

**TESIS**

**ANALISIS EFEKTIVITAS *SEPTIC TANK* APUNG DENGAN  
PARAMETER BOD, TSS, pH, SUHU, DAN MPN COLI LIMBAH  
*BLACK WATER* PULAU KODINGARENG  
KOTA MAKASSAR**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MOHAMMAD ANUGERAH  
K012181116**



**PROGRAM STUDI S2 KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS EFEKTIVITAS SEPTIC TANK APUNG DENGAN  
PARAMETER BOD, TSS, pH, SUHU, DAN MPN COLI  
LIMBAH BLACK WATER PULAU KODINGARENG  
KOTA MAKASSAR**


Disusun dan diajukan oleh


**MOHAMMAD ANUGERAH  
K012181116**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 22 Januari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
Menyetujui,

Pembimbing Utama,


Pembimbing Pendamping,


  
Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes  
NIP. 19820803 200812 1 003

  
Prof. Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc  
NIP. 19680114 199412 1 001

Dekan Fakultas,

Ketua Program Studi,

  
Dr. Aminuddin Syam, SKM, M.Kes., M.Med.Ed  
NIP. 19670617 199903 1 001

  
Prof. Dr. Masni, Apt., MSPH.  
NIP. 19590605 198601 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mohammad Anugerah  
NIM : K012181116  
Program studi : Kesehatan Masyarakat  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahawa karya tulissan saya berjudul :

### **ANALISIS EFEKTIVITAS SEPTIC TANK APUNG DENGAN PARAMETER BOD, TSS, pH, SUHU, DAN MPN COLI LIMBAH BLACK WATER PULAU KODINGARENG KOTA MAKASSAR**

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 26 Januari 2021

Yang menyatakan



Tandatangan

Mohammad Anugerah

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Efektivitas *Septic Tank* Apung dengan Parameter BOD, TSS, Ph, Suhu, dan MPN Coli Limbah *Black Water* Pulau Kodingareng Kota Makassar”.

Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi syarat sebelum melakukan penelitian. Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak akan dapat diselesaikan tanpa bimbingan dari dosen pembimbing dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel.,M.Kes. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan saran serta masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Prof. Dr. Syamsuddin Toaha, M.Sc. sebagai selaku dosen pembimbing anggota yang telah membimbing, memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Teman-teman Pascasarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat khususnya jurusan Kesehatan Lingkungan yang selalu setia menjadi teman untuk berdiskusi dan bertukar pikiran.
4. Semua pihak yang telah membantu penyusunan tesis ini

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, sangat diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan tesis selanjutnya.

Makassar, 20 Januari 2020

Mohammad Anugerah

## ABSTRAK

**MOHAMMAD ANUGERAH.** *Analisis Efektivitas Septic Tank Apung Dengan Parameter BOD, TSS, pH, Suhu, dan MPN Coli Limbah Black Water Pulau Kodingareng Kota Makassar* (dibimbing oleh **Agus Bintara Birawida** dan **Syamsuddin Toaha**).

Salah satu aspek penting dalam lingkungan hidup adalah sanitasi. Sanitasi merupakan usaha manusia untuk mewujudkan kondisi lingkungan yang aman dan nyaman. Pengolahan limbah cair melalui *septic tank* apung adalah salah satu bentuk sanitasi lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui efektivitas *septic tank* apung di wilayah pulau Kodingareng Kota Makassar, ditinjau dari parameter BOD, TSS, pH, Suhu dan MPN Coli.

Penelitian ini bersifat eksperimen. Penelitian ini dimulai dengan mengkaji literatur terkait survei lingkungan, studi pendahuluan, pembuatan model pengelolaan limbah sistem apung, lalu pemeriksaan hasil effluent. *Septic tank* apung ini diharapkan dapat menjadi sarana sanitasi yang tepat untuk digunakan oleh masyarakat di wilayah pesisir dan kepulauan.

Setelah 45 hari pemasangan *septic tank* dan pengambilan sampel effluent sebanyak 3 kali dengan rentang waktu 2 hari pada titik effluent yang sama, menunjukkan beberapa hasil. Pengukuran kadar BOD dan TSS serta MPN Coli pada effluent pengolahan limbah dengan *septic tank* menunjukkan hasil di atas baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang persyaratan limbah domestik. Penurunan kadar BOD dari sampel uji pertama hingga sampel uji ketiga sebesar 40,9% (580 mg / l, 483,24 mg / l, 342,3 mg / l). Pada kadar TSS, penurunan dari sampel uji pertama hingga kedua sebesar 22,7% (180 mg / l, 139 mg / l, 207 mg / l), Sedangkan suhu dan pH masih sesuai dengan baku mutu. Untuk MPN Coli juga terukur masih sangat jauh di atas baku mutu. Hasil uji parameter dilakukan model ekstrapolasi atau estimasi. Metode tersebut dapat menunjukkan model estimasi waktu tinggal air limbah dalam sistem pengolahan sehingga dapat mencapai waktu estimasi effluent sesuai dengan baku mutu.

**Kata Kunci :** *Septic Tank* Apung, BOD, TSS, MPN Coli



## ABSTRACT

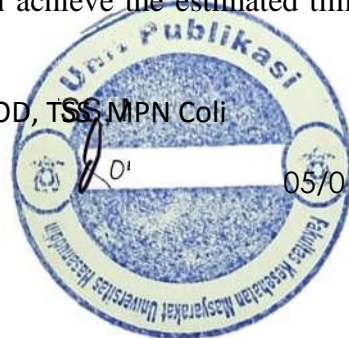
**MOHAMMAD ANUGERAH.** *Analysis of the Effectiveness of a Floating Septic Tank with BOD, TSS, pH, Temperature, and MPN Coli Parameters from Black Water Waste in Kodingareng Island, Makassar* (supervised by **Agus Bintara Birawida** and **Syamsuddin Toaha**).

One of the important aspects of the environment is sanitation. Sanitation is a human effort to create a safe and comfortable environment. Treatment of liquid waste through a floating septic tank is a form of environmental sanitation. The purpose of this study was to determine the effectiveness of floating septic tanks in Kodingareng Island, Makassar, in terms of parameters of BOD, TSS, pH, temperature and MPN Coli.

This is an experimental research. This research begins by reviewing literature related to environmental survey, preliminary study, making a model of floating system waste management and checking the results of the effluent. This *floating septic tank* is expected to be the right sanitation facility that can be used by people on the coast and islands.

After 45 days of septic tank installation and 3 effluent sampling with a span of 2 days at the same effluent point, showed several results. Measurement of BOD, TSS, and MPN Coli levels in the effluent of waste treatment with a septic tank, showed results above the quality standard of the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 68 year of 2016 about domestic waste requirements. The decrease in BOD levels from the first test sample to the third test sample was 40.9% (580 mg / l, 483.24 mg / l, 342.3 mg / l). At TSS levels, the decrease from the first to second test sample was 22.7% (180 mg / l, 139 mg / l, 207 mg / l), Meanwhile, the temperature and pH are still in accordance with the quality standard. MPN Coli is also measured to be very far above the quality standard. The result of parameter test is an extrapolation or estimation model. This method is able to show the estimation model of the residence time of wastewater in the treatment system so that it can achieve the estimated time of effluent according to quality standards.

**Keywords:** Floating Septic Tank, BOD, TSS, MPN Coli



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGANTAR</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR KEASLIAN TESIS</b>	
<b>PRAKATA.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan Umum Tentang Sanitasi Lingkungan.....	9
B. Tinjauan Umum Tentang Limbah Domestik.....	11
C. Tinjauan Umum Tentang Jamban.....	13
D. Tinjauan Umum Tentang Septic Tank.....	14
E. Tinjauan Umum Tentang Bakteri Coliform.....	22
F. Tinjauan Umum Tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik.....	38
G. Tabel Sintesa.....	65
H. Kerangka Teori.....	70
I. Kerangka Konsep.....	71
J. Definisi Operasional.....	72
K. Kriteria Objektif.....	72
L. Hipotesis Penelitian.....	73
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
A. Rancangan Penelitian.....	75
B. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	75
C. Alat dan Bahan.....	75
D. Perencanaan Prototipe <i>Septic Tank</i> Apung.....	76
E. Teknik Pengumpulan Data.....	82
F. Analisa Data.....	87

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil.....	88
B. Pembahasan.....	104
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	118
B. Saran.....	119
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>120</b>
<b>Lampiran</b>	



**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Tabel Indeks MPN	: 33
Tabel 2.2	Suhu dan Nitrification	: 45
Tabel 2.3	Pengaruh Oksigen Terlarut pada Proses Nitrifikasi	: 47
Tabel 2.4	Kriteria Desain Air Stripping	: 57
Tabel 2.5	Kriteria Desain Breakpoint Chlorination	: 58
Tabel 2.6	Kriteria Desain Breakpoint Chlorination	: 60
Tabel 2.7	Tabel Sintesa Penelitian Terkait Efektivitas <i>Septic Tank</i> Apung Dalam mereduksi Kadar BOD, TSS, Suhu, PH dan MPN Coli <i>Black Water</i>	: 65
Tabel 4.1	Komposisi Tinja dan Air Seni	: 89
Tabel 4.2	Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri Menurut PPLH dan Kehutanan RI No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum.l/8/2016	: 92

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1 Baku Mutu Limbah Domestik	: 12
2.2 Septic Tank	: 16
2.3 Mekanisme Pembuangan Feses	: 19
2.4 Pengaruh Oksigen Terlarut pada Laju Nitrifikasi	: 47
2.5 Proses Nitrifikasi Secara Biologis	: 48
2.6 Skema continuous flow electro dialysis	: 58
3.1 Desain Septic Tank Apung	: 78
4.1 Grafik Kadar BOD Air Limbah Domestik <i>Black Water</i> dengan <i>Septic Tank</i> Apung Pada Daerah Pesisir dan Kepulauan Tahun 2020	: 93
4.2 Grafik Kadar TSS Efluent Air limbah Domestik <i>Black Water</i> dengan <i>Septic Tank</i> Apung Pada Daerah Pesisir dan Kepulauan Tahun 2020	: 95
4.3 Grafik Kadar pH Effluent Air limbah Domestik <i>Black Water</i> dengan <i>Septic Tank</i> Apung Pada Daerah Pesisir dan Kepulauan Tahun 2020	: 97
4.4 Grafik Kadar Suhu Effluent Air Limbah Domestik <i>Black Water</i> dengan <i>Septic Tank</i> Apung Pada Daerah Pesisir dan Kepulauan Tahun 2020	: 98
4.5 Grafik Kadar MPN Coli pada Air Limbah Domestik <i>Black Water</i> dengan <i>Septic Tank</i> Apung Pada Daerah Pesisir dan Kepulauan Tahun 2020	: 100
4.6 Grafik Nilai Estimasi BOD Efluent Air Limbah Domestik <i>Black Water</i> dengan <i>Septic Tank</i> Apung Pada Daerah Pesisir dan Kepulauan Tahun 2020	: 101
4.7 Grafik Nilai Prakiraan TSS Efluent Air Limbah Domestik <i>Black Water</i> dengan <i>Septic Tank</i> Apung Pada Daerah Pesisir dan Kepulauan Tahun 2020	: 103

**DAFTAR SINGKATAN**

BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
Mg	<i>Milligram</i>
Ltr	<i>Liter</i>
pH	<i>Power Hidrogen</i>
WTH	Waktu Tinggal Hidrolisis
MPN	<i>Most Probable Number</i>

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

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

Masalah kesehatan lingkungan merupakan masalah yang selalu menjadi topik utama dalam upaya peningkatan kualitas lingkungan hidup di berbagai negara di dunia (Jannati, Anward and Erlyani, 2015). Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai lebih dari 17.000 pulau dan wilayah pantai sepanjang 80.000 km atau dua kali keliling bumi melalui katulistiwa (Worang *et al.*, 2017)

Masyarakat yang hidup di pulau-pulau kecil dan terisolir, kehidupan sehari-hari mereka terpapar dengan risiko kesehatan antara lain kurangnya ketersediaan air bersih yang berkualitas, minimnya ketersediaan makanan yang bergizi dan terbatasnya pelayanan kesehatan dari sektor publik terutama pada saat musim badai. Kondisi perumahan yang padat dan kurang memenuhi syarat kesehatan sehingga mudah terinfeksi vektor dan agen penyakit (Massie, 2013).

Pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin besar dari waktu ke waktu memberikan dampak terhadap peningkatan aktivitas manusia. Namun peningkatan aktivitas penduduk tersebut sering tidak diikuti dengan peningkatan sanitasi lingkungan yang baik. Menurut UNICEF menyatakan bahwa hampir 50% populasi penduduk negara berkembang atau sekitar 2,5 miliar penduduk dunia tidak memperoleh fasilitas sanitasi yang layak, dan lebih dari 884 juta orang masih menggunakan sumber air

minum yang tidak aman. Sedangkan Antara menyatakan bahwa Indonesia merupakan negara dengan sistem sanitasi pengelolaan air limbah domestik terburuk ke tiga di Asia Tenggara setelah Laos dan Myanmar (Singga and Dukabain, 2019).

Sebagian besar daerah tropis memiliki masalah sanitasi (*lombart-latune*). Sanitasi lingkungan adalah status kesehatan suatu lingkungan yang mencakup perumahan, pembuangan kotoran, penyediaan air bersih dan sebagainya. Kondisi lingkungan yang buruk sangat berpengaruh terhadap meningkatnya perkembangan vektor di lingkungan tersebut, misalnya lingkungan yang pengelolaan sampahnya tidak baik menyediakan media perkembangbiakan lalat yang dapat menularkan penyakit diare, kondisi ini diperparah dengan pengelolaan tinja yang buruk dimana lalat dapat berkembang biak pada tinja sehingga memudahkan penyebaran bakteri e-coli (Singga and Dukabain, 2019).

Adapun usaha meningkatkan sanitasi lingkungan pemukiman keluarga, banyak faktor yang perlu diperhatikan antara lain: 1) penyediaan jamban keluarga 2) penyediaan sumber air bersih 3) mengurangi pencemaran menyaring air kotor, membuat perembasan air yang baik 4) menghindari tumpukan sampah 5) pemeliharaan rumah yang baik, misalnya berjendela, berkamar dan tidak terlalu padat (3091).

Limbah merupakan buangan dalam bentuk zat yang mengandung bahan berbahaya dan beracun yang karena sifat dan konsentrasinya atau jumlahnya baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat

mencemari atau merusak lingkungan hidup, dan membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain (Khamidah, Saam and Anita, 2018). Air limbah adalah sisa air yang dibuang berasal dari buangan rumah tangga, industri, maupun tempat-tempat umum lainnya dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang sangat membahayakan kesehatan manusia dan mengganggu lingkungan hidup (Sasiang *et al.*, 2019).

Produksi global limbah domestik dinilai akan cenderung meningkat dalam bersamaan masa depan dengan ekspansi populasi (joanneu). Tingginya limbah domestik, terutama tinja yang memasuki badan air menyebabkan berbagai penyakit seperti tifus, disentri, kolera dan diare. Mengingat kebiasaan masyarakat dan tata cara masyarakat membuang berbagai jenis buangan ke dalam badan air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Sehingga dalam rangka peningkatan derajat kesehatan perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah domestik (Mahtuti, 2017).

Limbah domestik yang paling dominan adalah jenis organik yang merupakan kotoran manusia dan hewan (hilma). Kepemilikan jamban sehat akan berpengaruh pada derajat kesehatan di suatu wilayah (Kurniawati, 2015).

Sistem tangki septik adalah bentuk paling umum dari pengolahan limbah domestik yang merupakan salah satu potensial sumber pencemaran (Withers *et al.*, 2014). Sistem tangki septik (STS) adalah koleksi yang paling banyak digunakan sistem untuk pengolahan dan

pembuangan air limbah domestik di seluruh dunia pedesaan (Richards *et al.*, 2016).

Dalam PerMenLHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik masing-masing sebesar 30 mg/l (BOD), total *Coliform* jumlah/100mL 3000 dan 6-9 (PH). Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk menurunkan BOD, partikel terlarut, menghilangkan nutrisi, bahan beracun, dan membunuh bakteri patogen untuk melindungi lingkungan perairan dan mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air limbah (Timpua and Pianaung, 2019).

BOD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme atau bakteri untuk menguraikan senyawa organik secara biologis. Sumber air limbah dari kegiatan rumah tangga umumnya berasal dari dapur (mencuci peralatan makan dan minum menggunakan sabun cuci, mencuci bahan makanan yang akan dimasak, pembuangan minyak sisa penggorengan), kamar mandi (keramas menggunakan sampo, mandi menggunakan sabun, mencuci pakaian menggunakan detergen), dan toilet (tinja dan urin). Kegiatan tersebut menghasilkan bahan buangan organik yang dapat membusuk atau tergradasi oleh mikroorganisme, sehingga bila dibuang ke perairan akan menaikkan populasi mikroorganisme (Sari, 2018).

Bakteri *Coliform* adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri *Coliform* merupakan bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik dan masuk dalam golongan

mikroorganisme yang lazim digunakan sebagai indikator, dimana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Bakteri *Coliform* ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh (Randa, 2012). Pentingnya perbaikan sanitasi dasar di tiap wilayah melalui tingkah laku sehat, seperti BAB di jamban/kakus, adalah untuk mencegah pencemaran air dan tanah dari mikroba penyebab diare.

Pulau Kodingareng Lompo adalah salah satu pulau kecil yang berada di Kec. Sangkarrang Kota Makassar yang memiliki luas wilayah 0,48 km<sup>2</sup> dengan ketinggian kurang dari 500 meter dari permukaan laut (BPS, 2014). Jumlah penduduk sebanyak 4.522 jiwa yang terdiri dari 1173 Kepala Keluarga dan mayoritas berprofesi sebagai nelayan (Dirjen Pemberdayaan Masyarakat dan Desa, 2015).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Makassar Tahun 2015, Penyakit diare termasuk 5 penyakit tertinggi di Pulau Kodingareng Lompo, yaitu sebanyak 381 kasus kejadian diare yang ditemui pada tahun 2013 dengan prevalensi 85/1000 penduduk kemudian meningkat menjadi 586 kasus dengan prevalensi sebesar 130/1000 penduduk di tahun 2014, kemudian pada tahun 2015 menjadi 527 kasus kejadian diare dengan prevalensi sebesar 117/1000 penduduk. Hal ini menggambarkan bahwa



kejadian diare di pulau kodingareng masih sangat menghawatirkan (Dinas Kesehatan Kota Makassar, 2015).

Pada umumnya, pengelolaan air limbah menggunakan sistem desentralisasi terdiri dari *septic tank* untuk *pre-treatment* dan efluen dialirkan ke badan air. Selanjutnya penyisihan parameter nitrogen dan fosfor menggunakan sistem *wetland* dan filter pasir. Namun, seiring pertumbuhan penduduk, biaya dan ketersediaan lahan menjadi faktor pembatas sistem *wetland* dan filter pasir (Priyambada and Purwono, 2019).

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana efektivitas *Septic Tank* apung di pulau Kodingareng Kota Makassar
2. Bagaimana efektivitas *Septic Tank* apung dengan parameter BOD dan TSS di pulau Kodingareng Kota Makassar
3. Bagaimana efektivitas *Septic Tank* apung dengan parameter pH, Suhu, dan MPN Coli di pulau Kodingareng Kota Makassar

## **C. Tujuan Penelitian**

1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas *Septic Tank* apung di wilayah pulau Kodingareng Kota Makassar, ditinjau dari parameter BOD, TSS, pH, Suhu, dan MPN Coli

2. Tujuan khusus.
  - a. Mengetahui bagaimana efektivitas dari *Septic Tank* apung ditinjau dari parameter BOD, TSS, pH, Suhu, dan MPN Coli di pulau Kodingareng Kota Makassar.
  - b. Mengetahui bagaimana efektivitas *Septic Tank* Apung dalam mereduksi kadar BOD, TSS, pH, Suhu, dan MPN Coli di pulau Kodingareng Kota Makassar.
  - c. Mengetahui *Septic Tank* apung sebagai alternatif teknologi tepat guna dalam pengolahan limbah.

## **D. Manfaat Penelitian**

### 1. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini dapat meningkatkan ilmu pengetahuan bagi masyarakat.

### 2. Manfaat Institusi

Hasil penelitian ini di harapkan menjadi sumber informasi bagi instansi dan dinas terkait sehingga dapat menjadi pedoman dalam menentukan regulasi dan kebijakan.

### 3. Manfaat Praktis

Merupakan pengalaman bagi peneliti dalam mengembangkan dan meningkatkan informasi dan ilmu pengetahuan khususnya tentang sarana sanitasi di wilayah pesisir dan kepulauan.

### 4. Manfaat Masyarakat

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi sumber informasi bagi masyarakat dalam pengambilan strategi pengadaan sarana sanitasi jamban apung di wilayah pesisir kepulauan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Sanitasi Lingkungan**

Sanitasi menurut WHO adalah penyediaan sarana dan pelayanan pembuangan limbah kotoran manusia seperti urin dan feses (Kemenkes RI, 2017:230). Sedangkan sanitasi lingkungan merupakan upaya untuk meningkatkan dan mempertahankan kondisi lingkungan mendasar yang mempengaruhi kesejahteraan manusia. Sanitasi tidak hanya mengenai upaya pengelolaan sampah dan limbah cair tetapi juga udara dan rumah bersih nyaman. Sanitasi lingkungan yang baik akan menciptakan lingkungan sehat di rumah tangga yang harus dijaga dan dipelihara oleh semua pihak. Ciri dari lingkungan yang sehat adalah lingkungan yang bersih dan rapi, tidak terdapat genangan air, sampah yang tidak berserakan, udara yang segar dan nyaman, tersedianya air bersih, tersedianya jamban sehat, dan tidak terdapat vektor penyakit (Depkes RI, 2007:22).

Sanitasi lingkungan rumah dapat diukur dengan melihat kualitas fisik dari bangunan. Kementerian kesehatan RI telah memiliki panduan untuk menilai kelayakan sanitasi lingkungan rumah sehingga dapat mewujudkan masyarakat yang sehat dan sejahtera. Berdasarkan kuisisioner perilaku hidup bersih sehat (PHBS), sarana sanitasi lingkungan yang harus dimiliki setiap rumah adalah sarana air bersih, pembuangan tinja, pembuangan

air limbah, pembuangan sampah, dan kondisi dari rumah. Sanitasi lingkungan sebuah rumah dianggap memenuhi standar kesehatan jika hasil penjumlahan dari komponen sanitasi lingkungan rumah memperoleh nilai  $\geq 80\%$  dari total nilai.

### 1. Sarana Air Bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping. Sarana air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang diperoleh dari berbagai sumber, tergantung pada kondisi daerah setempat (Kurniawati, 2015)

### 2. Sarana Jamban

Jamban adalah suatu ruangan yang mempunyai fasilitas pembuangan kotoran manusia yang terdiri atas tempat jongkok atau tempat duduk dengan leher angsa atau cemplung yang dilengkapi dengan unit penampungan kotoran dan air untuk membersihkannya. Jamban sehat adalah fasilitas penanganan tinja yang efektif memutuskan rantai penularan penyakit. Pembuatan jamban merupakan usaha manusia memelihara kesehatan (Asiah, 2019)

### 3. Sarana Pembuangan Air Limbah

Pengolahan air limbah tidak hanya menjadi perhatian bagi pengembangan negara tetapi tetap menjadi kebutuhan sanitasi paling mendasar melindungi lingkungan dan badan air yang berfungsi sebagai sumber air minum di seluruh dunia (Gude, 2016).

### 4. Sarana Pembuangan Sampah

Sampah adalah material sisa yang tidak diinginkan setelah berakhirnya suatu proses, dengan kata lain bahwa sampah merupakan konsekuensi dari adanya aktivitas manusia. Sarana pembuangan sampah adalah kesiapan (ada atau tidaknya) tempat sampah yang dapat menampung sampah yang dihasilkan oleh setiap rumah tangga (Kristiana, 2019).

## **B. Tinjauan Umum Limbah Domestik**

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik terdiri dari air limbah kakus (*black water*) dan air limbah non kakus (*grey water*) (PermenPUPR No.4 Tahun 2017). Air limbah domestik merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Air limbah domestik yang dihasilkan dari skala rumah tangga dan usaha dan/atau kegiatan berpotensi mencemari lingkungan,

sehingga perlu dilakukan pengolahan air limbah sebelum dibuang ke media lingkungan (Permen LHK No. 68 Tahun 2016)

Limbah domestik yang masuk ke perairan terbawa oleh air selokan atau air hujan. Bahan pencemar yang terbawa antara lain faces, urin, sampah dari dapur (plastik, kertas, lemak, minyak, sisa-sisa makanan), pencucian tanah dan mineral lainnya. Perairan yang telah tercemar oleh limbah domestik biasanya ditandai dengan bakteri yang tinggi dan adanya bau busuk, busa, air yang keruh dan BOD yang tinggi (2 BAB 2)

<b>Parameter</b>	<b>Satuan</b>	<b>Kadar Maksimum</b>
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Gambar 2.1. Baku Mutu Limbah Domestik

Sumber. *Permen LHK No. 68 Tahun 2016*

## **C. Tinjauan Umum Jamban**

### **1. Definisi**

Jamban adalah suatu bangunan yang digunakan untuk membuang dan mengumpulkan kotoran manusia dalam suatu tempat tertentu, sehingga kotoran tersebut dalam suatu tempat tertentu tidak menjadi penyebab penyakit dan mengotori lingkungan pemukiman. Penyediaan sarana jamban merupakan bagian dari usaha sanitasi yang cukup penting peranannya. Ditinjau dari sudut kesehatan lingkungan pembuangan kotoran yang tidak saniter akan dapat mencemari lingkungan terutama tanah dan sumber air (Depkes RI, 2008).

### **2. Syarat Jamban**

Imunisasi Menurut Kemenkes RI No. 852/MENKES/SK/IX/2008, jamban sehat adalah fasilitas pembuangan tinja yang efektif untuk memutus mata rantai penularan penyakit. Sebuah jamban dikategorikan sehat jika :

- a. Mencegah kontaminasi ke badan air.
- b. Mencegah kontak antara manusia dan tinja.
- c. Membuat tinja tersebut tidak dapat dihindangi serangga, serta binatang lainnya.
- d. Mencegah bau yang tidak sedap.
- e. Konstruksi dudukannya dibuat dengan baik dan aman bagi pengguna.



### 3. Jenis Jamban

Jamban merupakan sarana yang biasa digunakan masyarakat dalam pembuangan tinja. Menurut Suparmin (2002), jamban dapat dibedakan atas beberapa macam, antara lain :

#### a. Jamban Cubluk

Dilihat dari penempatan dan konstruksinya, jenis jamban ini tidak mencemari tanah ataupun mengkontaminasi air permukaan serta air tanah. Tinja tidak akan dapat dicapai oleh lalat apabila lubang jamban selalu tertutup.

#### b. Jamban Air

Jamban ini merupakan modifikasi jamban yang menggunakan tangki pembusukan. Apabila tangkinya kedap air, maka tanah, air tanah, serta air permukaan tidak akan terkontaminasi.

#### c. Jamban Leher Angsa

Jamban leher angsa atau jamban tuang siram yang menggunakan sekat air bukanlah jenis instalasi pembuangan tinja yang tersendiri, melainkan lebih merupakan modifikasi yang penting dari slab lantai jamban biasa.

## D. Tinjauan *Septic Tank*

### 1. Pengertian *Septic Tank*

*Septic tank* ialah suatu ruangan kedap air terdiri dari satu atau beberapa kompartemen yang berfungsi menampung dan mengolah air limbah rumah tangga dengan kecepatan aliran yang lambat, sehingga

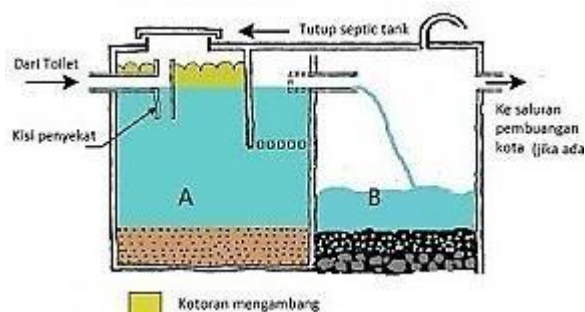
memberi kesempatan untuk terjadi pengendapan terhadap suspensi benda-benda padat dan kesempatan untuk penguraian bahan-bahan organik oleh jasad anaerobik membentuk bahan-bahan larut air dan gas (SNI 2398, 2017). Sedangkan menurut Chandra (2012) *septic tank* merupakan cara dalam pembuangan ekskreta untuk rumah tangga maupun lembaga yang memiliki persediaan air yang mencukupi, tetapi tidak memiliki hubungan dengan sistem penyaluran limbah masyarakat.

*Septic tank* bermanfaat untuk pembuangan kotoran manusia. Tidak disarankan sama sekali untuk membuang feses ke badan air. Pembuangan feses yang sehat melalui sarana jamban sehat yang higienis. Dikatakan sehat karena tidak mencemari lingkungan, dikatakan higienis karena faktor kebersihan, keamanan, estetika dan kenyamanan bagi penggunanya. Jamban sehat dianjurkan menggunakan *bowl type* leher angsa dan ditampung dalam *septic tank*. Tipe leher angsa ini dapat menghambat bau yang keluar dari *septic tank* karena tertutup air sebatas *water level* (Suyono, 2010).

*Saptic Tank* Apung, digunakan untuk mengolah limbah tinja pada jamban rumah lanting. *Septic tank* Apung ini di desain memiliki kemampuan mengapung dipermukaan air, memiliki sirip dan sayap penyeimbang, memiliki kompartemen yang lengkap dan mampu menguras effluent hasil olahan limbah tinja secara otomatis. Teknologi ini juga dilengkapi dengan katup pembuangan lumpur tinja, sehingga jika sudah penuh dapat dikuras untuk diolah lebih lanjut ke IPLT

(Instalansi Pengolahan Limbah Tinja). Tak hanya itu, septic tank ini juga memiliki keunggulan lain yakni tak hanya dapat digunakan di atas air, tapi juga dapat diletakkan di dalam tanah seperti septic tank pada umumnya, dengan cara melepas pengapung. Dengan adanya septic tank apung ini, dapat mengatasi permasalahan pembuangan limbah ke septic tank ketika rumah dalam keadaan terapung. Septic tank ini juga digunakan sebagai alat untuk membantu rumah mengapung. (Santosa, Diana Eka:2017)

*Septic tank* diaplikasikan untuk mengolah limbah cair rumah tangga skala individual. *Septic tank* terdiri dari bak pengendap, ditambah dengan suatu saringan yang diisi kerikil atau pecahan batu untuk menguraikan limbah. Penguraian zat organik dalam limbah cair atau feses dikerjakan oleh kuman *anaerobik*. Bak pengendap umumnya terdiri dari dua ruangan, yang pertama berfungsi sebagai bak pengendap pertama, pengurai lumpur (*sludge digestion*) dan penampung lumpur. Meskipun ruang kedua berfungsi sebagai pengendap kedua dan penampung lumpur yang tak terendapkan di ruang pertama dan luapan air dari bak pengendap dialirkan ke media saringan dengan arah aliran dari bawah ke atas.



## Gambar 2.2 Septic Tank

Sumber : SNI 2398, 2017

Dalam Suyono 2010 proses dekomposisi yang terjadi pada *septic tank* meliputi proses kimiawi dan biologi :

### a. Proses Kimiawi

Pada proses ini terjadi penghancuran feses dan mereduksi zat padat 60-70% menjadi lumpur (*sludge*) dan mengendap di dasar tangki. Zat-zat yang tidak hancur termasuk lemak dan busa akan terapung dan membentuk lapisan yang akan menutupi permukaan air, lapisan ini disebut *scum*. Pada kondisi ini terjadi keadaan *anaerob* (tidak ada hubungan udara). Hal ini akan meningkatkan aktivitas bakteri *anaerob* dan bakteri *fakultatif anaerob* untuk melakukan proses dekomposisi lanjutan.

### b. Proses Biologis

Proses ini merupakan lanjutan proses kimiawi diatas dengan meningkatnya aktivitas bakteri *anaerob* untuk menghancurkan *sludge* dan *scum* dengan hasil meningkatnya jumlah cairan dan gas serta pengurangan bahan padat (*sludge*). Akibat positif yang terjadi adalah dengan tidak cepat punahnya *septic tank* serta terjadi penghancuran bakteri patogen. Cairan yang keluar melalui *effluent* kadar BOD-nya rendah dan tidak mengandung bakteri patogen, sebaiknya aliran *effluent* dimasukkan ke dalam sumur resapan. *Sludge* yang dihasilkan dapat diambil langsung dengan aman dan

dapat digunakan untuk pupuk tanaman.

## **2. Penentuan Jarak *Septic Tank***

Dalam penentuan jarak *septic tank* perlu diperhatikan jarak antara *septic tank* dengan keadaan disekitarnya. Standar jarak *septic tank* dengan bangunan adalah minimal 1,5 meter sedangkan jarak *septic tank* dengan sumur atau sumber air bersih adalah minimal 10 meter (Mundiatur, 2018). Pencemaran air tanah oleh bakteri dari sumber pencemar dapat mencapai jarak 10 meter searah aliran air tanah. Untuk hal tersebut maka pembuatan sumur pompa atau sumur gali harus berjarak minimal 10 meter dari sumber pencemar bakteriologis (Suyono, 2010).

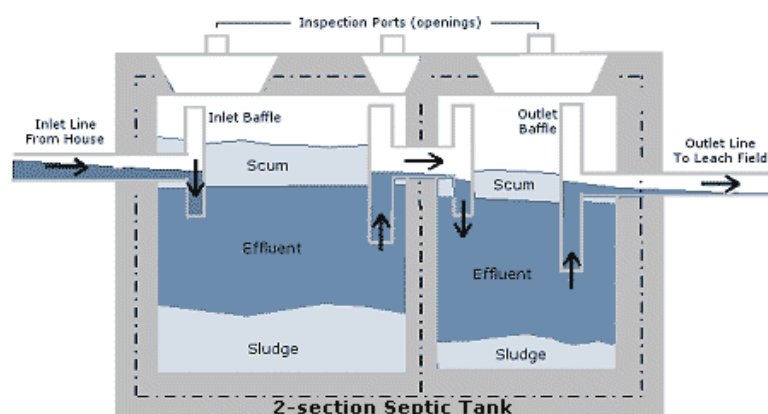
## **3. Syarat dan Fungsi *Septic Tank***

Dalam Suyono 2010 *septic tank* yang dibuat harus memenuhi syarat ketentuan sebagai berikut :

- a. Dinding harus terbuat dari bahan kedap air.
- b. Aliran *effluent* disalurkan melalui daerah peresapan.
- c. Dapat menampung feses dengan volume sekitar 100 liter / orang / hari.
- d. Waktu bertahan air limbah dalam tangki (*detention period*) minimal 24 jam.
- e. Kapasitas ruang lumpur 30 liter / orang / tahun, pengambilan lumpur minimal 4 tahun.
- f. Lantai dasar tangki miring ke arah *effluent*.

- g. Pipa *influent* lebih tinggi kurang lebih 2,5 cm daripada pipa *effluent*.
- h. Harus ada pipa udara untuk membuang gas hasil proses dekomposisi.
- i. Harus ada *manhole* (lubang cek) untuk menguras tangki.
- j. Jangan sekali-sekali membuang cairan antiseptic ke *septic tank* (lisol, karbol wangi, pencuci porselen, deterjen, dll) karena akan mematikan bakteri *anaerob* sehingga mengganggu proses dekomposisi

Fungsi *septic tank* adalah sebagai penampungan air limbah & proses penghancuran kotoran – kotoran yang masuk, air limbah ini akan mengalir ke rembesan/ sumur peresapan yang jaraknya tidak jauh dari *septic tank*, begitu juga penempatan *septic tank* tidak terlalu jauh dari WC (*Water Closet*).



Gambar 2.3 Mekanisme Pembuangan Feses

Sumber : SNI 2398, 2017

Pipa resapan atau rembesan berfungsi untuk mengalirkan air yang berlebihan di dalam bak penampungan dan membuangnya ke areal tanah lainnya yang telah dipersiapkan. Pipa resapan dibuat berlubang-lubang di sekelilingnya dengan cara di bor minimal berdiameter 0,5 inci. Pipa resapan dibuat dengan panjang sesuai keinginan. Lubang-lubang pada pipa resapan dikelilingi dengan batu dan ijuk. Ujung pipa resapan bermuara pada bak penampungan dan diletakkan pada level tertentu sehingga tercipta ruang udara antara beton penutup bak penampungan dengan permukaan air. Luapan air tidak akan memenuhi bak penampungan karena sudah terlebih dahulu mengalir ke luar melalui pipa resapan (Rudiyanto, 2007).

#### **4. Perencanaan *Septic Tank***

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan konstruksi *septic tank* :

##### a. Septic tank

Bisa digunakan secara individu maupun bersama (komunal) sampai dengan 5 (lima) rumah, jika menggunakan sumur resapan / bidang resapan tergantung dari ketersediaan lahan, jika digunakan untuk pemakaian lebih dari 5 (lima) rumah bidang resapan yang diperlukan akan memerlukan lahan yang cukup luas, untuk mengatasi kebutuhan lahan yang luas ini di bangun suatu filter untuk menggantikan fungsi bidang resapan. Dibuat pada lahan yang

memudahkan untuk dilakukan pengurasan ukuran dan volume hanya dipengaruhi oleh

- 1) Jumlah pemakai.
- 2) Periode pengurasan yang direncanakan.
- 3) Asumsi jumlah kotoran manusia/tahun yang masuk dan diolah *septic tank*.

Ukuran dan volume tangki septik tidak dipengaruhi oleh jenis tanah, daya serap tanah, maupun tinggi muka air tanah. Air yang keluar dari *septic tank* masih harus diolah dalam bidang resapan, sumur resapan atau filter.

b. Bidang resapan/sumur resapan

- 1) Kontruksi dan ukuran tergantung tinggi muka air tanah dan jenis tanah.
- 2) Jarak dengan sumber air bersih > 10 m.
- 3) Hanya digunakan untuk pelayanan sampai 5 rumah.

c. Resapan air kotor/rembesan

Rembesan adalah lubang yang berdekatan dengan *septic tank*, gunanya mendapatkan aliran air limbah dari *septic tank*. Konstruksi rembesan terdiri dari pelapisan dari macam-macam bahan dari pasir, di atasnya dipasang ijuk, kemudian dipasang krikil atau split dipasang lagi ijuk di atasnya diberi pasangan batu karang yang berongga diberi ijuk lagi dan pasir kembali dan seterusnya, yang perlu diperhatikan sekeliling lubang diberi ijuk.



Pipa paralon yang didalam rembesan diberi berlubang – lubang untuk memudahkan penyebaran air limbah yang mengalir dari *septic tank* ke rembesan. Jika akan memasang sumur pompa atau *jet pump* agar dipasang lebih dari 10 m<sup>2</sup> dari penempatan *septic tank* dan rembesan, untuk menghindari infiltrasi air limbah dari rembesan (SNI 2398, 2017).

### 5. Perhitungan Volume *Septic Tank*

Dalam menentukan besarnya bak pembusuk atau *septic tank* tidak mempergunakan rumus yang digunakan untuk *septic tank* yang hanya untuk pembuangan *faecalien* (*faeces + urine*) saja, tetapi menggunakan rumus tersendiri. Ketentuan dasar *septic tank* semacam ini yaitu :

- a. Jika jumlah pengairan sehari tidak melebihi 2000 L, besar *septic tank* minimum 3m<sup>3</sup>.
- b. Bila jumlah pengairan sehari lebih dari 2000 L, tetapi kurang atau paling banyak 6000 L maka besar *septic tank* adalah 1,5 x jumlah pengairan sehari.

Untuk pengairan yang melebihi 6000 L maka besar *septic tank* adalah 4500 L+ 0,75 x pengairan sehari

Contoh menghitung volume tangki, misalnya jumlah anggota keluarga 6 orang, jangka pengurusan 5 tahun, detention periode 2 hari :

- a. Besarnya ruang pencernaan = waktu bertahan air selama 2 hari = 2 hari x 6 orang x 100 liter = 1.200 liter

- b. Besarnya ruangan lumpur = 6 orang x 30 liter x 5 tahun = 900 liter
- c. Jumlah volume tangki = 1.200 liter + 900 liter = 2.100 liter = 2,1 m<sup>3</sup>
- d. Apabila leher tangki 1 m, kedalaman 1 meter, memerlukan panjang tangki = 2,1 meter (Suyono, 2010)

### **E. Tinjauan Umum Tentang Bakteri *Coliform***

Golongan bakteri *coli* merupakan jasad indikator dalam air, bahan makanan, dan sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya, yang mempunyai persamaan sifat gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora, dan mampu memfermentasikan laktosa pada temperatur 37°C dengan membentuk asam dan gas di dalam waktu 48 jam (Suriawiria, 1996).

*Coliform* merupakan suatu grup bakteri yang digunakan sebagai indikator adanya polusi kotoran dan kondisi yang tidak baik terhadap air, makanan, susu dan produk-produk susu. Adanya bakteri *Coliform* di dalam makanan/minuman menunjukkan kemungkinan adanya mikroba yang bersifat enteropatogenik dan atau toksigenik yang berbahaya bagi kesehatan. Bakteri *Coliform* dapat dibedakan menjadi 2 kelompok diantaranya (Fardiaz, 1993):

#### 1. *Coliform fecal*

Kelompok bakteri *Coliform fecal* ini diantaranya *Escherichia coli*. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang berasal dari kotoran hewan atau manusia. Jadi, adanya *Escherichia coli* pada air menunjukkan bahwa air tersebut pernah terkontaminasi feses manusia. Pada

keadaan tertentu dapat mengalahkan mekanisme pertahanan tubuh, sehingga dapat menyebabkan diare, peritonitis, meningitis dan infeksi-infeksi lainnya. Oleh karena itu, standar air minum mensyaratkan bakteri *Escherichia coli* harus nol dalam 100 ml.

## 2. *Coliform non-fecal*

Pada kelompok *Coliform non-fecal* diantaranya, *Enterobacter aerogenes* dan *Klebsiela* yang biasa disebut golongan perantara. Bakteri ini biasanya ditemukan pada hewan atau tanaman-tanaman yang telah mati.

*Escherichia coli* adalah bakteri gram negatif berbentuk batang yang tidak membentuk spora dan merupakan flora normal di dalam usus. *E. coli* termasuk bakteri komensal yang umumnya bukan patogen penyebab penyakit namun bila mana jumlahnya melampaui normal maka dapat pula menyebabkan penyakit. *E. coli* adalah sejenis bakteri yang umum ditemukan di dalam usus manusia yang sehat. Bakteri *E. coli* sendiri terdapat beberapa jenis dan kebanyakan dari bakteri ini tidak berbahaya. Meski demikian, sebagian diantaranya bisa menyebabkan keracunan makanan dan infeksi yang cukup serius. Adapun cara bakteri dapat masuk ke tubuh manusia (Dinkes Lampung Tengah, 2017):

1. Melalui makanan terkontaminasi. Cara yang paling umum bagi seseorang bisa terinfeksi bakteri *E. coli* adalah melalui makanan yang terkontaminasi, misalnya mengonsumsi daging giling yang

tercemar bakteri *E. coli* dari usus binatang, meminum susu mentah, dan memakan produk-produk mentah, terutama sayuran bayam dan selada.

2. Melalui air yang terkontaminasi. Kotoran manusia dan binatang bisa mencemari air tanah dan juga air di permukaan. Rumah dengan sumur pribadi sangat berisiko tercemar bakteri *E. coli* karena biasanya tidak memiliki sistem pembasmi bakteri. Kolam renang atau danau yang terkontaminasi dengan kotoran juga bisa menginfeksi seseorang dengan bakteri *E. coli*.
3. Kontak langsung dari orang ke orang. Orang dewasa maupun anak-anak yang lupa mencuci tangan setelah buang air besar bisa menularkan bakteri ini ketika orang tersebut menyentuh orang lain atau makanan.
4. Binatang. Orang-orang yang bekerja dengan binatang, terutama sapi, kambing, dan domba, lebih berisiko terkena infeksi bakteri *E. coli*. Mereka yang bekerja dengan binatang-binatang ini, atau berada di lingkungan dengan kelompok binatang ini harus lebih rajin mencuci tangan dengan bersih.

### **Bakteri *Escherichia coli***

Klasifikasi *Escherichia coli* adalah sebagai berikut:

Taksonomi : *Escherichia coli*

Kingdom : *Prokaryota*

Divisio : *Gracilicutes*

Class : *Scotobacteria*  
Ordo : *Eubacteriales*  
Family : *Enterobacteriaceae*  
Genus : *Escherichia*  
Spesies : *Escherichia coli*

*Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif berbentuk batang pendek yang memiliki panjang sekitar 2  $\mu\text{m}$ , diameter 0,7  $\mu\text{m}$ , lebar 0,4-0,7 $\mu\text{m}$  dan bersifat anaerob fakultatif. *Escherichia coli* membentuk koloni yang bundar, cembung, dan halus dengan tepi yang nyata (Brooks *et al.*, 2012).

*Escherichia coli* diklasifikasikan oleh ciri khas sifat-sifat virulensinya dan setiap kelompok menimbulkan penyakit melalui mekanisme yang berbeda. Ada lima kelompok galur *Escherichia coli* yang patogen, yaitu :

a. *Enteropatogenik Escherichia coli* (EPEC)

EPEC penyebab penting diare pada bayi, khususnya di negara berkembang. EPEC sebelumnya dikaitkan dengan wabah diare pada anak-anak di negara maju. EPEC melekat pada sel mukosa usus halus. Infeksi dari EPEC dapat menyebabkan diare cair yang biasanya sembuh sendiri tetapi dapat juga menjadi kronik.

b. *Enterotoksigenik Escherichia coli* (ETEC)

ETEC penyebab yang sering dari “diare wisatawan” dan

penyebab diare pada bayi di negara berkembang. Faktor kolonisasi ETEC yang spesifik untuk manusia menimbulkan pelekatan ETEC pada sel epitel usus halus. Beberapa strain ETEC menghasilkan eksotoksin yang tidak tahan panas atau limfotoksin (LT) yang berada dibawah kendali genetik plasmid. Subunit B menempel pada gangliosida GM1 di *brush border* sel epitel usus halus sehingga memfasilitasi masuknya subunit A ke dalam sel yang kemudian mengaktifasi adenil siklase. Hal ini meningkatkan konsentrasi lokal siklik adenosin monofosfat (cAMP) secara bermakna yang mengakibatkan hipersekresi air dan klorida yang banyak dan lama serta menghambat absorpsi natrium. Lumen usus tergegang oleh air, terjadi hipermotilitas dan diare yang berlangsung selama beberapa hari (Brooks *et al.*, 2012).

c. *Enteroinvasif Escherichia coli* (EIEC)

EIEC menimbulkan penyakit yang sangat mirip dengan shigelosis. Penyakit yang paling sering pada anak-anak di negara berkembang dan para wisatawan yang menuju negara tersebut. Galur EIEC bersifat nonlaktosa atau melakukan fermentasi laktosa dengan lambat serta bersifat tidak dapat bergerak. EIEC menimbulkan penyakit melalui invasinya ke sel epitel mukosa usus (Brooks *et al.*, 2012).

d. *Enterohemoragik Escherichia coli* (EHEC)

EHEC menghasilkan verotoksin, dinamai sesuai efek sitotoksiknya pada sel vero, suatu ginjal dari monyet hijau Afrika. Terdapat sedikitnya dua bentuk antigenik dari toksin. EHEC berhubungan dengan kolitis hemoragik, bentuk diare yang berat dan dengan sindroma uremia hemolitik, suatu penyakit akibat gagal ginjal akut, anemia hemolitik mikroangiopatik dan trombositopenia. Banyak kasus EHEC dapat dicegah dengan memasak daging sampai matang (Brooks *et al.*, 2012).

e. *Enterogregatif Escherichia coli* (EAEC)

EAEC menyebabkan diare akut dan kronik pada masyarakat di negara berkembang. Bakteri ini ditandai dengan pola khas perlektannya pada manusia. EAEC memproduksi hemolisin dan enterotoksin yang sama dengan ETEC (Adila *et al.*, 2013; Brooks *et al.*, 2012).

## 1. Penyakit Yang Disebabkan Oleh *Escherichia coli*

*Escherichia coli* adalah kuman yang banyak ditemukan di dalam usus besar manusia sebagai flora normal. Sifatnya yang begitu unik dapat menyebabkan infeksi primer pada usus misalnya diare pada anak dan *travelers diarrhea*, *Escherichia coli* juga mampu menimbulkan infeksi pada jaringan tubuh lain diluar usus. *Escherichia coli* dapat menyebabkan beberapa penyakit, diantaranya adalah:

a. Diare

*Escherichia coli* yang menyebabkan diare sangat umum

ditemukan di seluruh dunia. *Escherichia coli* dapat dibedakan berdasarkan sifat virulensinya

- 1) *Escherichia coli enteropatogenik* (EPEC) merupakan penyebab diare pada bayi yang penting, khususnya di negara berkembang. EPEC melekat ke sel mukosa usus halus. Akibat infeksi EPEC dapat terjadi diare cair yang biasanya sembuh spontan (*self-limited*), tetapi dapat pula menjadi kronis. Diare EPEC telah dikaitkan dengan berbagai serotipe spesifik *Escherichia coli*, galur diidentifikasi dengan menentukan tipe antigen O dan terkadang antigen H. Durasi diare EPEC dapat dipersingkat dan diare kronis dapat disembuhkan dengan pemberian terapi antibiotik.
- 2) *Escherichia coli enterotoksigenik* (ETEC) menyebabkan *travelers diarrhea* atau dapat disebut dengan diare turis dan juga penyebab diare pada bayi. Orang yang tinggal di daerah prevalensi tinggi ETEC (misalnya seperti di Negara berkembang) kemungkinan besar memiliki antibodi dan tidak mudah mengalami diare jika terpajan ulang *Escherichia coli* penghasil eksotoksin labil panas (*heat-labile exotoxin-LT*). Perhatian dalam memilih dan mengonsumsi makanan yang berpotensi terkontaminasi ETEC sangat dianjurkan untuk membantu mencegah diare pada turis.
- 3) *Escherichia coli* penghasil *toksin Shiga* (STEC) dinamakan untuk



toksin sitotoksik yang dihasilkan oleh *Escherichia coli* tersebut. Terdapat 2 bentuk toksin antigenik yaitu toksin mirip *Shiga* 1 dan toksin mirip *Shiga* 2. STEC dapat dikaitkan dengan kolitis hemoragik, suatu bentuk diare yang berat dan dengan sindrom uremik hemolitik, suatu penyakit yang menyebabkan gagal ginjal akut, anemia hemolitik mikroangiopati dan trombositopenia.

4) *Escherichia coli enteroagregatif* (EAEC) menyebabkan diare akut dan kronik (berdurasi >14 hari) pada masyarakat di Negara berkembang.

b. Infeksi Saluran Kemih (ISK)

Selain diare, *Escherichia coli* juga menjadi penyebab umum ISK dan menjadi penyebab sekitar 90% ISK pada perempuan muda. Gejala dan tanda meliputi sering berkemih, disuria, hematuria, dan piuria

c. Sepsis

Jika sistem pertahanan tubuh pada pejamu tidak adekuat maka *Escherichia coli* dapat masuk kealiran darah dan menyebabkan sepsis. Neonatus mungkin sangat rentan terhadap sepsis *Escherichia coli* karena tidak mempunyai antibodi IgM. Sepsis dapat terjadi sekunder akibat ISK.

d. Meningitis

*Escherichia coli* dan *Streptococcus grup B* menjadi penyebab utama meningitis pada janin. Sekitar 75% *Escherichia coli* penyebab meningitis memiliki antigen K1.

e. Pneumonia

Di Rumah Sakit *Escherichia coli* menyebabkan kurang lebih 50% dari *Primary Nosocomial Pneumonia* (Brooks *et al.*, 2012).

## 2. Uji Identifikasi Bakteri *Escherichia coli*

Identifikasi bakteri merupakan langkah untuk mencari dan menentukan nama dari suatu isolat bakteri berdasarkan morfologi dan uji biokimia sehingga dapat ditentukan spesies bakteri tersebut. Di dalam laboratorium dilakukan pengelolaan spesimen yang dimulai dari penanaman spesimen, isolasi dan identifikasi.

a. Uji *Most Probable Number* (MPN)

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi *coliform* pada air umumnya menggunakan uji *Most Probable Number* (MPN). Metode MPN merupakan suatu metode untuk menghitung jumlah mikroba dengan menggunakan media cair dalam tabung reaksi yang umumnya setiap pengenceran menggunakan 3 atau 5 seri tabung. Prinsip utama metode ini adalah mengencerkan sampel sampai tingkat tertentu sehingga didapat konsentrasi mikroorganisme yang sesuai dan jika ditanam dalam tabung menghasilkan frekuensi pertumbuhan tabung positif. Semakin besar jumlah sampel yang dimasukkan, semakin rendah pengenceran yang dilakukan maka

semakin sering tabung positif yang muncul. Semakin kecil jumlah sampel yang dimasukkan, semakin tinggi pengenceran yang dilakukan maka semakin jarang tabung positif yang muncul. Nilai MPN sangat berguna untuk menentukan jumlah mikroorganisme dengan konsentrasi rendah.

Metode MPN umumnya digunakan untuk menganalisa susu, pangan, air atau tanah (Anonim, 2013; *United States Department of Agrecultur*, 2008). Ada tiga macam ragam yang digunakan dalam metode MPN yaitu:

- 1) Ragam I: 5x10 ml, 1x1 ml, dan 1x0,1 ml untuk spesimen yang sudah diolah atau angka kumannya diperkirakan rendah.
- 2) Ragam II: 5x10 ml, 5x1 ml, dan 5x0,1 ml untuk spesimen yang belum diolah atau yang angka kumannya diperkirakan tinggi.
- 3) Ragam III: 3x10 ml, 3x1 ml, dan 3x 0,1 ml merupakan ragam alternatif untuk ragam II, apabila jumlah tabung terbatas begitu pula persediaan media juga terbatas, cara pelaksanaannya seperti ragam II (Soemarno, 2002).

Perhitungan jumlah MPN berdasarkan pada jumlah tabung reaksi yang positif. Pengamatan tabung yang positif dapat dilihat dengan mengamati timbulnya kekeruhan atau gas didalam tabung durham yang diletakan terbalik. Untuk melihat indeks MPN dapat dilihat pada Tabel 2.

Nomor tabung yang positif	Indeks MPN per 100 ml	Nomor tabung yang positif	Indeks MPN per
---------------------------	-----------------------	---------------------------	----------------

	10 ml	1 ml	0,1 ml		10 ml	1 ml	0,1 ml	
0	0	0		<2	4	2	1	26
0	0	1		2	4	3	0	27
0	1	0		2	4	3	1	33
0	2	0		4	4	4	0	34
1	0	0		2	5	0	0	23
1	0	1		4	5	0	1	30
1	1	0		4	5	0	2	40
1	1	1		6	5	1	0	30
1	2	0		6	5	1	1	50
2	0	0		5	5	1	2	60
2	0	1		7	5	2	0	50
2	1	0		7	5	2	1	70
2	1	1		9	5	2	2	90
2	2	0		9	5	3	0	80
2	3	0		12	5	3	1	110
3	0	0		8	5	3	2	140
3	0	1		11	5	3	3	170
3	1	0		11	5	4	0	130
3	1	1		14	5	4	1	170
3	2	0		14	5	4	2	220
3	2	1		17	5	4	3	280
3	3	0		17	5	4	4	350
4	0	0		13	5	5	0	240
4	0	1		17	5	5	1	300
4	1	0		17	5	5	2	500
4	1	1		21	5	5	3	900
4	1	2		26	5	5	4	1600
4	2	0		22	5	5	5	>1600

**Tabel 2.1 Tabel Indeks MPN**

Sumber: (Kemenkes RI, 2017)

Metode MPN sendiri terdiri dari uji praduga (*presumptive test*), uji peneguhan (*confirmed test*) dan uji pelengkap (*complete test*) (Standar Nasional Indonesia, 2008). Uji Praduga atau yang sering disebut *presumptive test* menggunakan media *Lactose Broth* (LB). LB adalah media *pre-enrichmen* bagi *coliform*, dimana bakteri tersebut biasanya berjumlah tidak banyak sehingga sulit dideteksi. Uji praduga atau *presumptive test* akan menghasilkan nilai MPN yang merupakan jumlah perkiraan unit tumbuh atau *growth unit* dalam sampel (Standar Nasional Indonesia, 2008). Bakteri

dinyatakan positif pada uji ini dengan adanya perubahan media menjadi keruh dan terdapat gas pada tabung durham karena bakteri tersebut memfermentasi laktosa dan menghasilkan gas.

Pada *presumptive test* untuk air bersih tidak dilakukan pengenceran melainkan langsung memasukkan 10 ml air tersebut ke dalam *Lactose Broth Double Strength* (LBDS), 1 ml air ke dalam *Lactose Broth Single Strength* (LBSS), dan 0,1 ml air ke dalam *Lactose Broth Single Strength* dan diinkubasi selama 24 dan 48 jam dalam suhu 36°C (Standar Nasional Indonesia, 2008). Pada *confirmed test* digunakan media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLB). Media BGLB digunakan untuk mengetahui perkiraan jumlah terdekat bakteri *coliform*, *fecal coliform* dan *Escherichia coli* dalam 100 ml air yang digunakan sebagai sampel. *Confirmed test* dilakukan dengan cara memindahkan sebanyak 1 sengkeli dari tiap tabung yang membentuk gas pada media LB ke dalam tabung yang berisi 10 ml BGLB 2%. Hasil dinyatakan positif jika terdapat gas pada tabung BGLB. Uji ini dilakukan dengan cara memasukan 1 sengkeli biakan yang positif.

Hasil positif dari pengujian BGLB dilanjutkan dengan *complete test* untuk penetapan *Escherichia coli* dengan menginokulasikan biakan yang membentuk gas ke dalam *Eosin Methylene Blue Agar* (EMBA). EMBA juga memiliki suasana yang asam sehingga membuat kompleks presipitat dan menimbulkan warna hijau metalik

atau kilap logam pada *Escherichia coli* dimana *Escherichia coli* merupakan indikator *fecal coliform*. *Suspect Escherichia coli* dilanjutkan dengan uji biokimia (Standar Nasional Indonesia, 2006).

Kelebihan dari metode MPN antara lain akurasi dapat ditingkatkan dengan memperbanyak tabung yang digunakan setiap pengencerannya, ukuran (volume) sampel yang cukup besar dibandingkan *plate count*. Sensitivitas umumnya cenderung lebih baik pada konsentrasi mikroorganisme yang sedikit dari pada *plate count*. Jika medium spesifik yang sesuai dengan pertumbuhan bakteri target dapat dibuat maka perkiraan perhitungan MPN dapat dilakukan berdasarkan medium tersebut (*United States Department of Agriculture*, 2008).

b. Uji Biokimia

Uji ini merupakan uji biokimia yang umumnya dilakukan pada bakteri *Escherichia coli*. Uji biokimia yang akan dilakukan menggunakan media *Simmon Citrate* (SC), Urea, *Sulfit Indol Motility* (SIM) dan *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA).

Uji *Simmon Citrate* (SC) dilakukan jika kita ingin mengetahui kemampuan mikroorganisme memakai sitrat sebagai sumber energi dan karbon. Prinsip dari uji SC ini adalah sodium sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan garam *ammonium organic* sebagai satu-satunya sumber nitrogen. Bakteri yang dapat tumbuh pada media ini mengubah indikator *Bromthymol* biru dari

hijau menjadi biru. Pada uji ini dinyatakan positif *Escherichia coli* jika didapatkan hasil yang negatif yaitu media tetap berwarna hijau (UPTD, 2013).

Uji Urease dilakukan untuk mengetahui mikroorganisme yang memiliki enzim urease. Uji ini memiliki prinsip hidrolisa urease oleh substrat urea menghasilkan amonia, air dan karbondioksida. Amonia yang dihasilkan akan menaikkan pH media dengan adanya indikator media berubah warna. Uji ini dinyatakan positif jika media berubah warna dari kuning menjadi merah muda dan hasil negatif jika media tetap berwarna kuning. Pada pemeriksaan pada *Escherichia coli* hasil yang diharapkan adalah negatif (UPTD, 2013).

Uji *Sulfit Indol Motility* (SIM) memiliki prinsip kemampuan bakteri memecah *Tryptophan* menjadi Indol dan kemampuan bakteri tumbuh pada media semisolid untuk spesies yang bergerak aktif ditunjukkan dengan penyebaran pertumbuhan koloni di sekitar penanaman. Tes indol dilakukan untuk mendeteksi adanya indol yang dihasilkan oleh suatu bakteri tertentu. Tes motilitas dilakukan untuk mengetahui bakteri yang diuji bergerak atau tidak (UPTD, 2013).

Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) dilakukan untuk mengidentifikasi mikroorganisme jenis Enterobacteriaceae dan juga untuk mengetahui perbedaan bakteri Gram negatif yang dapat

mengkatabolisme laktosa, glukosa, sukrosa dan dapat membebaskan asam sulfat. Prinsip dari uji TSIA adalah lereng basa (merah) menandakan terjadinya pemakaian glukosa konsentrasi 0,1% secara aerob setelah pengeraman 18-24 jam, glukosa habis terpakai dan mikroorganisme beralih menggunakan pepton yang akan membebaskan amonia dan menimbulkan suasana basa. Interpretasi hasil yang didapatkan pada uji ini adalah lereng merah (K=alkali)/ Kuning (A=Acid), Dasar merah (K=Alkali)/ Kuning (A=Acid), H<sub>2</sub>S warna hitam antara dasar dan lereng, gas agar bagian dasar pecah/ada gelembung. Untuk identifikasi bakteri *Escherichia coli* maka hasil yang diharapkan adalah lereng kuning (A=Acid), dasar kuning (A=Acid), dan gas positif (UPTD, 2013).

c. Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram menjadi suatu pewarnaan diferensiasi karena pewarnaan ini membedakan sifat bakteri berdasarkan Gram memakai dua zat warna. Pada pewarnaan Gram akan tampak sifat Gram positif jika warna bakteri adalah ungu dan negatif jika warna bakteri adalah merah (Anathanarayan, 2006; Cappuccino, 2012).

## **F. Tinjauan Pengelolaan Air Limbah Domestik**

### **1. Pengolahan Pendahuluan (*Pretreatment*)**

Merupakan pengolahan untuk memisahkan air dari benda-benda padat yang dapat membahayakan unit-unit pengolahan selanjutnya,



misalnya potongan kayu dan plastik. Biasanya unit ini berupa saringan kasar. Dengan adanya pengolahan ini akan mempercepat dan memperlancar proses pengolahan selanjutnya.

## 2. Pengolahan Awal (*Primary Treatment*)

*Primary treatment* merupakan proses pendahuluan, dimana proses pengolahan berlangsung secara fisik. Pada umumnya mampu mereduksi 25-30% BOD dan 50-60 % kadar *suspended solid*. Pengolahan ini dilakukan dengan cara membiarkan padatan mengendap atau dapat juga dengan memisahkan padatan yang mengapung seperti daun dan lain-lain. Proses primer terdiri dari beberapa tahap penanganan, yaitu:

### 1) Penyaringan (*screening*)

*Screening* umumnya merupakan unit operasi pertama yang digunakan di instalasi pengolahan air limbah. Bahan-bahan buangan yang mengapung dan ukuran besar dapat dihilangkan dari air buangan dengan saringan. Dapat juga menggunakan alat yang dapat menyaring dan menghancurkan limbah padatan. Bahan yang telah di hancurkan ini akan tetap berada dalam air dan dipisahkan dalam tangki pengendap.

### 2) Pengendapan dan pemisahan

Pasir, benda-benda kecil dari hancuran padatan pada tahap pertama dibiarkan mengendap pada dasar tabung. Pada unit pemisahan endapan. Padatan dapat mengendap jika aliran air

buangan diperlambat, untuk proses ini memerlukan tangki sedimentasi.

Unit-unit yang termasuk dalam pengolahan awal ini antara lain saringan kasar, *comminutor*, *grit chamber* dan bak sedimentasi. Selain itu terdapat unit yang dinamakan tangki ekualisasi yang berfungsi untuk mengendalikan fluktuasi air buangan sebelum masuk ke unit proses biologis agar tidak terjadi *shock loading* pada pengolahan biologis.

### **3. Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)**

Merupakan suatu bentuk pengolahan yang menggunakan proses kimiawi dan biologis, dikenal sebagai unit proses. Pengolahan ini bertujuan untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Jenis unit pengolahannya antara lain *Oxidation Ditch*, *Activated Sludge*, *Trickling Filter*, *Rotaring Biological Contractor*, *Aerator Lagoon* dan *Stabilization Pond*.

#### **1. *Activated sludge* (lumpur aktif)**

Pengolahan limbah dengan lumpur aktif memanfaatkan sistem terfluidisasi dari pertumbuhan campuran mikroorganisme dalam kondisi aerobik untuk menggunakan bahan-bahan organik dalam air limbah sebagai substrat, sehingga menghilangkannya dengan respirasi mikroba dan sintesis (Richard & Reynolds, 1996). Proses lumpur aktif ini terdiri dari dua tangki yaitu tangki/bak aerasi dimana terjadi reaksi penguraian zat organik secara biokimia oleh

mikroorganisme dalam keadaan cukup oksigen dan bak pemisah/pengendap *biosolid* yaitu tempat *biosolid* (lumpur aktif) dipisahkan dari cairan untuk dikembalikan ke bak aerasi dan kelebihan biosolidnya dibuang (Tchobanoglous, 1991).

Pada proses lumpur aktif, mikroorganisme dicampur menyeluruh dengan organik agar dapat berkembang biak dan dengan demikian menstabilkan organik yang ada. Mikroorganisme tersebut berkembang dan berkumpul membentuk *microbial floc* yang disebut lumpur aktif.

#### a. Tangki Aerasi

Dalam sistem lumpur aktif, air limbah masuk ke dalam bak aerasi yang berisi lumpur aktif dimana dilakukan aerasi secara terus menerus untuk memberi oksigen. Di dalam bak aerasi ini terjadi penguraian–penguraian zat organik yang terkandung dalam air buangan secara biokimia oleh mikroba yang terdapat dalam lumpur aktif menjadi gas CO<sub>2</sub> dan sel baru. Udara dialirkan dengan tujuan untuk menyampur dan mensirkulasikan seluruh isi bak. Selain itu, udara yang dialirkan juga berfungsi sebagai suplai oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Penyaluran udara biasa dilakukan dengan *diffusers*, atau juga dengan *mechanical aerator*. Terkadang udara yang dialirkan merupakan oksigen murni, hal ini dimaksudkan untuk memaksimalkan proses yang akan terjadi

(Richard & Reynolds, 1996).

Metcalf & Eddy (2004) menjelaskan bahwa terdapat beberapa tipe sistem aerasi yang digunakan sebagai pengolahan air limbah. Sistem aerasi ini bergantung dari fungsi, tipe dan geometry dari reaktor, biaya instalasi dan biaya operasi sistem. Umumnya, terdapat dua tipe sistem aerasi, (1) aerasi dengan sistem difusi dan (2) *aerator* mekanik. Penjelasan mengenai aerasi dengan sistem difusi dijelaskan sebagai berikut:

(1) Aerasi dengan difusi udara

Aerasi dengan sistem difusi merupakan *diffuser* yang berada di bawah permukaan air. Contoh tipe *aerator* dengan sistem difusi adalah *diffuser*, *blower* dan *air piping*.

- Diffuser

Dahulu, bermacam-macam alat difusi diklasifikasikan menjadi *fine bubble* atau *coarse bubble*, dengan anggapan *fine bubble* lebih efisien dalam mentransfer oksigen. Preferensi saat ini mengkategorikan sistem aerasi difusi dengan karakter fisik dari alat *aerator* itu sendiri. Terdapat tiga kategori yaitu (1) *porous or fine-pore diffusers*, (2) *Nonporous diffusers* dan (3) alat difusi lainnya seperti *jet aerator*, *aspirating aerator*, dan *U-tube aerator*.

- Blower

Terdapat tiga jenis blower yang umumnya digunakan untuk aerasi: sentrifugal, *rotary lobe* dan *vane-variable diffuser*. Blower sentrifugal umumnya digunakan untuk kapasitas unit lebih besar dari 425 m<sup>3</sup>/min. Jika kapasitas unitnya lebih kecil *blower* tipe *rotary lobe* lebih umum digunakan.

- *Air piping*

*Air piping* terdiri dari pipa udara, katup, alat pengukur dan bagian-bagian lain yang mengalirkan udara yang terpadatkan dari *blower* menuju *diffuser*. Karena tekanan yang dihasilkan cukup kecil (70 kN/m<sup>3</sup>), maka pipa yang ringan dapat digunakan.

(2) Aerator mekanik

Aerator mekanik umumnya terbagi menjadi dua kelompok berdasarkan desain secara umum dan fitur operasi : *aerator* dengan *axis* vertikal dan *axis* horizontal. Lebih lanjut, kedua kelompok terbagi lagi menjadi *surface*.

Terdapat beberapa tipe lumpur aktif berdasarkan sistem aerasi yang digunakan sistem lumpur aktif konvensional, sistem aerasi berlanjut (*extended aeration system*), sistem aerasi bertahap (*step aeration*), sistem aerasi berjenjang (*tapered aeration*), sistem stabilisasi kontak (*contact stabilization system*), sistem oksidasi parit (*oxydation ditch*)

dan sistem lumpur aktif kecepatan tinggi (*high rate activated sludge*) (Richard & Reynolds, 1996). Menurut Eckenfelder (2000), aerasi mempunyai dua fungsi. Fungsi pertama adalah mensuplai oksigen ke dalam air buangan yang dibutuhkan oleh mikroorganisme, dan berfungsi untuk menggerakkan cairan sehingga polutan atau zat pencemar yang terdapat dalam air buangan dan oksigen yang masuk tercampur dengan baik membentuk cairan homogen.

Pada pengolahan lumpur aktif Nitrifikasi terjadi di dalam unit aerasi (*aeration basin*). Nitrifikasi dalam air menjadi perhatian dalam pengolahan air limbah, karena nitrifikasi mungkin diperlukan untuk tujuan peraturan atau dapat berkontribusi untuk menjawab permasalahan operasional (Mara, 2003). Meskipun ion amonium dan amonia merupakan bentuk tereduksi dari nitrogen, ion amonium dan amonia tidak terikat pada oksigen. Ion ammonium teroksidasi selama nitrifikasi, bukan amonia. Kuantitas ion amonium dan amonia dalam tangki aerasi tergantung pada pH dan suhu lumpur aktif. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses nitrifikasi di dalam air limbah diantaranya adalah :

1. Temperatur (Suhu)

Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri nitrifikasi,

berdasarkan literatur adalah antara 28 C dan 36 C (Sorensen, 1993). Laju pertumbuhan bakteri nitrifikasi secara langsung dipengaruhi oleh suhu. Dengan meningkatnya suhu, pertumbuhan bakteri nitrifikasi akan terakselerasi, dan nitrifikasi akan dicapai tanpa kesulitan. Sebaliknya, dengan menurunnya suhu laju pertumbuhan bakteri nitrifikasi akan melambat (Gerardi, 2002).

Tabel 2.2 Suhu dan *Nitrification*

Temperatur	Efek Terhadap Nitrifikasi
> 45°C	Nitrifikasi berhenti
28 °- 32°C	Kisaran temperatur optimal
16 °C	Kurang lebih 50% dari laju nitrifikasi pada 30 °C
10 °C	Reduksi laju nitrifikasi secara signifikan
< 5°C	Nitrifikasi berhenti

Sumber : Gerardi (2002)

## 2. pH

Pada literatur, nilai pH optimum untuk proses nitrifikasi bermacam- macam antara 8 dan 9. Umumnya laju nitrifikasi menurun saat pH juga menurun (Sorensen, 1993). Namun Gerardi (2002) menyatakan kondisi pH optimum untuk proses nitrifikasi adalah 7–8,5. Sumber yang sama menyebutkan pH ideal bagi pertumbuhan *Nitrosomonas* adalah 5,8–8,5, sedangkan untuk bakteri

*Nitrobacter* adalah 6,5–8,5. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa pH juga memengaruhi konversi amonium menjadi amonia bebas. Jika pH semakin tinggi maka semakin banyak amonia bebas yang terkonversi.

### 3. Oksigen terlarut

Dalam perhitungan teknis, kebutuhan aerasi sebesar 4,6 mg O<sub>2</sub> per mg NH<sub>4</sub>-N mencukupi untuk digunakan dalam proses nitrifikasi. Hampir di semua sistem pengolahan, oksigen juga dibutuhkan untuk mengoksidasi material lain selain amonia yang terdapat pada air limbah. Oleh karena itu hal ini sering meningkatkan kebutuhan total oksigen pada reaktor nitrifikasi (Sorensen, 1993). Hasil dari beberapa kajian mengenai pengaruh dari konsentrasi DO pada efisiensi nitrifikasi dirangkum pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Pengaruh Oksigen Terlarut pada Proses Nitrifikasi

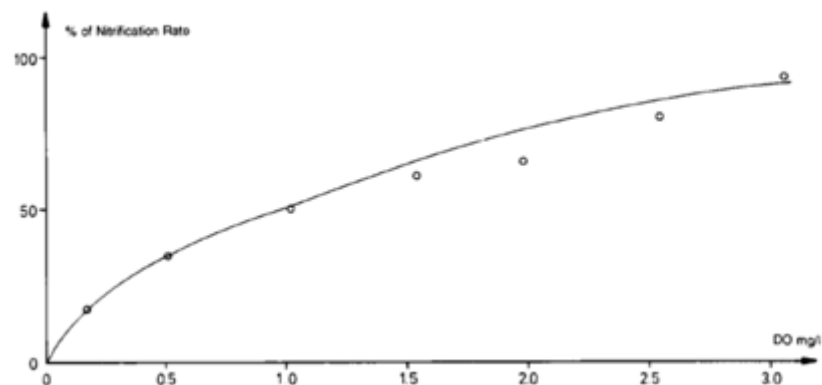
<b>Concentration DO (mg/l)</b>	<b>Observation</b>	<b>Observation Method</b>	<b>Reference</b>
<3	<i>Limiting</i>	<i>activated sludge</i>	Downing & Knowles
<i>below 1 - 1,5</i>	<i>limiting for growth</i>	<i>activated sludge</i>	Wuhmann (1964)
0,5 - 0,7	<i>Critical</i>	<i>activated sludge</i>	Downing & Knowles



			(1966)
2, 4, 8	<i>degree of nitrate about 10 % lower at 2 mg/l</i>	<i>small-scale plant</i>	British Ministry of Technology (1965)
1	<i>Limiting</i>	<i>pilot plant; activated sludge</i>	Metcalf & Eddy (1973)

Sumber : Sorensen (1993)

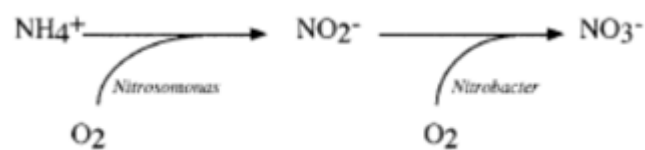
Gerardi (2002) menjelaskan oksidasi ion amonium dan ion nitrit dicapai melalui penambahan oksigen terlarut dalam sel bakteri. Karena nitrifikasi atau reaksi biokimia penambahan oksigen terjadi di dalam sel biologi. Nitrifikasi terjadi melalui reaksi biokimia. Nitrifikasi biologis dalam proses lumpur aktif terdiri dari penghilangan oksigen dari tangki aerasi dan penambahannya pada ion amonium atau ion nitrit. Oksigen ditambahkan ke ion amonium oleh nitrifikasi bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksigen ditambahkan ke ion nitrit oleh nitrifikasi bakteri *Nitrobacter*.



Gambar 2.4 Pengaruh Oksigen Terlarut pada Laju Nitrifikasi

Sumber: Sorensen (1993)

Gerardi (2002) menjelaskan oksidasi ion amonium dan ion nitrit dicapai melalui penambahan oksigen terlarut dalam sel bakteri. Karena nitrifikasi atau reaksi biokimia penambahan oksigen terjadi di dalam sel biologi. Nitrifikasi terjadi melalui reaksi biokimia. Nitrifikasi biologis dalam proses lumpur aktif terdiri dari penghilangan oksigen dari tangki aerasi dan penambahannya pada ion amonium atau ion nitrit. Oksigen ditambahkan ke ion amonium oleh nitrifikasi bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksigen ditambahkan ke ion nitrit oleh nitrifikasi bakteri *Nitrobacter*.



### Gambar 2.5 Proses Nitrifikasi Secara Biologis

Sumber : Gerardi (2002)

Denitrifikasi Air Limbah menjelaskan penggunaan ion nitrit atau ion nitrat oleh anaerob fakultatif (bakteri denitrifikasi) untuk menurunkan BOD. Meskipun denitrifikasi sering dikombinasikan dengan aerobik nitrifikasi untuk menghilangkan berbagai bentuk senyawa nitrogen dari air limbah, denitrifikasi terjadi saat kondisi anoksik muncul. Oleh karena itu denitrifikasi dapat memberikan kondisi operasional yang menguntungkan atau dapat berkontribusi untuk mengatasi masalah operasional. bakteri anaerob fakultatif membentuk sekitar 80% dari bakteri dalam proses lumpur aktif.

Pada proses lumpur aktif terdapat beberapa parameter penting dalam pengolahan lumpur aktif:

- a. Beban organik (*organic loading rate* atau *volumetric loading rate*).

Beban organik volumetrik tingkat, yang didefinisikan sebagai jumlah BOD atau COD diterapkan pada volume tangki aerasi per hari (Metcalf & Eddy, 2004), yaitu

$$L_{org} = \frac{(Q)S_0}{(V)(10^3\text{g/kg})} \quad (2.5)$$

dimana  $L_{org}$  = beban organik volumetrik,

kg BOD/m<sup>3</sup>·d Q = debit influen air limbah,

$$\begin{aligned} \text{m}^3/\text{d } S_0 &= \text{konsentrasi BOD influen,} \\ \text{g/m}^3 V &= \text{volume tangki aerasi, m}^3 \end{aligned}$$

- b. MLSS : isi di dalam bak aerasi pada proses pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif disebut sebagai MLSS yang merupakan campuran antara air limbah dengan biomassa mikroorganisme serta padatan tersuspensi lainnya. MLSS terdiri dari semua padatan dalam aerasi tangki dan *secondary clarifier* (Gerardi, 2002).

$$\text{Mass of MLSS} = (X_{\text{TSS}})(V) = (P_{X,\text{TSS}})\text{SRT} \quad (2.6)$$

dimana  $(X_{\text{TSS}})$  = total MLSS di tangki aerasi, g TSS/m<sup>3</sup>

$$V = \text{volume reaktor m}^3$$

$$(P_{X,\text{TSS}}) = \text{total } \textit{solid} \text{ yang dibuang per hari, g TSS/d}$$

$$\text{SRT} = \textit{solids retention time, d}$$

### c. MLVSS

Merupakan porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel.

$$\begin{aligned} \text{Mass of MLVSS} &= (X_{\text{VSS}})(V) = (P_{X,\text{VSS}})\text{SRT} \\ (2.7) \end{aligned}$$

dimana  $(X_{\text{VSS}})$  = total MLVSS di tangki aerasi, g VSS/m<sup>3</sup>

$V$  = volume reaktor  $m^3$

$(P_{X,VSS})$  = total *solid* yang dibuang perhari, g VSS/d

SRT = *solids retention time*, d

d. *Food to Microorganism ratio* atau *food to mass ratio*

F/M ratio adalah parameter yang menunjukkan zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Besarnya nilai *F/M ratio* umumnya ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari. (Metcalf & Eddy, 2004) menuliskan persamaannya sebagai berikut.

$$F/M = Q S_0 / (V)(X)$$

(2.8)

dan

$$F/M = \frac{S_0}{(\tau)(X)}$$

dimana  $F/M$  = *food to mass ratio*, g BOD

$Q$  = debit influen air limbah,  $m^3/d$

$S_0$  = konsentrasi BOD influen,  $g/m^3$

$V$  = volume tangki aerasi,  $m^3$

$X$  = MLSS di tangki aerasi  $g/m^3$

$\tau$ ) = waktu retensi hidrolis,  $V/Q$ , d

e. *Hydraulic retention time* (HRT)

Waktu tinggal hidrolis (HRT) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh air limbah untuk masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif. Nilai ini berbanding terbalik dengan laju pengenceran (Yenti, 2011). Persamaannya tertulis menjadi

$$\text{HRT} = \frac{V}{D}$$

dimana:

$V$  = volume reaktor (m<sup>3</sup>)

$Q$  = debit air limbah masuk ke tangki aerasi (m<sup>3</sup>/jam)

$D$  = laju pengenceran (1/jam)

f. Rasio Sirkulasi Lumpur.

Rasio sirkulasi lumpur merupakan perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasikan ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke bak aerasi.

g. Umur lumpur

Umumnya disebut waktu tinggal rata-rata sel (*mean cell resident time*). Parameter ini menunjukkan waktu tinggal (rata-rata) mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dihitung dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba (Qasim, 1985). Persamaan yang

digunakan adalah :

$$\frac{1}{S_o} = \frac{Q\theta cSY}{VS} - Kd \quad (2.10)$$

$x$  = *mixed liquor suspended solid* (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = volume reaktor (m<sup>3</sup>)

$\theta_c$  = Umur lumpur (hari)

$k_d$  = *Endogenous decay rate constant* (1/hari)

$Y$  = Konstanta kinetik (kg biomassa/kg BOD<sub>5</sub>)

$Q$  = Debit influen limbah (m<sup>3</sup>/hari)

$S_o$  = BOD influen (mg/L)

$S$  = BOD efluen (mg/L)

#### 4. Pengolahan Tersier (*Tertiary treatment*)

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan-pengolahan terdahulu. Oleh karena itu, pengolahan ini baru akan dipergunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum.

##### 1. Filtrasi

Filtrasi merupakan pemisahan padat-cairan melewati media atau material untuk menyaring *suspended solids*. Pada pengolahan air buangan filtrasi digunakan untuk menyaring efluen dari pengolahan tahap kedua, yang telah diolah secara kimia, dan air limbah yang diolah menggunakan bahan kimia.

##### 2. Disinfeksi/ klorinasi

Disinfeksi adalah proses untuk membunuh mikroorganisme patogen. Desinfeksi dapat menggunakan klor ozon dan sinar ultraviolet. Disinfeksi dengan menggunakan klor selain dapat membunuh mikroorganisme patogen juga dapat menghilangkan amonia.

### **Teknologi Penurunan Amonia**

Amonia merupakan konstituen residu yang umumnya ditemukan pada efluen air limbah domestik. Alasan mengapa amonia harus diolah hingga mencapai baku mutu adalah : (1) dapat berubah menjadi nitrat, sehingga mengurangi kandungan oksigen, (2) bersama-sama dengan fosfor dapat menimbulkan pertumbuhan akuatik yang tidak diinginkan, dan (3) bersifat toksik terhadap ikan (Metcalf & Eddy, 2004). Teknologi penghilangan amonia atau *ammonia removal* terdiri dari pengolahan fisik, kimia dan juga biologi.

#### **2.6.1 *Air stripping***

Secara umum, efisiensi penghilangan bergantung oleh temperatur, ukuran, dan proporsi dari fasilitas yang digunakan, dan efisiensi dari kontak udara-air. Karena temperatur menurun, jumlah udara yang dibutuhkan semakin bertambah secara signifikan untuk tingkat penghilangan yang sama (Metcalf & Eddy, 2003)

Pada beberapa kasus di mana *air stripping* yang diaplikasikan terdapat beberapa masalah pengoperasian yang muncul seperti (1) mempertahankan pH untuk proses *stripping* yang sesuai, (2) terjadi



pembentukan kerak (*scalling*) oleh kalsium karbonat di dalam *tower* dan saluran *feeding*.

Tabel 2.4 Kriteria Desain *Air Stripping*

<i>Hydraulic wastewater loading</i>	0,1 – 0,2 l/min/m <sup>3</sup> or 1 to 2 gal/min/ft <sup>2</sup>
<i>Stripping air flow rate</i>	32 to 54 l/min/m <sup>3</sup> or 300 to 500 ft <sup>3</sup> /min/gal
<i>Packing depth</i>	6.1 to 7.6 meters or 20-25 ft
<i>pH of wastewater</i>	10.8-11.5
<i>Air pressure drop</i>	0.015" – 0.019" of water/ft
<i>Blower type</i>	<b>Yes</b>
<i>Site and land requirements</i>	<b>Yes</b>
<i>Packing material</i>	<i>plastic or wood</i> ).
<i>Packing spacing</i>	<i>approximately 5 cm or 2"</i> <i>horizontal and vertical</i>
<i>Water temperature</i>	<b>20 °C</b>
<i>Plant capacity</i>	<b>Yes</b>

Sumber : *United States Environmental Protection Agency*

#### 2.6.2 B-point Chlorination.

*Break-point chlorination* dapat dicapai dengan menambahkan klorin ke dalam air limbah dengan jumlah yang cukup untuk mengoksidasi amonia-nitrogen menjadi gas nitrogen. Pada praktiknya, klorin yang dibutuhkan kurang lebih sekitar 9-10 mg/l untuk setiap 1 mg/l amonia-nitrogen. Sebagai tambahan, asam yang dihasilkan dari proses ini harus dinetralisasi. Penambahan bahan

kimia akan menaikkan *total dissolved solids* (TDS) dan akan meningkatkan biaya operasi (Sorensen, 1993).

Sumber yang sama menyebutkan dalam penghilangan amonia dengan dosis klorin tertentu dan diikuti dengan karbon aktif, pH menentukan jenis klorin yang digunakan, pH optimal untuk breakpoint pada kisaran pH 6 sampai 7. Dosis klor pada tingkat pH optimal ditemukan menjadi 8 : 1 (klorin untuk amonium-N).

Beberapa studi telah menunjukkan untuk air limbah domestik, *secondary effluent* memiliki kriteria desain seperti berikut.

Tabel 2.5 Kriteria Desain *Breakpoint*

*Chlorination*

mg klorin yang dibutuhkan per mg/l amonium-N	10 :1, 9:1, 8:1
Temperatur	4,4 C – 37,8 C
Ph	7-8

Sumber : (Reynolds & Richards, 1996)

### 2.6.3 Pertukaran Ion (*Ion Exchange*) dengan penambahan Zeolit

*Ion exchange* atau pertukaran ion dengan zeolit dari alam memiliki kelebihan seperti biaya yang cukup rendah dan relatif lebih sederhana dalam pengaplikasian dan pengoperasiannya. Zeolit dari alam merupakan kation inorganik paling penting yang memiliki kapasitas, selektivitas dan kompatibilitas pertukaran ion yang tinggi di alam (Nguyen 1998 dalam Jafarpour 2010).

Pertukaran ion digunakan dalam pengolahan air limbah untuk penghilangan senyawa-senyawa nitrogen, logam berat, dan padatan terlarut total. Proses pertukaran ion dapat dioperasikan dalam sebuah *batch* atau aliran bentuk kontinyu (Metcalf & Eddy, 2003).

Material *ion exchange* yang umumnya ditemukan secara alami, zeolit, digunakan untuk *water softening* atau penghilangan ion amonium. Zeolit sebagai *cation exchanger* memiliki kapasitas penukar (*exchange capacities*) 0,05 – 0,1 eq/kg (Metcalf & Eddy, 2004). Alkas et al pada tahun 2011 melakukan penelitian dengan menggunakan zeolit dengan desain kolom seperti pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Kriteria Desain *Breakpoint Chlorination*

$T_h$ Hydraulic Retention Time for the System	10 min.
$T_c$ Contact time for zeolite	10 min.
Column Diameter	5 cm
Total Bed Height	50 cm
Porosity (for 0.5-1 mm clinoptilolite)	0.45
Porosity (for 1-2 mm clinoptilolite)	0.51
Porosity (for 2-4 mm clinoptilolite)	0.64
Influent Ammonium Concentration	20 mg/L
Influent Suspended Solids Concentration	97 mg/L
Filtration Rate	0.3 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hours

Sumber : (Alkas, 2011)

#### 2.6.4 *electrodialysis*

Jika dialisis digunakan untuk memisahkan elektrolit inorganik dari larutan, keberadaan gaya elektromotif melalui membran permeabel secara selektif akan mengakibatkan meningkatnya laju dari transfer ion. dengan cara ini konsentrasi dari larutan terolah akan menurun (Reynolds & Richard, 1996 ). Sumber yang sama



disalinasi disirkulasikan melalui bagian input dari sel, dipisahkan dari output (air terproduksi) oleh membran (Cheremisinoff & Heinemann, 2001). Amonium dan nitrat dapat dihilangkan setidaknya untuk batas tertentu dengan menggunakan *reverse osmosis* (Sorensen, 2003)

Fluks air yang melalui membran semipermeabel ditunjukkan dengan persamaan (Kaup, 1973 dalam Reynolds & Richard 2003)

$$F_w = K(\Delta p - \Delta \pi) \quad (2.12)$$

dimana :

K = koefisien transfer massa untuk unit area membran

(l/hari-m<sup>2</sup>-kPa)

$\Delta p$  = perbedaan tekanan antara air limbah dan air produk

$\Delta \pi$  = perbedaan tekanan osmotik antara air limbah dan air produk

#### 2.6.6 Nitrifikasi dan Denitrifikasi Biologis (*Biological nitrification and denitrification*)

Prinsip dari proses nitrifikasi adalah mentransformasi amonia-nitrogen menjadi nitrat dengan bantuan bakteri nitrifikasi dalam kondisi aerob. Denitrifikasi adalah proses mengkonversi nitrat menjadi gas nitrogen (N<sub>2</sub>) oleh bakteri denitrifikasi pada kondisi *anoxic*. Efisiensi proses nitrifikasi bergantung dari sejauh mana nitrogen organik diubah menjadi amonia-nitrogen (Sorensen, 1993).

Nitrifikasi dapat diterapkan secara bersamaan dengan pengolahan sekunder (oksidasi kombinasi materi organik dan nitrifikasi) atau sebagai pengolahan tersier (tahap nitrifikasi terpisah). Proses tersebut dapat diterapkan pada kedua pengolahan, baik reaktor *attached-growth* atau *suspended-growth*. Denitrifikasi juga dapat diterapkan pada kedua reaktor tersebut. Agar proses denitrifikasi berjalan, dibutuhkan sumber karbon dan lingkungan yang *anoxic* (Sorensen, 1993). Metcalf dan Eddy (2003) mengemukakan bahwa reduksi nitrat membutuhkan donor elektron, yang dapat disuplai dari BOD influen air limbah.

#### 2.6.7 Bardenpho

Proses Bardenpho digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dari air limbah melalui penggunaan modifikasi proses lumpur aktif yang dikembangkan di *The Laboratories of The National Institute for Water Research In Pretoria*. Wanielista et al (1978) dalam Mahdiati (2003) menyatakan bahwa proses modifikasi lumpur aktif didesain seperti proses nitrifikasi secara sempurna. Campuran larutan yang mengandung banyak nitrat didaur ulang dari tempat aerasi menuju tempat aerasi selanjutnya yang mengeluarkan zat organik atau endapan kotoran yang dapat berfungsi sebagai donor hidrogen pada proses denitrifikasi nitrat. Efluen dari tempat aerasi tidak didaur ulang melewati unit anoksik kedua, respirasi sel endogeneous akan memerlukan oksigen yang dapat diperoleh dari

sisanya nitrat. Kemudian larutan diaerasi sebelum melewati *clarifier*. Aliran di bawah *clarifier* dikembalikan ke unit anoksik pertama. Sisa bakteri nitrifikasi pada zona anoksik untuk jangka waktu pendek tidak terlihat dampaknya yaitu kemampuan untuk mengubah amonia menjadi nitrat secara bersama. Penghilangan amonia sebesar 90% pada proses ini tanpa penambahan bahan kimia.

## G. Tabel Sintesa

**Tabel 2.7 Tabel Sintesa Penelitian Terkait Efektivitas *Septic Tank* Apung Dalam mereduksi Kadar BOD, TSS, Suhu, PH dan MPN Coli *Black Water***

No	Penelitian dan Lokasi	Desain	Tujuan	Hasil	Keterangan
1	Studi Desain Pemanfaatan Drum Bekas Menjadi Tangki Septik Pasang Surut (Sari, 2018)	deskriptif menggunakan desain studi kohort prospektif	Mengetahui tentang efektivitas pemanfaatan drum bekas sebagai tangki septik di daerah pasang surut yang dibuat dengan pendekatan teknologi tepat guna	Kadar TSS pada kompartemen A 178 mg / l sedangkan di kompartemen B berada dalam kisaran antara 45 mg / l jumlah hingga 310 mg / l Kadar BOD pada kompartemen A 281 mg / l sedangkan di kompartemen dalam kisaran antara 72 mg / l l jumlah hingga 846 mg / l. Parameter TSS dan BOD yang tinggi dalam pengujian ke-2 dimungkinkan karena penguraian bahan organik oleh mikroorganisme tidak optimal. Sementara berkurang dramatik dalam 3 sampel hingga tidak adanya peningkatan tinja dalam waktu yang relatif lama. Meskipun secara umum level TSS dan BOD rata-rata masih di atas baku mutu limbah air sesuai dengan LH PERMEN No. 3 pada 2012 tetapi septic tank dapat digunakan	



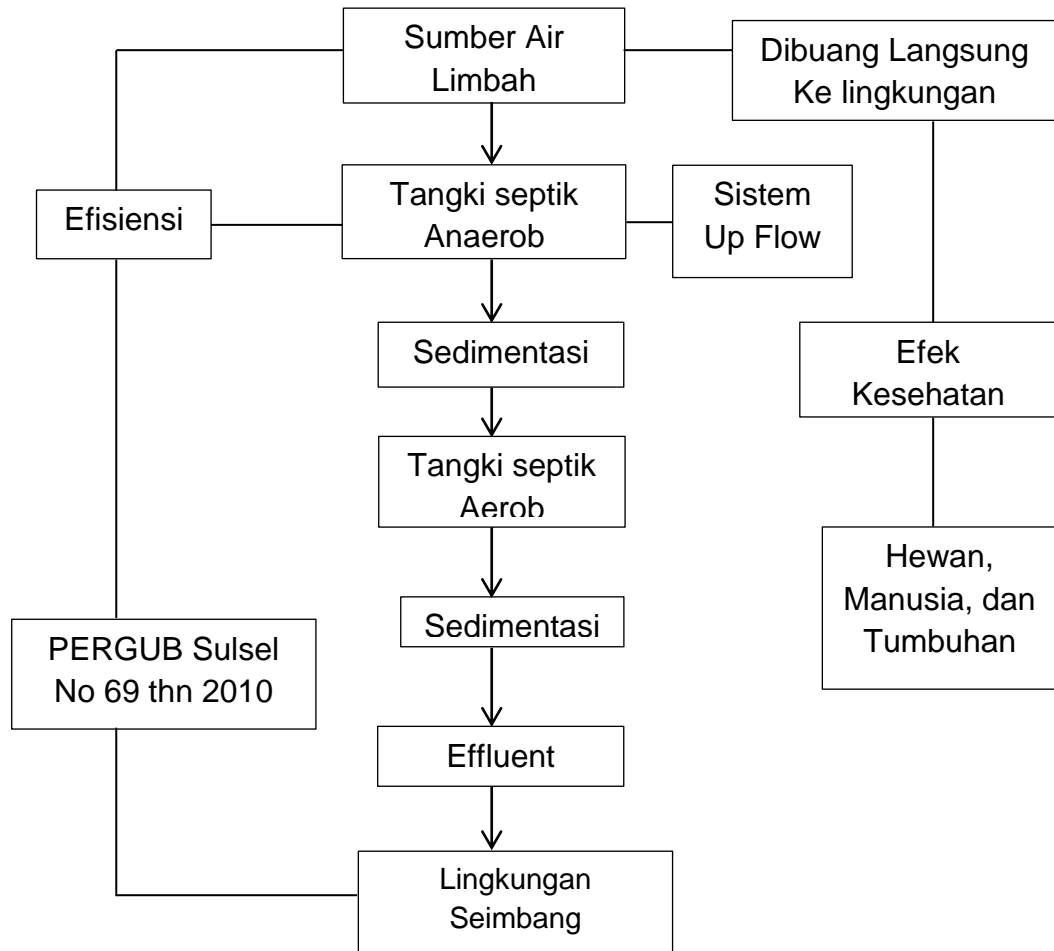
				untuk orang-orang di daerah pasang surut pembuangan tinja langsung ke lingkungan .	
2	Ningrum, Indri Hardiyanti(2018)  Studi Penurunan COD dan Amonia pada Limbah Cair Tinja Menggunakan Biofilter Anaerob Media Sarang Tawon(Hardiyanti, 2018)	Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu <i>seeding</i> dan <i>running</i> . Tahap <i>seeding</i> bertujuan untuk menumbuhkan mikroorganismen hingga terbentuk lapisan <i>biofilm</i> pada media sarang tawon.	untuk mengetahui pengaruh variasi waktu tinggal terhadap efisiensi penurunan parameter COD dan amonia pada limbah cair tinja yang diambil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Cemara Medan pada unit bak penampung awal.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu tinggal pada reaktor <i>biofilter</i> anaerob media sarang tawon berpengaruh terhadap penyisihan parameter COD dan amonia pada limbah cair tinja. Persentase penyisihan COD pada masing-masing waktu tinggal yaitu 87,91%, 88,24%, dan 95,75%. Sementara itu, persentase penyisihan amonia pada masing-masing waktu tinggal yaitu 34,15%, 55,84% dan 70,56%. Sehingga waktu tinggal yang paling efektif dalam penyisihan COD dan amonia yaitu waktu tinggal 24 jam.	
3	Ulvi Pri Astuti1*, Denny Dermawan1, Aditya Kresna Putra(2019) Efektivitas Media <i>Biofilter</i> dari Jaring Ikan Bekas(Astuti, Dermawan and Putra, 2019)	Eksperimen	Tujuan dari penelitian ini adalah memnfaatkan jaring ikan bekas sebagai media biofilter.	Efisiensi removal media jaring ikan bekas terbesar adalah 90,12% untuk parameter COD dan 50,09% untuk parameter fosfat..	
4	Priscilia Yuniar Luciana Latar(2015)	Eksperimen	Penelitian ini bertujuan untuk	menunjukkan penurunan	

	<p>Priscilia Yuniar Luciana Latar(2015) Kajian Efek Aerasi Pada Kinerja ,Biofilter Aerob Dengan Media Botol Plastik <i>Polystyrene</i> (Ps) Untuk Pengolahan Limbah Budidaya Tambak Udang(Yuniar <i>et al.</i>, 2015)</p>		<p>mengkaji kinerja biofilter aerob dengan media botol plastik <i>Polystyrene</i> dalam menurunkan konsentrasi BOD, COD, amonia (NH<sub>3</sub>), nitrat (NO<sub>3</sub>) dan fosfat (PO<sub>4</sub> 3-) dari air limbah tambak udang.</p>	<p>konsentrasi BOD, COD, amonia, nitrat dan fosfat setelah pengolahan dengan reaktor biofilter aerob. Efisiensi <i>removal</i> tertinggi konsentrasi ammonia yang dapat dicapai sebesar 93%, nitrat 89%, fosfat 68%, BOD 79% dan COD 89% serta peningkatan konsentrasi DO berkisar antara 0,1 mg/l – 0,8 mg/l. Seluruh efisiensi <i>removal</i> tertinggi dicapai oleh reaktor dengan ketinggian media 45 cm yang ditambah sistem aerasi. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh ketinggian media terhadap kinerja biofilter, dimana semakin tinggi media menunjukkan kinerja biofilter semakin baik.</p>	
5	<p>Meylis Safriani1 Enda Silvia Putri2(2019)</p> <p>Pelatihan Pembuatan <i>Septic</i> <i>Tank</i> Sehat Sebagai Upaya Meningkatkan Sanitasi Di Desa Lueng Baro</p>	Eksperimen	<p>Meningkatkan akses jamban sehat, sesuai dengan Permenkes No 3 Tahun 2014 tetang Sanitasi Total berbasis Masyarakat (STBM)</p>	<p>Pemanfaatan drum ke dalam septic tank dapat menyebabkan pencapaian akses ke toilet untuk mencapai pilar pertama STMB. Drum bekas yang didisain sebagai kompartemen A dapat berfungsi sebagai Tangki Septik dan</p>	

	Kecamatan Suka Makmue Kabupaten Nagan Raya(Safriani and Putri, 2019)			Kompartemen B sebagai IPAL sehingga mampu merubah bentuk fisik tinja serta menurunkan kualitas air limbah.	
6.	Richards 2016  <i>Septic tank discharges as multi-pollutant hotspots in catchments</i> (Richards <i>et al.</i> , 2016)	eksperimen	menyajikan analisis komprehensif <i>septic tank effluents</i> (STE) pertama untuk membantu menilai karakteristik multi-polutan, faktor risiko terkait manajemen, dan pelacak potensial yang mungkin terjadi digunakan untuk mengidentifikasi sumber STE.	Karakterisasi biologis mengungkapkan bahwa konsentrasi total coliform dan <i>Escherichia coli</i> (E. coli) adalah: 10 383–107 dan 10–10 MPN / 100 mL, masing-masing. Parameter fisik seperti konduktivitas listrik, kekeruhan dan alkalinitas masing-masing berkisar 160-1730 $\mu$ S / cm, 8-916 NTU dan 15-698 mg / L. Total fosfor (TP) efluen, Konsentrasi P (SRP) reaktif terlarut, nitrogen total (TN) dan amonium-N (NH <sub>4</sub> -N) berkisar antara 1-32, b1-26, 11–146 dan 2–144 mg / L, masing-masing. Korelasi positif diperoleh antara fosfor, natrium, kalium, barium, tembaga dan aluminium. STE dalam negeri dapat menimbulkan risiko polusi terutama untuk NH <sub>4</sub> -N, P, SRP terlarut,	

				<p>tembaga, N terlarut, dan kalium karena faktor pengayaan adalah N1651, 213, 176, 63, 14 dan 8 kali lipat dari masing-masing mengalirkan air. Karakterisasi fluoresensi mengungkapkan adanya puncak triptofan dalam efluen dan perairan hilir tetapi tidak terdeteksi hulu dari sumbernya. Kondisi tangki, manajemen dan jumlah pengguna telah memengaruhi kualitas efluen yang dapat menimbulkan risiko langsung untuk mengalirkan air sebagai banyak titik polutan.</p>	
--	--	--	--	--	--

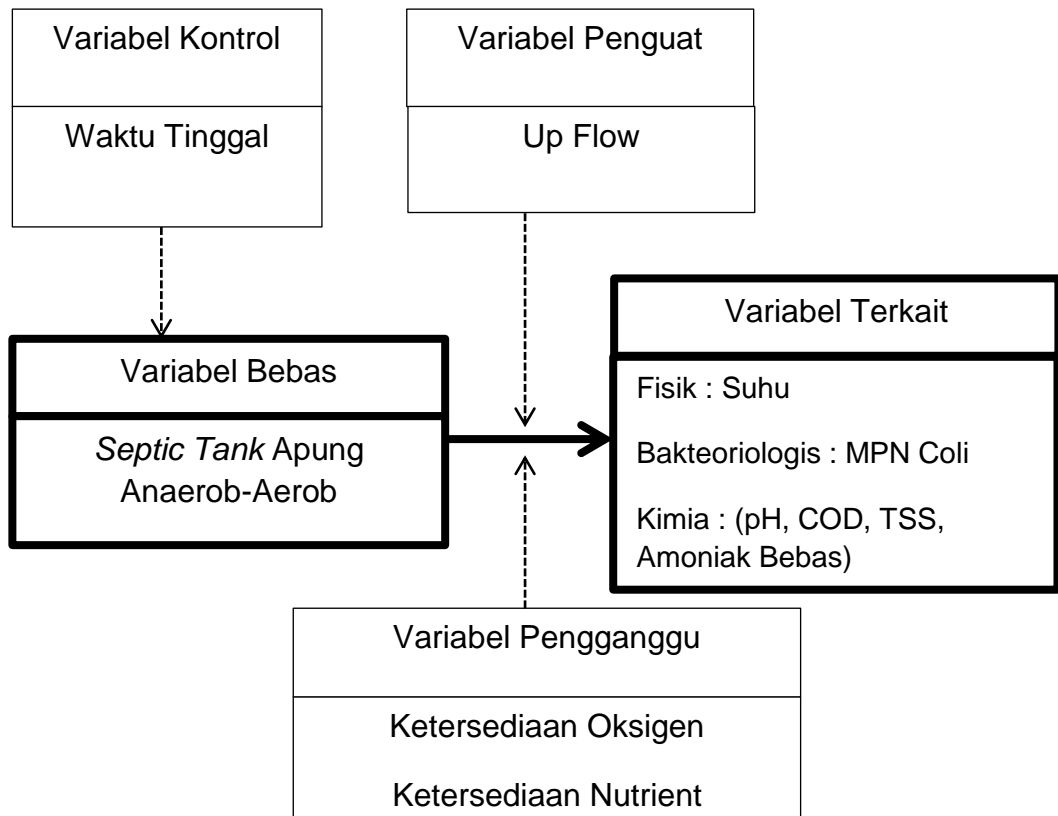
### H. Kerangka Teori



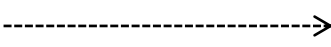
Sumber : Modifikasi dari Pedoman teknis Pengolahan Air Limbah,

Kemenkes RI 2011 dan PERGUB SULSEL No 69 Tahun 2010

## I. Kerangka Konsep



### Keterangan :

-  Variabel yang diteliti
-  Variabel yang tidak diteliti

### J. Defenisi Operasional

No	Variabel	Defenisi Operasional	Satuan
1	Waktu tinggal	Waktu yang dibutuhkan air limbah dari inlet melalui setiap bagian alat pengolahan sampai outlet	Liter/menit
2	<i>Septic tank</i> Apung	Proses pengolahan limbah secara biologis dengan memanfaatkan pertumbuhan mikroorganisme/bakteri pengurai	Ltr
3	BOD	Analisa yang menggunakan suatu oksida kimia	mg/l
4	pH	Derajat keasaman suatu zat	
5	TSS	Residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan	mg/l
6	MPN Coli	Gas dengan bau yang khas	

### K. Kriteria Objektif

Untuk menganalisis efektivitas *septic tank* apung, maka hasil pemeriksaan parameter fisik dan kimia didasarkan pada baku mutu Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup, yakni :

- a. Efektif : apabila hasil setelah melauai pengolahan hasil pemeriksaan paramater *septic tank* apung sesuai dengan Peraturan Gubernur

Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.

- b. Tidak efektif : apabila hasil setelah melalui pengolahan hasil pemeriksaan parameter *septic tank* apung tidak sesuai dengan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.

#### **L. HIPOTESIS PENELITIAN**

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah hipotesis deskriptif yaitu :

1. *Septic tank* apung efektif dalam menstabilisasikan kadar pH setelah pengolahan sesuai dengan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.
2. *Septic tank* apung efektif terhadap kondisi temperatur suhu celcius pengolahan berdasarkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.
3. *Septic Tank* apung efektif menurunkan kadar BOD (Chemical Oxigen Deman) limbah setelah melalui pengolahan sesuai dengan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.
4. *Septic tank* apung efektif menurunkan kadar TSS (Total Suspended Solid) limbah sesuai dengan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan



Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.

5. *Septic tank* apung efektif menurunkan kadar MPN coli limbah sesuai dengan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor : 69 tahun 2010 tentang Baku Mutu dan kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup.