

TA/TL/2007/0198

PERPUSTAKAAN FTSP UIN
HADIRI/DEMI
TGL. TERIMA : 11 - 12 - 2007
NO. JUDUL : 2764
NO. INV. : 5120002764001
NO. INDUK : 002764

**PENURUNAN KADAR *E. COLI* DAN *TOTAL COLI* PADA
EFFLUENT SEPTIC TANK DENGAN REAKTOR
SUBSURFACE WASTEWATER INFILTRATION SYSTEM
(*SWISs*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Lingkungan**



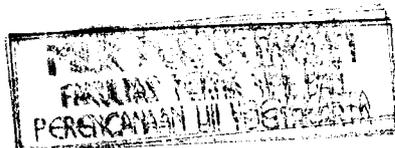
Oleh

Nama : Eka Malakhayati

No. Mahasiswa : 01 513 024

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007





الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR PENURUNAN KONSENTRASI *E.COLI* DAN TOTAL *COLI* PADA *EFFLUENT SEPTIC TANK* DENGAN *SWISS*



Disusun Oleh :

Eka Malakhayati 01 513 024

Mengetahui

**Pembimbing I
Ir. H. Kasam, MT**


Tanggal : 6-5-07

**Pembimbing II
Hudori, ST**


Tanggal :

Halaman Persembahan

Besar Pengharapan Keluarga padaku, Kini Ku Persembahkan Karya Ini Untuk:

Ayahanda Musadam & Ibunda Rodliyah Tercinta Yang Telah Sepenuh Hati Berjuang Mendidik Dan Membesarkanku Dengan Ketulusan Hati Serta Kehangatan Kasih Sayang Yang Senantiasa Mengalir Bersama Doanya.

Adik-Adikku Tersayang Mr. Adam, n' Jagoan kecilku de' koko, Yang telah Memberikan Segala Perhatian Dan Nuansa Ceria Dalam Jejak Kehidupanku, Jadilah Anak-Anak Yang Sholeh

Simbah Hj. Naisah Yang telah membantu dalam do'a, Thanks atas bantuannya selama ini.

Om Tego & Mba Utie Thanks atas Perhatian, Dorongan Motivasi, Nasehat Selama Ini dan dede Wahid, dede Maulana, yang selalu mba Sayangi dan selalu mba Rindukan kenakalan kalian ^-^

Simbah Danu;i (Alm), simbah Munaris (Alm), simbah Ahmad (Alm) dan simbah Tinggal (Alm) semoga Allah menerima simbah semua Disisinya. Amin3x.....Makasih Do'a dan Nasehatnya Alhamdulillah Eka selesai kuliah.

Semua Keluarga besar di Pekalongan, dan Balikpapan Makasih Do'a, Perhatian, Nasehatnya n' Kasih Sayangnya slama ini

Kata Mutiara

Maka sesungguhnya disamping ada kesukaran terdapat pula kemudahan

(QS. Al Insyirah : 5)

Sungguh beruntung orang-orang yang beriman, (yaitu) orang-orang yang khusyuk dalam sholatnya

(QS. Al_Mu'minun: 1-2)

Jika hamba-hambaKu bertanya kepadamu tentang Aku, Maka sesungguhnya Aku dekat. Aku mengabulkan doa orang yang berdoa ketika berdoa pada-Ku

(QS. Al-Baqarah: 186)

Sesungguhnya hanya kepada Allah lah manusia bergantung. Dan tidaklah Allah menimpakan suatu musibah kecuali atas izin-Nya. Maka berdo'alah pada-Nya, dan yakinlah akan pertolongan Allah sesudahnya, sesudah kesulitan ada kemudahan, dan sesungguhnya Allah meninggikan derajat orang-orang yang bersabar dan hanya Dialah maha Luas pertolonganNya.

(Kumpulan ayat-ayat Al-Qur'an)

Kesengsaraan bukan kenikmatan yang lenyap dari diri seseorang
Kesengsaraan adalah lenyapnya usaha untuk memperbaiki diri

(Aidh al-Qarni)

Ibu dari Segala Obat adalah Sedikit Makan
Ibu dari Segala Adab adalah Sedikit Bercakap
Ibu dari Segala Ibadah adalah Takut Berbuat Dosa
Ibu dari Segala Cita-cita adalah Sabar

(Sabda Rosulullah)

Dosa Terbesar adalah Ketakutan
Rekreasi Terbaik adalah Bekerja
Guru Terbaik adalah Pengalaman
Misteri Terbesar adalah Kematian
Modal Terbesar adalah Kemandirian
Kehormatan Terbesar adalah Kesetiaan
Musibah Terbesar adalah Keputusan
Karunia Terbesar adalah Anak yang Sholeh

(Nasehat Ali bin Abi Tholib)



Special Thanks To

Terima kasih kepada semua teman-teman yang telah membantu saya dalam perjalanan ini. Terima kasih kepada semua teman-teman yang telah membantu saya dalam perjalanan ini. Terima kasih kepada semua teman-teman yang telah membantu saya dalam perjalanan ini.

Temen² seperjuanganku GRUP SEPTIC TANK "Oyya n' Urus" Thank Banget deh atas kebersamaan kabian, Tetap Cayo coyyyyy... mb devy, Risaah, Tetty, De' Nana, Tante Nial, Icha, Cucu, Anung, Fddul, Idep, Dedy, Afan, Dede, Indras, Azri, Bombom, Azis, AhMad, QNoy, Warih, Wisnu, Zulfikar, Qipih, yeyeN, Retno, Pipit, Rince, Feni, Dwi Simko, Numik, Bayu, Agung, Adie (TL'01 Oerec'!!) Kompak Abizzzz.
Adik-adik ku nefa, dian, n' adik-adik ku angk' 02 & 03 makasih tas bantuannya slama nie, kakak-kakak ku TL'99 n' TL'00 makasih tas perhatian n' kebersamaannya waktu di Lab, banyak membantu malla.

SpeSial g'Pake Lama S2nya M'Dewa Da, M'Fri La, M'ONta Is, Ina ??? ma sapa ya, De' Yan Lin(BroNdoNg Bro), A² Rudy YSih''''>@< K'ady_M, Bank Adoy gaunterk. Makasih tas pinjaman bukunya, M'yuda, M'Fauzi, M'die, K'Zaky, M'Anto, M'Faisal, Aa Ajay, Mb Nanik, Mas H_Riady, De'Ades, De'Anggi, Mb Omah SeTgOR, M'Tono, Bu Rosita, Liux n De' Echi t4 curhat, de' eno, De' Ismi, De' Tiwi ThanX Komputer n' printernya, oya flashnya juga ,M'Mul n M'Slamet Aqua²

KKN UniT 91 (m'Udin, Wa2n, ade2 ku : Unink, Reta, Siti, Rini, Fiqih, Panggah, Budi, Andi, ma pa ketua de Putra) kenangan di pedukuhan Sawo n' Sakaran Saudara iku di TPA Raden Sahid ada M'NoVriAnda, Firman, Muflit, M'Untung, M'Tomy, Aa'Upu Makasih tas semuanya. Pro, De'Gita, Aan, Ramdan, M'Hari, Rina, Yani, Ika, Ferni, Ari, Yuyun, Mb Dewi, Ika, de' davi n' wa2n, semangat tetap Ukuwah dan Ade' TPA Kalian Kok Ucu bgt she..

Pa sardiono dan alm. Ibu n Temen² Asput Kamboja 02 n' Konco2 Dua Dara, yang ga bisa di sebutin namanya atu2...sorry yo...bis kagak muat, pokokke Miss to All Buat ade2 nyang baru di kamboja (tiwi, tuti, dina, dinar, dana, iis, riska, citralina n' eva) yang akur yaaaa. buat sesepuh mb ayoed, rina, eris n ane sendiri, truzz nisar, pi2t, ajeng, ti2n, osin, ismi, dewi, aisyah, gilang, anda special de'andes (lanjutkan perjuangan di TL xixixi) jangan lupakan ane Yooo..Bae2 di kos yang penuh kenangan terindah selama ane di yogya (6 thn broo !!!)

Sodara-sodara ku di Organisasi KODISIA, ada m'Faris, mb Yuyun, mb Mita, Igi Roni, Pika, Fadil, m'Tono, m'Udin, k'Tia, Nova.....yg ga disebut jgn Marah yaa???

Temen Khayalan sekaligus t4 curhat, sodara2ku de' Ika thank atas nasehatnya slama ini, tuk de' Arief kpn ya bs ktemu, buat m'Budi, m' Liq, m' Agnie n aa' Sony mksh perhatiannya yg berlebih slama nie.

Keluarga di karawang, satu Mess pa Li2k, pa Taufik, pa Selamet, pa Ghozali, m'Mukm m'Pandu makasih atas perhatian n' motivasinya keceriaannya. Miss u to all



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum, wr.wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia, dan ridho_Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ **Penurunan Kadar *E.Coli* dan Total *Coli* Pada *Effluent Septic Tank* dengan *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)*”.**

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian syarat mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak sekali bantuan dan masukan dari banyak pihak hingga terselesaikannya penyusunan skripsi ini. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat.
2. Bapak Luqman Hakim, ST. Msi selaku Ketua Jurusan TL
3. Bapak Eko Siswoyo,ST selaku Sekretaris Jurusan TL
4. Bapak H. Kasam, MT selaku dosen pembimbing I terima kasih atas semua bimbingan, saran, kritik dan waktu yang diberikannya kepada penulis.
5. Bapak Hudori, ST selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan idenya kepada penulis dan atas semua pengarahan dan bimbingannya

6. Ibu Yurena dan Bapak Widodo serta Bapak Dr. Sismanto selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan kepada penulis.
7. Bapak Andik Yulianto, ST selaku dosen Teknik lingkungan yang telah memberikan ilmu-ilmunya kepada penulis.
8. Mas Agus yang telah membantu segala administrasi dan surat-surat
9. Mas iwan selaku laboran di laboratorium Kualitas Air UII yang telah banyak membantu penulis
10. Teman-teman seperjuangan di *Environmental Engineering* '01, terutama Oya dan Uus. Akhirnya amanah kita terselesaikan.
11. Adik-adik *Environmental Engineering* '02 dan '03 tetap semangat.
12. Kakak-kakak ku, *Environmental Engineering* '99 dan '00, makasih atas bantuan, perhatian dan kerjasamanya selama ini.
13. Semua pihak yang telah banyak membantu penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga segala amal kebaikan mendapat balasan dari Allah SWT

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak untuk perbaikan. Akhirnya, semoga dengan segala kekurangan skripsi ini, masih dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya dan bagi semua pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Yogyakarta, April 2007



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
KATA MUTIARA.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BABI PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Air Limbah.....	6
2.2	Sumber Air Limbah.....	8
2.3	Air Limbah Domestik.....	12
2.4	Jenis Pengolahan Air Limbah	18
	2.4.1 Pengolah Air Limbah Sec.Biologi.....	19
2.5	Bakteri <i>E.Coli</i>	22
2.6	<i>Septic Tank</i>	29
2.7	Mekanisme Removal & Mekanisme Filtrasi pada Reaktor SWISs....	32
	2.7.1 Mekanisme Removal.....	32
	2.7.2 Mekanisme Filtrasi.....	33
2.8	Landasan Teori.....	36
	2.8.1 <i>Subsurface Waste Water Infiltration System (SWISs)</i>	36
	2.8.2 Penempatan Permukaan Infiltrasi.....	39
	2.8.3 Geometri, Orientasi dan Konfigurasi permukaan Infiltrasi.....	40
	2.8.4 Distribusi Air Limbah ke dalam Permukaan Infiltrasi.....	42
2.9	Hipotesa.....	42

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Tahapan Secara Umum.....	43
3.2	Lokasi Penelitian.....	44
3.3	Obyek Penelitian.....	45
3.4	Kerangka Penelitian	45
3.5	Variabel Penelitian.....	47

3.6 Tahapan Penelitian.....	47
3.6.1 Persiapan Alat.....	47
3.6.2 Desain Reaktor <i>SWISs</i>	49
3.6.3 Pelaksanaan Penelitian.....	54
3.6.4 Proses Sampel Uji.....	55
3.6.5 Pemeriksaan Sampel.....	55
3.7 Analisa Data.....	59
BAB IV HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN	
4.1 Parameter <i>E.Coli</i>	60
4.1.1 Pengujian Jumlah Bakteri <i>E.coli</i>	60
4.1.2 Analisa Jumlah Bakteri <i>E.coli</i>	64
4.1.3 Pembahasan Jumlah Bakteri <i>E.coli</i>	65
4.2 Parameter <i>Total Coli</i>	71
4.2.1 Pengujian Jumlah Total <i>Coli</i>	71
4.2.2 Analisa Jumlah Total <i>Coli</i>	75
4.2.3 Pembahasan Jumlah Total <i>Coli</i>	79
BAB V KESIMPULAN dan SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR TABEL

الجدول المحتويات

DAFTAR TABEL

Tabel I	Kualitas air limbah rumah tangga dari WC/kakus.....	10
Tabel II	Kualitas air limbah rumah tangga non kakus (<i>greywater</i>) di Indonesia.....	11
Tabel III	Sifat fisik limbah domestik.....	14
Tabel IV	Komposisi limbah domestik.....	17
Tabel V	Karakteristik <i>Effluent Septic Tank</i>	31
Tabel VI	Data jumlah bakteri <i>E.Coli</i> pada reaktor I.....	61
Tabel VII	Data jumlah bakteri <i>E.Coli</i> pada reaktor II.....	62
Tabel VIII	Data jumlah bakteri <i>E.Coli</i> pada reaktor III.....	63
Tabel IX	Data jumlah bakteri total <i>Coli</i> pada reaktor I.....	72
Tabel X	Data jumlah bakteri total <i>Coli</i> pada reaktor II.....	73
Tabel XI	Data jumlah bakteri total <i>Coli</i> pada reaktor III.....	74
Tabel XII	Ciri dan fase pada kurva pertumbuhan.....	80



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR GAMBAR

الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem konvensional <i>SWISs</i>	37
Gambar 2.2	Reaerasi yang terjadi di lapisan bawah tanah.....	38
Gambar 2.3	Sistem bukit buatan yang dibuat dari urugan.....	39
Gambar 3.1	Media pasir dan kerikil.....	43
Gambar 3.2	Diagram alir penelitian.....	46
Gambar 3.3	Media kerikil dan pasir.....	48
Gambar 3.4a	Reaktor <i>SWISs</i> tampak atas dengan 1 pipa distribusi.....	49
Gambar 3.4b	Reaktor <i>SWISs</i> tampak atas dengan 2 pipa distribusi.....	50
Gambar 3.4c	Reaktor <i>SWISs</i> tampak atas dengan 3 pipa distribusi.....	50
Gambar 3.4d	Reaktor <i>SWISs</i> tampak melintang.....	51
Gambar 3.4e	Reaktor <i>SWISs</i> tampak membujur.....	51
Gambar 3.4f	Reaktor <i>SWISs</i> tampak depan.....	53
Gambar 3.4g	Reaktor <i>SWISs</i> tampak samping.....	53
Gambar 3.5	<i>Inlet</i> Reaktor <i>SWISs</i>	55
Gambar 3.6	<i>Outlet</i> Reaktor <i>SWISs</i>	55
Gambar 3.7	<i>Autoclap</i>	56
Gambar 3.8	Media laktosa.....	57
Gambar 3.9	Media BGLB.....	57
Gambar 3.10	Inkubator.....	59
Gambar 3.11	Media dalam Inkubator.....	59

Gambar 4.1	Jumlah <i>E.Coli</i> di <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada reaktor I	61
Gambar 4.2	Jumlah <i>E.Coli</i> di <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada reaktor II	62
Gambar 4.3	Jumlah <i>E.Coli</i> di <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada reaktor III	63
Gambar 4.4	Jumlah <i>E.Coli</i> di <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> pada reaktor 1,2 dan 3	69
Gambar 4.5	Jumlah total <i>coli</i> pada inlet dan outlet di reaktor I.....	72
Gambar 4.6	Jumlah total <i>coli</i> pada inlet dan outlet di reaktor II.....	73
Gambar 4.7	Jumlah total <i>coli</i> pada inlet dan outlet di reaktor III.....	74
Gambar 4.8	Jumlah total <i>coli</i> pada reaktor 1, 2, dan 3.....	78
Gambar 4.9	Kurva pertumbuhan bakteri.....	80





الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR LAMPIRAN

الجدول المحتويات

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Teknik Sampling dan Analisa Bakteri E.Coli dengan Metode MPN

Lampiran II Tabel Indeks JPT dalam 100 ml Sampel Air



**PENURUNAN KADAR *ESCHERICHIA.COLI (E.COLI)* DAN *TOTAL COLI*
PADA *EFFLUENT SEPTICTANK* DENGAN REAKTOR *SUBSURFACE*
*WASTEWATER INFILTRATION SYSTEM (SWISs)***

Eka Malakhayati

INTISARI

Kepadatan penduduk yang terus meningkat khususnya di DI Yogyakarta menyebabkan pencemaran pada air permukaan dan air tanah. Penyebab utama dari pencemaran ini salah satunya adalah limbah domestic karena debit air buangan cenderung meningkat perharinya bersamaan dengan meningkatnya populasi, perubahan gaya hidup dan aktifitas lainnya. Masalah yang dihadapi masyarakat yang hidup di daerah pemukiman yang padat penduduk diantaranya WC tidak berfungsi karena tidak adanya system resapan, saluran drainase kotor dan berbau berasal dari *septic tank* yang sudah penuh. Tingginya konsentrasi *E.Coli* dan *Total Coli* pada limbah domestic dinilai perlu untuk dibuat suatu pengolahan alternative dengan sistem *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)*. Tujuan utama dari penelitian ini untuk mengetahui apakah reactor SWISs dapat menurunkan konsentrasi *E.Coli* dan *Total Coli* pada *effluent septic tank* serta mengetahui besar penurunan dan efisiensi konsentrasi *E.Coli* dan *Total Coli*. Metode penelitian yang dilakukan yaitu proses filtrasi atau penyaringan suspensi-suspensi media berpori yaitu pasir dan kerikil yang tidak diganti selama penelitian, sedangkan limbo di tambahkan setiap hari. Data dari hasil penelitian akan dilihat besarnya penurunan konsentrasi dan efisiensi untuk parameter *E.Coli* dan *Total Coli* dengan menggunakan reactor *SWISs*. Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka diperoleh efisiensi tertinggi untuk parameter *E.Coli* pada reactor 1 pipa distribusi sebesar 95% , pada reactor 2 pipa distribusi sebesar 90% dan pada reactor 3 pipa distribusi sebesar 85%. Untuk parameter *Total Coli* pada reactor 1 pipa distribusi sebesar 88,93% pada reactor 2 pipa distribusi sebesar 85,61% dan pada reactor 3 pipa distribusi sebesar 88,93%. Dari hasil yang diketahui bahwa ada pengaruh variasi jumlah pipa distribusi pada masing-masing reactor, sedangkan pengaruh kondisi media yang tidak diganti selama 7 hari, kurang signifikan, walaupun terdapat kecenderungan bahkan semakin lama kinerja media tersebut berkurang efisiensinya, yang paling baik yaitu reactor dengan 1 pipa distribusi.

Kata kunci : *E.Coli (Escherichia Coli)*, *Total Coli*, *Effluent septictank*, reactor *SWISs*

**THE DECREASE OF ESCHERICHIA.COLI (E.COLI) AND TOTAL COLI AT
EFFLUENT SEPTICKTANK BY REACTOR SUBSURFACE WASTEWATER
INFILTRATION SYSTEM (SWISs)**

Eka Malakhayati

ABSTRACK

Population density which increasing specially in Yogyakarta causing contamination at surface water and ground water. The root cause from this contamination one of them is domestic waste because debit irrigate discard tend to increase the him of at the same time at the height of population, change of life style and other activities. Problem faced by society which was solid settlement area life of resident among other WC do not function for no diffusion system him, dirty drainage channel and smell came from *Septicktank* which have full of. Concentration height of *E.Coli* and of *Coli Total* at assessed domestic waste require to be made by a processing of alternative system by *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)*. Especial target of this research to know do reactor of *SWISs* can degrade concentration of *E.Coli* and of *Coli Total* at *Septicktank effluent* and also know bigly of concentration efficiency and degradation of *E.Coli* and of *Coli Total*. Research method that is process of filtrasi or screening of suspensions through media have pore that is gravel and sand. which do not change by during research, while waste in enhancing every day. Date of research result will be seen by the level of degradation of efeciency and concentration for the parameter of *E.Coli* and of *Coli Total* by using reactor of *SWISs*. Result been have which attempt of From conducted, obtained hence by parameter the for efficiency highest of *E.Coli* at reactor 1 to equal pipe distribution 95 % , at reactor 2 to equal pipe distribution 90% and at reactor 3 to equal pipe distribution 85%. Total For of parameter of *Coli* at reactor 1 to equal pipe distribution 88,93% at reactor 2 to equal pipe distribution 85,61% and at reactor 3 to equal pipe distribution 88,93%. Result variation of influence is there that knew from of] pipe distribution of amount at reactor each, media of condition is influence while of which do note of change by during 7 day, signifikan less, acre there although of tendency media the longer even performance of efficiency its decrease, by reactor is that best 1 pipe distribution.

Key word : *E.Coli (Escherichia Coli)*, *Coli Total*, *Effluent septicktank*, *SWISs* reactor



الجامعة الإسلامية الإندونيسية

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air limbah merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan manusia sehari-hari, oleh sebab itu air limbah ini akan selalu diupayakan agar tidak mempengaruhi kondisi lingkungan dan kesehatan manusia. Karena jika tidak diolah maka air limbah yang dihasilkan dari aktifitas manusia tersebut tidak saja mempengaruhi aspek lingkungan dan kesehatan, bahkan akan mempengaruhi produktifitas kerja manusia yang tinggal di dalam lingkungan yang tidak sehat.

Air limbah yang belum mengalami pengolahan dapat dipastikan mengandung banyak komponen-komponen yang tidak diinginkan. Bila dibuang ke lingkungan perairan, beberapa diantaranya akan memunculkan masalah. Kenyataannya bahwa tidak semua limbah tersebut terolah dan banyak mencemari lingkungan. Salah satu sumber limbah adalah berasal dari limbah domestik, yaitu yang bersumber dari perumahan, perdagangan, perkantoran dan daerah fasilitas rekreasi.

Berkembangnya teknologi pengolahan air limbah maka instalasi maupun komponen instalasi yang digunakan saat ini banyak menggunakan teknologi yang modern pula. Namun demikian adanya keterbatasan khususnya dalam operasi dan pemeliharaan instalasi pengolahan air limbah, maka kondisi masyarakat Indonesia masih memerlukan teknologi yang sesuai dengan kondisi sosial dan ekonomi

Indonesia saat ini. Pengolahan air limbah mulai dari pedesaan, kota kecamatan hingga kota besar, penggunaan instalasi pengolahan air limbah dalam bentuk instalasi individual seperti Tangki Septik atau Cubluk, masih sesuai dengan tingkat pelayanan penyehatan lingkungan bagi masyarakat yang terdapat di pedesaan, di kota kecil maupun di kota besar. Untuk mengetahui apakah pengolahan air limbah dari sumbernya layak atau tidak, dapat dilihat dari berbagai kasus pada tiap pembangunan perumahan yang kurang atau bahkan tidak sama sekali memperhatikan standar yang ada.

Tujuan utama dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi kandungan dari bahan-bahan pencemar. Oleh karena itu diperlukan suatu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar salah satunya dengan parameter bakteri *E.coli* dan Total *coli*. Alternatif pengolahan yang dapat dilakukan dengan menggunakan Reaktor *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)*. Penelitian yang sama pernah dilakukan di negara Jerman, dengan menggunakan reaktor yang sama. Perbedaan penelitian terletak pada desain dan parameter yang di ujikan. Di negara maju tersebut desain *SWISs* dibuat dalam skala besar, sesuai dengan kebutuhan dan jumlah penduduk yang ada. Reaktor yang mereka buat di desain dengan sistem pengolahan secara *countinue*.

Reaktor *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)* merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dan dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh

butiran pasir yang lebih kecil agar dapat menyaring bakteri. *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)* adalah sebuah teknologi yang terbukti dapat diadaptasikan dan dapat bertahan di Negara-negara berkembang. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gravitasi (Murcott dan Lukas, 2004).

Pengolahan air dari *septic tank* dengan menggunakan saringan *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)* merupakan salah satu cara pengolahan sederhana dan murah dalam mengurangi kandungan bakteri. Tetapi untuk menghasilkan air yang benar-benar terbebas dari bakteri maka diperlukan proses pengolahan lebih lanjut, dengan demikian air limbah hasil pengolahan dapat memenuhi persyaratan kualitas air bersih yang aman untuk digunakan sebagai bahan baku air irigasi.

Tes standar yang digunakan untuk bakteri *coli* dapat dilakukan meliputi tes perkiraan, tes pengasaan dan tes lengkap. Hasil perkiraan dinyatakan dengan Jumlah Perkiraan Terdekat (JPT). Adapun tujuan dari tes ini, terutama pemeriksaan air yang telah di deteksi, adalah untuk menentukan ada tidaknya pencemaran air dari bakteri (Unus, 1993).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apakah jumlah bakteri *E.Coli* dan *Total Coli* pada limbah domestik dapat mengalami penurunan serta apakah terjadi perbedaan secara signifikan apabila ada variasi 1 pipa, 2 pipa dan 3 pipa pada masing-masing reaktor filtrasi tersebut dengan menggunakan *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)*

1.3 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah domestik yang berasal dari limbah *septic tank* FTSP UII, Yogyakarta.
2. Parameter air limbah yang akan diperiksa adalah bakteri *E.coli* dan *Total coli*.
3. Percobaan ini menggunakan variasi pipa yang diletakkan berbeda pada reaktor satu dengan 1 jalur pipa distribusi, reaktor dua dengan 2 jalur pipa distribusi dan reaktor tiga dengan 3 jalur pipa distribusi.
4. Media yang digunakan adalah pasir dan kerikil.

1.4 Tujuan Penelitian

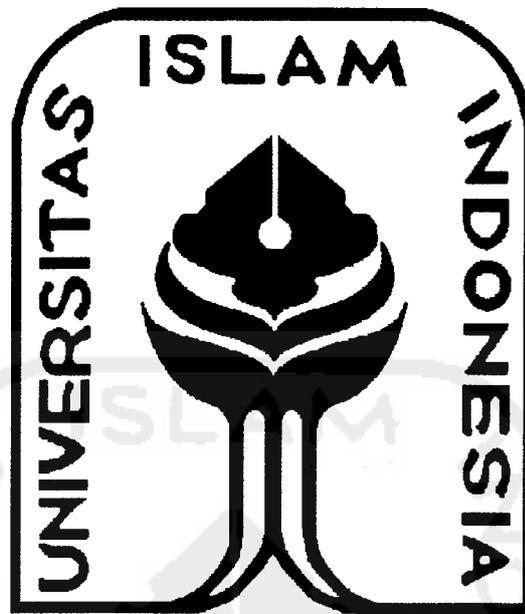
Adapun tujuan penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui tingkat efektifitas Reaktor *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)* dalam menurunkan jumlah bakteri *E.Coli* dan *Total Coli* pada limbah cair domestik.
2. Mengetahui variasi pipa yang paling efektif sehingga mendapatkan penurunan bakteri *E.Coli* dan *Total Coli* yang paling optimal pada limbah cair domestik.
3. Mengetahui pengaruh media yang telah di gunakan berulang kali tanpa dicuci ataupun diganti.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain :

1. Memberikan alternatif pada pengolahan limbah cair domestik.
2. Sebagai referensi kepada penelitian berikutnya agar mencoba berbagai variasi percobaan, sehingga nantinya akan mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan *SWISs* dalam menurunkan bakteri *E.Coli* dan *Total Coli* pada limbah cair domestik.



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Air limbah merupakan air bekas yang sudah tidak terpakai lagi sebagai hasil dari adanya berbagai kegiatan manusia sehari-hari. Air limbah tersebut biasanya dibuang ke alam yaitu tanah dan badan air. Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dengan segala kegiatannya. Apabila jumlah air limbah yang dibuang berlebihan. Melebihi dari kemampuan alam untuk menerimanya maka akan terjadi kerusakan lingkungan. Lingkungan yang rusak akan menyebabkan menurunnya tingkat kesehatan manusia yang tinggal pada lingkungannya itu sendiri sehingga oleh karenanya perlu dilakukan penanganan air limbah yang lebih seksama dan terpadu baik yang dilakukan oleh pemerintah, swasta dan masyarakat. Ketiganya memiliki peran dalam mengelola air limbah mulai dari sumbernya hingga ke tempat pembuangan akhir. (Anonim, 1997).

Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah RI no.20 tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air yang menyatakan bahwa Pencemaran Air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

:

Tinja (*excreta*) adalah bahan yang dikeluarkan dari tubuh manusia. Kotoran rumah tangga (*Domestic sewage*) adalah air yang telah dipergunakan yang berasal dari rumah tangga atau pemukiman termasuk didalamnya adalah yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, WC, serta tempat masak. Air limbah (*wastewater*) adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta air buangan lainnya. Air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Saluran air limbah (*sewer*) adalah perlengkapan pengelolaan air limbah, bisa berupa pipa atau selokan, yang dipergunakan untuk membawa air buangan dari sumbernya sampai ke tempat pengolahan atau ke tempat pembuangan (Sugiharto, 1987)

Secara umum tujuan utama dari setiap pengolahan air buangan adalah sebagai berikut :

1. Mencegah serta mengurangi timbulnya pencemaran lingkungan.
2. Mengubah dan mengkonversikan bahan-bahan yang terkandung di dalam air buangan menjadi bahan-bahan yang tidak berbahaya atau bahan berguna baik bagi manusia, hewan, ataupun organisme yang lain melalui proses tertentu.
3. Memusnahkan senyawa-senyawa beracun dan atau jasad-jasad pathogen.

Cara penularan ini dilihat dari segi penyebabnya, ditentukan oleh tiga faktor penting, yaitu:

- Periode paten bagi suatu mikroba untuk menjadi infeksius.
- Persistensinya di luar tubuh.

- Dapat atau tidak berkembang biak di luar tubuh manusia.

Kualitas limbah menunjukkan spesifikasi limbah yang diukur dari jumlah kandungan bahan pencemar di dalam limbah. Kandungan pencemar di dalam limbah terdiri dari berbagai parameter. Semakin kecil jumlah parameter dan semakin kecil konsentrasinya, hal itu menunjukkan semakin kecilnya peluang untuk terjadinya pencemaran lingkungan.

Beberapa kemungkinan yang akan terjadi akibat masuknya limbah ke dalam lingkungan :

- Lingkungan tidak mendapat pengaruh yang berarti. Hal ini disebabkan karena volume limbah kecil, parameter pencemar yang terdapat dalam limbah sedikit dengan konsentrasi yang kecil.
- Ada pengaruh perubahan, tetapi tidak mengakibatkan pencemaran.
- Memberikan perubahan dan menimbulkan pencemaran.

Sedangkan faktor – faktor yang mempengaruhi kualitas limbah adalah :

- Volume limbah.
- Kandungan bahan pencemar
- Frekuensi pembuangan limbah (Kristanto, 2002).

2.2 Sumber Air Limbah

Sumber utama air limbah rumah tangga berasal dari perumahan, daerah perdagangan, perkantoran dan tempat rekreasi. Air limbah rumah tangga yang berasal

dari daerah perumahan biasanya diperkirakan melalui jumlah limbah yang dibuang per orang. Jumlah limbah yang dibuang (dalam liter per hari per orang) untuk apartemen limbah yang dihasilkan adalah 240 ltr/hr/org, untuk perhotelan (penghuni tetap) limbah yang dihasilkan sebesar 190 ltr/hr/org, sedangkan untuk tempat tinggal keluarga limbah yang dihasilkan sebesar 250 ltr/hr/org.

Untuk mengolah air limbah selain data kepekatan air limbah diperlukan juga data mengenai seberapa besar rata-rata jumlah air limbah yang harus diolah. Supaya jumlah air limbah yang akan diolah itu dapat diperkirakan, maka diperlukan data mengenai sumber air limbah. Data mengenai sumber air limbah dapat di pergunakan untuk memperkirakan jumlah rata-rata aliran air limbah dari berbagai jenis perumahan, industri, pasar, rumah sakit dan lain-lain. (Darsono, 1992).

Sumber Rumah Tangga umumnya dari kamar mandi, tempat cuci dapur dan toilet/ kakus. Pengolahan air limbah sangat berkaitan dengan karakteristik air limbah. Air limbah rumah tangga jika dilihat dari sumbernya ada dua macam :

1. Air limbah rumah tangga yang bersumber dari toilet/ kakus (*black water*)
2. Air limbah rumah tangga non kakus (*grey water*)

Karakteristik air limbah rumah tangga yang bersumber dari toilet/kakus berdasarkan laboratorium TL ITB disajikan pada tabel I dan karakteristik air limbah rumah tangga non kakus berdasarkan hasil penelitian puslitbang permukiman diberikan pada table II :

Tabel I Kualitas Air Limbah Rumah Tangga Dari WC/Kakus

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	6,5 – 7,0
2	Temperatur	⁰ C	37
3	Amonium	Mg/l	25
4	Nitrat	Mg/l	0
5	Nitrit	Mg/l	0
6	Sulfat	Mg/l	20
7	Phosfat	Mg/l	30
8	CO ₂	Mg/l	-
9	HCO ₃	Mg/l	120
10	BOD ₅	Mg/l	220
11	COD	Mg/l	610
12	Khlorida	Mg/l	45
13	Total coli	MPN	3x10 ⁵

Sumber : Laboratorium TL ITB tahun 1994

Tabel II Kualitas Air limbah Non Kakus (*grey water*) di Indonesia

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	8,5
2	Temperatur	⁰ C	24
3	Amonium	Mg/l	10
4	Nitrat	Mg/l	0
5	Nitrit	Mg/l	0,005
6	Sulfat	Mg/l	150
7	Phosfat	Mg/l	6,7
8	CO ₂	Mg/l	44
9	HCO ₃	Mg/l	107
10	BOD ₅	Mg/l	189
11	COD	Mg/l	317
12	Khlorida	Mg/l	47
13	DO	Mg/l	4,01
14	Zat Organik	Mg/l KmnO ₄	554
15	Detergen	Mg/l MBAS	2,7
16	Minyak	Mg/l	< 0,05

Sumber : Laboratorium Balai Lingkungan Pemukiman tahun 1994

2.3 Air Limbah Domestik

Limbah domestik adalah semua limbah yang berasal dari kamar mandi, WC, dapur, tempat cuci pakaian, apotik, rumah sakit, dan sebagainya. Yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik, baik padat ataupun cair, bahan berbahaya dan beracun (B3), garam terlarut, lemak dan bakteri.

Limbah domestik adalah limbah yang terutama berasal dari daerah tempat tinggal (pemukiman), daerah komersial (perdagangan), daerah perkantoran dan fasilitas - fasilitas umum.

Air limbah domestik adalah sumber utama pencemar badan air di daerah perkotaan. Masuknya air limbah domestik ke lingkungan tanpa diolah akan mengakibatkan menurunnya kualitas air di badan air penerima seperti sungai, yang pada akhirnya menyebabkan beberapa masalah yaitu kerusakan keseimbangan ekologi di aliran sungai, masalah kesehatan penduduk yang memanfaatkan air sungai secara langsung, yang dapat menurunkan derajat kesehatan masyarakat dan meningkatkan angka kematian akibat infeksi air, bertambahnya biaya pengolahan air minum oleh perusahaan air minum (PAM) serta kerusakan perikanan di muara.

Air buangan domestik merupakan campuran yang rumit antara bahan organik dan anorganik dalam bentuk, seperti partikel-partikel benda padat besar dan kecil atau sisa-sisa bahan larutan dalam bentuk koloid (Mahida, 1984). Air buangan ini juga mengandung unsur-unsur hara, sehingga dengan demikian merupakan wadah yang baik sekali untuk pembiakan mikroorganismenya.

Untuk mengetahui air buangan domestik secara luas diperlukan pengetahuan yang mendetail tentang komposisi atau kandungan yang ada di dalamnya. Setelah diadakan analisis ternyata diketahui bahwa sekitar 75 % dari benda-benda terapung dan 40 % benda-benda padat yang dapat disaring adalah berupa bahan organik. Komposisi utama bahan-bahan organik tersebut tersusun oleh 40-60 % protein, 25-50 % karbohidrat dan 10 % sisanya berupa lemak.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh air buangan domestik adalah sifat fisik, kimia dan biologis.

- Sifat Fisik

Sebagian besar air buangan domestik tersusun atas bahan-bahan organik. Pendegradasian bahan-bahan organik pada air buangan akan menyebabkan kekeruhan. Selain itu kekeruhan yang terjadi akibat lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung yang tidak segera mengendap. Pendegradasian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Parameter ini dapat menunjukkan kekuatan pencemaran.

Komponen bahan-bahan organik tersusun atas protein, lemak, minyak dan sabun. Penyusun bahan-bahan organik tersebut cenderung mempunyai sifat berubah-ubah (tidak tetap) dan mudah menjadi busuk. Keadaan ini menyebabkan air buangan domestik menjadi berbau. Secara fisik sifat-sifat air buangan domestik dapat dilihat pada tabel III berikut ini :

Tabel III Sifat Fisik Limbah Domestik

No	Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh
1.	Suhu	Kondisi udara sekitar	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen atau gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.
2.	Kekeruhan	Benda-benda tercampur seperti limbah padat, garam, tanah, bahan organik yang halus, algae, organisme kecil.	Mematikan sinar, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan.
3.	Warna	Sisa bahan organik dari daun dan tanaman.	Umumnya tidak berbahaya, tetapi berpengaruh terhadap kualitas air.
4.	Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik.	Mengurangi estetika.
5.	Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut dan beberapa ion.	
6.	Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut atau tercampur.	Mempengaruhi jumlah organik padat.

(Sumber : Sugiharto, 1987)

- Sifat Kimia

Pengaruh kandungan bahan kimia yang ada di dalam air buangan domestik dapat merugikan lingkungan melalui beberapa cara. Bahan-bahan terlarut dapat

menghasilkan DO atau oksigen terlarut dan dapat juga menyebabkan timbulnya bau (*Odor*). Protein merupakan penyebab utama terjadinya bau ini, sebabnya ialah struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan kimia lain oleh proses dekomposisi.

Di dalam air buangan domestik dijumpai karbohidrat dalam jumlah yang cukup banyak, baik dalam bentuk gula, kanji dan selulosa. Gula cenderung mudah terurai, sedangkan kanji dan selulosa lebih bersifat stabil dan tahan terhadap pembusukan (Sugiharto, 1987).

Lemak dan minyak merupakan komponen bahan makanan dan pembersih yang banyak terdapat di dalam air buangan domestik. Kedua bahan tersebut berbahaya bagi kehidupan biota air dan keberadaannya tidak diinginkan secara estetika selain dari itu lemak merupakan sumber masalah utama dalam pemeliharaan saluran air buangan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh kedua bahan ini adalah terbentuknya lapisan tipis yang menghalangi ikatan antara udara dan air, sehingga menyebabkan berkurangnya konsentrasi DO. Kedua senyawa tersebut juga menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna.

Jasad renik yang berada dalam air limbah akan menggunakan oksigen untuk mengoksidasi benda organik menjadi energi, bahan buangan lainnya serta gas. Jika bahan organik yang belum diolah dan dibuang ke badan air, maka bakteri akan menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Oksigen diambil dari yang terlarut didalam air dan apabila pemberian oksigen tidak seimbang dengan

kebutuhannya maka oksigen yang terlarut akan turun mencapai titik nol (Sugiharto, 1987).

- Sifat Biologis

Keterangan tentang sifat biologis air buangan domestik diperlukan untuk mengukur tingkat pencemaran sebelum dibuang ke badan air penerima. Mikroorganisme-mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam air buangan domestik adalah bakteri, jamur, protozoa dan algae. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Berdasarkan penggunaan makanannya, bakteri dibedakan menjadi bakteri autotrof dan heterotrof. Bakteri autotrof menggunakan karbondioksida sebagai sumber zat karbon, sedangkan bakteri heterotrof menggunakan bahan organik sebagai sumber zat karbonnya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob.

Selain bakteri, jamur juga termasuk dekomposer pada air buangan domestik. Jamur adalah mikroorganisme nonfotosintesis, bersel banyak, bersifat aerob dan bercabang atau berfilamen yang berfungsi untuk memetabolisme makanan. Bakteri dan jamur dapat memetabolisme bahan organik dari jenis yang sama. Protozoa adalah kelompok mikroorganisme yang umumnya motil, bersel tunggal dan tidak ber dinding sel. Kebanyakan protozoa merupakan predator yang sering kali memangsa bakteri. Peranan protozoa penting bagi penanganan limbah organik karena protozoa dapat

menekan jumlah bakteri yang berlebihan. Selain itu protozoa dapat mengurangi bahan organik yang tidak dapat di metabolisme oleh bakteri ataupun jamur dan membantu menghasilkan *effluen* yang lebih baik (Sugiharto, 1987). Secara ringkas komposisi kandungan limbah domestik disajikan pada tabel IV.

Tabel IV Komposisi Limbah Domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi		
		Rendah	Medium	Tinggi
Total Solid (TS)	mg/L	390	720	1230
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	270	500	860
Fixed	mg/L	160	300	520
Volatil	mg/L	110	200	340
Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	120	210	400
Fixed	mg/l	25	50	85
Volatil	mg/L	95	160	315
Settleable Solids	mL/L	5	10	20
BOD ₅ , 20°C	mg/L	110	190	350
Total Organik Karbon (TOC)	mg/L	80	140	260
COD	mg/L	250	430	800
Nitrogen (Total sbg N)	mg/L	20	40	70
Organik	mg/L	8	15	25
Amoniak bebas	mg/L	12	25	45

Nitrit	mg/L	0	0	0
Nitrat	mg/L	0	0	0
Phospor (Total Sbg Phospor)	mg/L	4	7	12
Organik	mg/L	1	2	4
InOrganik	mg/L	3	5	10
Klorida	mg/L	30	50	90
Sulfat	mg/L	20	30	50
Minyak dan Lemak	mg/L	50	90	100
VOCs	mg/L	<100	100-400	>400
Total Coliform	No./100mL	10^6-10^8	10^7-10^9	10^7-10^{10}
Fecal Coliform	No./100mL	10^3-10^5	10^4-10^6	10^5-10^8

Sumber: Metcalf and Eddy, 2003

2.4 Jenis Pengolahan Air Limbah

Berdasarkan karakteristik limbah, proses pengolahan dapat digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu fisika, kimia, dan biologi.

a. Proses Fisika

Perlakuan terhadap air limbah dengan cara fisika, yaitu proses pengolahan secara mekanis dengan atau tanpa penambahan kimia. Proses - proses tersebut diantaranya adalah penyaringan, penghancuran, perataan air, penggumpalan, sedimentasi, pengapungan dan filtrasi.

b. Proses Kimia

Proses pengolahan secara kimia menggunakan bahan kimia untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar di dalam limbah. Dengan adanya bahan kimia berarti akan terbentuk unsur baru dalam air limbah, yang mungkin berfungsi sebagai *katalisator*. Kegiatan yang termasuk dalam proses kimia diantaranya adalah pengendapan, klorinasi, oksidasi dan reduksi, netralisasi, ion exchanger dan desinfektan.

c. Proses Biologi

Proses pengolahan limbah secara biologis adalah memanfaatkan *mikroorganisme* (ganggang, bakteri, protozoa) untuk menguraikan senyawa organik dalam air limbah menjadi senyawa yang sederhana dan dengan demikian mudah mengambilnya. Pengolahan ini terutama digunakan untuk menghilangkan bahan organik yang biodegradable dalam air buangan. Pengolahan biologis dapat dibedakan menurut pemakaian oksigennya, menjadi proses aerobik, anaerobic dan Fakultatif (Kristanto, 2002).

2.4.1 Pengolahan air limbah secara biologi

Pengolahan limbah cair secara biologis memegang peranan yang sangat penting dalam penanganan limbah yang akan merombak bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah, mikrobia mempunyai penanganan yang tinggi dalam

mendegradasi bahan organik, sehingga peranannya dalam limbah cair cukup besar (Sugiharto, 1987).

Prinsip pengolahan air buangan secara biologis dipusatkan pada mikroorganisme yang menggunakan material limbah organik sebagai bahan makanannya untuk mendukung perkembangbiakan bakteri, pembentukan energi-energi esensial. Pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang ada di lingkungan perairan, seperti; jumlah oksigen terlarut, pH, suhu, adanya bahan-bahan toksik, jumlah dan material limbah, dan cahaya matahari.

Pengolahan limbah cair secara biologis merupakan pengolahan dengan memanfaatkan kegiatan mikroba untuk melakukan degradasi ataupun transformasi. Pengolahan air buangan secara biologi terjadi dalam tiga keadaan yaitu ; aerobik, anaerobik dan fakultatif.

Pengolahan air limbah secara biologi adalah suatu cara pengolahan bertujuan untuk menurunkan atau menyisihkan substrat tertentu yang terkandung dalam air limbah dengan memanfaatkan aktifitas mikroorganisme melalui proses biodegradasi.

Proses pengolahan secara biologi ini dibagi menjadi tiga berdasarkan pendekatan :

1. Berdasarkan Lingkungan Proses Biologi

Proses pengolahan secara biologi merupakan sebuah proses biokimia yang berlangsung pada dua kondisi lingkungan utama, yaitu lingkungan aerob dan lingkungan anaerob.

a. Lingkungan *Aerob*

merupakan lingkungan dimana oksigen terlarut dalam air terdapat cukup tersedia sehingga oksigen bukan merupakan faktor pembatas. Pada lingkungan ini oksigen bertindak sebagai akseptor elektron.

Proses biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai aseptor elektron akhir adalah proses utama yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme dalam proses ini. Mikroba yang menggunakan oksigen sebagai aseptor elektron, elektron akhir adalah mikroorganisme aerobik. Beberapa pengolahan limbah cair secara aerobik adalah lumpur aktif, trieling filter, kolam oksidasi, lagoon aerasi dan parit oksidasi.

b. Lingkungan *anaerob*

merupakan kebalikan dari lingkungan aerob, yaitu tidak terdapat oksigen terlarut atau ada tetapi dengan konsentrasi yang sangat rendah, sehingga menjadi faktor pembatas berlangsungnya proses aerob.

Pengolahan air buangan secara anaerobik yaitu proses penguraian air buangan dilakukan oleh mikroorganisme anaerobik, dalam kondisi tanpa oksigen. Bahkan mikroba yang bersifat obligat anaerobik tidak dapat hidup bila ada oksigen terlarut. Bakteri tersebut antara lain bakteri etan yang umumnya terdapat pada digester anaerobik dan *lagoon anaerobik*. Proses anaerobik memperoleh energi dari oksidasi bahan-bahan organik kompleks

tanpa menggunakan oksigen terlarut, tetapi menggunakan senyawa-senyawa lain sebagai pengoksidasi, yaitu ; oksigen, karbon dioksida, senyawa-senyawa organik yang teroksidasi sebagian, sulfat dan nitrat.

Pengubahan asam organik menjadi gas metan menghasilkan sedikit energi, sehingga laju pertumbuhannya lambat. Laju pengurangan buangan organik pada proses anaerobik dan lumpur yang dihasilkan menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan proses pengolahan secara aerobik. Pada proses anaerobik sintesa sel lebih kecil sehingga nutrisi yang dibutuhkan lebih sedikit bila dibandingkan dengan proses aerobik. Pada proses anaerobik ini keseluruhan dari prosesnya terdiri dari bakteri, sehingga stabilitasnya prosesnya mudah terganggu, karena itu perlu pengawasan yang ketat.

Faktor – faktor yang harus diperhatikan pada proses anaerobik ini antara lain adalah keasaman, suhu, waktu retensi, toksisitas, dan bahan – bahan nutrisi yang diperlukan untuk proses.

2.5 Bakteri *E.coli*

Air yang mengandung golongan *Coli* dianggap telah terkontaminasi (berhubungan) dengan kotoran manusia. Dengan demikian dalam pemeriksaan bakteriologik, tidak langsung diperiksa apakah air itu telah mengandung bakteri patogen, tetapi diperiksa dengan indikator bakteri golongan *Coli*.

Berbagai mikrobia patogen seringkali ditularkan melalui air yang tercemar sehingga dapat menimbulkan penyakit pada manusia maupun hewan. Mikrobia ini biasanya terdapat dalam saluran pencernaan dan mencemari air melalui tinja. Mikrobia asal tinja yang sering menyebabkan penyakit yang ditularkan melalui air (*water-borne disease*) mencakup *Salmonella typhi*, *Shigella spp*, *Salmonella paratyphi*, dan *Vibrio cholerae*. Disentri yang disebabkan oleh *Campylobacter jejuni* dan *Eschericia coli* dapat pula ditularkan melalui air (Lay, 1994).

Keragaman mikroba yang dapat menimbulkan penyakit ini menyebabkan para ahli mencari indikator untuk menunjukkan adanya mikroba patogen sehingga dapat diketahui kualitas mikrobiologi atau sanitasi air. Sebagai indikator banyak digunakan kelompok *coliform*, meskipun dapat digunakan indikator lainnya (Lay, 1994).

Yang dimaksud golongan *coliform* adalah bakteri batang Gram negatif, tidak membentuk spora, dan fakultatif anaerobik, tumbuh dengan adanya garam empedu, dan memfermentasikan laktosa dengan menghasilkan asam dan gas pada suhu 37°C, oksidase negatif.

Bakteri *Coli* merupakan salah satu bakteri yang tergolong dan hidup normal pada saluran pencernaan manusia dan hewan sehingga di sebut juga *Coliform Fecal*. Kemungkinan-kemungkinan terjadi pertumbuhan *E. Coli* dapat pada cucian, kulit, kolam renang yang kotor dan lain-lain. *Coli* tinja yang dipakai sebagai indikator kontaminasi tinja selain berasal dari kotoran atau tinja manusia juga berasal dari kotoran hewan berdarah panas seperti mamalia dan burung (Lay, 1994).

Bakteri-bakteri patogen ada bermacam bakteri-bakteri patogen ada bermacam-macam dan konsentrasinya agak rendah, hal ini menyebabkan bakteri-bakteri tersebut susah dideteksi. Analisa mikrobiologi untuk bakteri tersebut berdasarkan “organisme petunjuk” (Bioindicator). Bakteri–bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia dan hewan berdarah panas, dan mudah dideteksi. Dengan demikian bila organisme petunjuk tersebut ditemui dalam sample air, berarti air tersebut mengandung bakteri patogen. Bakteri jenis *Escherichia Coli* merupakan petunjuk yang paling efisien, karena *E.coli* tersebut hanya dan selalu terdapat dalam tinja. Hanya sebagian dari total coli terdiri dari *E.coli* yang berasal dari tinja dan lainnya terdiri dari bakteri yang berasal dari tanah seperti *Aerobacter Coli*. Oleh sebab itu tes *E.coli* merupakan anjuran untuk tes mikrobiologi.

E.Coli yang umumnya menyebabkan diare terjadi di seluruh dunia. *E.coli* ini di klasifikasikan berdasarkan sifat karakteristik dari Virulensinya dan tiap kelompok menyebabkan penyakit dengan mekanisme yang berbeda. *E.coli* merupakan suatu organisme yang tidak berbahaya yang biasanya hidup di dalam saluran usus manusia dan hewan.

Pemakaian bakteri *coliform* dalam analisis bakteriologi air didasarkan pertimbangan-pertimbangan antara lain :

- a) Bakteri *coliform* berasal dari/banyak terdapat dalam kotoran manusia (binatang berdarah panas).
- b) Terdapat dalam jumlah yang sangat banyak dan mudah cara mengidentifikasinya.

- c) Lebih tahan hidup di udara terbuka, agak lama dibandingkan dengan kuman-kuman patogen.

Pemeriksaan golongan *Coli* (*coliform bacteri*) dapat dilakukan sebagai berikut:

- 1) Dengan cara "*the multiple tube fermentation technique*".

Ada tiga tahap pemeriksaan yaitu *presumptive test*, *confirm test* dan *completed test*.

- a. *Presumptive test* (test pendugaan) :

Presumptive test didasarkan atas kenyataan bahwa *Coliform bacteri* dapat meragikan laktose dengan membentuk gas. Ke dalam tabung laktose yang di dalamnya terdapat medium laktose dan tabung Durham yang terbalik dituangkan contoh air yang akan diperiksa. Kemudian dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur $35^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Jika dalam waktu 2 x 24 jam terbentuk gas pada tabung Durham, maka *presumptive test* dinyatakan positif yang berarti air yang diperiksa tersebut diduga mengandung *Coliform bacteri*. Sebaliknya bila tidak terbentuk gas dinyatakan *presumptive test* negatif yang berarti air tidak mengandung *Coliform*. Jika terjadi *presumptive test* positif, maka dilanjutkan dengan *confirm test* untuk memastikan adanya *Coliform* di dalam contoh air tersebut.

b. *Confirm test* (tes penegasan) :

Pada *Confirm test* digunakan medium : “*Brilliant Green Laktose Bile Broth (BGLB)*”, “*Eosin Metylene Blue Agar (EMB)*” atau Endo Agar.

Semua contoh air dari *presumptive test* positif dipindahkan ke dalam tabung yang berisi BGLB atau digeserkan ke dalam cawan Petri berisi EMB atau Endo agar. Jika dalam tabung BGLB ternyata terdapat gas setelah dieramkan selama 2 x 24 jam pada temperatur $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, maka *confirmed test* dinyatakan positif.

Demikian pula bila di dalam medium EMB atau Endo agar terdapat koloni yang tersangka, setelah dieramkan selama 24 jam pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ maka test disebut positif.

c. *Completed test* (test lengkap) :

Pada *completed test* digunakan medium : EMB endo agar dan laktose builyon serta agar miring. Semua contoh air dari *confirmed test* positif dilanjutkan dengan *completed test*. Contoh air dari *confirmed test* dengan BGLB digeserkan di atas EMB atau Endo agar, kemudian dieramkan pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Dicari koloni *Coliform bakteri* dalam setiap lempeng. Jika ditemukan koloni tersangka, maka dipindahkan ke laktose builyon dan agar miring, kemudian dieramkan pada $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam atau 48 jam. Dari agar miring dibuat sediaan dan dicat menurut gram untuk melihat adanya spora. *Completed test* dinyatakan positif bila terbentuk

gas dalam medium laktose dan bersifat gram negatif serta tidak membentuk spora. Jika di dalam medium laktose tidak terbentuk gas dalam waktu 48 jam, test dinyatakan negatif. Demikian pula apabila tidak ada koloni yang tersangka pada EMB atau Endo agar, dinyatakan test negatif.

Khusus untuk pemeriksaan kuman golongan *Coli* yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dilakukan sebagai berikut :

Suhu inkubasi dinaikkan untuk memisahkan kuman golongan *Coli* yang berasal dari tinja (*fecal Coliform*) dengan kuman golongan *Coli* yang tidak berasal dari tinja (*non fecal Coliform*). Semua tabung dari test perkiraan (*presumptive test*) yang positif dipindahkan ke dalam tabung-tabung yang berisi medium *Boric Acid Laktose Broth* (BALB) yang telah dipanaskan terlebih dahulu, kemudian diinkubasikan pada suhu $43^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 48 ± 3 jam. Jika dalam waktu 48 ± 3 jam terbentuk gas dalam tabung peragian, dinyatakan positif dan menunjukkan adanya kuman golongan *Coli* tinja (*fecal Coliform*) dalam contoh air yang diperiksa.

Hasil pemeriksaan kuman golongan *Coli* (*Coliform*) dengan cara *multiple tube fermentation technique* dinyatakan dengan indexs MPN (*Most Probable Number*) yaitu perkiraan terdekat jumlah kuman golongan *Coli*. Indexs MPN merupakan indexs dari jumlah golongan *Coli* yang paling mungkin, yang berarti bukan perhitungan yang sebenarnya.

2) Dengan cara “*the membrane method*”.

Cara *membrane method* dikembangkan oleh Jerman selama Perang Dunia kedua. Contoh air yang diperiksa disaring melalui cawan yang di dalamnya terdapat saringan (membran saringan). Setelah penyaringan, membran saringan diletakkan terbalik di atas absorbent yang berisi medium Endo dengan konsentrasi tinggi, kemudian diinkubasikan selama 20 jam pada suhu $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Apabila tumbuh koloni dengan ciri-ciri warna gelap, jingga, mempunyai kilat logam, maka dapat dipertimbangkan bahwa koloni tersebut berasal dari kuman golongan *Coli*. Jumlah koloni dihitung sehingga dapat periksakan jumlah kuman golongan *Coli* per 100 ml contoh air.

Media adalah kumpulan zat-zat organik maupun anorganik yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri dengan syarat-syarat tertentu, dalam rangka isolasi, memperbanyak penghitungan, dan pengujian sifat fisiologik suatu mikroorganisme.

Untuk mendapatkan suatu lingkungan kehidupan yang cocok bagi pertumbuhan bakteri, maka syarat-syarat media, pembuatan media harus memenuhi dalam hal:

1. Susunan makanan, Media yang digunakan untuk pertumbuhan harus mengandung air, sumber karbon, sumber nitrogen, mineral, vitamin, dan gas.
2. Tekanan osmose, Bakteri membutuhkan media yang isotonis.
3. Derajat keasaman (pH). Bakteri membutuhkan pH sekitar 7 atau netral.

4. Temperatur. Umumnya bakteri patogen membutuhkan temperatur sekitar 37°C, sesuai dengan suhu tubuh.
5. Sterilitas. Apabila media yang digunakan tidak steril maka sulit dibedakan dengan pasti apakah bakteri tersebut berasal dari material yang diperiksa atau hanya merupakan kontaminan. Untuk mendapatkan media yang steril maka setiap tindakan (pengambilan sampel, penuangan media) serta alat-alat yang digunakan (tabung, petri) harus steril dan dikerjakan secara aseptik. Dengan sterilisasi, bakteri dan kuman akan di basmi semua. Baik botol, cawan Petri, pipet, penyumpit, tutup botol maupun bahan kimia dapat tercemar oleh bakteri yang dipindahkan melalui sidik jari, air liur dan debu yang terbawa angin. Agar supaya bakteri tersebut ini tidak mengganggu hasil tes mikrobiologi pada sample air, maka semua peralatan dan bahan kimia yang akan berhubungan dengan sampel air dan media perlu di sterilkan dengan baik. (Alaerts G., dan Santika S, 1984)

2.6 Septic Tank

Septik tank adalah tangki yang tertutup rapat untuk menampung aliran limbah yang melewatinya sehingga kandungan bahan padat dapat dipisahkan, diendapkan atau diuraikan oleh aktivitas bakteriologis didalam tangki. Fungsinya bukan untuk memurnikan air limbah tetapi untuk mencegah bau dan menghancurkan kandungan bahan padat.

Septic tank mempunyai beberapa fungsi diantaranya:

1. Sedimentasi

Fungsi yang paling pokok dari *septic tank* adalah kemampuannya mereduksi kandungan bahan padat terlarut (SS) pada limbah cair domestik.

2. Penyimpanan

Septic tank diharapkan menampung akumulasi endapan.

3. Penguraian

Penguraian lumpur oleh bakteri secara anaerobik merupakan akses dari lama waktu penyimpanan endapan dalam tangki. Bakteri akan menghasilkan oksigen yang akan terlarut jika ia mengurai bahan organik yang terkandung didalam limbah. Bakteri ini juga akan mengurai bahan organik kompleks dan mereduksinya menjadi selulosa dan menghasilkan gas meliputi H_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S dan CH_4 .

4. Menahan laju aliran

Septic tank akan mereduksi terjadinya beban aliran puncak.

Selama limbah ditahan dalam septic tank maka benda-benda padat akan mengendap di dasar tangki, dimana benda-benda tersebut dirombak secara *anaerobik*. Lapisan tipis yang terbentuk di permukaan akan membantu memelihara kondisi anaerobik. Keluaran dari *septic tank*, dari sudut pandang kesehatan masyarakat sama bahayanya dengan air limbah segar sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum di buang.

Waktu tinggal limbah pada *septic tank* berukuran besar tidak boleh kurang dari 12 jam. Detensi selama 24 hingga 72 jam direkomendasikan untuk *septic tank* berukuran besar.

Septic tank adalah ruang kedap berkamar tunggal atau lebih yang berfungsi untuk pengolahan tunggal atau awal terutama dalam sistem pengolahan air buangan skala kecil dan setempat dan kemudian mempelajari proses yang terjadi dan memberi nama "*Septic Tank*".

Ditinjau dari segi kuantitasnya air buangan yang masuk ke dalam *septic tank* berupa *Sullage (Grey water)* yang berasal dari aktivitas pencucian, dapur, kamar mandi. *Black water (human body waste)* yang berasal dari feces dan urin. Karakteristik air buangan yang masuk ke dalam *septic tank*. Ditabelkan pada tabel V.

Tabel V Karakteristik *Effluen Septic Tank*

Komponen	Range konsentrasi	Tipikal konsentrasi
TSS	36–85 mg/L	60 mg/L
BOD ₅	118–189 mg/L	120 mg/L
pH	6,4–7,8	6,5
Fecal Coliform	10 ⁶ – 10 ⁷ CFU / 100 mL	10 ⁶ CFU / 100 mL

(Sumber : EPA, 2002)

2.7 Mekanisme Removal dan Mekanisme Filtrasi pada Reaktor SWISs

2.7.1 Mekanisme Removal

SWISs merupakan suatu proses penyaringan atau penjernihan air dimana air yang akan diolah dilewatkan pada suatu media proses dengan kecepatan rendah yang dipengaruhi oleh diameter butiran pasir yang lebih kecil agar dapat menyaring bakteriologi. Pada *SWISs* dengan media pasir untuk proses pengolahan air limbah domestik yang tidak melalui unit – unit koagulasi, flokulasi, sedimentasi. Karena pada filter ini proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi terjadi pada filter dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk pada permukaan pasir. *SWISs* adalah sebuah teknologi yang terbukti dapat diadaptasikan dan dapat bertahan di negara-negara berkembang. Teknologi ini dapat meremoval bakteri. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gravitasi. (Anonim, 2002).

Ketinggian air maksimum dari *SWISs* di desain 5 cm di bagian atas air dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm menjadi ketinggian optimum dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi O_2 pada *biofilm*, akan mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*. Selain itu 5 cm untuk melindungi lapisan air. Kontak pendifusi diatas

lapisan butir-butir pasir memberikan tujuan yang penting untuk mengurangi kecepatan dari input air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir.

Pada saringan pasir yang dioperasikan secara intermiten, proses biologi yang terjadi bergantung pada banyaknya air yang ada diatas pasir selama sela waktu. Semakin dangkal kedalaman air, maka oksigen yang tersedia akan lebih banyak, sehingga bisa menyebabkan lapisan pada zone biologi aktif, serta dapat tumbuh dengan lebih dalam di dalam pasir tersebut.

2.7.2 Mekanisme Filtrasi

Menurut Metcalf and Eddy (1991) menyatakan bahwa proses filtrasi pada saringan kerikil terdiri dari beberapa mekanisme, yaitu :

1. *Straining (penyaringan)*, yaitu proses pemunian air dari partikel-partikel zat tersuspensi yang terlalu besar dengan jumlah pemisahan melalui celah-celah diantara butiran kerikil yang berlangsung diantara permukaan kerikil.
2. *Sedimentasi (pengendapan)*, proses pengendapan yang terjadi tidak berbeda jauh seperti pada bak pengendap biasa, tetapi pada bak pengendap biasa endapan akan terbentuk hanya pada dasar bak sedangkan pada filtrasi endapan dapat terbentuk pada seluruh permukaan butiran.
3. *Impaction (benturan)*, dimana pada proses filtrasi ini terjadi benturan antara partikel-partikel yang melayang atau terkandung dalam air baku dengan butiran media saring.

4. *Interception (penahanan)*, adalah tertahannya partikel-partikel solid pada media saring.
5. *Adhesion (pelekatan)*, atau penyerapan dapat terjadi akibat tumbukan antara partikel-partikel tersuspensi dengan butiran media saring, merupakan hasil gaya tarik menarik antara partikel-partikel yang bermuatan listrik berlawanan.
6. *Chemical and Physical adsorption*, media saring yang bersih mempunyai muatan listrik negative dengan demikian mampu mengadsorpsi partikel partikel positif.
7. *Biological growth*, pertumbuhan biologis yang terjadi pada permukaan media saring.

Melekatnya partikel yang lebih halus pada permukaan butiran kerikil dapat juga disebabkan oleh adanya ikatan fisik dan kimia antara partikel-partikel air dan adanya gerak brown yaitu gerak patah-patah atau (zig-zag) dengan arah yang tidak menentu terhadap partikel-partikel koloid akan menyebabkan terjadinya tumbukan antar partikel sehingga diameter partikel bertambah besar kemudian partikel dapat ditahan oleh celah-celah antara butiran kerikil. Gerak brown terjadi akibat adanya tumbukan yang tidak seimbang antara partikel-partikel koloid dengan molekul-molekul pendepresinya.

Penurunan kemampuan gravel juga disebabkan terjadinya pengikisan material pada permukaan media kerikil karena partikel dan flokulan belum terikat secara kuat pada permukaan media penyaring, sehingga kikisan tersebut jatuh dan

terdorong kelapisan kerikil yang lebih dalam karena adanya kecepatan aliran. Pada salah satu mekanisme penyisihan partikel dalam media granular terdapat proses *adhesion* (pelekatan) dimana terjadi penumpukan partikel-partikel tersuspensi pada media kerikil, maka tidak ada proses penyaringan hal ini terjadi karena adanya penyumbatan sehingga air pada pada pengeluaran akan mendadak keruh dan diperlukan pencucian media.

Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter ketika menggunakan pasir sebagai media penyaring, ada dua faktor penting yang akan berperan . Ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir, kedua – duanya mempunyai efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Disamping itu, faktor lain yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas *effluent* serta masa operasi saringan yaitu :

- a. *Kualitas air baku*, Semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
- b. *Suhu*, Suhu yang baik yaitu antara 20 – 30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi – reaksi kimia.
- c. *Kecepatan penyaringan*, Pemisahan bahan – bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian ternyata kecepatan penyaringan tidak banyak mempengaruhi

terhadap kualitas *effluent*. Kecepatan penyaringan lebih banyak berpengaruh terhadap masa operasi saringan.

- d. *Diameter butiran*, Secara umum kualitas efluen yang dihasilkan akan lebih baik dengan bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran – butiran halus. Jika diameter butiran yang digunakan kecil maka endapan yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan harus disekitar 0.15-0.35 mm dan keseragaman koefisien harus di sekitar 1.5-3 mm.

Pasir yang digunakan pada suatu saringan pasir lambat harus lebih dibulatkan, dan bebas dari tanah liat, bahan lain atau zat organik. Jika perlu pasir harus dicuci sebelum digunakan.

2.8 Landasan Teori

2.8.1 *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)*

Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs) adalah sistem yang paling umum digunakan untuk pengolahan air limbah di tempat (*on site*). Kemampuan tanah dalam menahan air tergantung pada sifat permeabilitas tanah (mampu melalukan atau memindahkan air). Tanah asli tak jenuh mempunyai kemampuan untuk menyerap air, sehingga dapat menyaring air limbah pada saat infiltrasi ke dalam tanah. Ketika air limbah diserap dan disaring melalui tanah, air

limbah diolah melalui berbagai macam proses dan reaksi fisika, kimia dan biokimia. Sistem konvensional *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)* dapat dilihat pada gambar 2.1



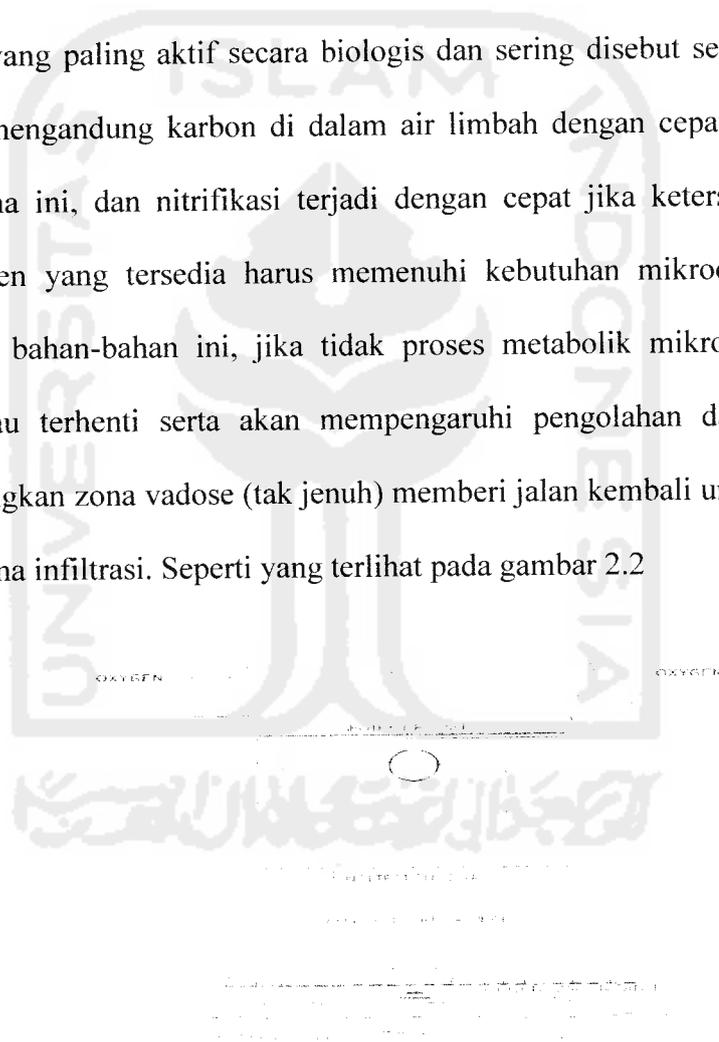
Gambar 2.1 Sistem konvensional *Subsurface Wastewater Infiltration Systems (SWISs)*

Banyak desain dan bentuk berbeda yang digunakan tetapi semua gabungan permukaan tanah infiltrasi diletakkan pada lubang-lubang galian yang dikubur. Permukaan utama infiltrasi diletakkan pada dasar galian, tetapi dinding-dinding sampingnya juga bisa digunakan untuk infiltrasi. Pipa dipasang agar dapat mendistribusikan air limbah di atas permukaan infiltrasi. Media berpori khususnya bebatuan yang dihancurkan di tempatkan ke dalam galian, dibawah dan di sekitar pemasangan pipa-pipa distribusi untuk menopang dan menyebarkan aliran untuk

semua galian. Media berpori dapat mempertahankan struktur galian, dan memberi ruang penyimpanan pada fraksi-fraksi kosongnya (khususnya 30 % sampai 40 % dari volume).

Sistem infiltrasi air limbah bawah tanah memberi pengolahan pada air limbah yang disebar. Air limbah yang diserap tanah akan melalui zona infiltrasi dan zona vadose.

Zona yang paling aktif secara biologis dan sering disebut sebagai “biomat”. Bahan yang mengandung karbon di dalam air limbah dengan cepat dapat berubah bentuk di zona ini, dan nitrifikasi terjadi dengan cepat jika ketersediaan oksigen cukup. Oksigen yang tersedia harus memenuhi kebutuhan mikroorganisme yang mendegradasi bahan-bahan ini, jika tidak proses metabolik mikroorganisme bisa berkurang atau terhenti serta akan mempengaruhi pengolahan dan infiltrasi air limbah. Sedangkan zona vadose (tak jenuh) memberi jalan kembali untuk penyebaran oksigen ke zona infiltrasi. Seperti yang terlihat pada gambar 2.2

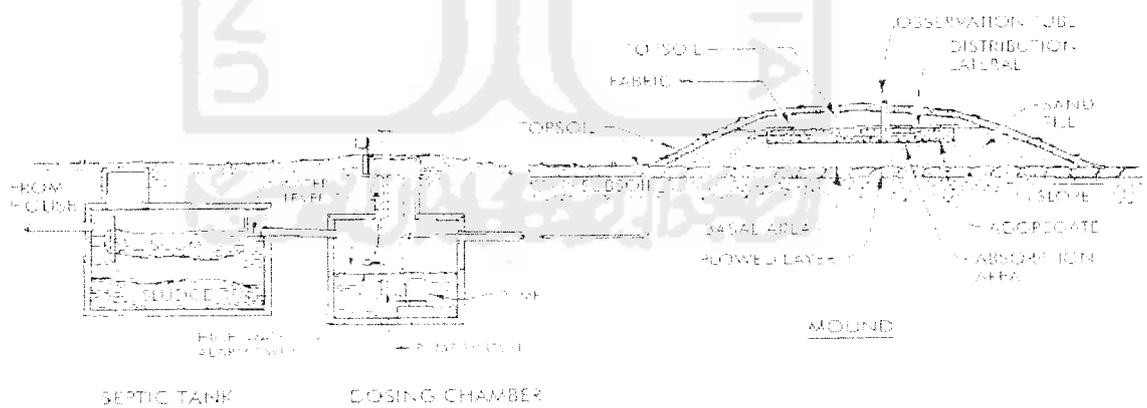


Gambar 2.2 Reaerasi yang terjadi di lapisan bawah tanah

2.8.2 Penempatan Permukaan Infiltrasi

Penempatan permukaan infiltrasi *SWISs* bisa dibawah, pada atau diatas permukaan tanah yang ada (pada parit di dalam tanah, pada gradien tanah, atau dengan sitem bukit buatan "*mound*"). Penempatan permukaan infiltrasi di dalam tanah ditentukan oleh persyaratan pengolahan hidrolis. Pemisahan secukupnya antara permukaan infiltrasi dengan zona jenuh secara hidrolis di dalam tanah harus dipertahankan untuk penghilangan bahan pencemar.

Permukaan infiltrasi bisa terjadi pada material isi yang dimasukkan atau pada tanah. Sebagian besar sistem tradisional dibangun di atas permukaan tanah atau bukit buatan "*mound*". Perbedaan hanya pada infiltrasi yang dibangun diatas tanah dan bahan isian, akan tetapi mekanisme –mekanisme pengolahan dan penyebarannya sama. Sistem bukit buatan yang dibangun dari urugan dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Sitem bukit buatan yang dibuat dari urugan

Kedalaman permukaan infiltrasi merupakan pertimbangan yang penting dalam mempertahankan aerasi di lapisan bawah tanah. Kedalaman maksimum permukaan infiltrasi harusnya tidak melebihi 3 hingga 4 kaki.

Desain dari sistem pengolahan air limbah di tempat (*on site*) bervariasi menurut lokasi dan karakteristik air limbah, namun demikian semua desain harus diusahakan untuk memiliki ciri-ciri berikut :

1. Penempatan permukaan infiltrasi yang dangkal, (<2 kaki di bawah gradien akhir).
2. Muatan organik sebanding dengan buangan sumur pada tingkat muatan hidrolis yang direkomendasikan. Arah parit sejajar dengan kontur-kontur permukaan.
3. Mempersempit parit (<3 kaki lebarnya).
4. Penentuan dosis yang ditentukan waktunya dengan penyimpanan arus puncak.
5. Aplikasi air limbah yang seragam diatas permukaan yang infiltrasi.
6. Banyak ruang untuk memberi waktu istirahat, kapasitas yang tersedia dan ruangan untuk perbaikan.

2.8.3 Geometri, Orientasi, dan Konfigurasi Permukaan Infiltrasi

Panjang dan lebar permukaan infiltrasi merupakan pertimbangan desain yang penting untuk meningkatkan kinerja dan membatasi dampak terhadap lingkungan penerima. Lebar selokan biasanya 1 hingga 4 kaki, selokan yang lebih sempit akan lebih baik tetapi kondisi tanah dan teknik konstruksi mungkin membatasi seberapa sempit selokan dapat dibuat.

Panjang selokan dibutuhkan karena adanya pembebanan *linear downslope*, dimana dampak terhadap kualitas air tanah bisa saja terjadi. Panjang selokan dibatasi hingga 100 kaki, panjang selokan yang melebihi 100 kaki diperlukan untuk mengatasi dampak air tanah dan memungkinkan drainase air limbah. Tinggi dinding ditentukan oleh jenis media berpori yang digunakan. Dalamnya media diperlukan untuk melindungi pipa distribusi dan memberi ruang untuk penyimpanan pada saat arus puncak. Ukuran 6 inci biasanya cukup untuk aplikasi media berpori.

Orientasi permukaan infiltrasi menjadi pertimbangan penting pada tempat yang miring, tempat dengantanah yang dangkal atau pada zona jenuh. Memperpanjang selokan hingga tegak dengan gradien air tanah dapat mengurangi pembebanan masa per unit area. Namun demikian desain harus mengenal bahwa dalamnya selokan dan karakteristik tanah dimana permukaan infiltrasi di tempatkan akan sangat bervariasi.

Jarak berbagai selokan yang dibuat paralel satu dengan yang lainnya ditentukan oleh karakteristik tanah dan metode konstruksi. Jarak dinding ke dinding lainnya harus disesuaikan agar konstruksinya tidak merusak selokan terdekat. Semakin besar jarak selokan akan dapat memberikan transfer oksigen yang lebih memadai.

2.8.4 Distribusi Air Limbah ke dalam Permukaan Infiltrasi

Sistem gravitasi sangat sederhana dan murah namun mejadi metode distribusi yang paling tidak efesien. Ketika biomat terbentuk pada area dengan beban berlebihan, permukaan tanah akan terhambat atau tertutup sehingga memaksa air limbah mengalir melalui media berpori dari selokan hingga mencapai permukaan infiltrasi yang tidak terhambat. Tanpa adanya periode yang lebih lama untuk mengalirkan air limbah memungkinkan permukaan mengering dan terjadinya kegagalan hidroulik.

Pipa plastik berlubang dengan diameter 4 inci merupakan pipa distribusi yang biasanya digunakan untuk sistem gravitasi. Lubang-lubang pada dinding pipa berjarak 30 cm, biasanya pipa ini di letakkan pada kerikil dengan lubang menghadap bawah. Kotak distribusi digunakan untuk membagi arus *effluent* limbah diantara jalur distribusi yang banyak. Kotak ini dangkal, bagian bawah datar dengan tanah air yang dengan satu inlet dan satu outlet pada elevasi yang sama untuk setiap jalur distribusi.

2.9. Hipotesa

- a. *SWISs* dapat menurunkan kandungan bakteri *E.coli* dan *Total coli* pada air limbah *effluent septictank*.
- b. Dengan adanya variasi pemasangan pipa distribusi pada *SWISs*, maka kemungkinan dapat menurunkan konsentrasi *E.coli* dan *Total coli* pada air limbah *effluent septictank*.



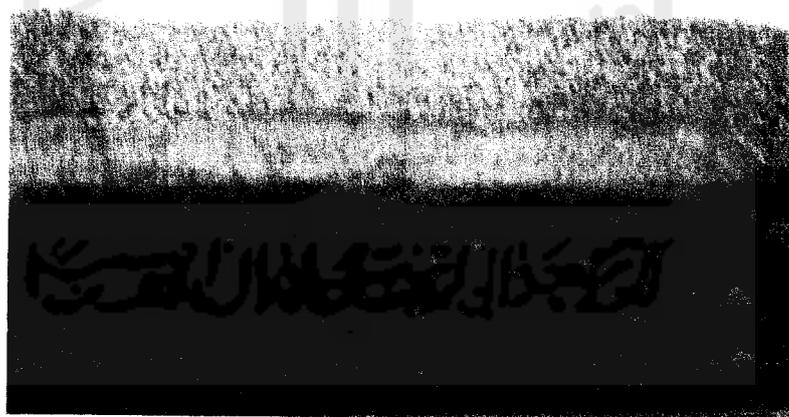
BAB III
METODE PENELITIAN

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Secara Umum

Penelitian dengan menggunakan reaktor *SWISs*, dengan media pasir dan krikil di dalamnya, dilakukan untuk mengamati perubahan jumlah *E.Coli* dan Total *Coli* setelah melewati reaktor. Sebelum penelitian berjalan, dilakukan penentuan dan pemilihan media serta pendesainan alat. Media yang digunakan adalah pasir dan krikil. Gambar media pasir dan krikil yang telah diberi sekat dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Media Pasir dan Krikil

Pengujian sampel dilakukan dalam jangka waktu 7 hari. Aliran reaktor berjalan secara bath, dengan mengalirkan limbah yang berasal dari *septic tank*. Sampel air limbah diambil pada inlet dan outlet untuk mengetahui jumlah *E.Coli* dan Total *Coli*. Hasil penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium .

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel bertempat di kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Air Limbah diambil pada bagian *septictank* yang terletak disebelah timur kampus FTSP.

Proses berjalannya reaktor atau pengolahan limbah dengan reaktor dilakukan di laboratorium Rancang Bangun Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

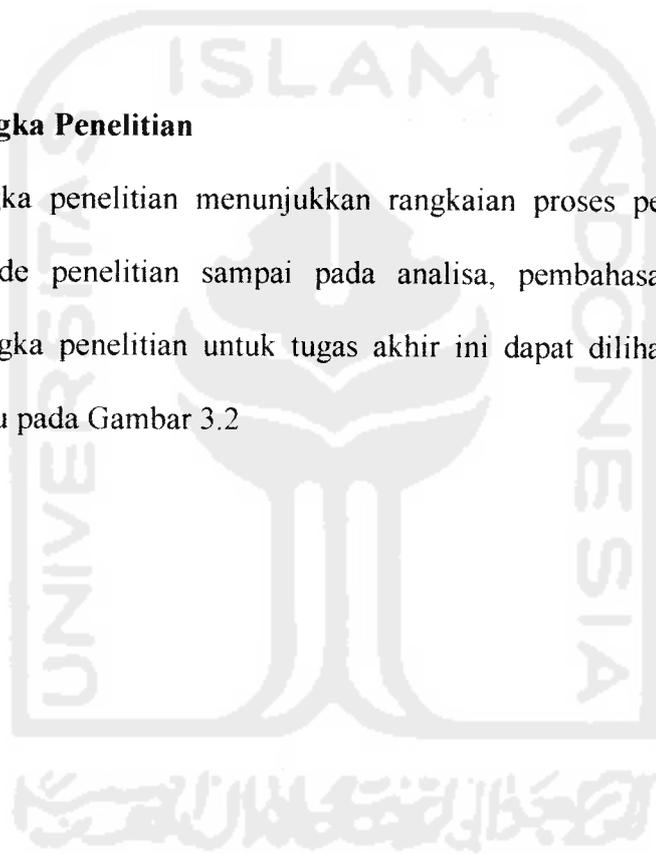
Analisa sampel untuk parameter *E.Coli* dan Total *Coli* dilakukan di laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Titik sampling diambil pada dua tempat yaitu pada *inlet* dan *outlet* dari reaktor.

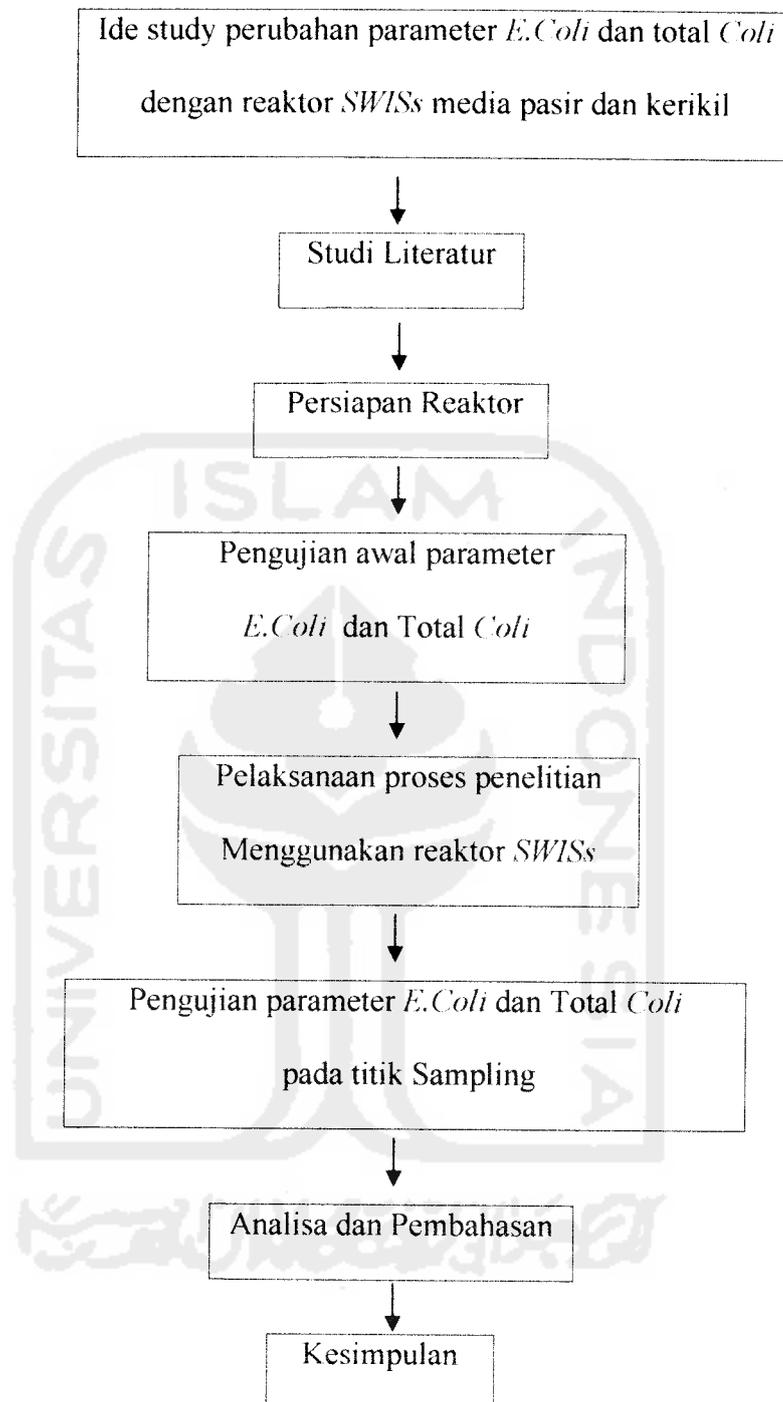
3.3 Obyek Penelitian

Sebagai Obyek penelitian adalah parameter *E.Coli* dan *Total Coli* pada limbah domestik yang berupa limbah dari *septic tank*. Limbah domestik pada *septic tank* ini digunakan karena konsentrasi bahan organik dan mikroorganisme yang masih tinggi dan masih diatas standar baku mutu. Limbah diambil setiap 1 hari sekali selama 7 hari dengan menggunakan media kerikil dan pasir.

3.4 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian menunjukkan rangkaian proses penelitian, mulai dari menemukan ide penelitian sampai pada analisa, pembahasan dan kesimpulan. Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian yaitu pada Gambar 3.2





Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel bebas (*Independent Variable*)

Pada penelitian ini, media yang digunakan merupakan variabel bebas yang terdiri dari kerikil dan pasir.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

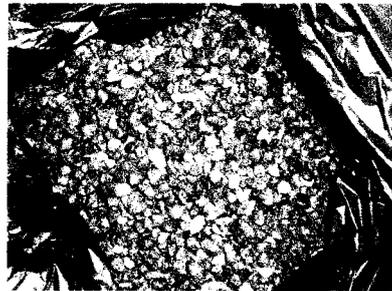
Parameter yang diteliti adalah *E.coli* dan Total *coli* pada air limbah *septic tank* yang berasal dari kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.6 Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan dalam penelitian dimulai dari persiapan alat dan bahan, proses penumbuhan bakteri, pelaksanaan penelitian dan proses pemeriksaan sampling.

3.6.1 Persiapan Alat

Pada penelitian ini digunakan reaktor *SWISS* yang terbuat dari kaca. Dibuat dalam skala laboratorium, dengan waktu detensi ditentukan sebesar 2 jam yang di dalamnya terdapat media kerikil dengan ketinggian 10 cm dan media pasir dengan ketinggian 15 cm. Media kerikil dan pasir dapat dilihat pada Gambar 3.3



Kerikil



Pasir

Gambar 3.3 Media kerikil dan pasir

Merangkai reaktor *SWISs* dengan reservoir, yang dihubungkan melalui sebuah pipa yang dilengkapi dengan kran pengatur debit. Sebelum air ke reservoir, juga terdapat penampungan air sementara sebagai tempat persediaan limbah yang dipompa menuju reservoir. Dibuat kran inlet dan outlet untuk proses sampling. Sebelum reaktor dibuat dan dirangkaikan, terlebih dahulu dibuat suatu desain reaktor seperti dibawah ini

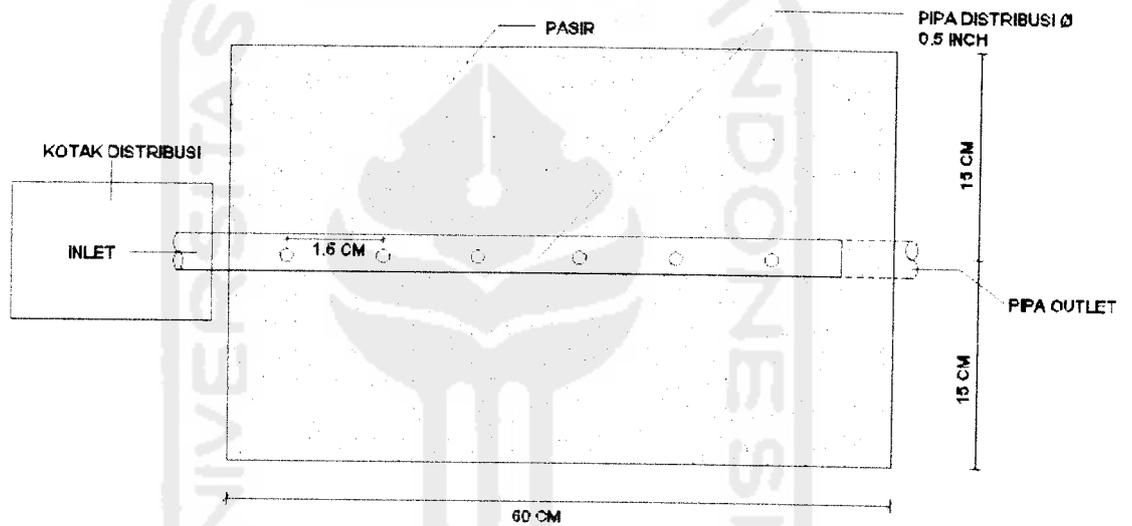
➤ **Direncanakan** Reaktor *SWISs*

- Panjang = 60cm = 0,6m
- Lebar = 30cm = 0,3m
- Tinggi = 25cm = 0,25m
- $V = 0,13 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Debit air (Q) = $P \times L \times v$
 $= 0,6 \times 0,3 \times 0,13 = 0,023 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Volume = $P \times L \times T$
 $= 0,6 \times 0,3 \times 0,25 = 0,045 \text{ m}^3$

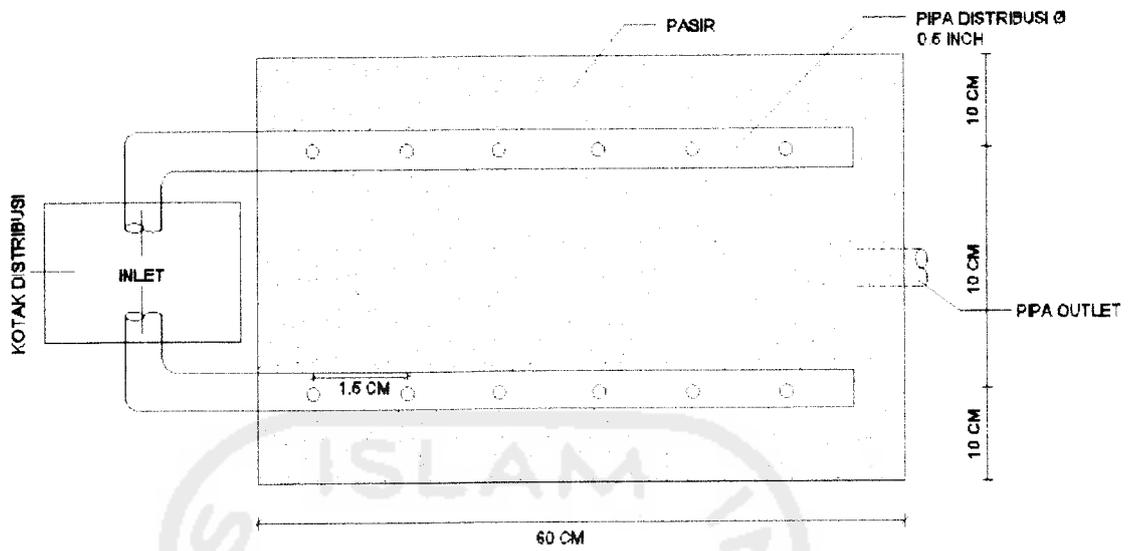
$$\begin{aligned} \circ T_d &= V:Q = 0,045 \text{ m}^3 : 0,023 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$

3.6.2 Desain Reaktor *SWIS*)

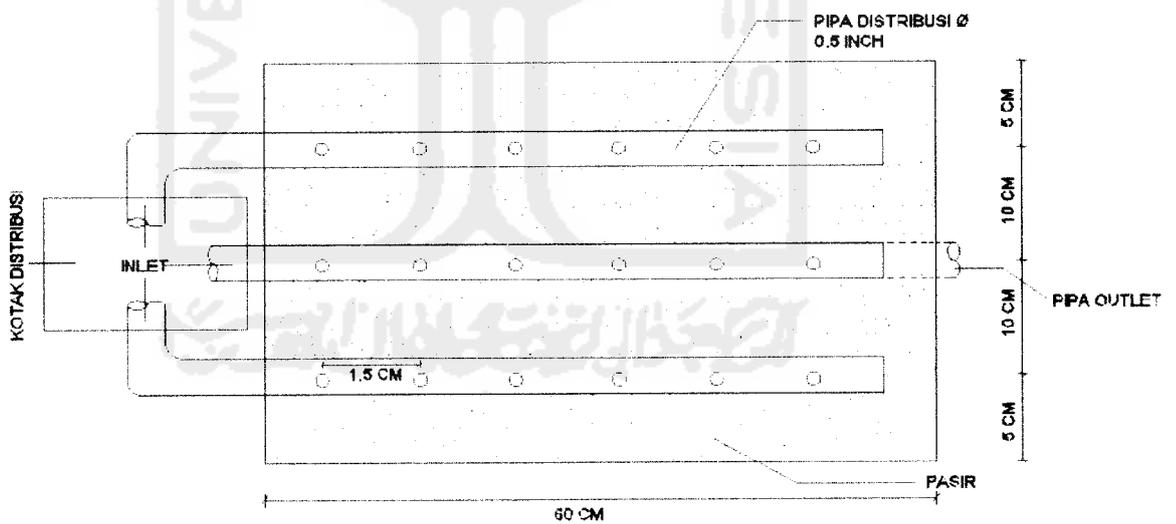
Rangkaian alat yang digunakan untuk penelitian dapat dilihat pada gambar 3.4a, 3.4b, 3.4c, 3.4d, 3.4e dan 3.4f serta 3.4g dibawah ini :



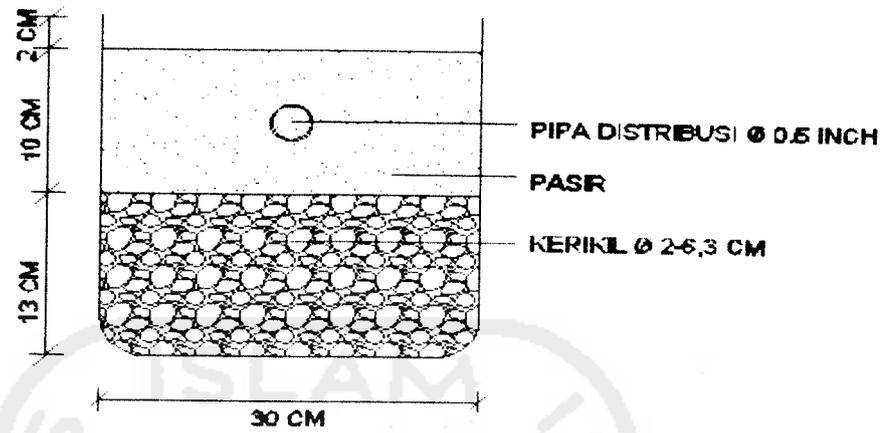
Gambar 3.4a Reaktor *SWIS*s tampak atas dengan 1 pipa distribusi



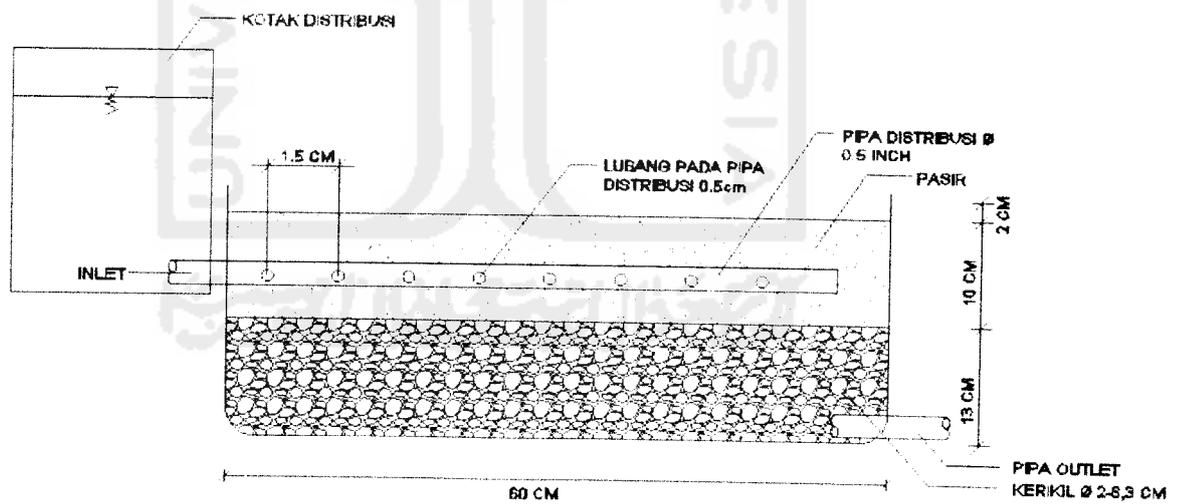
Gambar 3.4b Reaktor *SWISS* tampak atas dengan 2 pipa distribusi



Gambar 3.4c Reaktor *SWISS* tampak atas dengan 3 pipa distribusi



Gambar 3.4d Reaktor *SWISS*s tampak melintang



Gambar 3.4e Reaktor *SWISS*s tampak membujur

Setelah dibuat desain dan perhitungan terhadap energi yang digunakan, maka dibuat suatu rangkaian alat. Sebagai berikut:

1. Sebuah *prototype* yang berbentuk segiempat dari bahan kaca. Pada bagian dalam reaktor terdapat sekat unruk memisahkan antara media kerikil dan pasir serta pipa yang berada di tengah-tengah media pasir. Reaktor tidak diberi penutup karena diharapkan sebagaimana besar dalam keadaan aerobik. Ukuran reaktor yaitu panjang 60 cm dan lebar 30 cm serta memiliki ketinggian 25 cm. Bagian bawah reaktor terdapat kran pengatur debit.
2. Tiga buah ember plastik tempat menampung air limbah dari *septic tank* dengan volume 20 liter.
3. Tiga buah ember plastik sebagai reservoir dengan volume 20 liter. Terdapat pipa penyaluran air menuju reaktor. Diantara reaktor dan reservoir terdapat kran *inlet*.
4. Tiga buah ember plastik tempat menampung air limbah yang telah melewati reaktor *SWISS*.

Rangkaian keseluruhan reaktor dan bak penampung dapat dilihat pada Gambar 3.4f



Gambar 3.4f Rektor *SWISs* tampak depan



Gambar 3.4g Rektor *SWISs* tampak samping

3.6.3 Pelaksanaan Penelitian

Setelah semua alat dan bahan telah disiapkan, dan telah terpasang serta tidak lagi terdapat kebocoran maka selanjutnya dapat melaksanakan penelitian.

- Limbah yang berasal dari *septic tank* diambil dengan pompa dan dimasukkan ke dalam jerigen.
- Air limbah domestik yang berasal dari *septic tank*, dimasukkan ke dalam bak penampung. Biasanya dilakukan setiap hari dengan satu kali pengambilan dari *septic tank*. Tanpa mengganti media turut selama 7 kali (7hari).
- Memeriksa kadar *E.coli* dan Total coli untuk sample awal yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.
- Mengalirkan air limbah ke dalam reaktor yaitu dengan debit sebesar 13,5 l/jam dan waktu detensi (td) 2 jam.
- Mengambil sampel limbah untuk diperiksa kadar dari parameter *E.coli* dan Total *coli*.

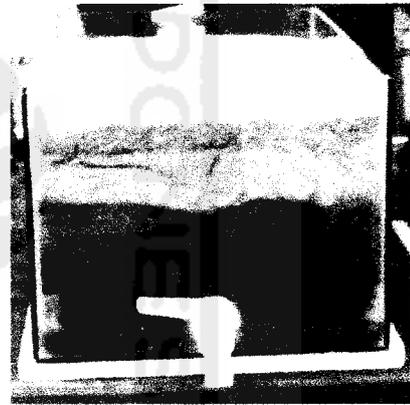
3.6.4 Proses Sampel Uji

- Proses ini dilakukan dari hari pertama hingga hari ke tujuh.
- Sebelumnya dilakukan pemeriksaan awal untuk parameter *E.coli* dan Total *coli*

- Selama 7 hari setiap 1 hari sekali dilakukan sampling dan pemeriksaan parameter pemeriksaan jumlah bakteri *E Col* dan *Total coli*.
- Sample diambil pada 2 titik, yaitu pada inlet (pada bak penampung) dan outlet (kran bagian bawah reaktor). Dilakukan pada tiap-tiap reaktor, karena disini menggunakan tiga reaktor maka jumlah total pengambilan sampel ada 6 titik. Titik sampel uji yang diambil yaitu pada inlet dan outlet yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan 3.6 berikut ini:



Gambar 3.5 Inlet reaktor *SWISs*



Gambar 3.6 Outlet reaktor *SWISs*

3.6.4 Pemeriksaan Sampel

Sample dari Inlet dan outlet reaktor *SWISs* diperiksa di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Metode yang digunakan untuk tiap parameter yang diperiksa antara lain adalah:

1. Pemeriksaan Jumlah E.Coli

Untuk *E.Coli* menggunakan standar uji *American Public Health Association* (APHA) 9221-B Ed. 20-1998 .

Sebelum melakukan uji laboratorium untuk analisa *E.Coli*, maka perlu disiapkan media yang dibutuhkan untuk pengujian tersebut. Untuk tes perkiraan bahan yang dibutuhkan adalah laktose tunggal 13,9 gr yang di tambah aquades 1000 ml, laktose ganda 9.75 gr yang di tambah aquades 250 ml. Setelah semua media di masukkan ke tabung reaksi, maka media tersebut disterilkan dengan *Autoclav* dengan suhu 120 ° C selama \pm 2 jam. Gambar 3.7

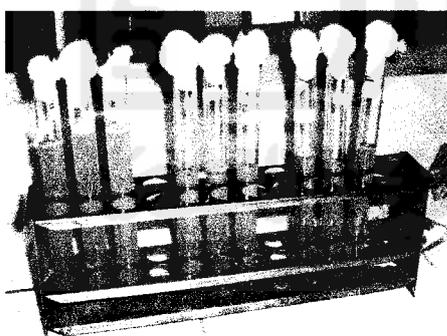


Gambar 3.7 Autoclav

Metode yang digunakan untuk analisis laboratorium adalah metode MPN 3-3-3 yang merupakan uji deretan tabung yang menyuburkan pertumbuhan *coliform* sehingga memperoleh nilai untuk menduga jumlah *coliform* dalam sampel yang diuji. Adapun metode 3-3-3 maksudnya adalah

3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 5 ml media laktosa steril ganda, 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal dan 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal. Media laktosa dapat dilihat pada Gambar 3.8.

Selanjutnya 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 5 ml media laktosa steril ganda diinkubasikan dengan 10 ml sampel limbah, 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal diinkubasikan dengan 1 ml sampel air dan 3 tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media laktosa steril tunggal diinkubasikan dengan 0.1 ml sampel air. Alat inkubator dan media yang diinkubasi dapat dilihat pada Gambar 3.8 dan 3.9. Kemudian setelah semua semua sampel dimasukkan, lalu semua tabung reaksi diinkubasikan selama ± 2 hari dengan suhu 37°C .



Gambar 3.8 Media laktosa

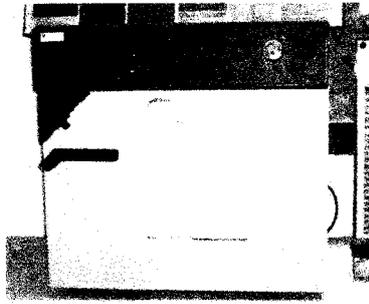


Gambar 3.9 Media BGLB

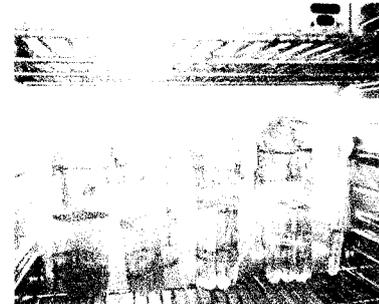
Setelah masa inkubasi 2 x 24 jam atau 48 jam dengan suhu 37 ° C, kemudian media dikeluarkan lalu di catat hasil tes perkiraannya. Hasil tes perkiraan/uji duga bisa dilanjutkan apabila tabung reaksi menghasilkan gas dalam masa inkubasi diduga mengandung bakteri *coliform*. Uji dinyatakan positif, bila terlihat gas dalam tabung durham. Tabung yang memperlihatkan pembentukan gas diuji lebih lanjut dengan uji penetapan.

Tes penetapan dilakukan untuk memastikan bahwa gas yang terbentuk disebabkan oleh kuman *coliform* dan bukan disebabkan oleh kerja sama berupa spesies sehingga menghasilkan gas. Adapun media yang digunakan pada tes penetapan adalah *Briliant Green Lactose Broth* (BGLB).

Dari masing-masing tabung yang memperlihatkan hasil positif, dipindahkan sedikit suspensi bakteri dengan jarum ose pada tabung reaksi berisi BGLB steril. Kemudian disimpan selama 48 jam dengan suhu 37 ° C. Setelah 48 jam masing-masing tabung diperiksa untuk mengetahui uji positif pertumbuhan bakteri golongan coliform atau tidak. Kemudian tetapkan JPT/MPN *E.Coli* dan *Fecal Coli* dalam 100 ml sampel air berdasarkan tabel MPN. Bentuk inkubator dan media di dalam inkubator disajikan pada gambar 3.10 dan 3.11.



Gambar 3.10 Inkubator



Gambar 3.11 Media dalam inkubator

3.7 Analisa Data

Setelah dilakukan pemeriksaan parameter maka untuk mengetahui efisiensi penurunan jumlah *E.Coli* dan Total *Coli* maka dihitung efisiensinya dengan membandingkan *influent* dan *effluent* dan dinyatakan dalam persen.

Perhitungan efisiensi :

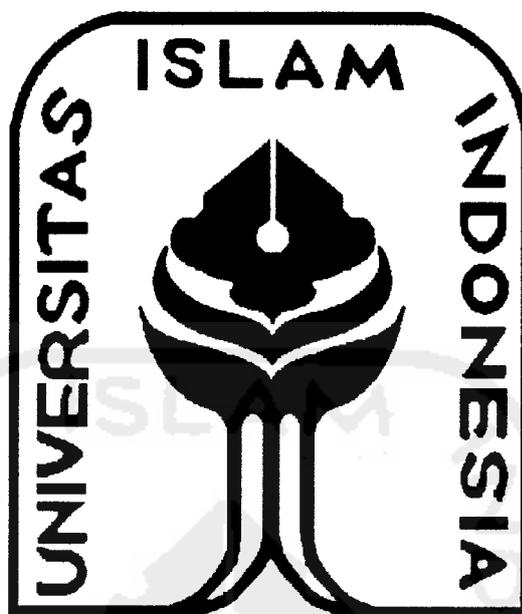
$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

Dengan :

E = Efisiensi

C_1 = *E.Coli* dan Total *coli* sebelum *treatment*

C_2 = *E.Coli* dan Total *coli* sesudah *treatment*



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

BAB IV
HASIL PENELITIAN
& PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian dengan menggunakan reaktor *SWISs* ini dilakukan yaitu dengan media pasir dan kerikil yang dialiri dengan air limbah domestik dari *septic tank* yang berasal dari kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas reaktor *SWISs* yang dilakukan selama 7 hari. Sehingga diperoleh hasil penelitian terhadap pengujian *E.coli* dan Total *coli* yang mengacu pada APHA 9221-B Ed. 20-1998 metode *most probable number* (MPN) dan hasil dari penelitian dapat dilihat sebagai berikut :

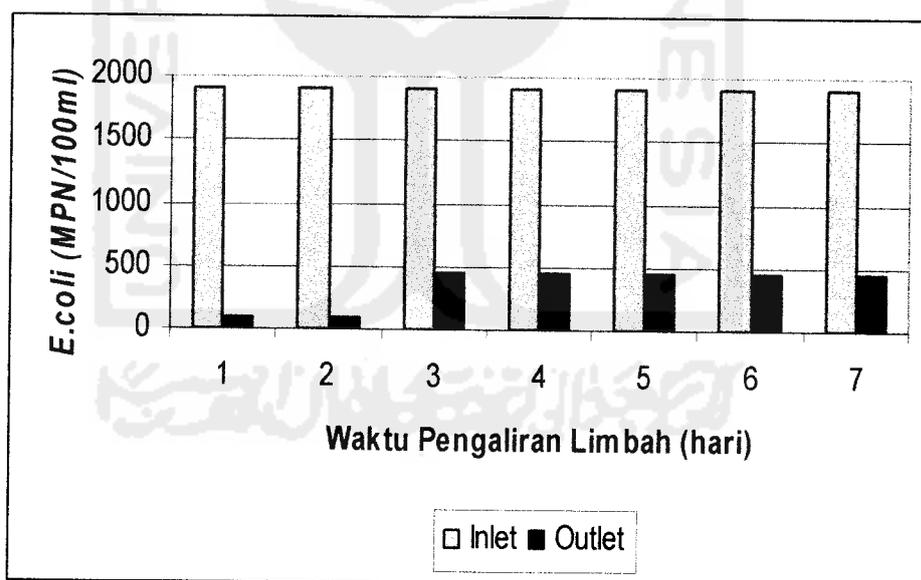
4.1 Parameter *E.Coli*

4.1.1 Pengujian Jumlah Bakteri *E.Coli*

Pengujian Jumlah Bakteri *E.Coli* dilakukan setiap 1 hari sekali dalam 7 hari dengan menambahkan inlet setiap harinya tanpa mengganti media pasir dan kerikil di setiap reaktor. Titik Sampling yang diukur yaitu *inlet* dan *outlet* pada reaktor *SWISs*. Pengujian yang dilakukan menggunakan 3 buah reaktor dengan beberapa variasi pipa. Pada reaktor pertama di letakkan 1 buah jalur pipa distribusi, di reaktor kedua di letakkan 2 jalur pipa distribusi dan di reaktor ketiga diletakkan 3 buah jalur pipa distribusi. Pada tabel VI, tabel VII dan pada tabel VIII beserta grafiknya disajikan pada gambar 4.1, gambar 4,2 dan gambar 4,3

Tabel VI Data jumlah bakteri *E.Coli* pada reaktor 1

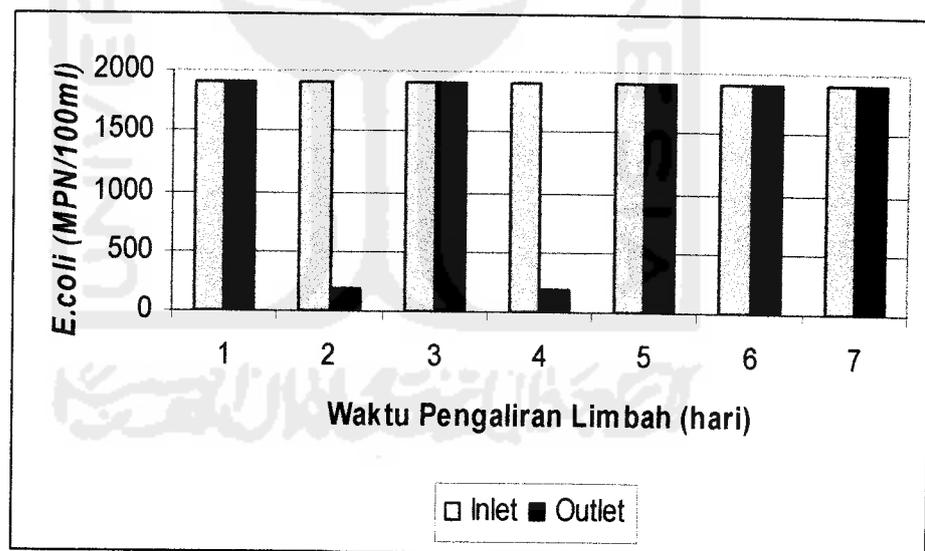
Hari Ke	Inlet (MPN/100 ml)	Outlet (MPN/100 ml)	Efisiensi (%)
1	1898	86	95
2	1898	86	95
3	1898	438	77
4	1898	438	77
5	1898	438	77
6	1898	438	77
7	1898	438	77



Gambar 4.1 Jumlah bakteri *E. Coli* inlet dan outlet pada reaktor I
(dengan 1 pipa distribusi)

Tabel VII Data jumlah bakteri *E.Coli* pada reaktor II

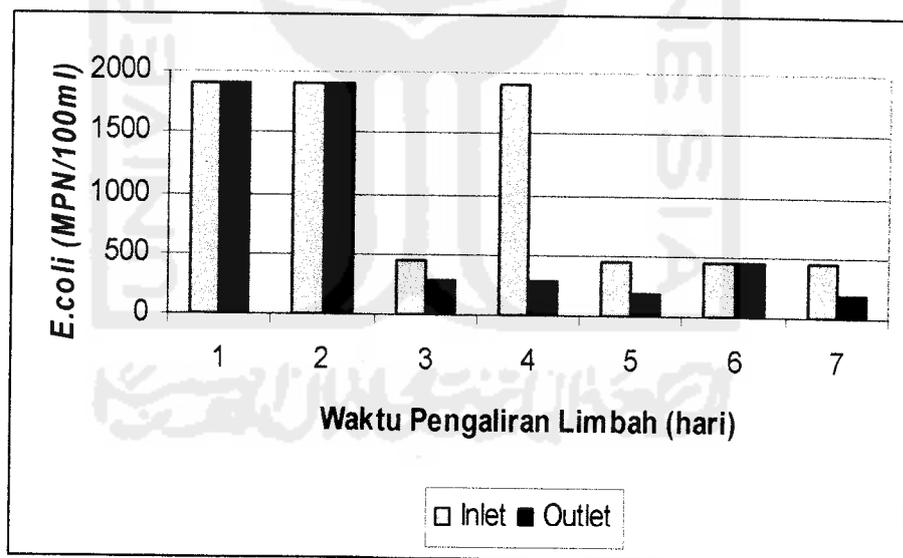
Hari Ke	Inlet (MPN/100 ml)	Outlet (MPN/100 ml)	Efisiensi (%)
1	1898	1898	0
2	1898	189	90
3	1898	1898	0
4	1898	189	90
5	1898	1898	0
6	1898	1898	0
7	1898	1898	0

Gambar 4.2 Jumlah bakteri *E. Coli* inlet dan outlet pada reaktor II

(dengan 2 pipa distribusi)

Tabel VIII Data jumlah bakteri *E.Coli* pada reaktor III

Hari Ke	Inlet (MPN/100 ml)	Outlet (MPN/100 ml)	Efisiensi (%)
1	1898	1898	0
2	1898	1898	0
3	1898	271	85
4	1898	271	85
5	438	190	57
6	438	190	57
7	438	190	57



Gambar 4.3 Jumlah bakteri *E. Coli* inlet dan outlet pada reaktor III
(dengan 3 pipa distribusi)

4.1.2 Analisa Jumlah Bakteri *E.Coli*

Dari hasil pemeriksaan bakteri *E.Coli* yang dilakukan pada inlet dan outlet, di reaktor pertama yang hanya dengan 1 pipa distribusi telah terjadi penurunan. Dimana pada inlet jumlah bakteri *E.Coli* yang terlihat sebesar ≥ 1898 (MPN/100ml) dan jumlah bakteri *E.coli* pada outlet turun menjadi ≥ 86 (MPN/100ml) hingga ≥ 438 (MPN/100ml). Efisiensi penurunan yang terjadi yaitu antara sebesar 77% – 95% , dapat dilihat pada tabel VI dan diperjelas pada gambar 4.1 (hal 61).

Sedangkan di reaktor kedua menggunakan 2 buah jalur pipa distribusi, Pada inlet dan outlet tidak mengalami penurunan. Dimana pada inlet jumlah bakteri *E.coli* sebesar ≥ 1898 (MPN/100ml) dan jumlah bakteri *E.coli* pada outlet tidak terjadi perubahan (penurunan jumlah bakteri) yaitu jumlah bakteri *E.coli* tetap ≥ 1898 (MPN/100ml) dengan efisiensi penurunan 0 %. Tetapi pada sampel uji kedua dan sampel uji ke empat jumlah bakteri *E.coli* mengalami penurunan, yaitu yang semula di inlet jumlah bakteri sebesar ≥ 1898 (MPN/100ml), di outlet turun hingga ≥ 189 (MPN/100ml). Efisiensi penurunan yang terjadi sebesar 90%. Dapat dilihat pada tabel VII dan diperjelas pada gambar 4.2 (hal 62).

Selanjutnya untuk hasil pemeriksaan bakteri *E.coli* yang dilakukan pada inlet dan outlet di reaktor ketiga yang menggunakan 3 buah pipa distribusi tidak terjadi penurunan dan terjadi penurunan. Dimana pada sampel uji pertama dan kedua tidak terjadi penurunan karena di inlet dan outlet jumlah bakteri *E.coli* tetap, yaitu sebesar ≥ 1898 (MPN/100ml) dengan efisiensi penurunan 0 %. Untuk inlet di sampel uji ke 3

dan dan keempat telah terjadi penurunan dengan jumlah bakteri *E.coli* ≥ 1898 (MPN/100ml) dan di outlet jumlah bakteri *E.coli* mengalami penurunan sebesar ≥ 271 (MPN/100ml) dengan Efisiensi penurunan 85 %. Pada sampel uji ke lima hingga ke tujuh di dapatkan hasil pengujian pada inlet jumlah bakteri *E.coli* sebanyak 438 (MPN/100ml) dan outlet dengan jumlah bakteri *E.coli* mengalami penurunan sebesar ≥ 190 (MPN/100ml) dengan Efisiensi penurunan 57 %. Dapat dilihat pada tabel VIII dan diperjelas pada gambar 4.3 (hal 63).

4.1.3 Pembahasan Jumlah Bakteri *E.Coli*

Pada reactor pertama dengan 1 buah jalur pipa distribusi seperti terlihat pada tabel VI diperoleh angka efisiensi penurunan pada jumlah bakteri *E.Coli* yaitu 77% hingga 95%. Pada sampel uji pertama dan kedua memperoleh nilai efisiensi sebesar 95%, Salah satu factor yang mempengaruhi angka efisiensi tersebut salah satunya adalah adanya sel yang mati akibat penumpukan racun dan habisnya nutrisi yang menyebabkan jumlah sel yang mati lebih banyak sehingga mengalami penurunan jumlah sel, kejadian ini masuk pada fase kematian. hal ini dapat dilihat pada tabel 4.9 (hal 80).

Faktor lain yang menyebabkan jumlah bakteri *E.coli* mengalami penurunan, dinyatakan oleh Darsono,1992 bahwa jika dalam air limbah tersedia makanan yang sangat banyak bagi mereka. Begitu juga dengan kebutuhan oksigen sangat diperlukan di dalam proses air limbah, untuk tumbuh kembangannya bakteri. Dengan pesatnya

bakteri akan berkembang maka kebutuhan akan oksigen akan menipis, ini disebabkan masuknya oksigen di dalam air tidak dapat mengimbangi kebutuhan oksigen yang diperlukan bagi bakteri aerob. Sehingga bakteri akan mati karena kekurangan oksigen. Untuk sampel uji ke 3 hingga ketujuh proses penyaringan tidak sebaik di sampel uji sebelumnya, hal ini disebabkan pada sampel uji ke 3 bekas media yang digunakan mengalami titik jenuh karena media tidak diganti sehingga reaktor hanya mampu mengeluarkan jumlah bakteri sebanyak 438 (MPN/100ml). Faktor lain yang menyebabkan bakteri ini berkembang yaitu adanya keseimbangan antara suplay makanan dengan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri, dapat dilihat pada fase logaritma dimana sel membelah diri dengan laju yang konstan, massa menjadi dua kali lipat. Kondisi medium yang secara kontinyu digunakan terus menerus tanpa diganti sejak hari pertama sampai dengan hari ketujuh, nampaknya tidak mempengaruhi kinerja filtrasi. Karena di hari ketiga sampai hari ketujuh, jumlah bakteri *E.coli* pada outlet tetap, padahal mediumnya telah digunakan berkali-kali tanpa dicuci. Namun demikian kalau dilihat sejak hari pertama pada nilai efisiensinya, nampak bahwa media yang telah digunakan akan menurunkan efisiensi filtrasi sampai jenuh lalu konstan. (hal 80).

Pada reactor kedua dengan 2 jalur pipa distribusi seperti terlihat pada tabel VII data yang diperoleh hampir tidak terlihat adanya penurunan karena angka efisiensi penurunan yang diperoleh yaitu 0%, meskipun pada sampel uji kedua dan keempat tampak terjadi penurunan efisiensi hingga mencapai angka 90%, secara

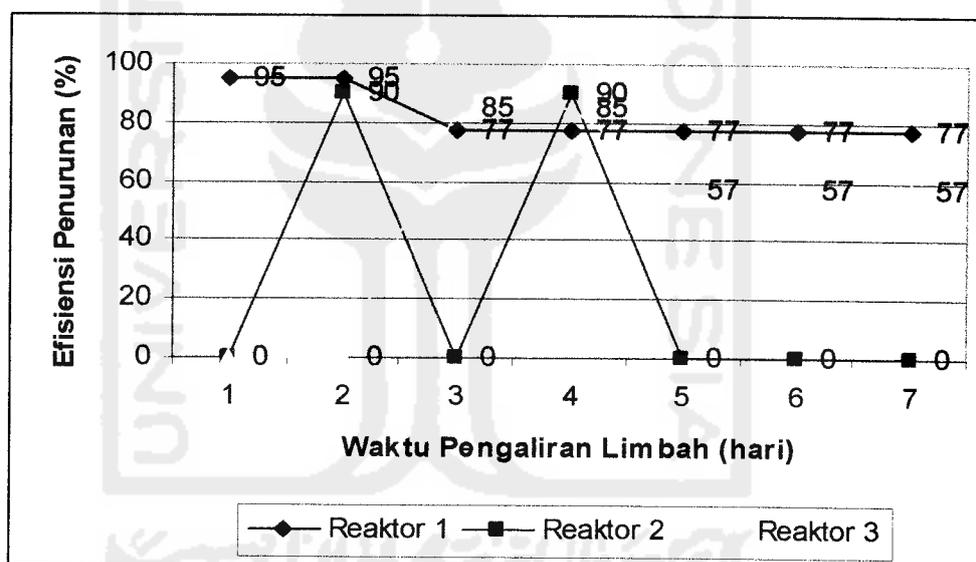
keseluruhan tidak signifikan antara sampel uji dua dan empat dengan yang lainnya. Yang menyebabkan hal ini terjadi karena beban limbah pada *septic tank* yang berubah-ubah setiap harinya, sesuai dengan aktivitas dan banyak sedikitnya beban yang masuk pada air limbah tersebut, hingga hasil yang diperoleh mengalami penurunan dan pertumbuhan pada bakteri. Faktor yang menyebabkan beberapa bakteri ini mengalami penurunan (sampel uji dua dan empat), dikatakan oleh Fardiaz, Srikandi, 1992 bahwa ada beberapa bakteri air mampu memproduksi antibiotik yang dapat membunuh bakteri lainnya.

Hal ini terjadi pada sampel uji dua dan empat yang mengalami penurunan jumlah bakteri yang cukup tinggi, terlihat pada tabel VII (hal 64). Sedangkan di sampel uji ke 3, sampel uji ke lima hingga ke tujuh proses penyaringan tidak terjadi secara optimal, bahkan jumlah bakteri antara inlet dan outlet tetap ≥ 1898 (MPN/100ml), hal ini disebabkan karena kebutuhan antara oksigen dan supply makanan yang seimbang sehingga terjadi pertumbuhan bakteri yang cukup pesat, hingga mencapai angka optimal pada outlet, Dapat dilihat pada tabel VII dan diperjelas pada gambar 4.2 dan Proses ini masuk pada fase logaritma. Pada sistem 2 pipa distribusi juga menunjukkan adanya ketidakbergantungan medium di dalam proses filtrasi. Baik medium tersebut bersih maupun telah digunakan beberapa kali, kandungan bakteri *E.coli* pada outlet relatif tetap sama. Hal ini mungkin terjadi bila ukuran bakteri *E.coli* kurang dari pori - pori medium tersebut, sehingga bakteri *E.coli* dapat lolos mencapai outlet tanpa di hambat.

Dan untuk reaktor yang ketiga dengan 3 jalur pipa distribusi seperti terlihat pada tabel VIII data yang diperoleh pada sampel uji yang pertama dan kedua, reaktor tidak berfungsi secara efektif hingga bakteri pada air limbah di reaktor tidak mengalami penurunan, hal serupa yang terjadi pada reaktor kedua pada sampel uji yang pertama, yaitu bakteri dihadapkan pada kultur yang masih segar dan dibutuhkan penyesuaian terlebih dahulu antara bakteri pada air limbah dengan media pada reaktor (Mangunwidjaja, 1994). Salah satu pernyataan oleh Brault and Monod (1991) bahwa penurunan kemampuan pasir untuk menyaring disebabkan adanya proses penghalangan secara bertahap dari celah media filter. Penurunan kemampuan pasir juga disebabkan terjadinya pengikisan material pada permukaan media pasir (pada penelitian terjadi karena air limbah selalu berganti setiap harinya) karena partikel dan flokulan belum terikat secara kuat pada permukaan media penyaring, sehingga kikisan tersebut jatuh dan terdorong kelapisan pasir yang lebih dalam karena adanya kecepatan air.

Pada sampel uji ke 3 hingga sampel uji yang ke 7 telah terjadi perbedaan penurunan, ada yang mencapai angka efisiensi hingga 85% (pada sampel uji ke 3 dan sampel uji ke 4), tetapi ada juga yang mencapai angka efisiensi penurunan hanya 57% (pada sampel uji ke 5 hingga sampel uji yang ke 7), seperti dikatakan oleh Waluyo, 2005 bahwa penurunan terjadi karena terjadi fluktuasi keseimbangan populasi menjadi meningkat, sebaliknya peningkatan pertumbuhan bakteri akan berkaitan dengan peningkatan jumlah pemakan bakteri. Kemudian jumlah bakteri jadi

menurun, sementara makanan juga menurun, yang berakibat pada peningkatan jumlah bakteri. Populasi yang meningkat dan populasi yang menurun berulang terjadi beberapa waktu. (Waluyo, 2005). Proses yang terjadi pada reaktor dua ini masuk dalam fase kematian dan *phase stratonary* (hal 80). Dapat dilihat pada tabel VIII dan gambar 4.3 (hal 65). Sedangkan pengaruh kondisi medium yang telah digunakan berulang-ulang nampak ada hubungannya dengan efisiensi penurunan bakteri *E.coli*, pada hari ketiga efisiensinya naik lalu turun dan kemudian tetap. Jadi semakin lama media yang digunakan untuk filtrasi, semakin menurun efisiensinya.



Gambar 4.4 Efisiensi bakteri *E.Coli* pada reaktor 1,2 dan 3

Jika dilihat pada gambar 4.4 Grafik efisiensi penurunan (%) yang terjadi pada jumlah bakteri *E.Coli* telah terjadi perbedaan antara reactor 1, reactor 2 dan pada reactor 3. Pada masing-masing reactor mengalami efisiensi yang naik turun, seperti terlihat pada grafik di reactor dua. Sedangkan pada reactor pertama dan ketiga grafik menunjukkan penurunan. Dari data grafik yang terlihat dapat dinyatakan bahwa reactor yang baik dalam proses penyaringan adalah pada reactor pertama dengan 1 pipa distribusi karena data yang diperoleh menunjukkan nilai efisiensi yang baik di sampel uji pertama dan kedua sebesar 95% karena hampir mencapai angka 100%, angka yang maksimal untuk mengetahui apakah proses tersebut berjalan dengan baik atau tidak. Dan untuk sampel uji yang ketiga hingga ketujuh, nilai efisiensi penurunan yang diperoleh sebesar 77%, dengan begitu dapat dikatakan jika proses pada reactor pertama berjalan dengan baik dengan hanya melihat tingkat efisiensi penurunannya.

Sedangkan untuk reactor kedua dengan 2 jalur pipa distribusi data yang diperoleh memperlihatkan bahwa reactor tersebut proses penyaringannya tidak berfungsi dengan baik, terlihat di inlet pada sampel uji pertama, ketiga dan kelima hingga sampel uji yang ketujuh jumlah bakteri sama dengan inlet dengan efisiensi 0%, meskipun pada sampel uji kedua dan ketiga efisiensi penurunan mencapai angka 90%. Sehingga dapat dikatakan jika dari 7 sampel uji yang mengalami penurunan hanya 2 sampel uji, maka reactor tersebut tidak bekerja dengan baik.

Untuk reactor ketiga dengan 3 pipa jalur distribusi diperoleh data pada sampel uji pertama dan kedua tidak mengalami penurunan atau mungkin terjadi penambahan

pada outlet, karena angka tersebut merupakan nilai maksimal pada standar pada MPN/100ml (lampiran), jadi tidak bisa diketahui berapa jumlah bakteri *E.coli* yang terdapat pada air limbah *septictank*. Dan untuk sampel uji tiga dan keempat data yang diperoleh pada outlet nilai efisiensinya 85% selanjutnya pada sampel uji ke lima hingga ke tujuh efisiensinya sebesar 57%. Pada reactor ini tingkat penyaringannya cukup baik meskipun tidak sebaik reactor pertama. Dan dapat dikatakan dari perolehan data diatas bahwa reactor yang paling efektif tingkat penyaringannya adalah pada reactor pertama yaitu hanya dengan 1 pipa distribusi, hanya dengan melihat grafik efisiensi penurunannya. Dan kondisi medium yang tidak diganti pada filtrasi berikutnya akan menurunkan nilai efisiensi secara signifikan.

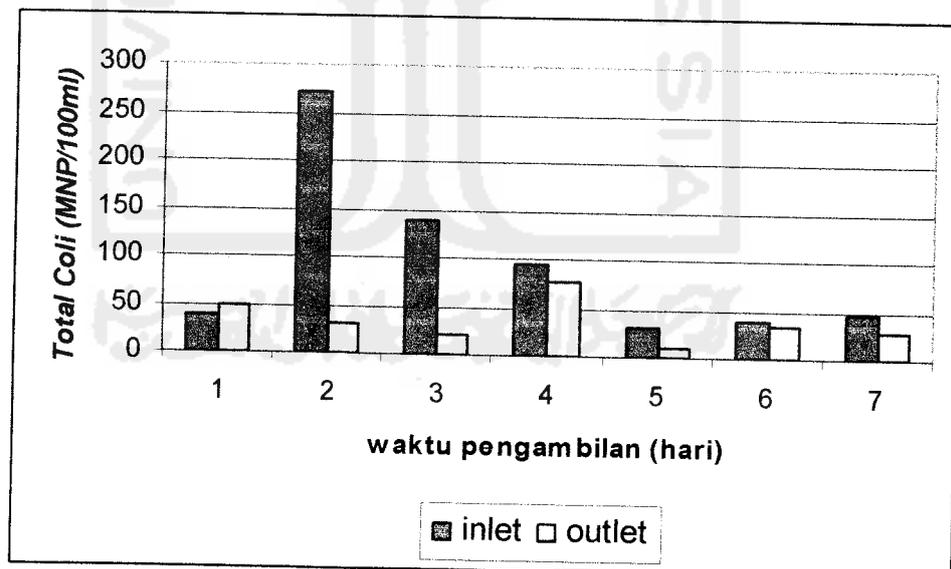
4.2 Parameter Total *Coli*

4.2.1 Pengujian Jumlah Bakteri Total *Coli*

Pengujian Jumlah Total *Coli* dilakukan setiap 1 hari sekali dalam 7 hari, dengan cara yang sama pada kondisi bakteri *E.coli*. Titik Sampling yang diukur yaitu *inlet* dan *outlet* pada reaktor *SWISs*. Pada Tabel IX, Tabel X dan tabel XI ditunjukkan perolehan hasil rata-rata pengukuran jumlah Total *Coli* beserta nilai efisiensi penurunan pada masing-masing reaktor.

Tabel IX Data jumlah otal *Coli* pada reaktor I

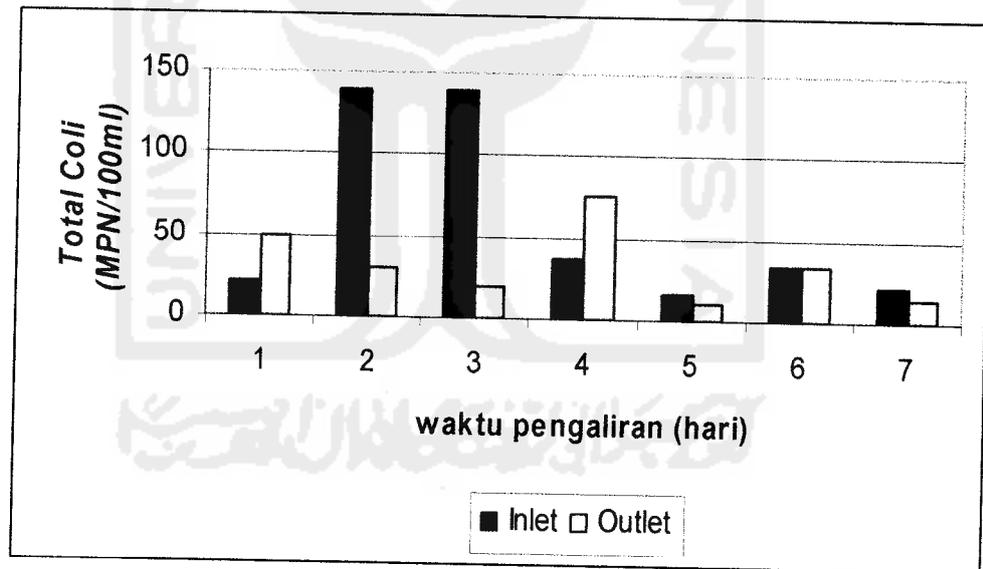
Hari ke	Inlet (MPN/100ml)	Outlet (MPN/100ml)	Efesiensi (%)
1	38	49	-28.95
2	271	30	88.93
3	139	20	85.61
4	95	76	20.00
5	31	11	64.52
6	38	33	13.16
7	46	27	41.30



Gambar 4.5 Jumlah total *Coli* pada inlet dan outlet di reactor I
(dengan 1 jalur pipa distribusi)

Tabel X Data jumlah total *Coli* pada reaktor II

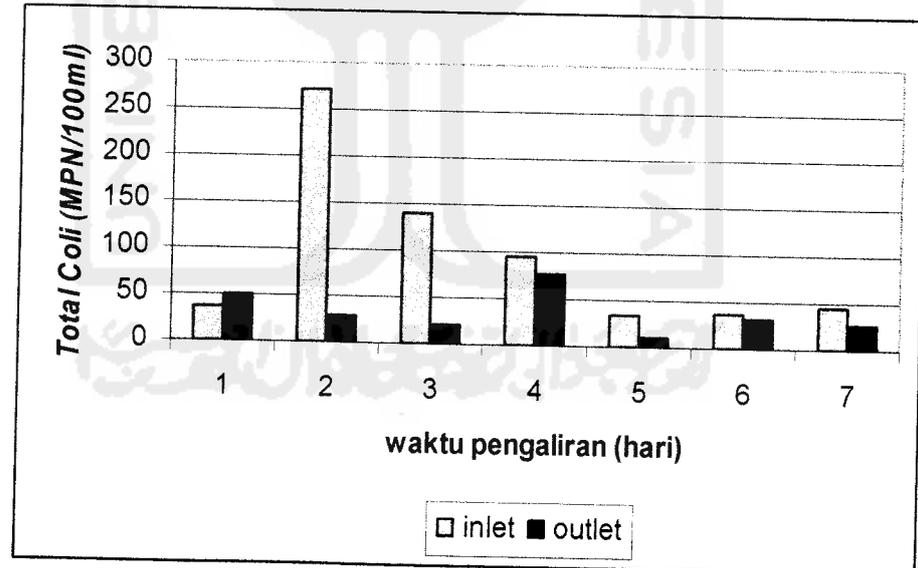
Hari ke	Inlet (MPN/100ml)	Outlet (MPN/100ml)	Efisiensi (%)
1	21	49	-133,33
2	139	30	78,42
3	139	20	85,61
4	37	76	-105,41
5	16	11	31,25
6	33	33	0,00
7	21	15	28,57

Gambar 4.6 Jumlah total *Coli* pada inlet dan outlet di reaktor II

(dengan 2 jalur pipa distribusi)

Tabel XI Data jumlah total *Coli* pada reaktor III

Hari ke	Inlet (MPN/100ml)	Outlet (MPN/100ml)	Efisiensi (%)
1	38	49	-28,95
2	271	30	88,93
3	139	20	85,61
4	95	76	20,00
5	33	11	66,67
6	38	31	18,42
7	46	27	41,30



Gambar 4.7 Jumlah total *Coli* pada inlet dan outlet di reactor III
(dengan 3 jalur pipa distribusi)

4.2.2 Analisa Jumlah Total *Coli*

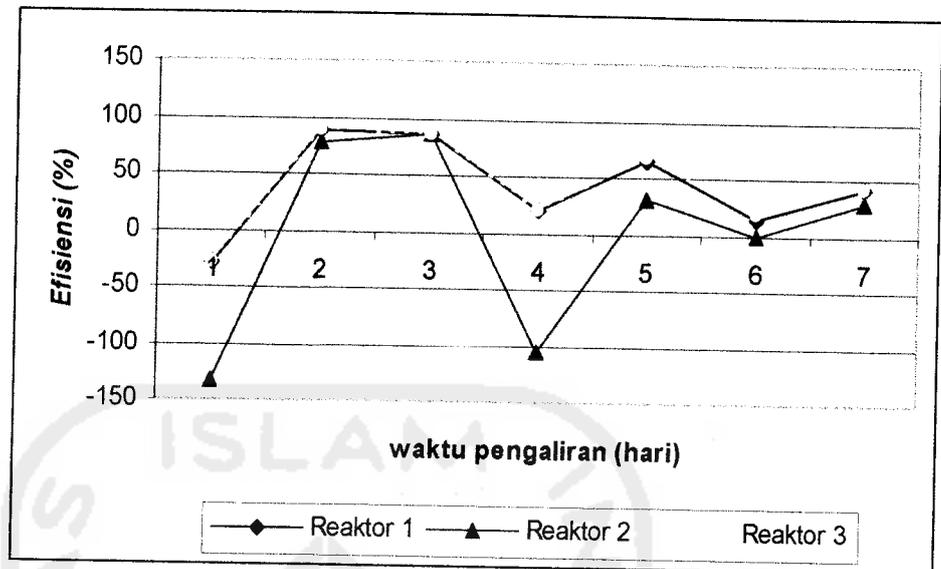
Dari hasil pemeriksaan bakteri *E.Coli* yang dilakukan pada inlet dan outlet, di reaktor pertama, reaktor kedua dan di reaktor ketiga telah terjadi penurunan dan penambahan jumlah total coli. Terlihat pada reaktor pertama dengan 1 pipa jalur distribusi, pada inlet di hari pertama terjadi kenaikan jumlah bakteri yang semula dari inlet sebesar 38/100ml air limbah menjadi 49/100ml air limbah dengan efisiensi – 28,95%, selanjutnya di hari ke 2 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 271/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 30/100ml air limbah, efisiensi penurunan 88,93%. Di hari ke 3 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 139/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 20/100ml air limbah, efisiensi penurunan 85,61%. Untuk hari ke 4 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 95/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 76/100ml air limbah, efisiensi penurunan 20%. Di hari ke 5 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 31/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 11/100ml air limbah, efisiensi penurunan 64,52%. Pada hari ke 6 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 38/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 33/100ml air limbah, efisiensi penurunan 13,16%. Dan di hari ke 7 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 46/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 27/100ml air limbah, efisiensi penurunan 41,30%.

Pada reactor kedua dengan 2 pipa jalur distribusi, pada inlet di hari pertama terjadi kenaikan jumlah bakteri yang semula dari inlet sebesar 21/100ml air limbah menjadi 49/100ml air limbah dengan efisiensi – 133,33%, selanjutnya di hari ke 2 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 139/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 30/100ml air limbah, efisiensi penurunan 78,42%. Di hari ke 3 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 139/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 20/100ml air limbah, efisiensi penurunan 85,61%. Untuk hari ke 4 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 37/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 76/100ml air limbah, efisiensi penurunan -105,41%. Di hari ke 5 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 16/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 11/100ml air limbah, efisiensi penurunan 31,25%. Pada hari ke 6 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 33/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 33/100ml air limbah, efisiensi penurunan 0%. Dan di hari ke 7 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 21/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 15/100ml air limbah, efisiensi penurunan 28,57%.

pada reactor ketiga dengan 3 pipa jalur distribusi, pada inlet di hari pertama terjadi kenaikan jumlah bakteri yang semula dari inlet sebesar 38/100ml air limbah menjadi 49/100ml air limbah dengan efisiensi – 28,95%, selanjutnya di hari ke 2 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 271/100ml air limbah dan terjadi

penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 30/100ml air limbah, efisiensi penurunan 88,93%. Di hari ke 3 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 139/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 20/100ml air limbah, efisiensi penurunan 85,61%. Untuk hari ke 4 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 95/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 76/100ml air limbah, efisiensi penurunan 20%. Di hari ke 5 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 33/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 11/100ml air limbah, efisiensi penurunan 66,67%. Pada hari ke 6 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 38/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 31/100ml air limbah, efisiensi penurunan 18,42%. Dan di hari ke 7 jumlah bakteri yang berada di inlet sebesar 46/100ml air limbah dan terjadi penurunan di outlet dengan jumlah bakteri 27/100ml air limbah, efisiensi penurunan 41,30%.

Dari data tersebut di atas, nampak bahwa fluktuasi nilai efisiensi tidak ada hubungannya dengan kondisi medium yang telah digunakan terus menerus, walaupun ada, hubungannya random/tidak jelas. Hal ini berarti bahwa kondisi medium (baru atau bekas) tidak mempengaruhi kinerja filtrasi medium. Hal ini disebabkan oleh kecilnya ukuran bakteri *coli* terhadap porositas medium yang di bentuk oleh pasir dan kerikil. Apabila ukuran pori mulai sama atau lebih besar terhadap ukuran bakteri, barulah kondisi medium dapat mempengaruhinya secara signifikan.



Gambar 4.8 Jumlah total *Coli* pada reactor 1,2 dan 3

Pada gambar 4.8 yang terlihat diatas merupakan perbandingan untuk mengetahui reactor mana yang paling efektif, karena penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh yang dihasilkan oleh rektor *SWISs*, jika di masing reactor terdapat jumlah variasi pipa yang berbeda. Untuk reactor pertama nilai efisiensi penurunannya dapat ambil 2 range yaitu jika efisiensi penurunan diatas 50%, maka reactor tersebut dapat dikatakan baik tapi jika efisiensi penurunannya dibawah 50%, maka reactor tersebut kurang baik untuk menurunkan kadar bakteri coli dalam air limbah.

Untuk reactor pertama dengan melihat data pada tabel IX dan melihat grafik diatas (gambar 4.5) dapat dinyatakan bahwa reactor pertama dengan 1 pipa distribusi, layak untuk digunakan sebagai salah satu alternatif untuk menurunkan kadar total *coli*

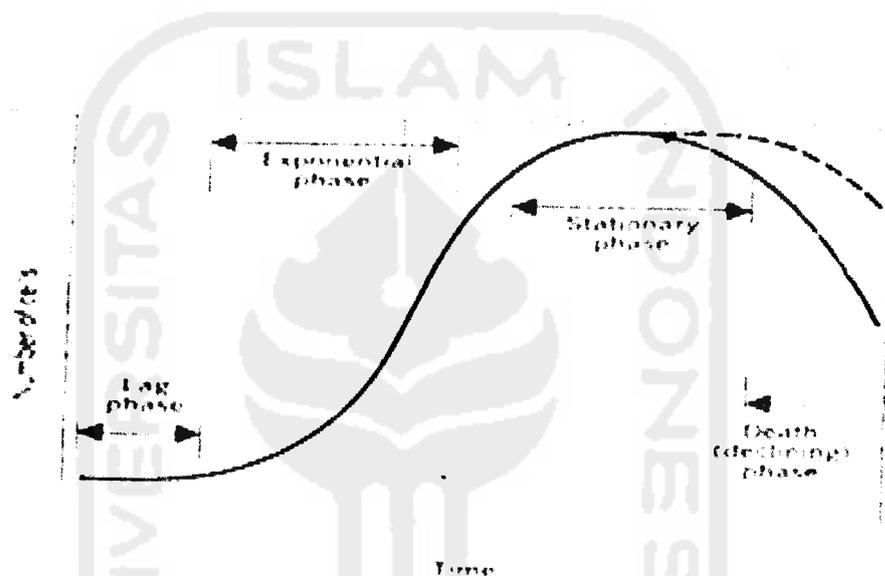
pada air limbah. Begitu juga dengan reactor kedua, sedangkan reactor ketiga efisiensi penurunannya menunjukkan bahwa dengan 3 jalur pipa distribusi jauh lebih baik tingkat penyaringannya. Ini hanya analisis dari grafik yang dapat disimpulkan, untuk penyebab mengapa bisa terjadi penurunan dan penambahan serta naik turunnya angka efisiensi akan dijelaskan pada pembahasan berikut ini.

4.2.3 Pembahasan Jumlah Total *Coli*

Pada reactor pertama dengan 1 buah jalur pipa distribusi seperti terlihat pada tabel IX diperoleh nilai efisiensi penurunan pada jumlah Total *Coli* terjadi secara fluktuatif. Begitu juga pada reactor dua dengan 2 pipa jalur distribusi serta pada reactor ketiga dengan 3 pipa jalur distribusi. Salah satu factor yang mempengaruhi angka efisiensi yang kecil bahkan ada yang minus (terjadi pada semua reactor, terutama pada hari pertama) serta terjadi tingkat penurunan dan penambahan jumlah bakteri pada outlet tersebut diatas adalah karena beban tiap-tiap air limbah setiap harinya tidak sama. Tidak ada proses *backwash* untuk penyegaran media, media yang digunakan setiap harinya sama dan dengan air limbah yang sama sehingga bakteri dapat tumbuh tanpa harus melakukan proses seeding terlebih dahulu. Hal ini terjadi disebabkan oleh beberapa factor, sebelumnya dapat mengacu pada

Kurva Pertumbuhan Bakteri : Apabila satu bakteri tunggal (seperti *E. coli* di atas) diinokulasikan pada suatu medium dan memperbanyak diri dengan laju yang konstan/tetap, maka pada suatu waktu pertumbuhannya akan berhenti dikarenakan

masukkan nutrisi pada lingkungan sudah tidak memadai lagi, sehingga akhirnya terjadi kemerosotan jumlah sel akibat banyak sel yang sudah tidak mendapatkan nutrisi lagi. Hingga akhirnya pada titik ekstrim menyebabkan terjadinya kematian total bakteri. Kejadian di atas apabila digambarkan dalam bentuk kurva adalah sebagaimana yang disajikan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Kurva pertumbuhan bakteri

Tabel XII Ciri dan fase pada kurva pertumbuhan

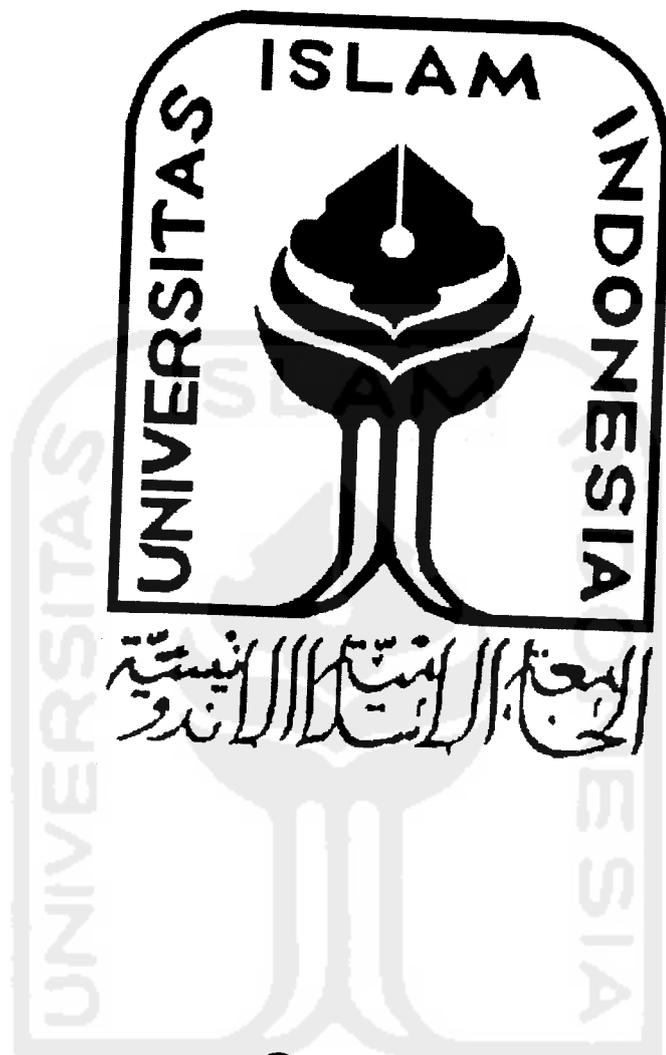
Fase Pertumbuhan	Ciri
Lag (lambat)	Tidak ada pertumbuhan populasi karena sel mengalami perubahan komposisi kimiawi dan ukuran serta bertambahnya substansi intraseluler sehingga siap untuk membelah diri.
Logaritma atau eksponensial	Sel membelah diri dengan laju yang konstan, massa menjadi dua kali lipat, keadaan pertumbuhan seimbang.

<i>Stationary</i> (stasioner/tetap)	Terjadinya penumpukan racun akibat metabolisme sel dan kandungan nutrisi mulai habis, akibatnya terjadi kompetisi nutrisi sehingga beberapa sel mati dan lainnya tetap tumbuh. Jumlah sel menjadi konstan.
<i>Death</i> (kematian)	Sel menjadi mati akibat penumpukan racun dan habisnya nutrisi, menyebabkan jumlah sel yang mati lebih banyak sehingga mengalami penurunan jumlah sel secara eksponensial.

Menurut Brault and Monod (1991) penyumbatan pada celah-celah media pasir mengakibatkan terjadinya kenaikan kehilangan tekanan. Penyumbatan ini dapat menimbulkan terjadinya kondisi *anaerobic* pada lingkungan permukaan pasir, sehingga dapat menyebabkan bakteri - bakteri yang terdapat dalam *biofilm* reaktor *SWISs* akan mati. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel IX, tabel X dan tabel XI diatas. Bakteri akan cepat mati, disebabkan oleh jumlah sumber nutrisi yang berkurang. Kematian bakteri coli bisa saja disebabkan oleh bakteri lain yang memiliki sifat antibiotika, sehingga proses inilah yang mempercepat proses kematian pada bakteri coli (Suriawiria, Unus, 1993) sehingga jumlah Total *coli* pada reaktor pertama, kedua dan ketiga mengalami penurunan dan penambahan secara tidak stabil, dapat dilihat pada tabel IX, tabel X dan pada tabel XI dan diperjelas dengan melihat gambar 4.5, gambar 4.6 dan gambar 4.7. Proses yang terjadi adalah proses biologi secara aerobik, karena pertumbuhan bakteri sangat berpengaruh dengan jumlah oksigen

yang didapat, meskipun tidak menutup kemungkinan jumlah bakteri yang mempengaruhi proses diatas juga dipengaruhi oleh suhu dan pH, tetapi disini tidak dilakukan pengecakkan pada suhu maupun pHnya.

Hal lain yang mempengaruhi penurunan jumlah bakteri yaitu karena partikel-partikel yang terkandung dalam air limbah akan tersaring, terutama partikel-partikel yang berukuran lebih besar daripada pori pasir, sedangkan yang berukuran sama atau mendekati ukuran pori pasir akan mengendap disela-sela pori pasir dengan sendirinya. Dengan adanya benturan antara partikel air hujan dengan butiran pasir dan kerikil juga akan mengendapkan partikel-partikel yang akhirnya tertahan pada permukaan butiran pasir dan kerikil tersebut, hingga menyebabkan bakteri jadi terhambat untuk keluar bersamaan dengan air limbah pada saat saluran pada outlet terbuka (keluar). Proses yang terjadi diatas adalah proses fisik, ini mengacu pada pendapat Metcalf and Eddy (1991), menurutnya "Proses filtrasi yang terjadi pada pasir terdiri dari beberapa mekanisme yaitu proses *straining* (penyaringan), *sedimentation* (pengendapan), *impaction* (benturan), *interception* (penahanan), *adhesion* (pelekatan), *chemical and physical adsorption*, *flocculation*, and *biological growth*".



BAB V
KESIMPULAN & SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan melihat hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa laboratorium diketahui bahwa reaktor *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)* dapat menurunkan konsentrasi bakteri *E.coli* yang semula pada inlet ≥ 1898 (MPN/100ml) dan pada outlet mengalami penurunan jumlah bakteri hingga ≥ 189 (MPN/100ml).
2. Penurunan konsentrasi *E.coli* dan Total *coli* terjadi karena adanya penguraian oleh aktifitas mikroorganisme dan proses filtrasi oleh media.
3. Reaktor *SWISs* belum sepenuhnya efektif karena hasil antara inlet dan outlet masih naik turun secara fluktuatif, mungkin disebabkan oleh metode analisis perhitungan jumlah bakteri *coli* yang tidak tepat.
4. Media yang tidak diganti setelah melakukan pengaliran secara batch, kurang mempengaruhi efisiensi kinerjanya terhadap jumlah bakteri *coli* pada reaktor *SWISs*.

5.1 Saran

Saran yang dapat diberikan, guna kesempurnaan penelitian tentang reactor *Subsurface Wastewater Infiltration System (SWISs)* ini antara lain :

1. Untuk penelitian selanjutnya, dapat melakukan percobaan dengan menggunakan media dan variasi jalur pipa distribusi yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap reaktor *SWISs* dengan sistem yang terus menerus (*countinue*).
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan variasi diameter media dan waktu detensi yang berbeda.
4. Perlu dilakukan penjagaan terhadap kondisi reaktor agar sesuai dengan kondisi yang diharapkan untuk memperoleh hasil yang maksimal, pada penelitian selanjutnya diharapkan melakukan proses seeding antara 2-3 hari dan dapat dipastikan reaktor dalam keadaan siap untuk proses running.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

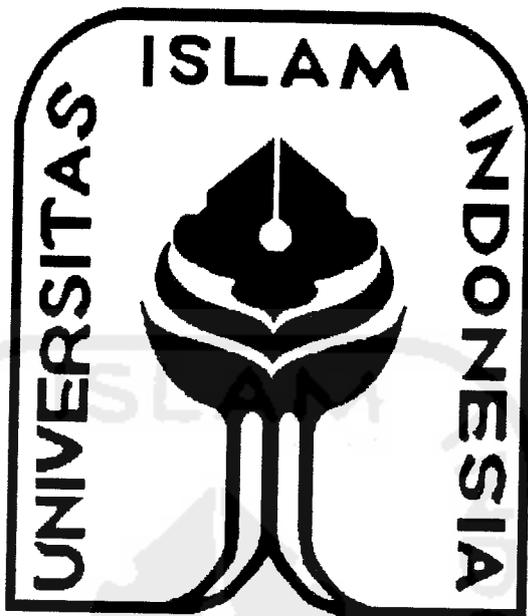
- Anonim, 2002, *USEPA Onsite Wastewater Treatment System Manual* <http://www.yahoo.com>.
- Anonim, 2006, *Pencemaran Terbanyak Karena Limbah Domestik*, <http://www.kr.co.id/article.Php>.
- Anonim, 1997, *Rekayasa Lingkungan*, Gunadarma, Jakarta.
- Alaerts G., dan Santika S, 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Brault and Monold, 1991, *Water Treatment, HandBook, Sixth Edition, Volume I*, Degremont, France.
- Fardiaz, Srikandi, 1992. *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Lay, B.W., 1994, *Analisis Mikroba di Laboratorium*, Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Mahida U.N, 1984, *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri*, Rajawali, Jakarta
- Mangunwidjaja, D. dan Suryani, A, 1994, *Teknologi Bioproses*, Swadaya, Jakarta.
- Metcalf, and Eddy, 1991, *Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse*, McGraw-Hill, New York.
- Metcalf, and Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
- Prescott, L. M., Harley, J. P., and Klein, D. A, 1999, *Microbiology*, McGraw-Hill Companies, USA.
- Soeparman dan Suparmin, 2001. *Pembuangan Tinja & Limbah Cair*, Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Suriawiria, Unus, 1993, *Mikrobiologi Air Dan Dasar - Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*, Alumni, Bandung.

Waluyo, 2005, *mikrobiologi Lingkungan*, UMM, Malang.





الجامعة الإسلامية الإندونيسية

DAFTAR LAMPIRAN I

PERHITUNGAN BACTERI COLIFORM, COLIFORM TINJA, ESCHERICHIA COLI DENGAN METHODE MOST PROBABLE NUMBER (M P N)

SPECIMEN :

Makanan, minuman, air.

DIFINISI :

- * Most probable number = perkiraan terdekat jumlah.
- * Bacteri coliform = bakteri golongan coli, yang ditandai dengan kemampuan bakteri itu menguraikan lactose menjadi asam dan gas di dalam media Brilliant green lactose bile broth pada inkubasi suhu 37° C 48 jam.
Contoh : Genus Klebsiella, Genus Enterobacter, Genus Eschericia.
- * Coliform tinja = coliform yang mampu tumbuh pada 44,5° C 24 jam.
- * Escherichia coli = Gram (-) batang yang menguraikan lactose sampai dengan gas, memproduksi indol, Simmon's citrate negatif.

CARA PEMERIKSAAN :

A. Persiapan specimen :

- * Untuk specimen yang padat atau cair tapi pekat, dilarutkan dulu dengan aquadest atau air garam steril atau Quarter strength Ringer solution.
10 gram atau 10 cc specimen ditambah aquadest steril atau lainnya sampai 100 cc.
- * Sedangkan specimen cair dapat langsung diperiksa.

B. Ragam LB yang digunakan :

1. Ragam I : 5 X 10 ml, 1 X 1 ml, 1 x 0,1 ml.

Untuk specimen yang sudah diolah atau yang angka kumannya diperkirakan rendah.

a. Specimen cair atau yang dilarutkan ditanam didalam :

- 5 tabung Lactose broth Triple strength masing-masing 10 ml.
- 1 tabung Lactose broth single strength, 1 ml.
- 1 tabung Lactose broth single strength, 0,1 ml.

Masuk inkubator 37° C 48 jam.

b. Tiap-tiap tabung Lactose broth (LB) yang menunjukkan positif gas, ditanam kedalam Brilliant green lactose bile broth (BGLB).

Masuk inkubator 37° C 48 jam.

c. Dibaca dan dicatat BGLB yang menunjukkan positif gas, masing-masing ditanam Mac Conkey agar/Endo agar/Eosin Methylene Blue agar/Tergitol 7 agar plate, Masuk inkubator 37° C 24 jam.

Untuk mendapatkan index MPN coliform, digunakan tabel MPN berdasarkan tabung-tabung BGLB positif gas.

d. Koloni yang tersangka E. coli ditanam pada SIM/MIO/MIU (untuk mengetahui produksi indol) dan Simmon's citrate (untuk mengetahui kemampuan bakteri dengan citrate sebagai sumber carbon) serta TSI agar.

Masuk inkubator 37° C 24 jam.

e. Dibaca dan dicatat pertumbuhan pada media TSI, SIM dan SC untuk memastikan apakah E. coli atau bukan. Kemudian dicari pada tabel MPN untuk menentukan index MPN E. coli.

2. Ragam II : 5 X 10 ml, 5 X 1 ml, 5 X 0,1 ml.

Untuk specimen yang belum diolah atau yang angka kumannya diperkirakan tinggi. Kalau perlu penanaman dapat dilanjutkan dengan 5 X 0,01 ml dst.

Yang biasa diperiksa dengan cara ini ialah sumur, gali, air mata air, air hujan, air sungai, air kolam renang dsb.

a. Specimen air tanpa diencerkan ditanam didalam media :

- 5 tabung LB triple strength masing-masing 10 ml.
- 5 tabung LB single strength masing-masing 1 ml.
- 5 tabung LB single strength masing-masing 0,1 ml.

Masuk inkubator 37° C 48 jam.

b. LB yang positif gas ditanam didalam BGLB masing-masing 2 tabung.

Satu seri BGLB diinkubasikan 37° C 48 jam dan satu seri BGLB yang lain diinkubasikan 44 - 44,5° C 24 jam.

c. Pada waktunya dibaca dan dicatat berapa tabung BGLB yang (+) gas dari masing-masing kelompok penanaman. Angka-angka yang diperoleh dicocokkan dengan tabel MPN untuk memperoleh index MPN coliform (inkubasi 37° C 48 jam) dan index MPN coliform tinja (inkubasi 44 - 44,5° C 24 jam).

3. *Ragam III : 3 X 10 ml, 3 X 1 ml, 3 X 0,1 ml.*

Adalah ragam alternatif untuk ragam II, apabila jumlah tabung terbatas, begitu pula persediaan media juga terbatas.

Cara pelaksanaannya seperti ragam II.

C. CONTOH PEMBACAAN HASIL :

Ragam I :

Tabung 5 X 10 ml, BGLB (+) gas : 3)

Tabung 1 X 1 ml, BGLB (+) gas : 1) Index MPN : 12.

Tabung 1 X 0,1 ml, BGLB (+) gas : 0)

Ragam II :

Tabung 5 X 10 ml, BGLB (+) gas : 2)

Tabung 5 X 1 ml, BGLB (+) gas : 1) Index MPN : 9.

Tabung 5 X 0,1 ml, BGLB (+) gas : 1)

Ragam III :

Tabung 3 X 10 ml, BGLB (+) gas : 3)

Tabung 3 X 1 ml, BGLB (+) gas : 2) Index MPN : 95.

Tabung 3 X 0,1 ml, BGLB (+) gas : 1)

CATATAN :

- * Apabila dalam pembacaan BGLB, semua tabung menunjukkan hasil (+) gas, penanaman dapat diteruskan dengan mengencerkan specimen 10X atau 100X lebih rendah dari pada ragam LB yang sudah dikerjakan. Hasil MPN yang diperoleh dikalikan dengan 10 X atau 100 X.
- * Penghitungan index MPN dapat pula dilakukan dengan formula Thomas :
$$(A + B + C) \times (\sqrt{(S \times N)})^{-1} \times 100 = \dots\dots\dots$$

A = jumlah tabung (+) gas penanaman kelompok pertama.
B = jumlah tabung (+) gas penanaman kelompok kedua.
C = jumlah tabung (+) gas penanaman kelompok ketiga.
S = jumlah ml sampel yang ditanam.
N = jumlah ml sampel yang negatif.
- * Contoh untuk Ragam III :
$$(3 + 2 + 1) \times (\sqrt{(33,3 \times 1,2)})^{-1} \times 100 = 94,91.$$
- * Sisa pengenceran pada pemeriksaan angka kuman dapat digunakan untuk pemeriksaan MPN.

PERHITUNGAN BACTERI ENTEROPATHOGENIC DAN BACTERI INDICATOR DI DALAM MAKANAN DENGAN METHODE PLATE

A. BACTERI YANG DIHITUNG :

1. *Bacteri indicator :*

- Coliform
- Escherichia coli
- Enterococci

2. *Bacteri enteropathogenic :*

- Vibrio parahaemolytica
- Staphylococcus aureus
- Bacillus cereus
- Clostridium perfringens

3. Mould & Yeast (kapang dan khamir)

B. PENGENCERAN SAMPEL :

Dilakukan seperti pada pemeriksaan angka kuman, atau sisa pengenceran untuk angka kuman boleh juga digunakan.

C. PENUANGAN MEDIA DAN MEDIA YANG DIGUNAKAN :

- * Tiap-tiap pengenceran sampel 10 X, 100 X, dan 1000 X diambil masing-masing 1 ml dimasukkan kedalam petrie dish steril (1 serial pengenceran ada 3 dish).
- * Kepada 1 seri pengenceran dituangi media sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilakukan. Jumlah media yang dituangi adalah 15 - 20 ml per-dish.
- * Dicampur sampai homogen, diamkan diatas meja sampai agar-agar nya membeku.
- * Kemudian diinkubasikan dengan posisi terbalik, pada suhu 37° C selama 48 jam.
- * Jenis media yang dituangkan untuk pemeriksaan :
 1. Coliform : Violet red bile agar.
 2. Escherichia coli : Tergitol 7 agar
 3. Enterococci : KF streptococcus agar
 4. Vibrio parahaemolytica : Thiosulfate Citrate Bile Sucrose agar + NaCl 6%
 5. Staphylococcus aureus : Mannitol Salt agar + 5% Egg yolk
 6. Bacillus cereus : Bacillus cereus agar Egg yolk
 7. Clostridium perfringens : Handfort agar modified
 8. Mould & Yeast : Potato Dextrose agar (inkubasi 30 - 37° C 4 - 5 hari).
- * Control sterilitas dibuat 1 petrie dish steril diisi 1 ml pelarut, dituangi media yang digunakan untuk tiap-tiap pemeriksaan.

D. PERHITUNGAN KOLONI :

Perhitungannya seperti pada angka kuman, hanya saja koloni yang dihitung adalah koloni yang sesuai dengan ciri-ciri bakteri yang dihitung.

TABEL MPN 5II MENURUT FORMULA THOMAS

	JUMLAH TABUNG (+) GAS PADA PENANAMAN			INDEX MPN PER 100 ml
	5 X 10 ml	1 X 1 ml	1 X 0,1 ml	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	2
0	1	1	0	2
0	1	1	1	4
1	0	0	0	2
1	0	0	1	4
1	1	1	0	4
1	1	1	1	7
2	0	0	0	5
2	0	0	1	8
2	1	1	0	8
2	1	1	1	10
3	0	0	0	9
3	0	0	1	12
3	1	1	0	12
3	1	1	1	16
4	0	0	0	17
4	0	0	1	21
4	1	1	0	22
4	1	1	1	27
5	0	0	0	67
5	0	0	1	84
5	1	0	0	265
5	1	1	1	7979



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

DAFTAR LAMPIRAN II

الكتاب الثاني في الفقه الإسلامي

LAMPIRAN 1 TEKNIK SAMPLING DAN ANALISA BAKTERI *E. COLI* DENGAN METODE MPN

1. SAMPLING

Pengambilan sampel air untuk analisa bakteriologi (bakteri *E.coli dan coliform*) dilakukan dengan cara sebagai berikut (Santika, 1984) :

- a. Siapkan botol sampel dengan warna gelap dan sudah disterilkan.
- b. Bakar ujung kran dengan api (kran besi) dengan menggunakan pembakar busen/lilin selama $\frac{1}{2}$ sampai 5 menit sampai steril.
- c. Biarkan air kelur dengan debit tinggi selama ± 5 menit.
- d. Kecilkan debit kran selama ± 5 menit.
- e. Siapkan botol dan tutupnya yang telah steril, lalu isi botol tersebut dengan sampel air kran sampai $\frac{3}{4}$ bagian volume bersih lalu ditutup dengan penutup botol.
- f. Bawa segera ke laboratorium untuk analisa bakteriologi (bakteri *E.coli dan coliform*).
- g. Diberi label yang tertulis :
 1. Asal sampel.
 2. Nomor sampel.
- h. Untuk pengambilan sampel dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali pengulangan, baik untuk air baku dan air treatment.

2. TES BAKTERI *E.COLI* DENGAN METODE TABUNG PERMENTASI (MPN)

1. Pemeriksaan bakteri golongan coliform (test perkiraan/presumptive test)

Alat dan bahan

- Tabung reaksi berisi tabung durham dan 5 ml media Lactosa steril ganda.
- Tabung reaksi berisi tabung durham dan 10 ml media Lactosa steril tunggal.
- Pipet steril 10 ml.
- Pipet steril 0,1 ml.
- Pembakar Bunsen.
- Inkubator 37°
- Sample air baku sebelum treatment
- Sampel air setelah treatment

Cara kerja :

- 3 tabung reaksi berisi tabung durham + 5 ml media laktosa ganda diinokulasi secara steril dengan 10 ml sample air.
- Kedalam tabung reaksi yang mengandung tabung durham + 10 ml media laktosa tunggal dengan menggunakan pipet steril di inokulasikan dengan 1 ml sample air.
- Kedalam tabung reaksi yang mengandung tabung durham + 10 ml media laktosa tunggal dengan menggunakan pipet steril di inokulasikan dengan 0,1 ml sample air.

- Inkubasikan semua tabung reaksi ini pada suhu 37°C.
- Setelah 24 jam tabung ini diperiksa untuk melihat apakah terjadi pembentukan gas serta asam. Jika tidak ada gas dan asam tabung ini diinkubasi kembali selama 24 jam lagi, kemudian diperiksa kembali. Catatan hasil dari analisa terlampir.

2. *Pemeriksaan bakteri golongan coliform (test penetapan/confirmed test)*

Alat dan bahan

- Tabung fermentasi yang memperlihatkan hasil positif dan ragu-ragu dari test pendugaan.
- Tabung *Briliant Green Lactosa Broth* (BGLB) steril.
- Jarum penanam/oase.
- Inkubator 37° C.
- Pembakar.

Cara kerja :

- Dari masing-masing tabung yang memperlihatkan hasil positif pindahkan sedikit suspensi bakteri dengan jarum oase pada tabung reaksi berisi *Briliant Green Lactosa Broth* (BGLB) steril.
- Simpan tabung selama 24 jam pada suhu 42°C.
- Setelah 24 jam periksa masing-masing tabung untuk mengamati apakah terjadi pertumbuhan bakteri golongan Coliform atau tidak.
- Tetapkan JPT total coliform dalam 100 ml sample air berdasarkan table JPT.

3. *Test penetapan untuk untuk menentukan fecal coliform*

Alat dan bahan

- Tabung fermentasi yang memperlihatkan hasil positif dan ragu-ragu dari test pendugaan.
- Tabung reaksi yang berisi pada tabung durham + 6 ml media *Briliant Green Lactosa Broth* (BGLB) yang telah disterilkan.
- Jarum penanam.
- Pembakar Bunsen.
- Waterbath/oven bersuhu 44,50 + 0,5°C

Cara kerja

- Dari tabung reaksi fermentasi yang positif dengan pertolongan jarum penanam inokulasikan 2-3 tetes suspensi bakteri ke dalam tabung yang mengandung *Briliant Green Lactosa Broth* (BGLB) + tabung durham.
- Inkubasikan tabung yang mengandung *Briliant Green Lactosa Broth* (BGLB) dan suspensi bakteri dalam waterbath. 44,5 + 0,5°C selama 2 x 24 jam. Penyimpanan tabung tersebut kedalam waterbath/oven harus secepat mungkin dan tidak boleh melebihi waktu setengah jam setelah penanaman suspensi bakteri.
- Amati hasilnya dan catat jumlah tabung yang memperlihatkan pembentukan bakteri.
- Tetapkan JPT dari Fecal Coliform dalam air berdasarkan table JPT (APHA edisi 13, 1971).

LAMPIRAN 2 TABEL INDEKS JPT DALAM 100 ML SAMPEL AIR

Jumlah tabung yang positif			Indeks JPT per 100 ml	Jumlah tabung yang positif			Indeks JPT per 100 ml
10 ml	1 ml	0.1 ml		10 ml	1 ml	0.1 ml	
0	0	0	0	2	0	0	9.1
0	0	1	3	2	0	1	14
0	0	2	6	2	0	2	20
0	0	3	9	2	0	3	26
0	1	0	3	2	1	0	15
0	1	1	6.1	2	1	1	20
0	1	2	9.2	2	1	2	27
0	1	3	12	2	1	3	34
0	2	0	6.2	2	2	0	21
0	2	1	9.3	2	2	1	28
0	2	2	12	2	2	2	35
0	2	3	16	2	2	3	42
0	3	0	9.4	2	3	0	29
0	3	1	13	2	3	1	36
0	3	2	16	2	3	2	44
0	3	3	19	2	3	3	53
1	0	0	5.6	3	0	0	23
1	0	1	7.2	3	0	1	39
1	0	2	11	3	0	2	64
1	0	3	15	3	0	3	95
1	1	0	7.3	3	1	0	43
1	1	1	11	3	1	1	75
1	1	2	15	3	1	2	120
1	1	3	19	3	1	3	160
1	2	0	11	3	2	0	93
1	2	1	15	3	2	1	150
1	2	2	20	3	2	2	210
1	2	3	24	3	2	3	290
1	3	0	16	3	3	0	240
1	3	1	20	3	3	1	460
1	3	2	24	3	3	2	1100
1	3	3	29	3	3	3	2400 +

Sumber data : APHA Edisi 13, 1971 Metode 3-3-3

KARTU PESEPTA TUGAS AKHIR

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Eka Malakhayati	01513024	Teknik Lingkungan
2			

JUDUL TUGAS AKHIR : Penurunan Kadar E. Coli Dan Total Coli Pada effluent Septictank Jada SWISS

PERIODE : IV
TAHUN AKADEMIK : Genap 2006/2007

No	kegiatan	Bulan Ke ;					
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
1	Pendaftaran						
2	Penentuan Dosen pembimbing						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar proposal						
5	Konsultasi Penyusunan TA						
6	Sidang - sidang						
7	Pendadaran						

DOSEN PEMBIMBING I : Ir. H. Kasam, MT
DOSEN PEMBIMBING II : Hudori, ST
DOSEN PEMBIMBING III :

Yogyakarta, 20 Maret 2007
Koordinator TA



(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar
Sidang
Pendadaran

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

No	Catatan Konsultasi	Tanda Tangan	
		Pemb I	Pemb II
07	<p>BAB I lebih difokuskan lanjutkan ke BAB IV kata belahing to be clear, dengan hand 2 penulisan line off satu topic ke belakang, karna sudah pd setiap halaman Perubahan di caption sampai kesimpulan</p>		
07	<p>Revisi materi - Notasi eksperimen dan notasi</p>		
07	<p>Revisi materi</p>		
07	<p>Revisi materi</p>		