow yang rata-rata nilai debitnya yaitu mencapai 7.1 mL/hari. Nilai yang didapatkan pada kedalaman 100 cm lebih sedikit daripada nilai yang didapatkan pada kedalaman 75cm dan 50 cm. jadi semakin dalam maka, semakin sedikit yang volume yang dikeluarkan diakibatkan faktor kedalaman media.

4.3 Pengaruh variasi upflow dan downflow terhadap nilai senyawa organik pada reaktor

4.3.1 Penurunan COD (Chemical Oxygen Demand)

Adapun hasil pemeriksaan di Laboratorium pemulihan air Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, hasil parameter COD dapat dilihat pada Tabel 4.4 untuk sistem aliran Downflow dan pada Tabel 4.4 dan 4.5 untuk sistem aliran Upflow dengan analisa awal untuk sampel kran yaitu 28 mg/L dan sampel limbah yaitu 1720 mg/L.

Tabel 4. 5 Hasil Parameter COD (mg/L) pada sistem aliran Downflow

Minggu ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN	
		ANALISA AKHIR (mg/L)	Removal COD
1	100 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	920	-3186%
2		840	-2900%
3		800	-2757%
4		680	-2329%
5		600	-2043%
1	75 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1000	-3471%
2		920	-3186%
3		840	-2900%

Tabel 4. 6 Lanjutan

Minggu ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN	
		ANALISA AKHIR (mg/L)	Removal COD
4		760	-2614%
5		680	-2329%
1		1080	-3757%
2		1040	-3614%
3		1000	-3471%
4	50 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	800	-2757%
5		760	-2614%
1		1000	42%
2		920	47%
3		840	51%
4	100 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	800	53%
5		760	56%
1		1120	35%
2		1080	37%
3		1000	42%
4	75 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	880	49%
5		840	51%
1		1240	28%
2		1200	30%
3		1000	42%
4	50 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	920	47%
5		840	51%

Tabel 4. 7 Hasil Parameter COD (mg/L) pada reaktor sistem aliran Upflow

Minggu ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN	
		ANALISA AKHIR (mg/L)	Removal COD
1	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	880	-3043%
2		800	-2757%
3		720	-2471%
4		640	-2186%
5		520	-1757%
1	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	920	-3186%
2		840	-2900%
3		760	-2614%

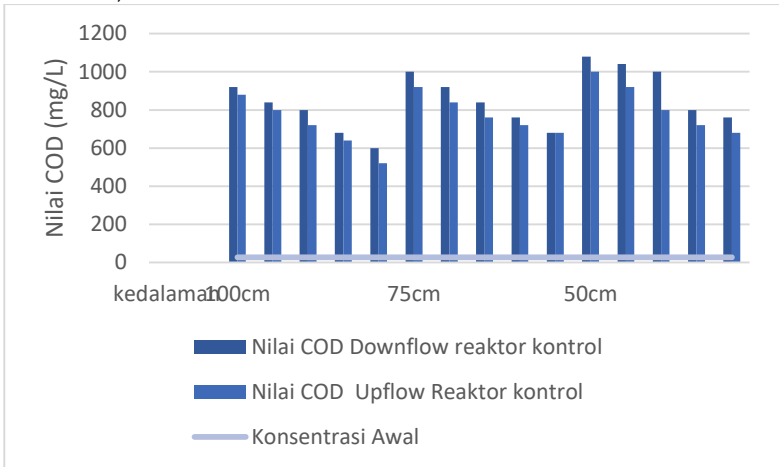
Tabel 4. 8 Lanjutan

Minggu ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN	
		ANALISA AKHIR (mg/L)	Removal COD
4		720	-2471%
5		680	-2329%
1	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	1000	-3471%
2		920	-3186%
3		800	-2757%
4		720	-2471%
5		680	-2329%
1	100 cm Reaktor Limbah UPFLOW	920	47%
2		760	56%
3		720	58%
4		680	60%
5		560	67%
1	75 cm Reaktor Limbah UPFLOW	1320	23%
2		1280	26%
3		1000	42%
4		960	44%
5		920	47%
1	50 cm Reaktor Limbah UPFLOW	1320	23%
2		1280	26%
3		1160	33%
4		1040	40%
5		960	44%

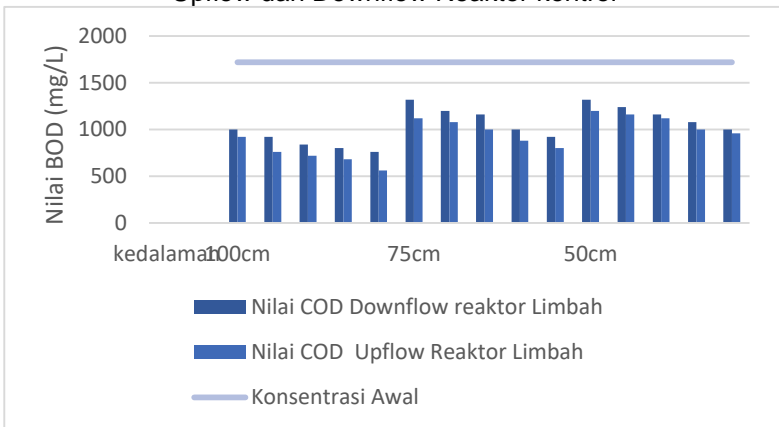
Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri Keputusan, nilai baku mutu COD pada sampel air limbah domestic yakni 100 mg/l sedang hasil yang didapatkan rata-rata 811 mg/L untuk reaktor kontrol dan 977 mg/L untuk reaktor limbah dan keduanya telah melebihi baku mutu yang diperbolehkan. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan media tanah mampu dalam menurunkan beban pencemar seperti COD dalam waktu 5 minggu.

Mengingat percobaan dilakukan dengan sistem kontinyu, maka dalam bak reaktor dapat terjadi penambahan nutrient baru

dari limbah asli setiap kali running yang dapat mendukung kehidupan mikroorganismenya. Pada akhir minggu keempat percobaan dengan media telah mencapai titik Steady State terhadap Efisiensi Penurunan nilai COD. Berikut Persen penurunan removal Nilai COD terhadap nilai COD pada upflow downflow, Kedalaman dan Waktu.



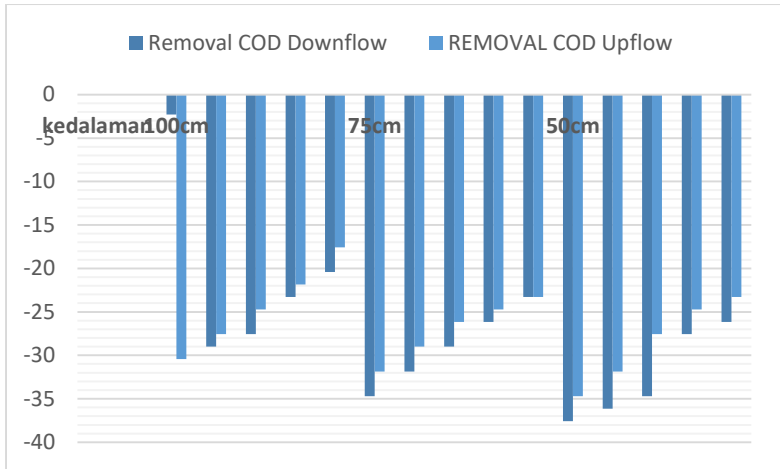
Gambar 4. 5 Nilai Rata-Rata Removal COD terhadap Nilai COD Upflow dan Downflow Reaktor kontrol



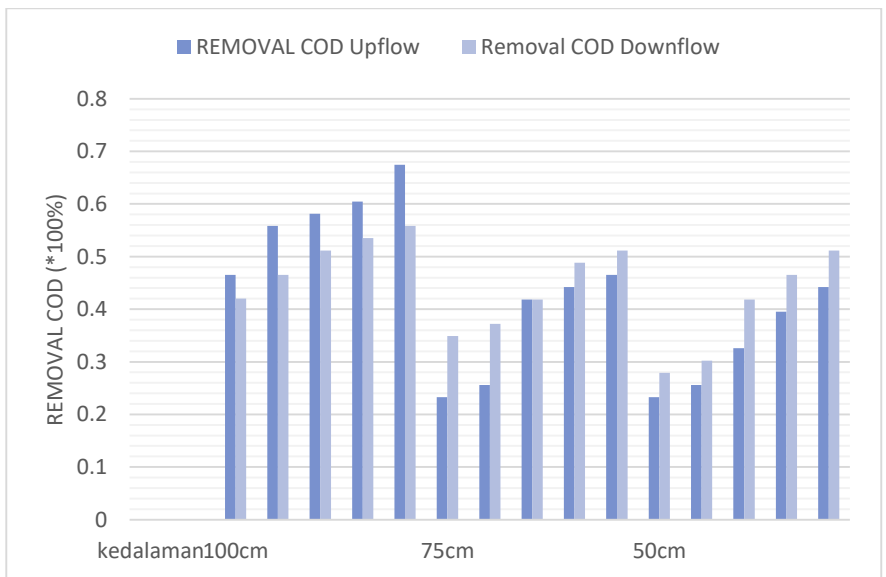
Gambar 4. 6 Nilai Rata-Rata Removal COD terhadap Nilai COD Upflow dan Downflow Reaktor Limbah

Dari Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 diatas dapat dilihat, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan media tanah mampu menurunkan beban pencemar seperti COD. Nilai COD yang didapatkan tiap minggunya semakin menurun. Untuk reaktor sistem upflow lebih menghasilkan nilai rata-rata penurunan COD yang lebih rendah yaitu 773 mg/L dibandingkan dengan nilai reaktor downflow menghasilkan nilai rata-rata 844 mg/ untuk reaktobr kontrol dan sama halnya reaktor limbah dengan nilai yang leih tinggi dari reaktor kontrol yakni untuk sistem upflow rata-rata nilai penurunan COD mecapai 924 mg/L dan untuk reaktor downflow 992 mg/L. ini dikarenakan waktu tinggal dari kedua sistem aliran berbeda dengan laju aliran yang berbeda. Semakin lama waku tinggal dalam reaktor maka seiring itu pula terjadi penurunan nilai COD dan BOD. Namun, Untuk reaktor kontrol menghasilkan Removal yang negative dikarenakan hasil akhir analisisnya lebih tinggi dari hasil awalnya yaitu 280 mg/L. Peningkatan nilai efisiensi COD pada reaktor Kontrol ini terjadi akibat di dalam reaktor lontrol, air Kran mengalami suatu proses penguraian materi organik yang dilakukan oleh mikroorganisme melalui media tanah. Menurut (Said, 2005). Pada Penelitian ini media tanah tersebut mampu menguraikan zat organik yang terdapat pada limbah juga. Tetapi berbeda dengan reaktor Limbah, nilai penurunannya semakin hari semakin turun karena pencampuran antara materi organik yang diawa oleh air limbah dan materi organic yang dibawah oleh tanah menghasilkan nilai senyawa organic COD lebih rendah dari awalnya. Pada penelitian ini, influent akan melakukan kontak dengan mediasehingga terjadi proses biokimia, akibatnya bahan organik yang terdapat dalam limbah dapat diturunkan kandungannya. (Metcalf dan Eddy, 2003).

Untuk melihat removal penurunan COD terhadap kedalaman reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8

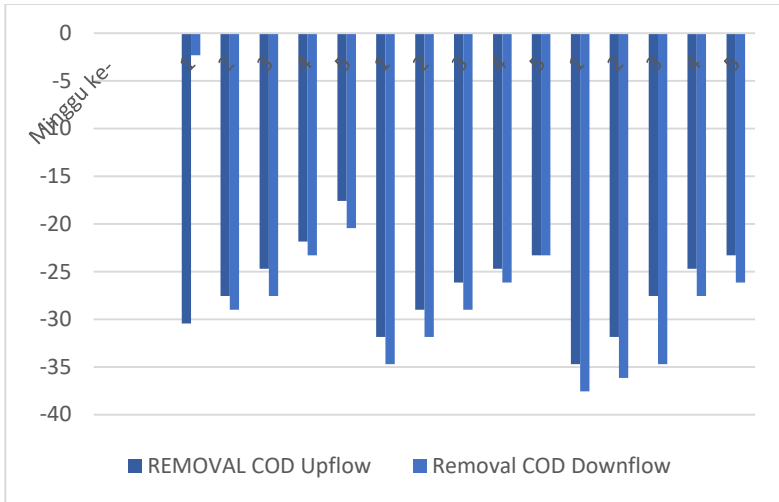


Gambar 4. 7 Nilai Removal COD Terhadap Kedalaman Reaktor Kontrol

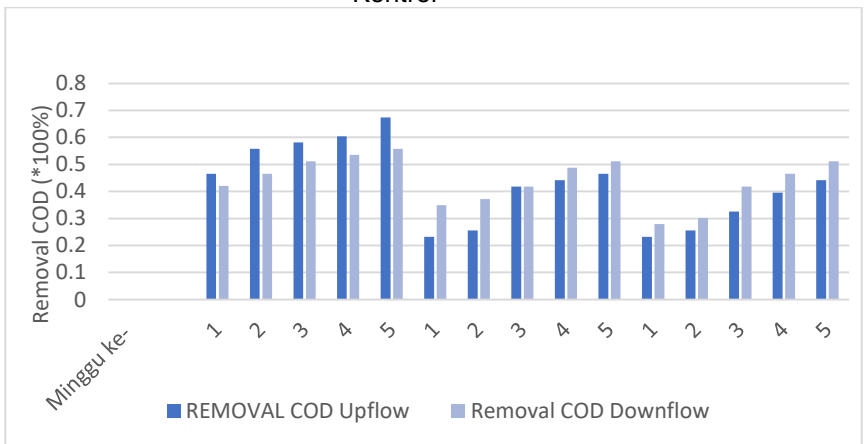


Gambar 4. 8 Nilai Removal COD Terhadap Kedalaman Reaktor Limbah

Dari Gambar 4.7 dan 4.8 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kedalaman tanah maka semakin tinggi nilai removalnya begitupula pada waktunya. Dapat dilihat dalam Gambar 4.9 dan 4.10 dibawah ini.



Gambar 4. 9 Nilai Removal COD Terhadap Waktu Reaktor Kontrol



Gambar 4. 10 Nilai Removal COD Terhadap Waktu Reaktor Limbah

Dari Keseluruhan Gambar diatas dapat dilihat, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan media tanah mampu dalam menurunkan beban pencemar seperti COD. Untuk Gambar 4.9 dan 4.10 terlihat bahwa dapat menurunkan nilai senyawa organic COD dalam waktu 5 minggu. Untuk reaktor Kontrol efisiensi penurunannya rata-rata sebesar -2795%. Hasil analisisnya tiap minggu pesen removalnya meningkat dikarenakan nilai konsentrasi COD tiap minggunya juga meningkat. Namun, bernilai negatif. Peningkatan nilai dari air kran ini yang mengakibatkan removalnya negative karena prinsipnya air yang masuk ke media tanah mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses *adsorsi* serta filtrasi oleh batuan dan mineral yang terbawa di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air Limbah yang keluar dari tanah akan lebih jernih dari air awalnya. Sebaliknya air kran yang keluar dari tanah tidak sejernih awal karena ketika memasuki media tanah terbawa partikel-Partikel berbentuk *Dissolved Solid*. Oleh karena, itu ada pengaruh media didalamnya. Berikut hasil perhitungan Removal sebenarnya akibat Faktor media 4.5 dan 4.6 dibawah ini

Tabel 4.9 Nilai Konsentrasi COD Pada Media dihitung dari hasil Konsentrasi pada reaktor kontrol

ANALISA AWAL Reaktor Kontrol (mg/L)	Minggu Ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Kontrol (mg/L)	Rata-Rata analisa akhir Reaktor kontrol - Analisa Awal Reaktor Kontrol (A)
			ANALISA AKHIR Reaktor Kontrol (mg/L)	Removal COD		
28	1	100 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	920	-3186%	768	740
28	2		840	-2900%		
28	3		800	-2757%		
28	4		680	-2329%		
28	5		600	-2043%		
28	1	75 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1000	-3471%	840	812
28	2		920	-3186%		
28	3		840	-2900%		
28	4		760	-2614%		
28	5		680	-2329%		

Tabel 4.10 Lanjutan

ANALISA AWAL Reaktor Kontrol (mg/L)	Minggu Ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Kontrol (mg/L)	Rata-Rata analisa akhir Reaktor kontrol - Analisa Awal Reaktor Kontrol (A)
			ANALISA AKHIR Reaktor Kontrol (mg/L)	Removal COD		
28	1	50 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1080	-3757%	936	908
28	2		1040	-3614%		
28	3		1000	-3471%		
28	4		800	-2757%		
28	5		760	-2614%		
28	1	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	880	-3043%	712	684
28	2		800	-2757%		
28	3		720	-2471%		
28	4		640	-2186%		
28	5		520	-1757%		
28	1	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	920	-3186%	784	756
28	2		840	-2900%		
28	3		760	-2614%		
28	4		720	-2471%		
28	5		680	-2329%		
28	1	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	1000	-3471%	824	796
28	2		920	-3186%		
28	3		800	-2757%		
28	4		720	-2471%		
28	5		680	-2329%		

Dari tabel 4.5 diatas didapatkan nilai konsentrasi COD pada media sehingga dapat dihitung Removal COD air Limbah Karena Faktor Media yang didapatkan dari perhitungan pada Reaktor Kontrol. Berikut Hasil Removal COD yang terjadi pada Reaktor Limbah Karena faktor media dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.11 Hasil Removal COD yang terjadi pada Reaktor Limbah Karena faktor media

ANALISA AWAL Reaktor Limbah (mg/L)	Minggu Ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Limbah (mg/L)	Rata- Rata Analisa akhir Reaktor Limbah - A	Removal COD yang terjadi di Reaktor Limbah Karena Faktor Media
			ANALISA AKHIR Reaktor Limbah (mg/L)	Removal COD			
1720	1	100 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1000	42%	864	124	93%
1720	2		920	47%			
1720	3		840	51%			
1720	4		800	53%			
1720	5		760	56%			
1720	1	75 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1320	23%	1120	308	82%
1720	2		1200	30%			
1720	3		1160	33%			
1720	4		1000	42%			
1720	5		920	47%			
1720	1	50 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1320	23%	1160	252	85%
1720	2		1240	28%			
1720	3		1160	33%			
1720	4		1080	37%			
1720	5		1000	42%			
1720	1	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	920	47%	728	44	97%
1720	2		760	56%			
1720	3		720	58%			
1720	4		680	60%			
1720	5		560	67%			
1720	1	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	1120	35%	976	220	87%
1720	2		1080	37%			
1720	3		1000	42%			
1720	4		880	49%			
1720	5		800	53%			
1720	1	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	1200	30%	1088	292	83%
1720	2		1160	33%			
1720	3		1120	35%			
1720	4		1000	42%			
1720	5		960	44%			

Pada Tabel 4.6 didapatkan removal yang sebenarnya terjadi akibat faktor media. Media tanah yang membawa partikel-Partikel berbentuk *Dissolved Solid*. *Dissolved Solid* ini membawa padatan terlarut, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air ketika didalam media. Sehingga nilai konsentrasi akhir COD pada reaktor kontrol lebih besar dari analisis awalnya. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan mata telanjang (Situmorang, 2007).

Dari Tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk reaktor limbah sebenarnya meremoval rata-rata 88% dari hasil perhitungan karena faktor media yang didapatkan dari pengurangan antara rata-rata analisis akhir konsentrasi COD yang dikeluarkan reaktor limbah dengan konsentrasi COD pada media melalui perhitungan yang ditinjau dari reaktor kontrol. Sehingga menghasilkan removal yang lebih tinggi. Untuk reaktor limbah Hasil analisisnya tiap minggu pesen removalnya meningkat dikarenakan nilai konsentrasi COD tiap minggunya menurun. Peningkatan nilai efisiensi COD ini terjadi akibat di dalam reaktor air limbah mengalami suatu proses penguraian materi organik yang dilakukan oleh mikroorganismenya melalui media tanah. Mikroorganismenya melakukan berbagai aktivitas yang saling berinteraksi dengan faktor biotik maupun faktor abiotik (lingkungan) perannya dalam tanah sangat besar terutama dalam proses dekomposisi bahan organik menjadi unsur hara dan dalam bentuk gas seperti CO₂. Menurut (Said, 2005). Pada Penelitian ini media tanah tersebut mampu menguraikan zat organik yang terdapat pada limbah. Pada penelitian ini, influent akan melakukan kontak dengan mediasehingga terjadi proses biokimia, akibatnya bahan organik yang terdapat dalam limbah dapat diturunkan kandungannya. (Metcalf dan Eddy, 2003). Air yang masuk ke media tanah mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses *adsorsi* serta filtrasi oleh batuan dan mineral yang terbawa di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air Limbah yang keluar dari tanah akan lebih jernih dari air awalnya.

Untuk nilai keseluruhan bahwa efisiensi penurunan COD

yang optimal terjadi pada minggu ke 3 dan 4 baik pada reaktor kontrol maupun reaktor limbah. Pada minggu tersebut nilai COD mencapai nilai steady state dalam penurunan disinyalir karena terjadinya peningkatan biomassa mikroorganisme (dalam hal ini bakteri). Meningkatnya biomassa mikroorganisme akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme yang melekat pada rongga-rongga media tanah yang digunakan sebagai tempat tinggal mikroorganisme. Untuk reaktor sistem upflow lebih menghasilkan nilai rata-rata penurunan COD yang lebih rendah yaitu 773 mg/L dibandingkan dengan nilai reaktor downflow menghasilkan nilai rata-rata 844 mg/ untuk reaktor kontrol dan sama halnya reaktor limbah dengan nilai yang lebih tinggi dari reaktor kontrol yakni untuk sistem upflow rata-rata nilai penurunan COD mencapai 924 mg/L dan untuk reaktor downflow 992 mg/L. ini dikarenakan waktu tinggal dari kedua sistem aliran berbeda dengan laju aliran yang berbeda. Semakin lama waktu tinggal dalam reaktor maka seiring itu pula terjadi penurunan nilai COD dan BOD. Waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu unit pengolahan untuk mengolah air limbah sehingga mendegradasi kandungan organik sebelum air limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Waktu tinggal merupakan salah satu aspek yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi penyisihan kandungan COD, BOD (Susilo, *et. al.*, 2015).

Pada penelitian yang telah dilakukan, konsentrasi COD masih diatas Baku Mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri, nilai baku mutu COD pada sampel air limbah domestic yakni 100 mg/l, yaitu konsentrasi yang diperbolehkan untuk parameter COD. Dengan penurunan konsentrasi COD mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis).

4.4.2 Penurunan BOD (Biological Oxygen Demand)

Adapun hasil pemeriksaan berdasarkan hasil pemeriksaan di Laboratorium pemulihan air Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, hasil parameter

BOD dapat dilihat pada Tabel 4.6 untuk aliran downflow dan pada Tabel 4.7 untuk aliran upflow dengan hasil analisa awal nilai BOD kran air yaitu 12 mg/L dan air limbah yaitu 688 mg/L

Tabel 4. 12 Hasil Parameter BOD (mg/L) pada reaktor sistem aliran Downflow

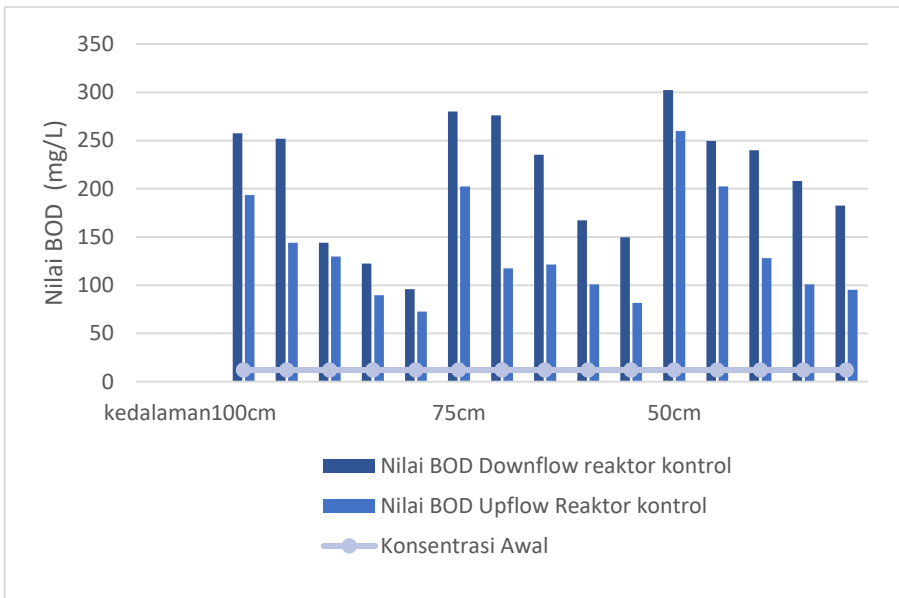
Minggu ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN	
		ANALISA AKHIR (mg/L)	Removal BOD
1	100 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	258	-2047%
2		252	-2000%
3		144	-1100%
4		122	-920%
5		96	-700%
1	75 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	280	-2233%
2		276	-2200%
3		235	-1860%
4		167	-1293%
5		150	-1147%
1	50 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	302	-2420%
2		250	-1980%
3		240	-1900%
4		208	-1633%
5		182	-1420%
1	100 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	320	539%
2		276	59%
3		151	78%
4		144	79%
5		122	82%
1	75 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	381	44%
2		367	46%
3		280	59%
4		194	71%
5		185	73%
1	50 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	347	49%
2		312	54%
3		300	56%
4		239	65%
5		202	70%

Tabel 4. 13 Hasil Parameter BOD (mg/L) pada sistem aliran upflow

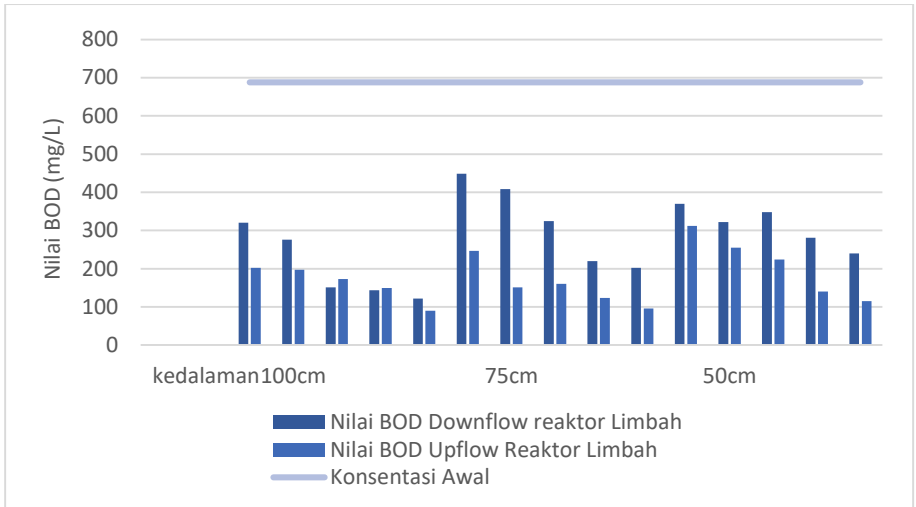
Minggu ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN	
		ANALISA AKHIR (mg/L)	REMOVAL BOD
1	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	194	-1513%
2		144	-1100%
3		130	-980%
4		90	-647%
5		73	-507%
1	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	202	-1587%
2		118	-880%
3		122	-913%
4		101	-740%
5		82	-580%
1	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	260	-2067%
2		202	-1587%
3		128	-967%
4		101	-740%
5		95	-693%
1	100 cm Reaktor Limbah UPFLOW	202	71%
2		198	71%
3		173	75%
4		150	78%
5		90	87%
1	75 cm Reaktor Limbah UPFLOW	290	58%
2		179	74%
3		160	77%
4		134	80%
5		110	84%
1	50 cm Reaktor Limbah UPFLOW	343	50%
2		282	59%
3		232	66%
4		146	79%
5		115	83%

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri Keputusan, nilai baku mutu BOD pada sampel air limbah domestik yakni 30 mg/l sedang hasil yang didapatkan rata-rata 173 mg/L untuk reaktor kontrol dan 221 mg/L untuk reaktor limbah dan keduanya telah melebihi baku mutu yang diperbolehkan. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan media tanah mampu dalam menurunkan beban pencemar seperti BOD dalam waktu 5 minggu.

Mengingat percobaan dilakukan dengan sistem kontinyu, maka dalam bak reaktor dapat terjadi penambahan nutrient baru dari limbah asli setiap kali running yang dapat mendukung kehidupan mikroorganismenya. Pada akhir minggu keempat percobaan dengan media telah mencapai titik Steady State terhadap Efisiensi Penurunan nilai BOD.



Gambar 4. 11 Nilai Rata-Rata Removal BOD terhadap Nilai BOD Upflow dan Downflow Reaktor Kontrol

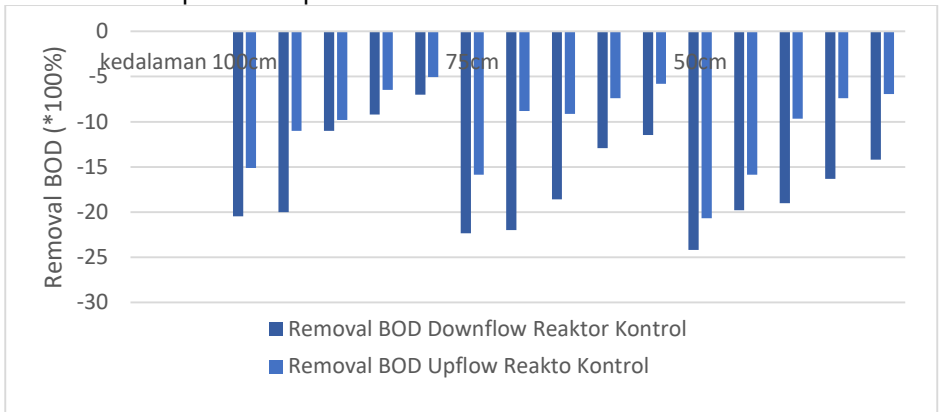


Gambar 4. 12 Nilai Rata-Rata Removal BOD terhadap Nilai BOD Upflow dan Downflow Reaktor Limbah

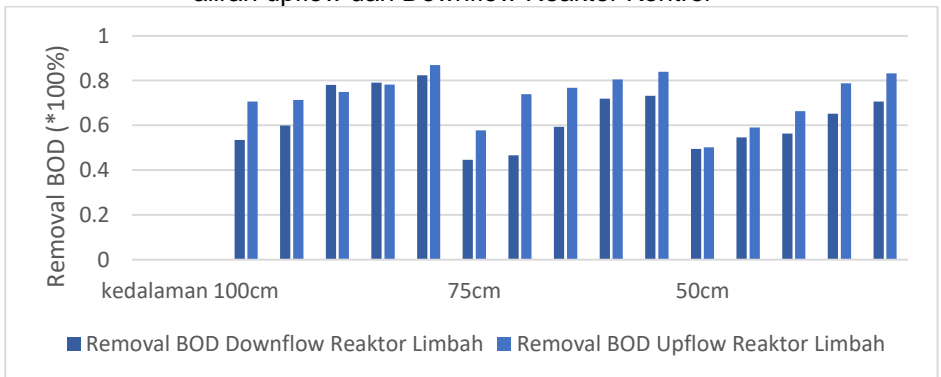
Dari Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 di atas dapat dilihat, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan media tanah mampu menurunkan beban pencemar seperti BOD. Nilai BOD yang didapatkan tiap minggunya semakin menurun. Untuk reaktor sistem upflow lebih menghasilkan nilai rata-rata penurunan BOD yang lebih rendah yaitu 136 mg/L dibandingkan dengan nilai reaktor downflow menghasilkan nilai rata-rata 211 mg/ untuk reaktor kontrol dan sama halnya reaktor limbah dengan nilai yang lebih tinggi dari reaktor kontrol yakni untuk sistem upflow rata-rata nilai penurunan BOD mencapai 255 mg/L dan untuk reaktor downflow 187 mg/L. ini dikarenakan waktu tinggal dari kedua sistem aliran berbeda dengan laju aliran yang berbeda. Semakin lama waktu tinggal dalam reaktor maka seiring itu pula terjadi penurunan nilai COD dan BOD. Namun, Untuk reaktor kontrol menghasilkan Removal yang negatif dikarenakan hasil akhir analisisnya lebih tinggi dari hasil awalnya yaitu 64 mg/L. Peningkatan nilai efisiensi COD pada reaktor Kontrol ini terjadi akibat di dalam reaktor kontrol, air Kran mengalami suatu proses penguraian materi organik yang dilakukan oleh mikroorganisme melalui media tanah. Menurut (Said, 2005). Pada Penelitian ini media tanah tersebut mampu menguraikan zat organik yang terdapat pada limbah juga. Tetapi berbeda dengan reaktor

Limbah, nilai penurunannya semakin hari semakin turun disebabkan karena pencampuran antara materi organik yang dibawa oleh air limbah dan materi organik yang dibawa oleh tanah menghasilkan nilai senyawa organik COD ataupun BOD lebih rendah dari awalnya. Pada penelitian ini, influent akan melakukan kontak dengan media sehingga terjadi proses biokimia, akibatnya bahan organik yang terdapat dalam limbah dapat diturunkan kandungannya. (Metcalf dan Eddy, 2003).

Untuk melihat removal penurunan BOD terhadap kedalaman reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan 4.14

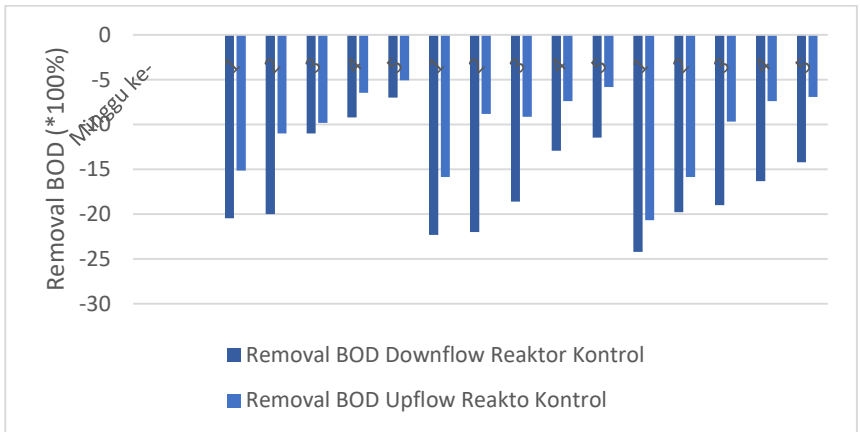


Gambar 4. 13 Nilai Removal BOD terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol

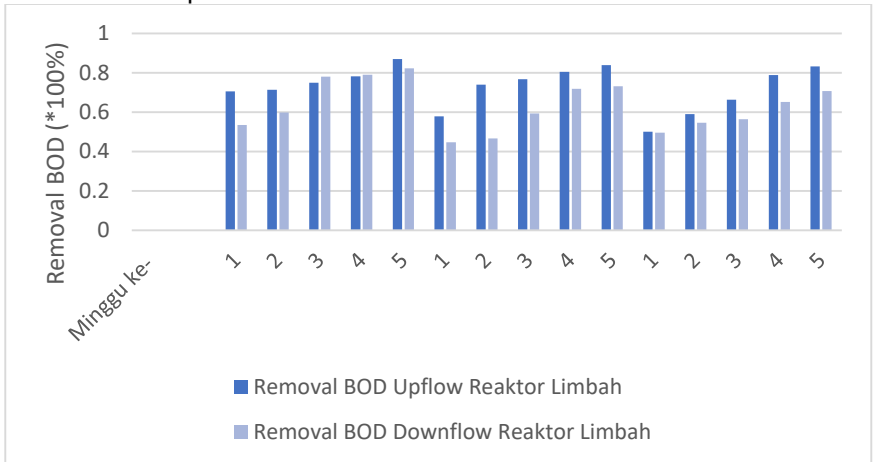


Gambar 4. 14 Nilai Removal BOD terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah

Dari Gambar 4.13 dan 4.14 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kedalaman tanah maka semakin tinggi nilai removalnya begitupula pada waktunya. Dapat dilihat dalam Gambar 4.15 dan 4.16 dibawah ini.



Gambar 4. 15 Nilai Removal BOD terhadap Waktu sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol



Gambar 4. 16 Nilai Removal BOD terhadap Waktu sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah

Untuk reaktor kontrol efisiensi penurunannya rata-rata sebesar -171%. Hasil analisisnya tiap minggu pesen removalnya Meningkat dikarenakan nilai konsentrasi BOD tiap minggunya Meningkat. Peningkatan nilai dari air kran ini yang mengakibatkan removalnya negative karena prinsipnya air yang masuk ke media tanah mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses *adsorsi* serta filtrasi oleh batuan dan mineral yang terbawa di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air Limbah yang keluar dari tanah akan lebih jernih dari air awalnya. Sebaliknya air kran yang keluar dari tanah tidak sejinah awal karena ketika memasuki media tanah terbawa partikel-Partikel berbentuk *Dissolved Solid*. Oleh karena, itu ada pengaruh media didalamnya. Berikut hasil perhitungan Removal sebenarnya akibat Faktor media 4.9 dan 4.10 dibawah ini

Tabel 4. 14 Nilai Konsentrasi BOD Pada Media dihitung dari hasil Konsentrasi pada reaktor kontrol

ANALISA AWAL Reaktor Kontrol (mg/L)	Minggu Ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Kontrol (mg/L)	Rata-Rata analisa akhir Reaktor kontrol - Analisa Awal Reaktor Kontrol (A)
			ANALISA AKHIR Reaktor Kontrol (mg/L)	Removal BOD		
12	0	100 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	258	-2047%	174	162
12	1		252	-2000%		
12	2		144	-1100%		
12	3		122	-920%		
12	4		96	-700%		
12	0	75 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	280	-2233%	222	210
12	1		276	-2200%		
12	2		235	-1860%		
12	3		167	-1293%		
12	4		150	-1147%		
12	0	50 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	302	-2420%	236	224
12	1		250	-1980%		
12	2		240	-1900%		
12	3		208	-1633%		
12	4		182	-1420%		
12	0	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	194	-1513%	126	114
12	1		144	-1100%		
12	2		130	-980%		
12	3		90	-647%		
12	4		73	-507%		

Tabel 4. 15 Lanjutan

ANALISA AWAL Reaktor Kontrol (mg/L)	Minggu Ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Kontrol (mg/L)	Rata-Rata analisa akhir Reaktor kontrol - Analisa Awal Reaktor Kontrol (A)
			ANALISA AKHIR Reaktor Kontrol (mg/L)	Removal BOD		
12	0	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	202	-1587%	125	113
12	1		118	-880%		
12	2		122	-913%		
12	3		101	-740%		
12	4		82	-580%		
12	0	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	260	-2067%	157	145
12	1		202	-1587%		
12	2		128	-967%		
12	3		101	-740%		
12	4		95	-693%		

Dari tabel 4.9 diatas didapatkan nilai konsentrasi BOD pada media sehingga dapat dihitung Removal BOD air Limbah Karena Faktor Media yang didapatkan dari perhitungan pada Reaktor Kontrol. Berikut Hasil Removal BOD yang terjadi pada Reaktor Limbah Karena faktor media dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4. 16 Hasil Removal BOD yang terjadi pada Reaktor Limbah Karena faktor media

Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata- Rata Analisa akhir Reaktor Limbah (mg/L)	Rata- Rata Analisa akhir Reaktor Limbah - A (mg/L)	Removal BOD yang terjadi Karena Faktor Media Pada Reaktor Limbah
	ANALISA AKHIR Reaktor Limbah (mg/L)	Removal BOD			
100 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	320	53%	203	40	94%
	276	60%			
	151	78%			
	144	79%			
	122	82%			
75 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	449	35%	321	111	84%
	408	41%			
	325	53%			
	220	68%			
	202	71%			

Tabel 4. 17 Lanjutan

Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata- Rata Analisa akhir Reaktor Limbah (mg/L)	Rata- Rata Analisa akhir Reaktor Limbah - A (mg/L)	Removal BOD yang terjadi Karena Faktor Media Pada Reaktor Limbah
	ANALISA AKHIR Reaktor Limbah (mg/L)	Removal BOD			
50 cm Reaktor Limbah DOWNFLOW	370	46%	312	88	87%
	322	53%			
	348	49%			
	281	59%			
	240	65%			
100 cm Reaktor Limbah UPFLOW	202	71%	162	48	93%
	198	71%			
	173	75%			
	150	78%			
	90	87%			
75 cm Reaktor Limbah UPFLOW	246	64%	155	43	94%
	151	78%			
	160	77%			
	123	82%			
	96	86%			
50 cm Reaktor Limbah UPFLOW	312	55%	209	64	91%
	255	63%			
	224	67%			
	140	80%			
	115	83%			

Pada Tabel 4.10 didapatkan removal yang sebenarnya terjadi akibat faktor media. Media tanah yang membawa partikel-Partikel berbentuk *Dissolved Solid*. *Dissolved Solid ini membawa padatan terlarut*, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air ketika didalam media. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan mata telanjang (Situmorang, 2007).

Dari Tabel diatas dapat dilihat bahwa untuk reaktor limbah sebenarnya meremoval rata-rata 90% dari hasil perhitungan karena faktor media yang didapatkan dari pengurangan antara rata-

rata analisis akhir konsentrasi BOD yang dikeluarkan reaktor limbah dengan konsentrasi BOD pada media melalui perhitungan yang ditinjau dari reaktor kontrol. Sehingga menghasilkan removal yang lebih tinggi. Untuk reaktor limbah Hasil analisisnya tiap minggu pesen removalnya meningkat dikarenakan nilai konsentrasi BOD tiap minggunya menurun. Peningkatan nilai efisiensi BOD ini terjadi akibat di dalam reaktor air limbah mengalami suatu proses penguraian materi organik yang dilakukan oleh mikroorganisme melalui media tanah. Mikroorganisme melakukan berbagai aktivitas yang saling berinteraksi dengan faktor biotik maupun faktor abiotik (lingkungan) perannya dalam tanah sangat besar terutama dalam proses dekomposisi bahan organik menjadi unsur hara dan dalam bentuk gas seperti CO₂. Menurut (Said, 2005). Pada Penelitian ini media tanah tersebut mampu menguraikan zat organik yang terdapat pada limbah. Pada penelitian ini, influent akan melakukan kontak dengan media sehingga terjadi proses biokimia, akibatnya bahan organik yang terdapat dalam limbah dapat diturunkan kandungannya. (Metcalf dan Eddy, 2003). Air yang masuk ke media tanah mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses *adsorpsi* serta filtrasi oleh batuan dan mineral yang terbawa di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air Limbah yang keluar dari tanah akan lebih jernih dari air awalnya.

Dari Gambar 4.11 sampai 4.14 diatas dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan BOD yang optimal juga terjadi pada minggu ke 3 dan 4 baik pada reaktor kontrol maupun reaktor limbah. Pada minggu tersebut nilai BOD mencapai nilai steady state dalam penurunan disinyalir juga karena terjadinya peningkatan biomassa mikroorganisme (dalam hal ini bakteri). Meningkatnya biomassa mikroorganisme akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme yang melekat pada rongga-rongga media tanah yang digunakan sebagai tempat tinggal mikroorganisme. Untuk reaktor sistem upflow lebih menghasilkan nilai rata-rata penurunan BOD yang lebih rendah yaitu 136 mg/L dibandingkan dengan nilai reaktor downflow menghasilkan nilai rata-rata 211 mg/ untuk reaktor kontrol dan sama halnya reaktor limbah dengan nilai yang lebih tinggi dari reaktor kontrol yakni untuk sistem upflow rata-rata nilai penurunan BOD mencapai 255 mg/L

dan untuk reaktor downflow 187 mg/L. ini dikarenakan waktu tinggal dari kedua sistem aliran berbeda dengan laju aliran yang berbeda. Semakin lama waktu tinggal dalam reaktor maka seiring itu pula terjadi penurunan nilai COD dan BOD. Waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu unit pengolahan untuk mengolah air limbah sehingga mendegradasi kandungan organik sebelum air limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Waktu tinggal merupakan salah satu aspek yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi penyisihan kandungan COD, BOD (Susilo, *et. al.*, 2015).

Pada penelitian yang telah dilakukan, konsentrasi BOD masih diatas Baku Mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri, nilai baku mutu COD pada sampel air limbah domestic yakni 30 mg/l, yaitu konsentrasi yang diperbolehkan untuk parameter COD. Dengan penurunan konsentrasi COD mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat *biodegradable* (dapat terdegradasi secara biologis).

4.4 Pengaruh variasi upflow dan downflow terhadap nilai Total Coliform

Total bakteri koliform biasa terjadi di lingkungan (tanah atau vegetasi) dan umumnya tidak berbahaya. Jika laboratorium hanya mendeteksi bakteri koliform total dalam air minum, sumbernya kemungkinan kontaminasi lingkungan dan kotoran tidak mungkin terjadi. Namun, jika pencemaran lingkungan bisa masuk sistem, patogen bisa masuk juga. Penting untuk menemukan dan mengatasi sumber kontaminasi. Bakteri Coliform fecal adalah sub kelompok bakteri coliform total. Mereka ada di usus dan kotoran manusia dan hewan (WA Depth Health, 2016). Bakteri Koliform Bakteri E. Coli merupakan kelompok bakteri Coliform, semakin tinggi tingkat kontaminasi bakteri Coliform semakin tinggi pula resiko kehadiran bakteri patogen lainnya yang biasa hidup dalam kotoran manusia yang dapat menyebabkan diare. Tingginya tingkat penyakit diare berkaitan dengan bakteri E. Coli yang terdapat di Indonesia, khususnya dikota-kota kecil. Minimnya

pengetahuan masyarakat awam tentang bahaya akan bakteri E. Coli mengakibatkan kurangnya kesadaran untuk mendeteksi dan mengambil langkah-langkah pencegahan terhadap bakteri tersebut (Santoso, 2008). E. Coli merupakan bakteri komensal yang dapat bersifat patogen, bertindak sebagai penyebab utama morbiditas dan mortalitas diseluruh dunia (Tenailon dkk., 2010). MPN adalah metode enumerasi mikroorganisme yang menggunakan data dari hasil pertumbuhan mikroorganisme pada medium cair spesifik dalam seri tabung yang ditanam dari sampel padat atau cair sehingga dihasilkan kisaran jumlah mikroorganisme dalam jumlah perkiraan terdekat (Harti, 2015). Berdasarkan Baku Mutu Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Untuk parameter bakteri koliform maupun E. Coli keberadaannya tidak diperbolehkan ada di dalam air minum, maka dilakukan penelitian mengenai kualitas air tanah secara bakteriologis yang dikaitkan dengan keadaan sanitasi lingkungan sekitar serta mengukur pola distribusi bakteri koliform dan E. Coli. Berikut hasil perhitungan bakteri coliform pada reaktor limbah dan reaktor kontrol dengan Metode MPN

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Bakteri Coliform Pada Reaktor Kontrol Setiap Minggunya

Sistem Aliran Reaktor	Minggu ke-	Kedalaman	Analisa Awal	Nilai Coliform Reaktor Kontrol	removal coliform
UPFLOW	1	100 cm	2	20	-900%
	2		2	21	-950%
	3		2	12	-500%
	4		2	10	-400%
	5		2	8	-300%
	1	75 cm	2	30	-1400%
	2		2	27	-1250%
	3		2	22	-1000%
	4		2	18	-800%
	5		2	12	-500%
	1	50 cm	2	32	-1500%
	2		2	30	-1400%
	3		2	28	-1300%
	4		2	22	-1000%
	5		2	20	-900%

Tabel 4.19 Lanjutan

Sistem Aliran Reaktor	Minggu ke-	Kedalaman	Analisa Awal	Nilai Coliform Reaktor Kontrol	removal coliform
DOWNFLOW	1	100 cm	2	22	-1000%
	2		2	18	-800%
	3		2	9	-350%
	4		2	9	-350%
	5		2	7	-250%
	1	75 cm	2	25	-1150%
	2		2	21	-950%
	3		2	18	-800%
	4		2	12	-500%
	5		2	10	-400%
	1	50 cm	2	29	-1350%
	2		2	26	-1200%
	3		2	26	-1200%
	4		2	20	-900%
	5		2	18	-800%

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Bakteri Coliform Pada Reaktor Limbah Setiap Minggunya

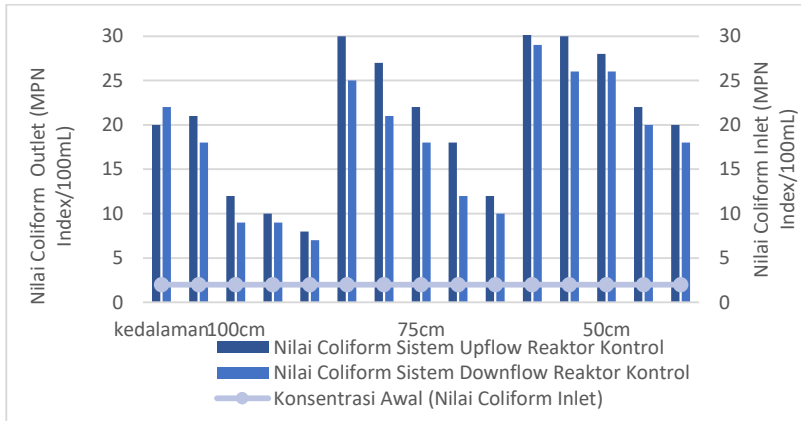
Sistem Aliran Reaktor	Minggu ke-	Kedalaman	Analisa Awal	Nilai Coliform Reaktor Limbah	removal coliform
UPFLOW	1	100 cm	1700	31	98%
	2		1700	28	98%
	3		1700	26	98%
	4		1700	25	99%
	5		1700	23	99%
	1	75 cm	1700	34	98%
	2		1700	33	98%
	3		1700	31	98%
	4		1700	28	98%
	5		1700	26	98%

Tabel 4.21 Lanjutan

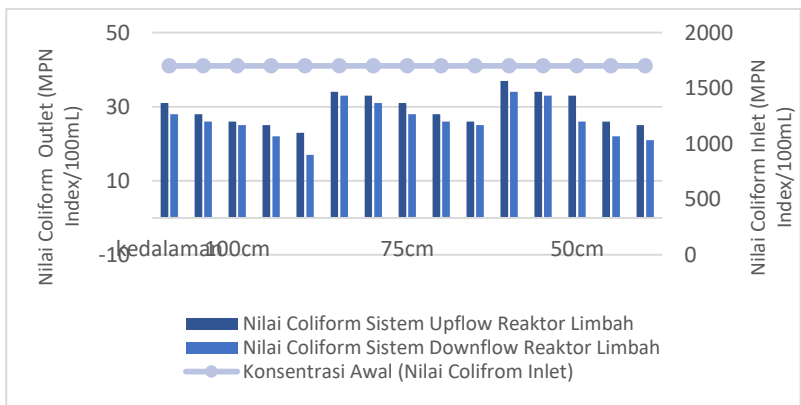
Sistem Aliran Reaktor	Minggu ke-	Kedalaman	Analisa Awal	Nilai Coliform Reaktor Kontrol	removal coliform
	1	50 cm	1700	37	98%
	2		1700	34	98%
	3		1700	33	98%
	4		1700	26	98%
	5		1700	25	99%
DOWNFLOW	1	100 cm	1700	28	98%
	2		1700	26	98%
	3		1700	25	99%
	4		1700	22	99%
	5		1700	17	99%
	1	75 cm	1700	33	98%
	2		1700	31	98%
	3		1700	28	98%
	4		1700	26	98%
	5		1700	25	99%
	1	50 cm	1700	34	98%
	2		1700	33	98%
	3		1700	26	98%
	4		1700	22	99%
	5		1700	21	99%

Melihat hasil analisa tiap proses yang terjadi dapat dikatakan bahwa media tanah dapat menurunkan kadar E.Coli yang terdapat di dalam limbah baik pada sistem aliran upflow dengan rata-rata 29.3 MPN Index/100mL maupun downflow dengan rata-rata 26.4 MPN Index/100mL, dan untuk Reaktor Kontrol menghasilkan rerata ang leih rendah yaitu sistem aliran upflow dengan rata-rata 21.2 MPN Index/100mL maupun downflow dengan rata-rata 18 MPN Index/100mL. Rerata hasil yang didapatkan untuk sistem aliran upflow dna downflow tidak jauh berbeda. Penurunan kadar bakteri coliform ini bisa lebih cepat apabila menggunakan media filter seperti zeolit. Hanya saja waktu kontak antara limbah tinja dengan media filter harus maksimal atau

penggunaan media filter tambahan dapat membantu untuk menurunkan kadar nitrat yang terdapat di dalam limbah tinja dengan waktu kontak yang telah ditentukan. Untuk melihat perbandingan hasil coliform yang didapatkan diawal (Inlet) dan nilai coliform yang didapat diakhir (Outlet) aik terhadap kedalaman maupun waktu dapat dilihat pada Tabel 4.17 sampai Tabel 4.21 dibawah ini.



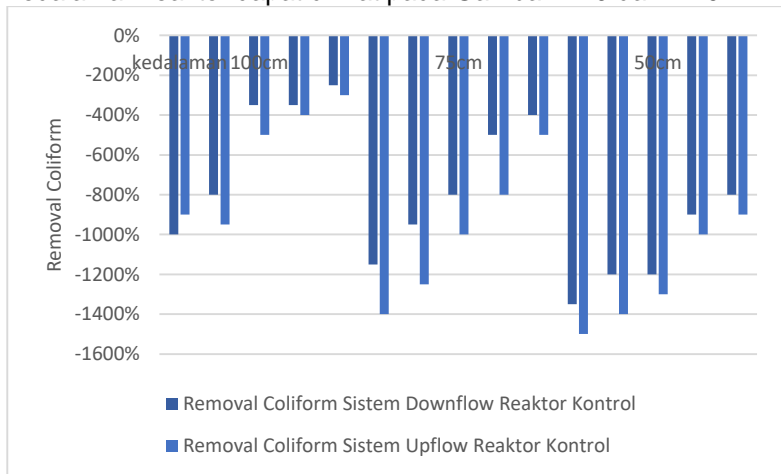
Gambar 4.1717 Nilai Removal Coliform terhadap Nilai Coliform sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol



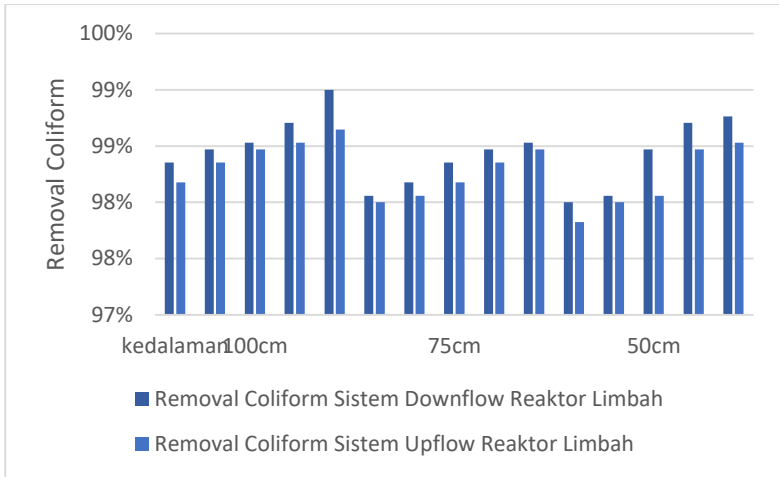
Gambar 4.1818 Nilai Removal Coliform terhadap Nilai Coliform sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah

Dari Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 diatas dapat dilihat, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan media tanah mampu menurunkan Total Coliform dalam hal ini Bakteri E.Coli. Peningkatan nilai Removal Coliform pada reaktor Kontrol ini terjadi akibat di dalam reaktor kontrol, air Kran mengalami suatu proses penguraian materi organik yang dilakukan oleh mikroorganisme melalui media tanah. Menurut (Said, 2005). Pada Penelitian ini media tanah tersebut mampu menguraikan zat organik yang terdapat pada limbah juga. Tetapi berbeda dengan reaktor Limbah, nilai penurunannya semakin hari semakin turun disebabkan karena pencampuran antara materi organik yang dibawa oleh air limbah dan materi organik yang dibawah oleh tanah menghasilkan nilai Coliform lebih rendah dari awalnya. Pada penelitian ini, influent akan melakukan kontak dengan mediasehingga terjadi proses biokimia, akibatnya bahan organik yang terdapat dalam limbah dapat diturunkan kandungannya. (Metcalf dan Eddy, 2003).

Untuk melihat removal penurunan Coliform terhadap kedalaman reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan 4.20

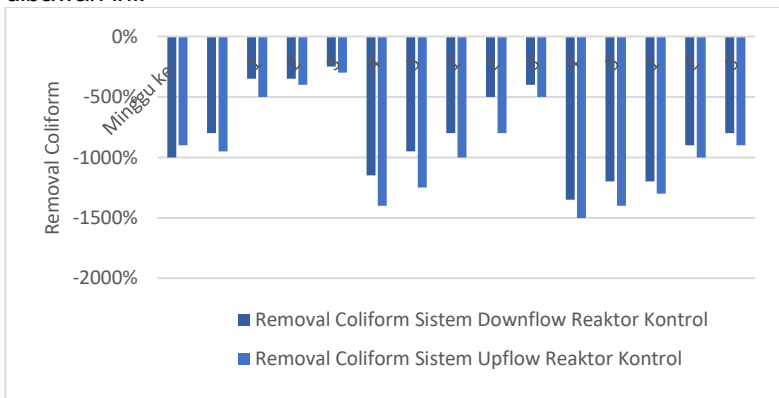


Gambar 4.19 Nilai Removal Coliform terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol

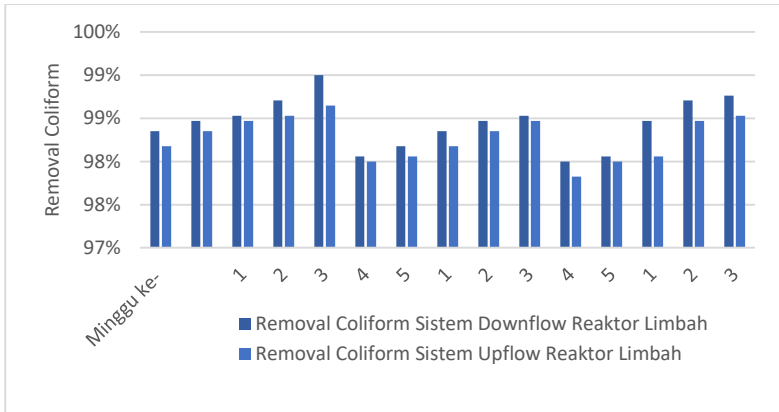


Gambar 4.19 Nilai Removal Coliform terhadap Kedalaman sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah

Dari Gambar 4.19 dan 4.20 diatas dapat dilihat bahwa semakin tinggi nilai kedalaman tanah maka semakin tinggi nilai removalnya begitupula pada waktunya. Dapat dilihat dalam Gambar 4.15 dan 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.21 Nilai Removal Coliform terhadap Waktu sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Kontrol



Gambar 4.2220 Nilai Removal Coliform terhadap Waktu sistem aliran upflow dan Downflow Reaktor Limbah

Untuk reaktor kontrol efisiensi penurunannya rata-rata sebesar -870%. Untuk reaktor kontrol efisiensi penurunannya rata-rata sebesar -171%. Hasil analisisnya tiap minggu pesen removalnya Meningkat. Peningkatan nilai dari air kran ini yang mengakibatkan removalnya negative karena prinsipnya air yang masuk ke media tanah mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses *adsorsi* serta filtrasi oleh batuan dan mineral yang terbawa di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air Limbah yang keluar dari tanah akan lebih jernih dari air awalnya. Sebaliknya air kran yang keluar dari tanah tidak sejinah awal karena ketika memasuki media tanah terbawa partikel-Partikel berbentuk *Dissolved Solid*. *Dissolved Solid ini membawa padatan terlarut*, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air ketika didalam media. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan mata telanjang (Situmorang, 2007).

Dari Gambar 4.21 sampai 4.22 diatas dapat dilihat bahwa efisiensi penurunan Coliform yang optimal juga terjadi pada

minggu ke 3 dan 4 baik pada reaktor kontrol maupun reaktor limbah. Pada minggu tersebut nilai Coliform mencapai nilai steady state dalam penurunan disinyalir juga karena terjadinya peningkatan biomassa mikroorganisme (dalam hal ini bakteri). Meningkatnya biomassa mikroorganisme akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme yang melekat pada rongga-rongga media tanah yang digunakan sebagai tempat tinggal mikroorganisme (2015).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Mochtar Hadi Widodo dkk (2012) bahwa waktu tinggal sangat berpengaruh terhadap penyisihan parameter pencemar yaitu BOD, COD, dan nitrat. Media tanah dapat membantu dalam menguraikan mikroorganisme namun masih lambat. Semakin lama waktu tinggal maka air limbah yang terkontak dengan *biological film* bakteri yang telah terbentuk pada media adsorpsi tanah. Hal ini menyebabkan bakteri dapat memakan zat pencemar dengan lebih mudah sehingga kandungan zat pencemar yang terdapat pada aliran efluen pun lebih kecil. Efluen yang dihasilkan dari sistem pengolahan limbah tinja pada reaktor ini peningkatan efisiensinya karena bakteri anaerob lebih bekerja efektif pada pengolahan air limbah tinja. Hal ini dikarenakan limbah yang diolah di dalamnya tidak memiliki kandungan oksigen di dalamnya. Sehingga bakteri yang banyak terdapat di dalam pengolahan secara anaerob.

Berdasarkan Baku Mutu Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, Untuk parameter bakteri koliform maupun E. Coli keberadaannya tidak diperbolehkan ada di dalam air minum, tetapi didapatkan bahwa sebagian besar air tanah mengandung bakteri coliform, namun tidak semua air tanah mengandung bakteri E. Coli ini dikarenakan oleh kondisi lingkungan dan faktor-faktor lainnya salah satunya adalah jarak antara sumber air terhadap tangki septik. Kontaminasi coliform berasal dari tinja manusia yang terdapat dalam tangki septik. Kebocoran tangki septik merupakan penyebab terkontaminasinya air tanah dengan coliform dan E. Coli. Sebagian besar dari hasil penelitian tersebut, air tanah mengandung bakteri coliform, tetapi tidak semua air tanah mengandung bakteri E. Coli ini dikarenakan oleh kondisi lingkungan dan faktor-faktor lainnya seperti jarak antara sumber air terhadap tangki septik, cuaca, intensitas hujan

dan aktivitas manusia yang berada di sekitar sumber air tanah. Berdasarkan baku mutu air minum keberadaan bakteri coliform dan E. Coli tidak diperbolehkan, karena jika dikonsumsi oleh manusia akan menimbulkan penurunan tingkat kesehatan yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit seperti diare, muntaber, disentri, gatal- gatal dan penyakit- penyakit lainnya. Jika ingin tetap menggunakan air tanah untuk kebutuhan rumah tangga sebaiknya diolah terlebih dahulu sebelum dikonsumsi.

4.5 Aplikasi dari Penelitian

Penelitian ini mempelajari tentang proses yang terjadi ketika limbah masuk ke dalam tanah, serta penyebab penurunan itu terjadi dan mempelajari efektifitas reactor buatan dengan media tanah dalam menurunkan kandungan senyawa organik dan total *coliform*. Dapat dijadikan referensi dari pencemaran tanah oleh bakteri yang timbul akibat dari air limbah domestik yang masuk dan kemampuan tanah itu sendiri dalam meremoval air limbah domestik yang masuk.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini, antara lain :

- Semakin tebal media maka semakin tinggi removalnya ini terlihat bahwa Nilai efisiensi penurunan yang didapatkan pada kedalaman 100 cm untuk reaktor limbah nilai COD sebesar 93%, kedalaman 75 cm untuk reaktor limbah nilai COD sebesar 85% dan kedalaman 50 cm untuk reaktor limbah nilai COD sebesar 82% dan Untuk Kandungan Nilai BOD, kedalaman 100 cm sebesar 97%, kedalaman 75 cm untuk reaktor limbah nilai COD sebesar 87% dan kedalaman 50 cm untuk reaktor limbah nilai COD sebesar 85% dan untuk Nilai coliform mencapai rata-rata 99%. Removal yang cukup besar ini didapatkan karena faktor media yang dapat meromval hampir seluruh senyawa Organik yang terkandung dialam limbah sehingga Terjadi Penurunan Senyawa Organik
- Arah aliran yang lebih baik yaitu upflow karena debit yang dihasilkan lebih sedikit dan waktu tinggal semakin lama sehingga removalnya semakin meningkat. Hasil dari sistem aliran upflow dan downflow ketika melewati media terhadap efisiensi penurunan senyawa organik dan total *coliform* dalam air limbah domestik yakni Untuk reaktor limbah sistem upflow lebih menghasilkan nilai rata-rata penurunan BOD yang lebih rendah yaitu 90 mg/L dibandingkan dengan nilai reaktor downflow menghasilkan nilai rata-rata 122 mg/L. Melihat hasil analisa tiap proses yang terjadi dapat dikatakan bahwa media tanah dapat menurunkan kadar E.Coli namun hasil yang didapatkan baik pada sistem aliran upflow dengan rata-rata 29 MPN Index/100mL maupun downflow dengan rata-rata 22 MPN Index/100mL.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini, antara lain :

- Untuk melanjutkan penelitian ini sebaiknya Dilakukan Pengujian Karakteristik Tanah dalam hal ini permeabilitas tanah dan dilakukan pengambilan tanah disturb untuk hasil yang lebih baik
- Membuat reaktor dengan arah aliran horizontal flow

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, Hanze and Comeau, Hvs. 2011. ***Waste Water Treatment Plant Design Of Taile Cmmunal Of Community Surrounding The Campus***, Vol 16 nomer 2. University of Georgia.
- Ardhianto, R., Samudro, G., dan Hadiwidodo, M. 2014. Pengaruh Variasi Debit dan Konsentrasi Larutan Elektrolit (KMnO_4) terhadap Penurunan Chemical Oxygen Demand dan Produksi Listrik di dalam Reaktor Microbial Fuel Cells Studi Kasus: Air Limbah RPH Kota Salatiga. ***Jurnal Teknik Lingkungan***. 3 (2) : 1 – 15.
- Asmadi, S. dan Suharno, S. 2012. ***Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah***. Gosyen Publishing: Yogyakarta.
- Ashoka H. and Bhat, P. 2012. Comparative Studies on Electrodes for the Construction of Microbial Fuel Cell . ***International Journal of Advanced Biotechnology and Research***. 3 (4) : 785 – 789.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. ***Air dan Air Limbah – Bagian 72 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (Biochemical Oxygen Demand/BOD)***. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. ***Air dan Air Limbah – Bagian 73 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chem ical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup secara Titrimetri***. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2017. ***Kecamatan Sukolilo dalam Angka***. Surabaya: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Borja, G. M., Mora, E. M., Barron, B., Gosset, G., Ramirez, O. T., and Lara, A. R. 2012. Engineering Escherichia Coli to

Increase Plasmid DNA Production in High Cell-Density Cultivations in Batch Mode. ***Microbial Cell Factories***. 11 (1) : 132.

Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2004. ***Sistem Kesehatan Nasional 2004***, Jakarta.

Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2005. ***Rencana Strategi Departemen Kesehatan***. Depkes RI : Jakarta

Efendi Helfi. 2003. ***Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan***. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Notoatmodjo S. 2007. ***Pengantar Pendidikan dan Ilmu Kesehatan Masyarakat***: Yogyakarta.

Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 3 Tahun 2007 tentang ***Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya Tahun 2015-2034***.

Pokja Sanitasi Kota Surabaya. 2016. ***Strategi Sanitasi Kota Surabaya***. Surabaya: Dinas Kesehatan Kota Surabaya.

Rohmat, A. 2009, ***Tipikal Kuantitas Infiltrasi Menurut Karakteristik Lahan***. Jakarta: Erlangga.

Rohmani, Intan. 2009. Feasibility Septic Tanks/Cubluk Village Jambangan And Karah Districts Jambangan City Surabaya Surabaya. ***Tesis***. Program Studi Teknik Lingkungan ITS. Surabaya

Said, N. 2005. ***Aplikasi bioball untuk media biofilter studi kasus pengolahan air limbah pencucian jeans***. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT). Jurnal; Vol 1 No.1

Situmorang, M. 2007. ***Kimia Lingkungan***. Medan: FMIPA-UNIMED

- Soedjono, E.S., Arumsari, N., Rumiati, A.T., dan Sutikno. 2012. ***Pengembangan Program Percepatan Sanitasi Dalam Pencapaian Target MDGs Berbasis Pemberdayaan Masyarakat***. SCET IX-2012, Surabaya 10 Juli 2012.
- Tim Teknis Pembangunan Sanitasi. 2010. ***Buku Refrensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi***. Jakarta.
- Velasquez-Orta, S. B., Curtis, T. P., and Logan, B. E. 2009. Energy from Algae Using Microbial Fuel Cells. ***Biotechnology Bioengineering***. 103 : 1068 – 1076.
- Velasquez-Orta, S. B., Yu, E., Katuri, K. P., Head, I. M., Curtis, T. P., and Scott, K. 2011. Evaluation of Hydrolysis and Fermentation Rates in Microbial Fuel Cells. ***BIOENERGY AND BIOFUELS***. 90 : 789 – 798.
- Verma, S. 2002. ***Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes***. Columbia University : New York.
- Wisjnuprpto. 2007. ***Pengelolaan Limbah Industri***. Teknik Lingkungan, ITB. Bandung.
- Wei, J., Liang, P., and Huang, X. 2011. Recent Progress in Electrodes for Microbial Fuel Cells. ***Biosource Technology***. 102 : 9335 – 9344.
- Xie, X., Criddle, C., and Cui, Y. 2015. Design and Fabrication of Bioelectrodes for Microbial Bioelectrochemical Systems. ***Energy & Environmental Science***. 8 (12) : 3418 – 3441.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN – LAMPIRAN

I. Prosedur Penelitian

a. Prosedur Uji Kandungan BOD

Prosedur uji kandungan BOD mengacu pada SNI 6989.72:2009 tentang uji kebutuhan oksigen biokimia pada suatu sampel. Berikut alat, bahan, dan prosedur untuk pengujian BOD pada sampel.

a. Alat :

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| 1. Botol DO | 2. DO Meter |
| 3. Lemari Inkubasi | 4. <i>Shaker</i> |
| 5. Botol dari Gelas 5 L – 10 L | 6. Blender |
| 8. Pipet Volumetrik 1 mL dan 10 mL | 7. Oven |
| 10. Labu Ukur 100 mL; 200 mL; 1000 mL | 9. Neraca Analitik |
| 11. pH Meter | |

b. Bahan :

- | | |
|------------------------------------|--|
| 3 Aquadest | 4 Larutan Natrium Hidroksida |
| 5 Larutan Buffer Fosfat Sulfat | 6 Larutan Natrium Sulfit |
| 7 Larutan Kalsium Klorida | 8 Inhibitor Nitrifikasi <i>Allylthiourea</i> |
| 9 Larutan Feri Klorida | 11 Asam Asetat |
| 10 Larutan Suspensi Bibit Mikroba | 12 Larutan Kalium Iodida 10% |
| 13 Larutan Air Pengencer | 15 Larutan Indikator Amilum |
| 14 Larutan Glukosa - Asam Glutamat | |
| 16 Larutan Asam Sulfat | |

c. Langkah Uji :

1. Siapkan 2 buah botol DO, tandai masing – masing botol dengan notasi A1; A2.
2. Masukkan larutan contoh uji ke dalam masing – masing botol DO A1 dan A2 sampai meluap,

kemudian tutup masing – masing botol secara hati – hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara.

3. Lakukan pengocokan beberapa kali, kemudian ditambahkan aquadest pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup.
4. Simpan botol A2 dalam lemari inkubator $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari.
5. Lakukan pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan dalam botol A1 dengan alat DO meter yang terkalibrasi atau dengan metode titrasi secara iodometri. Hasil pengukuran merupakan nilai oksigen terlarut dari nol hari (A1). Pengukuran oksigen terlarut pada nol hari harus dilakukan paling lama 30 menit setelah pengenceran.
6. Ulangi pengenceran untuk botol A2 yang telah diinkubasi 5 hari \pm 6 jam. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (A2).
7. Lakukan pengenceran untuk penetapan blanko dengan menggunakan larutan pengencer tanpa contoh uji. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B2).
8. Lakukan pengenceran untuk penetapan kontrol standar dengan menggunakan larutan glukosa – asam glutamat. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (C1) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B2).
9. Lakukan kembali poin a sampai poin f terhadap beberapa macam pengenceran contoh uji

d. Perhitungan :

$$[\text{BOD}_5] = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_b}\right)V_c}{P}$$

Dimana :

10. $[\text{BOD}_5]$ adalah konsentrasi BOD_5 sampel (mg/L)

11. A1 adalah kadar oksigen terlarut sampel sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)
12. A2 adalah kadar oksigen terlarut sampel setelah inkubasi (5 hari) (mg/L)
13. B1 adalah kadar oksigen blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)
14. B2 adalah kadar oksigen blanko setelah inkubasi (5 hari) (mg/L)
15. V_b adalah volume suspensi mikroba dalam botol blanko (mL)
16. V_c adalah volume suspensi mikroba dalam botol uji (mL)
17. P adalah perbandingan volume sampel uji (V_1) per volume total (V_2)

b. Prosedur Uji Kandungan COD

Prosedur uji kandungan COD mengacu pada SNI 6989.73:2009 tentang cara uji kandungan oksigen kimiawi dengan refluks tertutup secara titrimetri pada suatu sampel. Berikut alat, bahan, dan prosedur untuk pengujian COD pada sampel.

- a. Alat :
 - a. Tabung Vial
 - b. Labu Erlenmeyer 100 mL
 - c. Pipet Ukur 10 mL
 - d. Propipet
 - e. Pipet Tetes
 - f. *Heating Block*
- b. Bahan :
 - g. Sampel
 - h. Aquadest
 - i. Larutan Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,1 N
 - j. Larutan Perak (II) Sulfat (Ag_2SO_4)
 - k. Indikator Feroin
 - l. Larutan Amonium Besi (II) Sulfat ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$)
- c. Prosedur Pembuatan Bahan :
 - m. Larutan Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$) :

- Dilarutkan 4,903 g $K_2Cr_2O_7$ yang telah dikeringkan pada suhu $150^\circ C$ selama 2 jam ke dalam 500 mL Aquadest.
 - Ditambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g $HgSO_4$.
 - Dilarutkan dan didinginkan pada suhu ruang dan diencerkan sampai 1000 mL.
- n. Larutan Perak (II) Sulfat (Ag_2SO_4) :
- Dilarutkan 10,12 g Serbuk Ag_2SO_4 ke dalam 1000 mL H_2SO_4 pekat.
 - Diaduk hingga larut.
- o. Indikator Feroin :
- Dilarutkan 1,485 g 1,10-phenanthrolin monohidrat dan 695 mg $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dalam 1000 mL Aquadest.
 - Diaduk hingga homogen.
- p. Larutan Amonium Besi (II) Sulfat ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) :
1. Dilarutkan 19,6 g $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ dalam 300 mL Aquadest.
 2. Ditambahkan 20 mL H_2SO_4 .
 3. Didinginkan lalu diencerkan dengan Aquadest hingga 1000 mL.
- d. Langkah Uji :
- a. Sampel dimasukkan ke tabung vial sebanyak 2,5 mL.
 - b. Ditambahkan 1,5 mL Larutan Kalium Dikromat 0,1 N.
 - c. Ditambahkan 2,5 mL Larutan Perak (II) Sulfat.
 - d. Dilakukan *digestion* terhadap sampel selama 2 jam pada suhu $150^\circ C$ menggunakan *heating block*.
 - e. Ditambahkan 1 tetes indikator feroin.
 - f. Dititrasi dengan Larutan FAS hingga warna menjadi merah bata.
- e. Perhitungan :
- $$[COD] = \frac{(A-B) \times 8000 \times M \times p}{mL \text{ sampel}}$$

Dimana :

- q. [COD] adalah konsentrasi COD sampel (mg/L)
- r. A adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan blanko (mL)
- s. B adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan sampel (mL)
- t. 8000 adalah berat *miliequivalent* oksigen x 1000 mL/L
- u. M adalah molaritas larutan FAS
- v. P adalah faktor pengenceran

c. Analisis Bakteri *Coliform* (Metode MPN)

Metode MPN terdiri dari 3 tahap, yaitu:

1. Tes pendugaan
2. Tes penguat
3. Tes pelengkap

Alat :

- Inkubator
- Autoklaf
- Pipet volum 10 ml dan 1 ml
- Labu takar 1 L
- Tabung reaksi
- Tabung durham
- Pembakar bunsen
- Timbangan
- Kapas lemak
- Erlenmeyer 100 ml
- Jarum ose
- Cawan petri dengan tutupnya
- Kertas coklat

Bahan :

- Larutan pengencer (1L air pengencer memerlukan 8,5 gr NaCl)
- Larutan Lactosa Broth (1L larutan memerlukan 13 gr Lactosa Broth)
- Brilliant Green Lactose Bile Broth (1L larutan memerlukan 40 gr bubuk BGLBB)
- Media agar Eosin Methylen Blue (1L media agar EMB diperlukan 36 gr bubuk agar)

Prosedur :

Uji Pendugaan

1. Siapkan larutan pengencer dengan cara memasukkannya ke dalam tabung reaksi sebanyak 9 ml.
2. Masukkan kaldu laktosa sebanyak 10 ml ke dalam tabung reaksi.
3. Masukkan tabung durham secara terbalik ke dalam tabung reaksi yang telah berisi kaldu laktosa.
4. Sumbat mulut tabung reaksi dengan kapas lemak untuk mencegah kontaminasi.
5. Autoklaf air pengencer dan kaldu laktosa selama $\pm 1,5$ jam.
6. Untuk pengenceran sebanyak 10^{-1} kali, ambil sampel sebanyak 1 ml masukkan ke dalam tabung reaksi berisi larutan pengencer. Dalam memasukkan air sampel keadaan sekitar harus steril yaitu dengan cara mendekatkan pengambilan ke bunsen.
7. Untuk pengenceran sebanyak 10^{-2} kali, ambil sampel sebanyak 1 ml lalu masukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air pengencer. Kemudian dari tabung reaksi tersebut ambil lagi sebanyak 1 ml dan masukkan ke dalam tabung reaksi 9 ml larutan pengencer.
8. Ambil 15 tabung reaksi kaldu laktosa. Masukkan sampel 10 ml ke dalam 5 tabung reaksi pertama, 1 ml sampel ke 5 tabung reaksi kedua, dan 0,1 ml ke dalam 5 tabung reaksi ketiga.

9. Diinkubasi selama 24 jam di dalam inkubator. Bila di dalam tabung durham terdapat gelembung gas maka diduga dalam sampel tersebut terkandung bakteri *Coliform* termasuk bakteri *E. coli*. Kemudian tes dilanjutkan ke tes penegasan dengan menggunakan kaldu BGLBB (Brilliant Green Lactose Bile Broth).

Uji Penegasan

1. Masukkan 10 ml larutan BGLBB ke dalam tabung reaksi.
2. Masukkan tabung durham secara terbalik ke dalam tabung reaksi yang berisi kaldu BGLBB.
3. Sumbat mulut tabung reaksi dengan kapas lemak untuk mencegah kontaminasi dengan udara luar.
4. Autoklaf tabung-tabung reaksi yang berisi larutan BGLBB selama ± 1 jam.
5. Siapkan tabung-tabung reaksi hasil dari tes pendugaan yaitu tabung-tabung reaksi dengan gelembung udara didalamnya.
6. Pindahkan cairan di dalam tabung reaksi yang mengandung gas dengan menggunakan jarum ose ke dalam tabung BGLBB.
7. Pemindahan ini harus dalam keadaan steril yaitu dengan cara mendekatkannya ke bunsen.
8. Inkubasi tabung-tabung reaksi BGLBB ke dalam inkubator selama ± 24 jam.
9. Bila setelah 24 jam di dalam tabung-tabung reaksi tersebut terdapat gelembung udara, berarti di dalam tabung reaksi tersebut mengandung *Coliform*.
10. Setelah diketahui tabung-tabung reaksi yang terdapat gelembung udara kemudian tes dilanjutkan untuk menentukan jumlah *E. coli* yang terdapat dalam sampel yaitu dengan menggunakan media agar EMB (Eosin Methylene Blue).

Uji Pelengkap

1. Masukkan sebanyak 10 ml larutan agar EMB yang sudah mendidih dan tercampur rata ke dalam tabung reaksi.
2. Tutup mulut tabung reaksi dengan kapas lemak untuk mencegah kontaminasi.
3. Dalam memasukkan larutan agar ini harus cepat dan dalam keadaan yang masih panas agar larutan ini tidak menggumpal.
4. Bungkus cawan petridis serapat mungkin dengan menggunakan kertas coklat dan jangan sampai ada celah dari cawan petridis.
5. Autoklaf cawan petridis yang telah terbungkus kertas coklat dan media agar EMB yang terdapat dalam tabung reaksi selama \pm 1 jam.
6. Tuangkan media agar EMB yang terdapat dalam tabung reaksi ke dalam cawan petridis.
7. Penuangan harus dalam keadaan media agar EMB dalam keadaan panas agar tidak terjadi penggumpalan dan juga dalam keadaan yang steril yaitu dekat keadaan steril yaitu dekat dengan bunsen.
8. Setelah agar EMB membeku, gesekkan cairan yang terdapat dalam media BGLBB yang terdapat gelembung udara. Penggesekkan ini harus dilakukan dalam keadaan steril.
9. Setelah digesek, tutup kembali cawan petridis dan panaskan sekeliling cawan untuk mencegah kontaminasi.
10. Bungkus cawan petridis yang sudah digesek cairan BGLBB dengan kertas coklat, lalu inkubasi selama \pm 24 jam dalam inkubator.
11. Setelah 24 jam, lihat pertumbuhan bakteri dalam cawan tersebut. Apabila di dalam cawan ada pertumbuhan koloni bakteri yang berwarna ungu metalik, maka cawan tersebut yang mengandung *E. coli*.

Untuk mengetahui jumlah dari bakteri *E. coli* yang tumbuh maka dapat dilihat komposisinya menurut tabel MPN di bawah ini.

Jumlah tabung dengan gas dari			Angka MPN/100 ml	Derajat kepercayaan 95%		Jumlah tabung dengan gas dari			Angka MPN/100 ml	Derajat kepercayaan 95%	
5	5	5		Batas bawah	Batas atas	5	5	5		Batas bawah	Batas atas
Dengan volume sampel						Dengan volume sampel					
10 ml	1 ml	0,1 ml				10 ml	1 ml	0,1 ml			
0	0	0	<2			4	2	1	26	9	75
0	0	1	2	<0,5	7	4	3	0	37	9	81
0	1	0	2	<0,5	7	4	3	1	33	11	53
0	2	0	4	<0,5	11	4	4	0	34	12	41
1	0	0	2	<0,5	7	5	0	0	23	7	75
1	0	1	4	<0,5	11	5	0	1	31	11	59
1	1	0	4	<0,5	11	5	0	2	43	15	114
1	1	1	6	<0,5	15	5	1	0	33	11	60
1	2	0	6	<0,5	15	5	1	1	46	16	101
2	0	0	3	<0,5	13	5	1	2	63	21	140
2	0	1	7	1	17	5	2	0	49	17	110
2	1	0	7	1	17	5	2	1	70	23	170
2	1	1	9	2	21	5	2	2	94	28	220
2	2	0	9	2	21	5	3	0	79	28	150
2	3	0	12	3	28	5	3	1	110	31	240
3	0	0	6	1	19	5	3	2	140	37	300
3	0	1	11	2	25	5	3	3	180	44	350
3	1	0	11	2	25	5	4	0	130	33	240
3	1	1	14	4	34	5	4	1	170	45	350
3	2	0	14	4	34	5	4	2	220	57	450
3	2	1	17	5	46	5	4	3	280	90	1000
3	3	0	17	5	46	5	4	4	350	120	1000
4	0	0	13	3	31	5	5	0	240	64	1000
4	0	1	17	5	46	5	5	1	330	120	1000
4	1	0	17	5	46	5	5	2	540	180	1400
4	1	1	21	7	63	5	5	3	920	300	1200
4	1	2	26	9	79	5	5	4	1160	640	1600
4	2	0	22	7	63	5	5	5	>2400		

II. Hasil Penelitian

a. Hasil Analisis COD

Reaktor Kontrol	Minggu ke-	Sampel	Nilai Titrasi (B) mL	nilai blanko (A) (mL)	VOL SAMPEL (mL)	NILAI COD (mg/L)
		BLANKO	5.5	5.5	0.5	0
		SAMPEL AWAL LIMBAH	1.2	5.5	0.5	1720
		SAMPEL KRAN KONTROL	5.43	5.5	0.5	28
DOWNFLOW	1	100 cm	3.2	5.5	0.5	920
	2		3.4	5.5	0.5	840
	3		3.5	5.5	0.5	800
	4		3.8	5.5	0.5	680
	5		4	5.5	0.5	600
	1	75 cm	3	5.5	0.5	1000
	2		3.2	5.5	0.5	920
	3		3.4	5.5	0.5	840
	4		3.6	5.5	0.5	760
	5		3.8	5.5	0.5	680
	1	50 cm	2.8	5.5	0.5	1080
	2		2.9	5.5	0.5	1040
	3		3	5.5	0.5	1000
	4		3.5	5.5	0.5	800
	5		3.6	5.5	0.5	760

UPFLOW	1	100 cm	3.3	5.5	0.5	880
	2		3.5	5.5	0.5	800
	3		3.7	5.5	0.5	720
	4		3.9	5.5	0.5	640
	5		4.2	5.5	0.5	520
	1	75 cm	3.2	5.5	0.5	920
	2		3.4	5.5	0.5	840
	3		3.6	5.5	0.5	760
	4		3.7	5.5	0.5	720
	5		3.8	5.5	0.5	680
	1	50 cm	3	5.5	0.5	1000
	2		3.2	5.5	0.5	920
	3		3.5	5.5	0.5	800
	4		3.7	5.5	0.5	720
	5		3.8	5.5	0.5	680

Reaktor Limbah	Minggu ke-	Sampel	Nilai Titrasi (B) mL	nilai blanko (A) (mL)	VOL SAMPEL (mL)	NILAI COD (mg/L)
		BLANKO	5.5	5.5	0.5	0
		SAMPEL AWAL LIMBAH	2	5.5	0.5	1400
		SAMPEL KRAN KONTROL	5.43	5.5	0.5	28
DOWNFLOW W	1	100 cm	3	5.5	0.5	1000
	2		3.2	5.5	0.5	920
	3		3.4	5.5	0.5	840
	4		3.5	5.5	0.5	800
	5		3.6	5.5	0.5	760

	1	75 cm	2.2	5.5	0.5	1320
	2		2.5	5.5	0.5	1200
	3		2.6	5.5	0.5	1160
	4		3	5.5	0.5	1000
	5		3.2	5.5	0.5	920
	1	50 cm	2.2	5.5	0.5	1320
	2		2.4	5.5	0.5	1240
	3		2.6	5.5	0.5	1160
	4		2.8	5.5	0.5	1080
	5		3	5.5	0.5	1000
UPFLOW	1	100 cm	3.2	5.5	0.5	920
	2		3.6	5.5	0.5	760
	3		3.7	5.5	0.5	720
	4		3.8	5.5	0.5	680
	5		4.1	5.5	0.5	560
	1	75 cm	2.7	5.5	0.5	1120
	2		2.8	5.5	0.5	1080
	3		3	5.5	0.5	1000
	4		3.3	5.5	0.5	880
	5		3.5	5.5	0.5	800
	1	50 cm	2.5	5.5	0.5	1200
	2		2.6	5.5	0.5	1160
	3		2.7	5.5	0.5	1120
	4		3	5.5	0.5	1000
	5		3.1	5.5	0.5	960

Reaktor Kontrol

Reaktor Limbah

SAMP EL	ANALISA AWAL Reaktor Kontrol (mg/L)	Minggu Ke-	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Kontrol (mg/L)	(Rata-Rata analisa akhir Reaktor kontrol - Analisa Awal Reaktor Kontrol) mg/L (A) (mg/L)	ANALISA AWAL Reaktor Limbah (mg/L)	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Limbah (mg/L)	Rata-Rata Analisa akhir Reaktor Limbah - A (mg/L)	Removal Karena Faktor Media
				ANALISA AKHIR Reaktor Kontrol (mg/L)	Removal COD					ANALISA AKHIR Reaktor Limbah (mg/L)	Removal COD			
COD	28	1	100 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	920	-3186%	768	740	1720	100 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1000	42%	864	124	93%
	28	2		840	-2900%			1720		920	47%			
	28	3		800	-2757%			1720		840	51%			
	28	4		680	-2329%			1720		800	53%			
	28	5		600	-2043%			1720		760	56%			
	28	1	75 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1000	-3471%	840	812	1720	75 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1320	23%	1120	308	82%
	28	2		920	-3186%			1720		1200	30%			
	28	3		840	-2900%			1720		1160	33%			
	28	4		760	-2614%			1720		1000	42%			
	28	5		680	-2329%			1720		920	47%			
	28	1	50 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1080	-3757%	936	908	1720	50 cm Reaktor Kontrol DOWNFLOW	1320	23%	1160	252	85%
	28	2		1040	-3614%			1720		1240	28%			
	28	3		1000	-3471%			1720		1160	33%			
	28	4		800	-2757%			1720		1080	37%			
	28	5		760	-2614%			1720		1000	42%			
	28	1	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	880	-3043%	712	684	1720	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	920	47%	728	44	97%
	28	2		800	-2757%			1720		760	56%			
	28	3		720	-2471%			1720		720	58%			
	28	4		640	-2186%			1720		680	60%			
	28	5		520	-1757%			1720		560	67%			

28	1	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	920	-3186%	784	756	1720	75 cm Reaktor Kontrol UPFLO W	1120	35%	976	220	87%
28	2		840	-2900%			1720		1080	37%			
28	3		760	-2614%			1720		1000	42%			
28	4		720	-2471%			1720		880	49%			
28	5		680	-2329%			1720		800	53%			
28	1	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	1000	-3471%	824	796	1720	50 cm Reaktor Kontrol UPFLO W	1200	30%	1088	292	83%
28	2		920	-3186%			1720		1160	33%			
28	3		800	-2757%			1720		1120	35%			
28	4		720	-2471%			1720		1000	42%			
28	5		680	-2329%			1720		960	44%			

b. Hasil Analisis BOD

Reaktor Kontrol	Minggu ke-	Sampel	volume titran t0	NILAI DO t0 (mg/L)	volume titran t5	NILAI DO t5	X0 (oksigen terlarut sampel t0)	X5 (oksigen terlarut sampel t5)	X0-X5	BLANKO BOD0-BOD5	nilai bod
		BLANKO	5.5	5.5	4.2	4.2					1.3
SAMPEL AWAL LIMBAH	8.5	8.5	5.2	5.2	8.5	5.2	3.3	1.3	688		
SAMPEL AWAL KRAN KONTROL	5.5	5.5	2	2	5.5	2	3.5	1.3	12		
DO WNFLOW	1	100 cm	6.7	6.7	4	4	6.7	4	2.7	1.3	258
	2		7	7	4.2	4.2	7	4.2	2.8	1.3	252
	3		7.3	7.3	5.1	5.1	7.3	5.1	2.2	1.3	144
	4		7.6	7.6	5.4	5.4	7.6	5.4	2.2	1.3	122
	5		7.9	7.9	5.8	5.8	7.9	5.8	2.1	1.3	96
	1	75 cm	6.7	6.7	4	4	6.7	4	2.7	1.3	280
	2		7	7	4.2	4.2	7	4.2	2.8	1.3	276
	3		7.4	7.4	4.7	4.7	7.4	4.7	2.7	1.3	235
	4		7.6	7.6	5.2	5.2	7.6	5.2	2.4	1.3	167
	5		7.8	7.8	5.4	5.4	7.8	5.4	2.4	1.3	150
	1	50 cm	6.7	6.7	4	4	6.7	4	2.7	1.3	302
	2		6.8	6.8	4.3	4.3	6.8	4.3	2.5	1.3	250
	3		6.9	6.9	4.4	4.4	6.9	4.4	2.5	1.3	240
	4		7.2	7.2	4.6	4.6	7.2	4.6	2.6	1.3	208
	5		7.3	7.3	4.8	4.8	7.3	4.8	2.5	1.3	182
UP WNF	1	100 cm	6.2	6.2	3.8	3.8	6.2	3.8	2.4	1.3	194
	2		7.2	7.2	5	5	7.2	5	2.2	1.3	144
	3		7.4	7.4	5.2	5.2	7.4	5.2	2.2	1.3	130

LO W	4		7.2	7.2	5.2	5.2	7.2	5.2	2	1.3	90
	5		7.3	7.3	5.3	5.3	7.3	5.3	2	1.3	73
	1	75 cm	6.1	6.1	3.7	3.7	6.1	3.7	2.4	1.3	202
	2		6	6	4	4	6	4	2	1.3	118
	3		6.8	6.8	4.7	4.7	6.8	4.7	2.1	1.3	122
	4		7.2	7.2	5.2	5.2	7.2	5.2	2	1.3	101
	5		7.3	7.3	5.4	5.4	7.3	5.4	1.9	1.3	82
	1	50 cm	6.4	6.4	3.8	3.8	6.4	3.8	2.6	1.3	260
	2		6.4	6.4	4	4	6.4	4	2.4	1.3	202
	3		6.8	6.8	4.7	4.7	6.8	4.7	2.1	1.3	128
	4		7.3	7.3	5.3	5.3	7.3	5.3	2	1.3	101
	5		7.4	7.4	5.4	5.4	7.4	5.4	2	1.3	95

Reak tor Kont rol	Ming gu ke-	Sampel	volu me titra n t0	NILAI DO t0 (mg/L)	volu me titra n t5	NILA I DO t5	X0 (oksi gen terla rut sam pel t0)	X5 (oksigen terlarut sampel t5)	X0- X5	BLANKO BOD0- BOD5	nilai bod
		BLANKO	5.5	5.5	4.2	4.2				1.3	
		SAMPEL AWAL LIMBAH	8.5	8.5	1.2	1.2	8.5	1.2	7.3	1.3	1680
		SAMPEL AWAL KRAN KONTROL	5.5	5.5	2.8	2.8	5.5	2.8	2.7	1.3	7.84
DO W NF LO W	1	100 cm	6.7	6.7	3.8	3.8	6.7	3.8	2.9	1.3	320
	2		7	7	4.2	4.2	7	4.2	2.8	1.3	276
	3		7.3	7.3	5.1	5.1	7.3	5.1	2.2	1.3	151
	4		7.6	7.6	5.4	5.4	7.6	5.4	2.2	1.3	144
	5		7.9	7.9	5.8	5.8	7.9	5.8	2.1	1.3	122
	1	75 cm	6.7	6.7	3.7	3.7	6.7	3.7	3	1.3	449
	2		7	7	4	4	7	4	3	1.3	408

	3		7.4	7.4	4.7	4.7	7.4	4.7	2.7	1.3	325
	4		7.6	7.6	5.2	5.2	7.6	5.2	2.4	1.3	220
	5		7.8	7.8	5.4	5.4	7.8	5.4	2.4	1.3	202
	1	50 cm	6.7	6.7	4	4	6.7	4	2.7	1.3	370
	2		6.8	6.8	4.2	4.2	6.8	4.2	2.6	1.3	322
	3		7	7	4.2	4.2	7	4.2	2.8	1.3	348
	4		7.2	7.2	4.6	4.6	7.2	4.6	2.6	1.3	281
	5		7.3	7.3	4.8	4.8	7.3	4.8	2.5	1.3	240
UP W NF LO W	1	100 cm	6.2	6.2	3.8	3.8	6.2	3.8	2.4	1.3	202
	2		6.8	6.8	4.2	4.2	6.8	4.2	2.6	1.3	198
	3		7.5	7.5	5	5	7.5	5	2.5	1.3	173
	4		7.6	7.6	5.2	5.2	7.6	5.2	2.4	1.3	150
	5		7.5	7.5	5.4	5.4	7.5	5.4	2.1	1.3	90
	1	75 cm	6.1	6.1	3.7	3.7	6.1	3.7	2.4	1.3	246
	2		6	6	4	4	6	4	2	1.3	151
	3		6.8	6.8	4.7	4.7	6.8	4.7	2.1	1.3	160
	4		7.2	7.2	5.2	5.2	7.2	5.2	2	1.3	123
	5		7.3	7.3	5.4	5.4	7.3	5.4	1.9	1.3	96
	1	50 cm	6.4	6.4	3.8	3.8	6.4	3.8	2.6	1.3	312
	2		6.4	6.4	4	4	6.4	4	2.4	1.3	255
	3		6.8	6.8	4.5	4.5	6.8	4.5	2.3	1.3	224
	4		7.2	7.2	5.2	5.2	7.2	5.2	2	1.3	140
	5		7.3	7.3	5.4	5.4	7.3	5.4	1.9	1.3	115

SAMP EL	ANALISA AWAL Reaktor Kontrol (mg/L)	M i n g u K e -	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata - Rata Analisa akhir Reaktor Kontrol (mg/L)	(Rata-Rata analisa akhir Reaktor kontrol - Analisa Awal Reaktor Kontrol) A (mg/L)	ANALISA AWAL Reaktor Limbah (mg/L)	Kedalaman dan jenis Reaktor	PERCOBAAN		Rata- Rata Analisa akhir Reaktor Limbah (mg/L)	Rata- Rata Analisa akhir Reaktor Limbah - A (mg/L)	Removal Karena Faktor Media
				ANALISA AKHIR Reaktor Kontrol (mg/L)	Removal BOD					ANALISA AKHIR Reaktor Limbah (mg/L)	Removal BOD			
BOD	12	0	100 cm Reaktor Kontrol DOWN FLOW	258	-2047%	174	162	688	100 cm Reaktor Kontrol DOWN FLOW	320	53%	203	40	94%
	12	1		252	-2000%			688		276	60%			
	12	2		144	-1100%			688		151	78%			
	12	3		122	-920%			688		144	79%			
	12	4		96	-700%			688		122	82%			
	12	0	75 cm Reaktor Kontrol DOWN FLOW	280	-2233%	222	210	688	75 cm Reaktor Kontrol DOWN FLOW	449	35%	321	111	84%
	12	1		276	-2200%			688		408	41%			
	12	2		235	-1860%			688		325	53%			
	12	3		167	-1293%			688		220	68%			
	12	4		150	-1147%			688		202	71%			
	12	0	50 cm Reaktor Kontrol DOWN FLOW	302	-2420%	236	224	688	50 cm Reaktor Kontrol DOWN FLOW	370	46%	312	88	87%
	12	1		250	-1980%			688		322	53%			
	12	2		240	-1900%			688		348	49%			
	12	3		208	-1633%			688		281	59%			
	12	4		182	-1420%			688		240	65%			

12	0	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	194	-1513%	126	114	688	100 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	202	71%	162	48	93%
12	1		144	-1100%			688		198	71%			
12	2		130	-980%			688		173	75%			
12	3		90	-647%			688		150	78%			
12	4		73	-507%			688		90	87%			
12	0	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	202	-1587%	125	113	688	75 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	246	64%	155	43	94%
12	1		118	-880%			688		151	78%			
12	2		122	-913%			688		160	77%			
12	3		101	-740%			688		123	82%			
12	4		82	-580%			688		96	86%			
12	0	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	260	-2067%	157	145	688	50 cm Reaktor Kontrol UPFLOW	312	55%	209	64	91%
12	1		202	-1587%			688		255	63%			
12	2		128	-967%			688		224	67%			
12	3		101	-740%			688		140	80%			
12	4		95	-693%			688		115	83%			

c. Hasil Analisis *Total Coliform*

sistem aliran reaktor	Minggu Ke-	Sampel	nilai coliform (MPN Index/100mL)	sistem aliran reaktor	Minggu Ke-	Sampel	nilai coliform (MPN Index/100mL)
		SAMPEL AWAL LIMBAH	1700			SAMPEL AWAL LIMBAH	1700
		SAMPEL AWAL KRAN KONTROL	2			SAMPEL AWAL KRAN KONTROL	2
UPFLOW	1	100 KONTROL	27	DOWN FLOW	1	100 KONTROL	22
	2		21		2		18
	3		12		3		9
	4		10		4		9
	5		8		5		7
	1	75 KONTROL	30		1	75 KONTROL	25
	2		27		2		21
	3		22		3		18
	4		18		4		12
	5		12		5		10
	1	50 KONTROL	32		1	50 KONTROL	29
	2		30		2		26
	3		28		3		26
	4		22		4		20
	5		20		5		18

sistem aliran reaktor	Minggu ke-	Sampel	nilai coliform (MPN Index/100mL)	sistem aliran reaktor	Minggu Ke-	Sampel	nilai coliform (MPN Index/100mL)
		SAMPEL AWAL LIMBAH	1700			SAMPEL AWAL LIMBAH	1700
		SAMPEL AWAL KRAN KONTROL	2			SAMPEL AWAL KRAN KONTROL	2
UPFLOW	1	100 LIMBAH	31	DOWNFLOW	1	100 LIMBAH	28
	2		28		2		26
	3		26		3		25
	4		25		4		22
	5		23		5		17
	1	75 LIMBAH	34		1	75 LIMBAH	33
	2		33		2		31
	3		31		3		28
	4		28		4		26
	5		26		5		25
	1	50 LIMBAH	37		1	50 LIMBAH	34
	2		34		2		33
	3		33		3		26
	4		26		4		22
	5		25		5		21

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Salni Oktaviani Ainun S. lahir di Kendari, 14 Oktober 1998 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 01 Poasia, Kendari, kemudian tingkat selanjutnya di SMPN 5 Kendari dan tingkat atas di SMAN 1 Kendari. Penulis melanjutkan kuliahnya Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2016 dengan NRP 032116400007.

Selama perkuliahan, penulis aktif pada bidang organisasi dengan menjadi pengurus HMTL sebagai Kepala Bidang Pengembangan Tingkat Dasar 2019, BEM ITS sebagai Sekretaris Kementerian Sosial Masyarakat 2019 dan administrative secretary of Society Of Petroleum Engineers Sepuluh Nopember Institute Of Technology Student Chapter. Selain pada bidang yang konsern terhadap lingkungan. Penulis pernah bekerjasama dengan Kementerian Pekerjaan Umum Tingkat Provinsi dalam menyelenggarakan Kendari Sanitation Day dan penulis seagai Project Officer. Penulis dapat dihubungi melalui telepon pada nomor 082345149898 dan email pada salnioktaviani98@gmail.com

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Gasal 2019/2020

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis 09 Januari 2020

Nilai TOEFL 477

Pukul : 09.00-10.00 WIB

Lokasi : Ruang Sidang Pascasarjana

Judul : Studi Penurunan Senyawa Organik dan Total Coliform dari Air Limbah Domestik melalui Media Tanah

Nama : SALNI OKTAVIANI AINUN SAIFUL

NRP. : 03211640000087

Topik : PENELITIAN

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
1.	Apa itu t_1 , t_2 , dan t_{cr} !
2.	

Salni
19/1/20

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Kamis, 23 Januari 2020
Pukul : 09 30 WIB-11 30 WIB
Lokasi : Ruang Sidang PascaSarjana
Judul : Studi Penurunan Konsentrasi Senyawa Organik Dan Total Coliform Dalam Air Limbah Domestik Melalui Media Tanah
Nama : Saini Oktaviani Ainun Saiful
NRP. : 03211640000087
Topik : Penelitan

Nilai TOEFL
Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Semoga draft paper dapat segera diselesaikan
2.	Mohon segera menyelesaikan analisis yg sama untuk.
3.	meskipun hasil upflow reaktor 50 an = hasil 50 an dari sampling point.
4.	Perbandingan antara 50 an dan 150 cm ini dimasukkan dalam paper yg terdahulu (tanya adanya pengurangan kontro?) (yg paper saja yg up-flow saja?)
5.	Bandiingan antara judul 1 vs. judul 2 ?
6.	Bgmn mekanisme pemisahan diskrit & dissolved dalam tanah.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi ke/di Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl. SE, M.Sc. Ph.D.

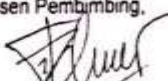


FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

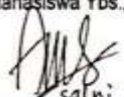
Nama : SALNI OKTAVIANI ANUN S
NRP : 2321690000089
Judul Tugas Akhir : studi penurunan konsentrasi senyawa organik dan total coliform dalam air limbah domestik melalui media tanah

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1	daftar paper disesuaikan	sudah diselesaikan.
2	Analisis yang sama	Sudah direrjakan
3	Hitung Hasil ujirow	Sudah dikerjakan .
4	mentari teori dan pemukiman selelah	Sudah dikerjakan
5	Teori pemisahan diskont dalam tanah	sudah direrjakan

Dosen Pembimbing,


Ir. Eddy Sahadi Soedjono, Dpt. S.E., M.Sc., Ph.D.

Mahasiswa Ybs.,


Salni Oktaviani Anun S



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : SAUNI OKTAVIANI ANUN SAIFUL
NRP : 03211640000007
Judul : Studi penerapan fitoremediasi senyawa organik dan total carbon dalam air limbah domestik melalui media tanah

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	15/10/19	asistensi revisi penambahan realitor dan arah aliran	
2	19/11/19	revisi untuk waktu tinggal	
3	10/12/19	aliran upflow dan downflow serta kebab	
4	12/12/19	perhitungan debit sesuai nilai k	
5	30/12/19	penyempurnaan hasil penelitian	
6	2/1/2020	revisi hasil penelitian	
7	5/1/2020	revisi pedabasi untuk progress	
8	6/1/2020	grafik dimimalis logi sesuai kebutuhan dan waktu	
9	17/1/2020	revisi progress percobaan faktor media	
10	20/1/2020	finalisasi untuk usun.	