

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI BAKTERI *Bacillus* sp. SEBAGAI PENGURAI BAHAN
PENCEMAR ORGANIK AIR LIMBAH DOMESTIK DI PULAU
KODINGARENG KOTA MAKASSAR**

EKA INDRIYASARI

K011171022



*Skripsi Ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Kesehatan Masyarakat*

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**IDENTIFIKASI BAKTERI *Bacillus* sp. SEBAGAI PENGURAI BAHAN
PENCEMAR ORGANIK AIR LIMBAH DOMSETIK DI PULAU
KODINGARENG KOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

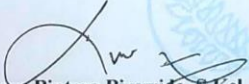
**EKA INDRIYASARI
K011171022**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
pada tanggal 09 Agustus 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


Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes
Nip. 19730419 200501 2 001

Ketua Program Studi,




Dr. Suriah, SKM., M.Kes
Nip. 19740520 200212 2 001

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah di pertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Senin, Tanggal 09 Agustus 2021.

Ketua : **Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes** (.....)

Sekretaris : **Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes** (.....)

Anggota :

1. **Muh. Fajaruddin Natsir, SKM., M.Kes** (.....)

2. **Indra Dwinata, SKM., MPH** (.....)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eka Indriyasari
NIM : K011171022
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Hp : 082344016787
E-mail : ekaindriyasari1012@gmail.com

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulisan saya yang berjudul **“IDENTIFIKASI BAKTERI *Bacillus* sp. SEBAGAI PENGURAI BAHAN PENCEMAR ORGANIK AIR LIMBAH DOMESTIK DI PULAU KODINGARENG KOTA MAKASSAR”** adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 16 Agustus 2021



Eka Indriyasari

RINGKASAN

Universitas Hasanuddin
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Kesehatan Lingkungan
Makassar, 16 Agustus 2021

EKA INDRIYASARI

**“IDENTIFIKASI BAKTERI *Bacillus* sp. SEBAGAI PENGURAI BAHAN
PENCEMAR ORGANIK AIR LIMBAH DOMESTIK DI PULAU
KODINGARENG KOTA MAKASSAR”**

(xvi + 101 Halaman + 7 Tabel + 5 Gambar + 9 Lampiran)

Cemaran air merupakan kondisi dimana adanya limbah yang dibuang sembarangan ke dalam perairan yang diakibatkan oleh kegiatan produksi maupun kegiatan manusia. Air limbah domestik yang langsung di keluarkan dari pembuangan tanpa pengolahan akan mengakibatkan pencemaran air. Air limbah domestik bahkan menjadi penyebab terbesar kerusakan dan pencemaran di daerah pesisir di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri *Bacillus* sp. sebagai pengurai bahan pencemar organik air limbah domestik di Pulau Kodongareng Kota Makassar. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif observasional dengan pendekatan deskriptif. Teknik pengambilan sampel menggunakan teknik *grab sampling*. Sampel pada penelitian ini berjumlah 6 sampel.

Hasil penelitian yang diperoleh dari proses identifikasi mikrobiologi ialah jenis bakteri yang terdapat pada air limbah domestik Pulau Kodongareng Kota Makassar yaitu dari 6 sampel yang telah diuji dinyatakan bahwa 5 sampel mengandung *Bacillus* sp. dan 1 sampel mengandung *Enterobacter aerogenes*. Bakteri tersebut mampu menguraikan bahan pencemar organik. Adapun ditinjau dari faktor lingkungan, didapatkan hasil pH air limbah domestik berkisar 6,0 - 8,2 sedangkan suhu berkisar 26 - 29°C dimana angka ini merupakan kisaran pH dan suhu yang optimum untuk pertumbuhan bakteri *Bacillus* sp. pengurai bahan pencemar organik.

Kata Kunci : Bakteri *Bacillus* sp, Bahan Pencemar Organik, Air Limbah Domestik

SUMMARY

Hasanuddin University
Public Health Faculty
Environmental Health
Makassar, 16 August 2021

EKA INDRIYASARI

“IDENTIFICATION OF BACTERIA *Bacillus sp.* AS A DECOMPOSER OF ORGANIC CONTAMINANTS OF DOMESTIC WASTEWATER IN KODINGARENG ISLAND, MAKASSAR CITY”

(xvi + 101 page + 7 table + 5 picture + 9 attachment)

Water pollution is a condition in which waste is disposed of carelessly into the waters that caused by production and human activities. Domestic wastewater that is directly discharge from disposal will result in water pollution. Domestic wastewater is even the biggest cause of damage and pollution in a coastal areas in Indonesia. The purpose of this study was to identify the presence of *Bacillus sp.* as a decomposer of organic contaminants of domestic wastewater in Kodingareng Island, Makassar City. The type of research is an observational quantitative research with a descriptive approach. The sampling technique used was the grab sampling technique. The sample in this study obtained 6 samples.

The result obtained that from the microbiological identification process are the type of bacteria that found in domestic wastewater in Kodingareng Island, Makassar City shows that from 6 samples that have been tested, there are 5 samples contain *Bacillus sp.* and 1 sample contain *Enterobacter aerogenes*. These bacteria be able to decompose an organic contaminants. In terms of environmental factors, the result obtained that the pH of the domestic wastewater ranges from 6.0 to 8.2 while the temperatures ranges from 26° to 29° C where these numbers is the optimum pH and temperature range for the organic contaminant decomposing bacterial growth.

Keywords: *Bacillus sp. Bacteria, Organic Contaminant, Domestic Wastewater*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Tuhan semesta alam yang terus memberikan penulis nikmat iman, nikmat kesehatan dan nikmat kesempatan, karena-Nyalah penulis masih diberikan nafas untuk bergerak menuju kesempurnaan. Shalawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, seorang revolusioner sejati yang telah mengukir peradaban terbaik dunia melalui ajaran-Nya. Serta kepada keluarga, sahabat, dan pengikutnya yang telah setia mendampingi beliau dalam perjuangannya menggulung tikar-tikar kebatilan yang kemudian menghemparkan permadani kebenaran dimuka bumi ini. Berkat limpahan rahmat-Nya sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Identifikasi Bakteri *Bacillus* sp. sebagai Pengurai Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar”** sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

Segala perjuangan hingga titik pencapaian ini penulis jadikan sebagai persembahan istimewa teruntuk dua orang tua yang paling berharga dan bermakna dalam kehidupan penulis, kepada ayahku, **Hamzah B** dan dan ibuku **Hasmiah Amir**. Terimakasih untuk segala doa dan jasa yang tak bisa terbalaskan oleh

apapun. Terimakasih telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil yang tak henti-hentinya. Terimakasih karena telah sabar dalam menanti momen pencapaian ini dan maaf atas segala kekecewaan yang penulis perbuat. Tak lupa juga kuucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya teruntuk saudara dan saudariku tersayang adek **Rahmat** dan kakak **Hasniar Hamzah, S.Pd** serta segenap keluarga besarku karena telah menjadi *support system* dan pengingat yang sangat luar biasa hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.

Penghargaan yang setinggi-tingginya penulis persembahkan kepada Bapak **Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes** selaku pembimbing I dan Ibu **Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes** selaku pembimbing II yang telah membimbing, memberikan arahan, serta dukungan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini tentunya mengalami berbagai hambatan dan tantangan. Namun berkat bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan tak terhingga kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A., selaku Rektor Universitas Hasanuddin
2. Bapak Dr. Aminuddin Syam, SKM., M.Kes., M.Med.Ed selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin

3. Ibu Dr. Suriah, SKM, M.Kes selaku Ketua Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
4. Ibu Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes selaku Ketua Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
5. Bapak Prof. Dr. H. Indar, SH., MPH selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan selama penulis menyelesaikan studi di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
6. Bapak Muh. Fajaruddin Natsir, SKM., M.Kes dan Bapak Indra Dwinata SKM., MPH selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan serta arahan dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini.
7. Bapak/Ibu Dosen dan Staff Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berharga kepada penulis selama menempuh pendidikan di fakultas ini.
8. Bapak Dr. H. Effendy Rasiyanto, M.Kes selaku Direktur Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar yang telah memberikan izin untuk melakukan pemeriksaan sampel dikampus Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar.
9. Ibu Andi Fatmawati, S.Si., M.Kes selaku Kepala UPT Laboratorium DIII Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar yang telah sabar mendampingi selama proses pemeriksaan sampel.
10. Kakak-kakak REMPONG, VAMPIR, GAMMARA, GOBLIN, Saudara seperjuangan di FKM Unhas Angkatan 2017 (REWA), adik-adik VENOM,

KASSA dan IMPOSTOR yang selama ini memberikan warna warni kehidupan di KM FKM Unhas.

11. Pengurus Maperwa FKM Unhas Periode 2018 - 2019, Pengurus Daerah ISMKMI Sulselbar Periode 2018 - 2019, Pengurus BEM FKM Unhas Periode 2019 - 2020, Pengurus Nasional ISMKMI Periode 2019 - 2020, dan Pengurus Maperwa FKM Unhas Periode 2020 - 2021 yang telah banyak memberikan pengalaman berharga selama berorganisasi.
12. Sahabat PEJABAT 17 (Andini & Asma), SANTUY (Alifah, Hira, Cica, Dian, Isra, Asma, Nunul, Milan, Ridha, Cici), dan SYASET yang telah berjuang dan berikhtiar bersama dalam menjalankan amanah kelembagaan ditengah dinamika perskripsian yang melanda. Terimakasih karena telah menjadi teman bermain dan belajar yang paling menyenangkan selama ber-KM FKM Unhas.
13. Teman Seperjuangan Renaldi, Fifah, dan Wulan atas segala perhatian, dukungan, dan pengertiannya selama ini dalam menghadapi setiap problem kelembagaan yang hadir ditengah penyelesaian skripsi ini. Terimakasih karena telah memberikan kepercayaan untuk berikhtiar bersama.
14. Sahabat SPEMBAR, SCIELID, FORTSA dan PGI, terima kasih atas segala dukungan dan motivasinya selama penulis mengerjakan skripsi ini. Terimakasih karena tetap ada untuk penulis.
15. Sahabat seperjuangan, CIS (Asma, Nabila, Lia, Selvi, Ola, Cica, Ummul, Nanda, Nirma, Milda) yang telah menjadi tempat berkeluh kesah dan berbagi cerita selama proses perkuliahan.

16. Posko 3 PBL FKM Unhas dan Posko Barru 1 KKN Tematik Gel 104 yang telah memberikan cerita dan pengalaman berharga yang tidak dapat penulis lupakan.
17. Om Bastian, tante Osing, adek Hajenia, dan keluarga yang telah menampung penulis selama berada di Pulau Kodingareng Kota Makassar
18. Nardi, Ika, dan Nesa yang telah membantu penulis selama pengambilan sampel di Pulau Kodingareng Kota Makassar
19. Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan sehingga membuat penulis untuk segera mungkin menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
20. Terima kasih untuk diri saya sendiri yang telah kuat, sabar, dan bertahan dalam menyelesaikan segala dinamika perskripsian ini.
21. Terima kasih kepada semua pihak yang tidak bisa disebut satu-persatu namun dukungannya telah membuat penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi yang lebih baik agar dapat bermanfaat bagi orang lain sebagai pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 16 Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
A. Tinjauan Umum tentang Air Limbah.....	10
B. Tinjauan Umum tentang Air Limbah Domestik	13
C. Tinjauan Umum tentang Bahan Pencemar Organik.....	19
D. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Bacillus</i> sp.....	23
E. Tinjauan Umum tentang <i>Power of Hydrogen (pH)</i>	26
F. Tinjauan Umum tentang Suhu.....	31
G. Tinjauan Umum tentang Identifikasi Bakteri	32
H. Kerangka Teori	38
BAB III KERANGKA KONSEP	39
A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian	39
B. Kerangka Konsep Penelitian.....	41
C. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	42

BAB IV METODE PENELITIAN	44
A. Jenis Penelitian	44
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	44
C. Populasi dan Sampel Penelitian	45
D. Pengambilan Sampel	45
E. Alat, Bahan, dan Cara Kerja	47
F. Pengumpulan Data	69
G. Instrumen Penelitian	69
H. Pengolahan dan Analisis Data	70
I. Penyajian Data	71
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	72
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	72
B. Hasil	74
C. Pembahasan	78
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	100
A. Kesimpulan	100
B. Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	42
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Nilai pH pada Air Limbah Domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar.....	74
Tabel 4.2	Hasil Pemeriksaan Nilai Suhu pada Air Limbah Domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar.....	75
Tabel 4.3	Hasil Pertumbuhan Bakteri pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng Kota Makassar dengan Media BHIB.....	75
Tabel 4.4	Hasil Pertumbuhan Bakteri pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng Kota Makassar dengan Media EMBA.....	76
Tabel 4.5	Hasil Identifikasi Bakteri pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng Kota Makassar dengan Media Uji Biokimia.....	77
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Jumlah Koloni Bakteri <i>Bacillus sp.</i> pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng Kota Makassar	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bakteri <i>Bacillus</i> sp.....	25
Gambar 2.2 pH Meter	29
Gambar 2.3 Termometer.	32
Gambar 2.4 Kerangka Teori Penelitian.....	38
Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian.	41

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Observasi
- Lampiran 2. Surat Permohonan Izin Penelitian dari Dekan FKM Unhas.....
- Lampiran 3. Surat Keterangan Izin Penelitian dari Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu
- Lampiran 4. Surat Keterangan Izin Penelitian dari Badan Kesatuan Bangsa dan Politik.....
- Lampiran 5. Surat Keterangan Izin Pemeriksaan Sampel dari Kampus Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar
- Lampiran 6. Surat Keterangan Hasil Penelitian
- Lampiran 7. Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri *Bacillus* sp.....
- Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian.....
- Lampiran 9. Daftar Riwayat Hidup

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Cemaran air merupakan kondisi dimana adanya limbah yang dibuang sembarangan ke dalam perairan yang diakibatkan oleh kegiatan produksi maupun kegiatan manusia (Widyaningsih, Supriharyono & Widyorini, 2016). Sumber cemaran air disebabkan oleh sumber kontaminan langsung dan tidak langsung. Sumber langsung merupakan kontaminan efluen yang diperoleh dari industri, TPA (Tempat Pembuangan Akhir), dan lain sebagainya. Berbeda halnya dengan sumber tidak langsung yang merupakan kontaminan yang memasuki badan air dari tanah, air tanah, ataupun atmosfer berupa hujan (Sahabuddin, 2012).

Cemaran pada air berdampak pada terjadinya penurunan kualitas air. Air yang telah tercemar, baik oleh senyawa organik maupun anorganik akan mudah menjadi media berkembangnya berbagai macam penyakit. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang sering mengeksploitasi lingkungan. Aktivitas manusia pada umumnya menghasilkan limbah. Peningkatan jumlah kepadatan penduduk di Indonesia berdampak pada semakin banyaknya air limbah yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah penduduk tidak diiringi dengan penambahan luas wilayah sehingga berakibat pada menurunnya kualitas lingkungan (Naslilmuna, Muryani & Santoso, 2018).

Permasalahan lingkungan yang umum saat ini adalah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga atau yang biasa disebut sebagai air limbah domestik (Sulistia & Septisya, 2020). Air limbah domestik merupakan air limbah yang diperoleh dari kegiatan sehari-hari penduduk terdiri dari air bekas memasak, air bekas mandi, air bekas cucian, dan lain-lain. Air limbah domestik umumnya mengandung bahan organik. Air limbah domestik yang langsung di keluarkan dari pembuangan tanpa pengolahan akan mengakibatkan pencemaran air. Air limbah domestik bahkan menjadi penyebab terbesar kerusakan dan pencemaran di daerah pesisir di Indonesia (Fildzah dkk, 2016).

Jumlah pembuangan tahunan dari limbah domestik di Tiongkok terus mengalami peningkatan. Hal ini diakibatkan oleh tingginya populasi di Tiongkok yang menyebabkan sebanyak 53,5 miliar ton limbah domestik dirilis pada 2015 oleh Buletin Statistik Lingkungan Nasional, Tiongkok. Upaya yang dilakukan untuk menghindari risiko infeksi dan penyakit polusi sumber air minum (sungai atau danau) yaitu dengan secara efektif menghilangkan bahan organik, bakteri, dan beberapa nutrisi seperti N dan P dari limbah domestik sebelum dibuang. Adapun faktor biaya yang besar dari sistem terpusat mengakibatkan lebih dari 1500 kota dan 550 kabupaten di Cina masih belum memiliki pabrik pengolahan limbah domestik (Ren dkk., 2020).

Permasalahan air limbah domestik di Indonesia sendiri memerlukan perhatian khusus dari pemerintah selaku pihak yang bertanggungjawab untuk

memberikan pelayanan bagi masyarakat. Hal ini dikarenakan hingga detik ini masyarakat Indonesia masih memiliki kebiasaan buruk terhadap pengelolaan air limbah seperti membuang air limbah domestik yang dihasilkan langsung ke lingkungan atau badan-badan air seperti laut. Pengelolaan air limbah domestik juga masih terbilang minim diterapkan di kota-kota yang tersebar di seluruh Indonesia (Listyasari dkk., 2012).

Pemerintah Kota Yogyakarta termasuk salah satu kota yang telah membangun sarana dan prasarana pembangunan beberapa saluran limbah. Penanganan air limbah domestik di Kota Yogyakarta dilakukan dengan sistem terpusat, sistem komunal, dan sistem setempat. Sistem terpusat dialirkan dengan jaringan saluran air kotor ke Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL) yang pusatnya berada di Sewon dan hanya mencakup pelayanan kurang lebih 25% penduduk kota, selebihnya menggunakan sistem setempat yaitu menggunakan *septic tank* dan sumur resapan untuk pembuangan limbah dari rumah tangga dan masih sedikit masyarakat yang menggunakan sistem komunal. Belum lagi terkait masalah-masalah pengelolaan air limbah domestik di kota-kota lain yang juga masih minim bahkan belum ada sama sekali (Andrini, 2018).

Kota Makassar merupakan salah satu kota pemerintahan di Indonesia yang menjadi pusat perdagangan, pelayanan jasa, dan kota pendidikan dengan kuantitas perumahan dan kawasan padat penduduk yang cukup banyak. Air limbah domestik yang dihasilkan pun cukup besar namun pengelolaan air limbahnya yang masih minim dikarenakan tidak adanya langkah

berkelanjutan yang dilakukan oleh masyarakat. Kota Makassar memiliki beberapa pulau yang masyarakatnya masih memiliki kesadaran rendah dalam pengolahan air limbah domestik, salah satunya adalah Pulau Kodingareng (Syahid, 2019).

Laporan Profil Kelurahan Pulau Kodingareng Tahun 2015 menjelaskan bahwa Pulau Kodingareng Lompo merupakan salah satu pulau kecil yang terdapat di Kecamatan Sangkarrang Kota Makassar. Pulau Kodingareng memiliki luas wilayah 0,48 km² dengan ketinggian kurang dari 500 meter dari permukaan laut. Adapun jumlah penduduknya sebanyak 4.522 jiwa yang terdiri dari 1173 Kepala Keluarga. Pulau Kodingareng Kecamatan Sangkarrang terus mengalami peningkatan jumlah penduduk dan aktifitas perekonomian disetiap tahunnya. Hal ini secara tidak langsung berdampak pula pada peningkatan jumlah air limbah domestik yang dihasilkan. Kesadaran masyarakat Pulau Kodingareng dapat dikategorikan masih rendah diranah pengolahan limbah cair domestik yang mereka hasilkan. Perlakuan masyarakat terhadap air limbah domestik yang dihasilkan umumnya langsung dialirkan ke laut tanpa melakukan pengolahan terlebih dahulu. Tindakan ini yang secara langsung akan mencemari air laut.

Menurut Sari (2018), kondisi di Pulau Kodingareng Lompo, Bonetambung, dan Langkai masih belum memiliki tempat pembuangan sampah akhir. Hal ini mengakibatkan masyarakat terbiasa untuk membuang sampah baik dengan cara mengubur, membakar bahkan sebagian besar membuang sampah langsung ke laut. Masyarakat Kodingareng sekarang ini

cukup merasakan dampak negatif dari kurangnya pengelolaan sampah yang baik, salah satunya adalah warna air laut disekitaran pantai sudah tercemar dan berwarna hitam. Warna air ini mengindikasikan bahwa telah rusaknya air laut disekitaran pantai (Jalil, 2019).

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyatakan bahwa untuk menjamin kualitas air yang diinginkan agar tetap dalam kondisi alamiah sesuai peruntukannya, maka perlu dilakukan upaya pengelolaan kualitas air. Penyebab terbesar terjadinya pencemaran air ialah buangan limbah cair ke lingkungan yang sekarang semakin mengalami peningkatan variasi dan kuantitas (Ichtiakhiri & Sudarmaji, 2015).

Usaha yang dapat dilakukan sebelum limbah cair dibuang ke lingkungan adalah dengan terlebih dahulu melakukan pengolahan lebih lanjut. Pengolahan limbah bertujuan untuk meminimalkan limbah yang ada dengan mengurangi pengaruh volume, konsentrasi dan toksisitas limbah cair dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mengkonsumsi polutan-polutan berupa zat organik. Pemanfaatan aktivitas pertumbuhan mikroorganisme yang berkontak dengan limbah termasuk proses pendegradasian limbah organik. Prinsipnya dengan mengubah bahan organik pencemar sebagai nutrisi dengan bentuk yang lebih sederhana. Pengolahan limbah salah satunya dapat dilakukan dengan metode biologi yang memanfaatkan agen biologis seperti mikroorganisme untuk menguraikan material yang terkandung dalam air limbah. Metode biologi atau biodegradasi oleh mikroorganisme termasuk

salah satu cara yang tepat, efektif, dan hampir tidak memiliki efek samping terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan metode biologi tidak menghasilkan racun (Januar, Khotimah & Mulyadi, 2013).

Salah satu mikroba yang dapat dimanfaatkan untuk mendegradasi bahan pencemar organik yang terdapat pada air limbah domestik yaitu bakteri *Bacillus* sp. Bakteri *Bacillus* sp. merupakan bakteri yang memiliki ciri berbentuk batang, bersifat aerob, termasuk bakteri gram positif, dan tersusun membentuk rantai panjang. *Bacillus* sp. membentuk spora sehingga pada umumnya bakteri *Bacillus* sp. bersifat saprofit dengan menjadikan nitrogen dan karbon sebagai sumber energi dan pertumbuhannya. Spora dari *Bacillus* sp. mampu resisten terhadap perubahan lingkungan, tahan panas, kering, dan desinfektan kimia (Diansyah, 2017).

Bacillus sp. dapat dijumpai di tanah, air, dan udara, serta pada vegetasi. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk memanfaatkan bahan organik yang terkandung di dalam limbah. Cara yang dilakukan oleh *Bacillus* sp. dalam mendegradasi air limbah yaitu dengan melepaskan enzim untuk menguraikan senyawa organik untuk menghasilkan produk sampingan berupa gas Karbondioksida (CO₂), Metana (CH₄), Hidrogen (H₂) dan Air (H₂O), serta energi sebagai penunjang aktivitas metabolisme (Retnosari & Shovitri, 2013).

Keberadaan mikroba di lingkungan dipengaruhi oleh faktor lingkungan baik faktor biotik maupun abiotik. Faktor biotik ialah makhluk hidup yang dijadikan sebagai nutrisi oleh makhluk hidup lainnya. Berbeda

halnya dengan faktor abiotik yang merupakan faktor fisika-kimia seperti suhu, *Power of Hidrogen* (pH), kandungan oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO), dan intensitas cahaya yang berpengaruh terhadap keberadaan makhluk hidup di lingkungan akuatik (Fazriati, 2019).

Suhu dan pH merupakan faktor penting di lingkungan yang memiliki pengaruh besar terhadap aktivitas dan evolusi dari organisme hidup. Tidak semua tingkatan suhu dan pH cocok untuk pertumbuhan dan reproduksi dari organisme. Tinggi rendahnya suhu dan pH lingkungan sangat berpengaruh bagi organisme termasuk bagi bakteri *Bacillus* sp. (Hidayat, 2006).

Power of Hydrogen (pH) merupakan derajat keasaman yang berfungsi untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH merupakan parameter kualitas yang penting untuk air bersih dan air limbah. pH yang baik untuk proses biologis pada air limbah adalah 6 - 9. Bakteri *Bacillus* sp. merupakan salah satu jenis mikroba mesofilik. Mikroba mesofilik termasuk mikroba yang mampu tumbuh pada pH berkisar 5,5 - 8,0 (Waluyo, 2005). Bakteri *Bacillus* sp. termasuk mikroba mesofilik dimana kelompok mikroba ini mampu hidup pada kisaran suhu 25°C - 40°C dengan kisaran suhu optimum 25°C - 37° C (Black, 2005).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Yani (2016) menunjukkan bahwa isolat *Bacillus* memiliki kemampuan untuk menghasilkan antibiotika yang mempunyai aktivitas terhadap kedua bakteri uji pada medium produksi dengan pH 6,5 - 7,5. Adapun pH yang optimum untuk pertumbuhan *Bacillus* adalah pH 7,0. *Bacillus* sp. juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan

antibiotika pada kisaran suhu 33°C - 37°C. *Bacillus* sp. tumbuh pada suhu optimum 37°C.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu untuk melakukan penelitian mengenai identifikasi bakteri *Bacillus* sp. sebagai pengurai bahan pencemar organik air limbah domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu “Bagaimana Keberadaan Bakteri *Bacillus* sp. sebagai Pengurai Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar?”.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri *Bacillus* sp. sebagai pengurai bahan pencemar organik air limbah domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar.

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui pH bakteri *Bacillus* sp. pada air limbah domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar.
- b. Untuk mengetahui suhu bakteri *Bacillus* sp. pada air limbah domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar.
- c. Untuk mengetahui jumlah koloni bakteri *Bacillus* sp. pada air limbah domestik di Pulau Kodingareng Kota Makassar.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan pengetahuan dan dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya mengenai bakteri *Bacillus* sp. yang dapat dijadikan sebagai salah satu media pengurai bahan pencemar organik air limbah domestik di pulau.

2. Manfaat Institusi

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan baik bagi pemerintah maupun masyarakat daerah pesisir dalam rangka peningkatan kualitas kesehatan. Selain itu, dapat menjadi bahan referensi dan bahan bacaan yang dapat menambah pengetahuan mahasiswa FKM Unhas.

3. Manfaat Praktis

Hasil penelitian ini dapat menambah wawasan dan pengalaman pembaca. Selain itu, penelitian ini merupakan salah satu syarat kelulusan di bagian Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Air Limbah

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah adalah air sisa yang diperoleh dari suatu hasil usaha atau kegiatan. Air limbah merupakan cairan buangan yang bersumber dari rumah tangga, industri ataupun tempat-tempat umum lainnya. Umumnya air limbah mengandung bahan-bahan yang berisiko membahayakan kehidupan manusia dan dapat mengganggu kelestarian lingkungan. Air limbah berdasarkan asalnya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu air limbah domestik, air limbah industri, dan air hujan (Metcalf & Eddy, 2003).

Limbah cair adalah buangan dalam bentuk cair yang berasal dari hasil aktivitas dan alam. Limbah cair dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair, misalnya limbah air bekas mandi, mencuci, atau air yang dihasilkan dari proses memasak dan sebagainya. Segala jenis limbah yang berwujud cairan baik berupa air beserta buangan yang tercampur (tersuspensi) maupun buangan yang terlarut dalam air (Ichtiakhiri & Sudarmaji, 2015).

Limbah cair sudah tidak dapat terpakai lagi dan umumnya dibuang ke dalam tanah, sungai, danau, dan laut. Ketika kuantitas air limbah yang dibuang melebihi kemampuan alam untuk menerima atau menampungnya, maka akan berdampak pada terjadinya kerusakan lingkungan (Purnawan,

Angge & Agnes, 2018). Limbah cair pada dasarnya mengandung banyak polutan yang mengakibatkan air tidak dapat digunakan lagi sesuai dengan peruntukannya. Polutan dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi sebagai berikut (Hidayat, 2016):

1. Substansi terlarut meliputi bahan organik yang mudah dirombak dan bahan anorganik yang sukar dirombak.
2. Koloid sebagian besar berupa bahan organik ataupun anorganik yang membentuk partikel kecil ataupun minyak yang berupa tetesan dan tidak terendapkan.
3. Padatan tersuspensi meliputi partikel organik dan anorganik. Partikel organik diantaranya mikroorganisme dan sisa-sisa makanan sedangkan partikel anorganik diantaranya pasir, lempung, mineral, dan sebagainya.

Berdasarkan sumbernya, air limbah dapat dikategorikan menjadi dua jenis (Sugiharto, 2008) yaitu:

1. Limbah Rumah Tangga (*Domestic Waste Water*)

Limbah domestik merupakan limbah yang memiliki kandungan bahan-bahan pencemar organik, non organik, dan bakteri yang sangat berpotensi untuk mencemari sumber air. Sumber utama air limbah rumah tangga dilingkup masyarakat bersumber dari perumahan dan daerah perdagangan. Limbah cair domestik terbagi menjadi dua kategori yakni limbah cair domestik yang berasal dari air cucian seperti sabun, deterjen, minyak, dan peptisida. Berbeda halnya dengan limbah cair domestik yang berasal dari kakus seperti sabun, shampo, tinja, dan air seni.

2. Air Limbah Non Domestik/Industri

Air limbah industri merupakan air limbah yang didapatkan dari bekas pemakaian yang bersumber dari daerah bukan pemukiman seperti wilayah industri, rumah sakit, laboratorium, dan lain sebagainya. Jumlah aliran air limbah yang berasal dari industri sangat tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri.

Berdasarkan konsentrasinya, limbah cair dapat dibedakan menjadi limbah cair dengan konsentrasi rendah, sedang, dan tinggi. Limbah cair dengan konsentrasi rendah seperti limbah cair dari sistem pendingin ruangan yang dapat langsung dibuang ke lingkungan dengan persyaratan yang mencukupi. Limbah cair dengan konsentrasi sedang ini bisa diolah secara langsung disumber limbah ataupun dibuang ke saluran pembuangan. Berbeda halnya dengan limbah cair dengan konsentrasi tinggi yang memerlukan perlakuan khusus contohnya saja konsentrasinya dikentalkan, diolah, dan kemudian didaur ulang sebelum dibuang. Pembuangan limbah cair saja tidak mampu mengatasi timbulnya masalah lingkungan melainkan perlu adanya penanganan dan pengolahan lebih lanjut terhadap limbah cair. Proses penanganan dan pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan memperhatikan tiga prinsip yaitu (Suhartini & Irnia, 2018) :

1. *Reduce* yaitu prinsip pengurangan jumlah limbah yang dihasilkan langsung dari sumbernya. Langkah yang digunakan yaitu dengan melakukan identifikasi di titik-titik proses produksi ataupun aktivitas yang berpotensi

menghasilkan limbah. Selanjutnya dapat dilakukan dengan pengurangan penggunaan bahan baku.

2. *Reuse* yaitu prinsip penggunaan kembali limbah baik dengan melalui pengolahan ataupun tanpa pengolahan terlebih dahulu.
3. *Recycling* yaitu prinsip daur ulang limbah dengan melakukan proses pengolahan lebih lanjut.

B. Tinjauan Umum tentang Air Limbah Domestik

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik adalah air limbah yang bersumber dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Air limbah domestik ialah air limbah yang sudah digunakan yang bersumber dari rumah tangga atau pemukiman, perdagangan, daerah kelembagaan, dan daerah rekreasi, meliputi air buangan dari kamar mandi, WC (*Water Closet*), tempat cuci maupun tempat memasak.

Air limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan sehari-hari dilingkup rumah tangga akan tetapi tidak termasuk tinja. Kegiatan sehari-hari yang menghasilkan limbah diantaranya mencuci, memasak, mandi, kegiatan pertanian, kegiatan peternakan, dan lain sebagainya. Menurut bentuk fisiknya, air limbah domestik dapat dikategorikan menjadi, yaitu (Surbakti, Sebayang & Mundra, 2020):

1. Limbah cair ialah buangan yang bersumber dari toilet, air cucian, dan air kamar mandi.

2. Limbah padat atau sampah ialah limbah yang diperoleh dari sampah sisa makanan, bungkus atau kemasan, kantong plastik, dan botol bekas.
3. Limbah gas ialah limbah yang diperoleh dari asap dari kompor minyak, asap dari tungku, asap dari pembakaran sampah, dan bau dari kakus.

Air limbah domestik dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut:

- a. *Grey water*, merupakan air limbah yang diperoleh dari bekas cucian dapur, mesin cuci, dan kamar mandi. *Grey water* umum disebut *sullage*. Campuran tinja (*faeces*) dan air seni (*urine*) sering disebut sebagai *excreta*. Berbeda halnya dengan campuran *excreta* yang disertai air bilasan toilet umum disebut sebagai *black water*. Mikroba patogen pada umumnya terdapat pada *excreta*. *Excreta* ini termasuk cara transpor utama untuk penyakit bawaan.
- b. *Black water*, merupakan air limbah yang diperoleh dari tinja (*faeces*) dan berpotensi untuk mengandung mikroba patogen dan air seni (*urine*). *Black water* pada umumnya juga mengandung Nitrogen (N) dan Fosfor, serta mikroorganisme (Mende, 2015 dalam Permatasari, 2017).

Air limbah baik air limbah domestik maupun air limbah non domestik memiliki beberapa karakteristik berdasarkan dengan sumbernya. Umumnya karakteristik air limbah domestik terdiri dari tiga komponen utama yaitu karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik tersebut masing-masing memiliki nilai ambang batas yang berbeda sesuai kebijakan yang

dikeluarkan oleh pemerintah. Adapun uraian tiga karakteristik dari air limbah domestik yakni sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2013):

1. Karakteristik Fisika

a. Padatan (*solids*)

Air limbah domestik mengandung berbagai macam zat padat baik dari material yang kasar maupun dengan material yang bersifat koloidal. Karakteristik khas air limbah domestik yaitu material kasar selalu dihilangkan sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.

b. Warna

Air limbah domestik mayoritas berwarna cokelat muda keabu-abuan. Seiring dengan bertambahnya waktu dalam sistem pengumpulan dan telah berkembangnya kondisi anaerobik, warna air limbah domestik kemudian mengalami perubahan. Warnanya berubah dari abu-abu menjadi abu-abu gelap hingga pada akhirnya berubah menjadi hitam. Ketika warna air limbah menjadi hitam maka dapat disimpulkan bahwa air limbah tersebut telah termasuk dalam kondisi tercemar.

c. Suhu

Suhu dari air limbah domestik merupakan salah satu parameter penting. Hal ini dikarenakan pH sangat berpengaruh terhadap reaksi kimia dan laju reaksi, kehidupan dalam air, dan keberlangsungan air untuk kepentingan yang bermanfaat. Peningkatan laju reaksi biokimia secara bersamaan disertai dengan peningkatan suhu memiliki kemampuan untuk menurunkan jumlah oksigen yang terdapat pada air.

2. Karakteristik Kimia

a) Parameter Organik

1) *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh populasi campuran dari mikroorganisme untuk melakukan proses oksidasi aerobik terhadap bahan-bahan organik dalam suatu sampel air kotor pada suhu 20°C. Pemeriksaan BOD dianggap sebagai suatu prosedur oksidasi dimana organisme hidup bertindak sebagai medium untuk menguraikan bahan organik menjadi CO₂ dan H₂O. Proses reaksi oksidasi selama pemeriksaan BOD termasuk hasil dari aktivitas biologis dengan kecepatan reaksi yang berlangsung sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi dan suhu. Hal ini mengakibatkan selama pemeriksaan BOD, suhu harus diusahakan konstan pada 20°C yang merupakan suhu yang umum di alam.

2) *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 ml sampel air. Bahan organik diurai melalui proses kimia dengan menggunakan oksidator kuat Kalium Dikromat (K₂Cr₂O₇) di kondisi asam dan panas dengan katalisator Perak Sulfat (Ag₂SO₄). Hal ini akan berdampak terhadap segala macam bahan

organik baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai, semuanya akan mengalami proses oksidasi.

b) Parameter Anorganik

1) Derajat Keasaman (pH)

Power of Hydrogen (pH) merupakan derajat keasaman yang berfungsi untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Alat ukur keasaman pada air mulai dari pH 0 sampai pH 14. pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi dan pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi. pH 6,5 hingga 7,5 dinilai sebagai pH normal sedangkan bila nilai pH <6,5 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat asam dan nilai pH >7,5 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa. pH merupakan parameter kualitas yang penting untuk air bersih dan air limbah. pH yang baik untuk proses biologis pada air limbah adalah 6 - 9.

2) Nitrogen

Secara alamiah, senyawa nitrogen di perairan bersumber dari metabolisme organisme perairan dan dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri. Bakteri selanjutnya melakukan penguraian nitrogen secara cepat dan mengubahnya menjadi amonia.

3) Fosfor

Unsur Fosfor (P) dalam air kedudukannya sama dengan elemen Nitrogen (N). Fosfor termasuk salah satu unsur penting untuk pertumbuhan alga dan organisme biologi lainnya. Fosfor di

perairan dapat diidentifikasi dengan bentuk antara lain Ortofosfat (PO_4^{3-}), Polifosfat, dan Fosfat Organik.

4) *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah oksigen yang tersedia di dalam air yang dibutuhkan oleh setiap jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme ataupun pertukaran zat yang kemudian akan menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik maupun anorganik di dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Wifarulah, 2016). *Dissolved oxygen* merupakan salah satu parameter yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk pernapasan. Adanya larutan oksigen yang terkandung di dalam air limbah sangat dibutuhkan karena berpotensi untuk mencegah proses pembentukan bau busuk. DO merupakan parameter kualitas yang penting air limbah dimana DO yang baik untuk proses biologis pada air limbah berkisar 0 - 4 mg/L.

5) Bau

Bau yang terdapat di dalam air limbah domestik mayoritas diakibatkan oleh udara yang diperoleh dari proses penguraian zat organik yang ditambahkan ke dalam air limbah. Ciri umum pada bau busuk air limbah yaitu Hidrogen Sulfida (H_2S) yang diproduksi dari

mikroorganisme anaerobik dan mampu mengubah Sulfat (SO_4^{2-}) menjadi Sulfida (S^{2-}).

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologis air limbah merupakan salah satu hal yang penting dalam proses pengendalian penyakit yang disebabkan oleh organisme patogen dan peran mikroorganisme terhadap dekomposisi dan stabilitas zat organik, baik di alam maupun di instalasi pengolahan limbah. Organisme yang ditemukan pada air permukaan dan air limbah diantaranya bakteri, jamur, protozoa, alga, hewan, tumbuhan, dan virus.

C. Tinjauan Umum tentang Bahan Pencemar Organik

Bahan pencemar merupakan sumber zat atau bahan asing yang masuk ke lingkungan dan berakibat pada terjadinya perubahan kondisi lingkungan. Perubahan lingkungan yang terjadi sangat bergantung pada besarnya jumlah ataupun tingkat toksisitas dari limbah yang masuk ke lingkungan. Selain itu, perubahan lingkungan juga diakibatkan oleh faktor kapasitas media lingkungan dalam menampung limbah agar tidak terjadi suatu pencemaran lingkungan. Pencemaran dan kerusakan lingkungan dapat terjadi ketika beban pencemar telah melampaui daya dukung lingkungan. Beban lingkungan yang terlalu besar mengakibatkan lingkungan pun memerlukan waktu yang lama dalam memperbaiki diri. Hal ini akan berdampak pada terjadinya pencemaran lingkungan apabila perbaikan tersebut susah dilakukan (Suyasa, 2015).

Air limbah domestik tidak hanya terdiri dari air tetapi juga terdiri dari bahan padatan seperti partikel dari bahan organik dan anorganik. Bahan-bahan organik pada air limbah domestik terdiri dari protein 65%, karbohidrat 25%, dan lemak 10%. Bahan-bahan organik ini pada umumnya dapat terurai karena dapat dijadikan sebagai sumber makanan dan media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme termasuk bakteri (Sugiharto, 2008). Adapun penjelasan terkait kandungan bahan pencemar organik pada air limbah domestik yaitu sebagai berikut:

1. Protein

Protein memiliki makna “pertama atau utama”. Protein ialah makromolekul yang sangat berlimpah didalam sel dan berperan dalam menyusun lebih dari setengah berat kering di hampir semua organisme. Struktur protein terdiri dari polipeptida yang mempunyai rantai yang sangat panjang dan tersusun atas banyak unit asam amino. Protein termasuk suatu zat makanan yang berperan penting bagi tubuh karena berfungsi sebagai bahan bakar sekaligus sebagai zat pembangun dan pengatur dalam tubuh. Protein ini juga merupakan sumber asam-asam amino yang mengandung unsur-unsur Carbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O) dan Nitrogen (N) yang tidak dimiliki oleh lemak ataupun karbohidrat (Winarno, 2004).

2. Karbohidrat

Karbohidrat adalah senyawa kimia yang menjadi sumber energi utama (80%) dalam tubuh manusia. Senyawa kimia karbohidrat terdiri dari

Carbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Karbohidrat memiliki kandungan gula sederhana yaitu gula yang mudah dimetabolisme menjadi asetil CoA, selanjutnya memasuki biosintesis lemak. Asupan karbohidrat yang mengandung gula sederhana tinggi kemudian tidak diikuti dengan aktivitas fisik berpotensi untuk mempercepat biosintesis lemak. Sumber karbohidrat utama dapat ditemukan di tumbuhan (Surbakti, 2010 dalam Noriko & Pambudi, 2015).

3. Lemak

Lemak adalah senyawa kimia yang mengandung unsur Carbon (C), Hidrogen (H), dan Oksigen (O). Partikel lemak terdiri dari empat bagian yaitu satu atom gliserol dan tiga partikel lemak tak jenuh. Lemak atau lipid merupakan salah satu nutrisi yang diperlukan oleh tubuh dan berfungsi untuk menyediakan energi, melarutkan vitamin A, D, E, K dan menyediakan asam lemak esensial bagi tubuh manusia. Berdasarkan struktur kimianya, lemak dapat dikategorikan menjadi lemak jenuh dan lemak tak jenuh. Lemak jenuh umumnya padat pada suhu kamar. Berbeda halnya dengan lemak tak jenuh umumnya cair pada suhu kamar. Lemak tidak mampu larut dalam air tetapi mampu larut dalam larutan non polar seperti eter. Lemak termasuk lipida yang mayoritas terdapat di alam dan termasuk komponen utama pada bahan makanan yang banyak ditemukan di dalam air limbah. Minyak merupakan lemak yang bersifat cair, banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh-

tumbuhan. Lemak relatif stabil dan tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri (Poedjiadi, 1994 dalam Angelia, 2016).

Pencemaran lingkungan oleh lemak adalah media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Hal ini berpengaruh terhadap terjadinya proses pembusukan yang dapat menimbulkan bau tidak enak (bau busuk). Lemak dalam limbah cair diperairan mampu menutupi permukaan air sehingga dapat menghambat proses masuknya oksigen. Akibat kondisi kekurangan oksigen di perairan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan keseimbangan ekosistem air sehingga berdampak terhadap kematian berbagai biota air (Ganefati, 2011).

Limbah lemak yang terus menerus dibiarkan mengalir dalam saluran drainase lingkungan berpotensi mencemari sumber air lingkungan. Hal ini dikarenakan dalam limbah cair minyak/lemak terdapat polutan yang cukup berbahaya dan menjadi sumber berkembang biaknya bakteri patogen yang mampu mengurangi kandungan oksigen dalam limbah cair. Apabila limbah cair minyak/lemak masuk ke tanah maka akan mampu menutup pori-pori tanah dan mengganggu daya resap air tanah dalam perairan (Hakim, 2017 dalam Purwanti & Fuzie, 2018).

Tahapan yang digunakan oleh mikroorganisme seperti bakteri dalam menguraikan bahan organik di dalam air limbah yaitu sebagai berikut (Ishartanto, 2009):

1. Transfer

Proses transfer adalah suatu tahapan yang digunakan oleh bakteri untuk mengubah bahan organik karbon pada air limbah menjadi karbondioksida, air, amonia, dan energi (proses katabolisme). Bahan organik terlarut kemudian akan diserap oleh dinding sel atau membran sel bakteri (proses absorpsi).

2. Konversi

Proses konversi adalah suatu tahapan lanjutan dari proses transfer dimana energi yang dihasilkan oleh bakteri melalui proses transfer akan digunakan kembali dalam membentuk sel-sel baru (proses anabolisme).

3. Flokulasi

Flokulasi adalah suatu tahapan akhir dari proses penguraian bahan organik. Tahapan ini bakteri telah kenyang dan aktivitasnya mulai menurun sehingga akan tenggelam pada kondisi air yang tenang. Penerapan proses ini di instalasi pengolahan air limbah berlangsung dalam sebuah bak pengendap.

D. Tinjauan Umum tentang *Bacillus* sp.

Bakteri merupakan mikroba prokariotik uniseluler dan berkembang biak dengan cara aseksual melalui pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil akan tetapi terdapat bakteri yang bersifat fotosintetik, bakteri mampu hidup secara bebas, parasit, saprofit, sebagai patogen pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Bakteri memiliki berbagai jenis habitatnya misalnya terdapat di alam, tanah, laut, atmosfer bahkan di dalam lumpur. Bakteri termasuk

struktur sel yang tidak memiliki membran inti sedangkan komponen genetiknya berada di dalam molekul DNA tunggal yang terdapat di dalam sitoplasma (Alimuddin, 2005). Bakteri memiliki bentuk dasar bulat, batang, dan lengkung. Faktor yang mempengaruhi bentuk bakteri yaitu umur dan syarat pertumbuhan tertentu. Bakteri mampu mengalami involusi yaitu perubahan bentuk yang diakibatkan oleh berbagai faktor seperti makanan, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri (Sumarsih, 2003).

Bacillus sp. adalah bakteri yang berbentuk batang, dapat digolongkan sebagai bakteri gram positif pada kultur muda, motil (reaksi non motil kadang terjadi), mampu menghasilkan spora yang umumnya resisten terhadap panas, bersifat aerob (beberapa spesies bersifat anaerob fakultatif), katalase positif, dan oksidasi bervariasi. Tiap spesies *Bacillus* memiliki perbedaan dalam penggunaan gula dimana sebagian besar melakukan fermentasi dan sebagian tidak. *Bacillus* sp. merupakan salah satu jenis bakteri yang mempunyai kemampuan untuk menghasilkan protease. Protease ialah satu diantara tiga kelompok enzim komersial yang bisa diperdagangkan sebagai katalisator hayati (Baehaki, 2011). Enzim ekstraseluler *Bacillus* sp. sangat efisien dalam memecah berbagai senyawa baik karbohidrat, lipid, dan protein rantai panjang menjadi unit-unit rantai pendek atau senyawa-senyawa yang jauh lebih sederhana (Yusufa dkk., 2013).

Bacillus sp. tergolong bakteri antagonis yang mempunyai kemampuan untuk menekan beberapa penyakit pada tanaman. Bakteri

Bacillus dapat diperoleh dari tanah, air, udara, dan materi tumbuhan yang terdekomposisi. *Bacillus* memiliki ukuran $0,3 - 22 \times 1,27 - 7 \mu\text{m}$ dan sebagian bersifat motil (mampu bergerak). Hal ini disebabkan oleh flagel yang dimiliki dimana ketika dipanaskan akan membentuk endospora yaitu bentuk dorman sel vegetatif sebagai bentuk pertahanan diri yang hadir ketika kondisi sedang ekstrim (Graumann, 2007).

Adapun klasifikasi bakteri berdasarkan aturan tatanama menurut *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 8th editions dalam Hadioetomo (1985) adalah sebagai berikut:

Kingdom : *Procaryotae*

Divisi : *Bacteria*

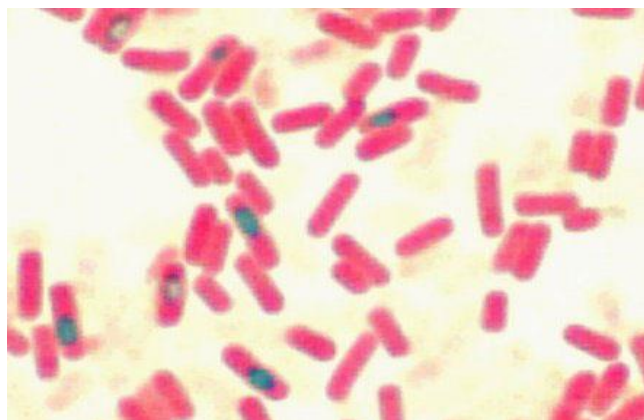
Kelas : *Schizomycetes*

Bangsa : *Eubacteriales*

Suku : *Bacillaceae*

Marga : *Bacillus*

Jenis : *Bacillus sp.*



Gambar 2.1 *Bacillus sp.*

Sumber: ASM *Microbiology Society* - ASM.org

Bakteri kelompok *Bacillus* memiliki sifat kemoorganotrof, metabolisme dengan respirasi sejati, fermentasi sejati, atau bahkan keduanya yakni respirasi dan fermentasi. Kelompok *Bacillus* mampu menfermentasi gula jenis glukosa, laktosa dan maltosa. *Bacillus* sp. juga memiliki kemampuan untuk memanfaatkan bahan organik yang terkandung di dalam limbah dengan cara melepaskan enzim. Pelepasan enzim yang dilakukan bertujuan untuk menguraikan senyawa organik sehingga dapat menghasilkan produk sampingan berupa gas Karbondioksida (CO_2), Metana (CH_4), Hidrogen (H_2) dan Air (H_2O), serta energi sebagai penunjang aktivitas metabolisme. Karakteristik *Bacillus* sp. yaitu selulolitik, proteolitik, lipolitik, dan amilolitik (Sutiamiharjo, 2008).

Kemampuan fisiologi dari kelompok *Bacillus* sangat beragam dimana beberapa jenis bersifat motil yakni sangat peka terhadap panas dan perubahan pH, umumnya uji katalase dan oksidase positif. Bakteri *Bacillus* ini tersebar luas pada berbagai macam habitat. Ketika ditumbuhkan di media *blood* agar maka dapat menghasilkan *Bacillus* yang banyak, menyebar, koloni yang berwarna abu-abu dengan pinggirannya yang tidak rata (Ernawati, 2010).

E. Tinjauan Umum tentang *Power of Hydrogen* (pH)

Istilah pH berasal dari “p” yang merupakan lambang matematika dari *negative* logaritma, dan “H” lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah jika keasamaannya tinggi dan biru bila keasamaannya rendah (Alamsyah & Andriansyah, 2019). Konsep pH pertama kali

diperkenalkan oleh Soren Peder Louritz seorang kimiawan Denmark. *Power of Hydrogen* (pH) merupakan derajat keasaman yang berfungsi untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Alat ukur keasaman pada air mulai dari pH 0 sampai pH 14. pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi dan pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi. pH 6,5 hingga 7,5 dinilai sebagai pH normal sedangkan bila nilai pH <6,5 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat asam dan nilai pH >7,5 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa (Azmi dkk, 2016).

pH asam adalah suatu zat yang dapat membebaskan ion H^+ dan basa adalah suatu zat yang dapat membebaskan ion OH^- dalam larutannya. Larutan asam adalah larutan yang mengandung ion H^+ dan larutan basa adalah larutan yang mengandung ion OH^- (Parning dkk, 2006). Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran kandungan hidrogen dalam air. Derajat keasaman yang ideal untuk digunakan adalah 6,2 - 7,5. Makhluk hidup akuatik tidak dapat hidup di air dengan pH 1 - 4 (terlalu rendah) atau 11 - 14 (terlalu tinggi). Jika pH tidak sesuai dengan pH ideal yang dibutuhkan makhluk hidup yang ada dalam air dapat mati. Kandungan CO_2 dalam air sangat mempengaruhi nilai pH. CO_2 ini merupakan hasil respirasi makhluk hidup dalam air dan kadarnya berbeda antara siang dan malam. Derajat keasaman air dapat diukur menggunakan kertas lakmus atau pH meter (Huda, 2009).

Pengukuran pH air tidak harus dilakukan di laboratorium, tetapi dapat dilakukan sendiri dengan menggunakan kertas pH atau kertas lakmus

(metode perbedaan warna). Bentuk kertas lakmus berupa potongan-potongan kertas berukuran kecil. Cara pengukurannya yaitu dengan mengambil sampel air, kemudian celupkan kertas lakmus ke dalam air sampel selama beberapa detik hingga tidak terjadi perubahan warna. Cocokkan warna kertas lakmus dengan indikator warna pH yang tertera dalam kemasan kertas lakmus. Supaya hasilnya lebih akurat, ambil dan tes 2 - 3 sampel air (Sitanggang, 2007).

Derajat keasaman air sangat menentukan kualitas air. Setiap organisme membutuhkan kisaran nilai pH untuk dapat hidup dan berkembang biak. Bila derajat keasaman air tidak sesuai, organisme tidak dapat hidup dengan baik, bahkan dapat berakibat pada kematian. Mahluk hidup di dalam air membutuhkan derajat keasaman air (nilai pH) kisaran 6,5 - 8. Namun pada umumnya air di perairan Indonesia yang beriklim tropis hanya memiliki kandungan derajat keasaman air berkisar 5 - 6,8. Apabila nilai pH air kurang dari 6, derajat keasaman air tersebut perlu dinaikkan (Sutrisno, 2007). Berikut ini faktor-faktor yang dapat menyebabkan turunnya pH adalah sebagai berikut (Syamsuddin, 2014):

1. Dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam, baik asam-asam organik maupun asam-asam anorganik.
2. Kelimpahan biota dimana respirasi tanaman akuatik pada malam hari dan pada saat cuaca mendung disiang dan respirasi hewan akuatik yang sedang berlangsung terus menghasilkan kemasaman (peningkatan jumlah ion H^+).
3. Proses nitrifikasi.

4. Kontaminasi zat-zat tertentu seperti dari pupuk.
5. Suhu, peningkatan suhu meningkatkan aktivitas dekomposisi bahan organik yang selanjutnya menghasilkan asamanik, baik asam-asam anorganik maupun asam-asam organik.

Kertas lakmus bukanlah satu-satunya alat yang dapat digunakan untuk mengukur pH. Pengukuran pH air juga dapat dilakukan dengan menggunakan pH meter otomatis. Cara penggunaannya cukup gampang, hanya dengan mencelupkan ujung detektor pH meter yang terbuat dari logam ke dalam air. Secara otomatis skala pada pH meter akan menunjukkan angka yang menggambarkan kondisi pH air yang sesungguhnya. Untuk keakuratan hasil, lakukan 2 - 3 kali pengukuran pada tempat yang berbeda (Sitanggang, 2007).



Gambar 2.2 pH Meter
Sumber: Data Primer, 2021

Umumnya pH air yang rendah tidak dapat menjadi tempat pertumbuhan yang baik untuk kehidupan organisme hidup, tetapi sebaliknya

jamur justru cocok untuk tumbuh pada pH air yang rendah. pH merupakan salah satu parameter penting dalam memantau kualitas perairan, seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan, dan indikator mengenai kondisi keseimbangan unsur-unsur kimia (hara dan mineral) di dalam ekosistem perairan. pH memengaruhi ketersediaan unsur-unsur kimia dan ketersediaan mineral yang dibutuhkan oleh hewan akuatik sehingga pH dalam suatu perairan dapat dijadikan sebagai indikator produktivitas perairan (Syamsuddin, 2014).

pH ialah ukuran keasaman (*acidity*) atau kebasaan (*alkalinity*) pada limbah cair yang dapat dijadikan sebagai patokan perlu atau tidaknya pengolahan pendahuluan (*pretreatment*) untuk mencegah terjadinya gangguan terhadap proses pengolahan limbah cair secara konvensional. Limbah dengan nilai $\text{pH} = 7$ menunjukkan bahwa kondisi limbah bersifat netral, pH kurang dari 7 kondisi limbah bersifat asam, sedangkan pH lebih dari 7 kondisi limbah bersifat basa. pH memiliki peranan penting terhadap tumbuhan dan hewan air yang seringkali dijadikan ukuran untuk menentukan baik buruknya keadaan air. Air dengan nilai pH lebih kecil atau lebih besar dari kisaran nilai pH normal tidak cocok untuk kehidupan mikroorganisme.

Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kecepatan aktivitas enzim dalam mengkatalisis suatu reaksi salah satunya adalah pH. Hal ini dikarenakan konsentrasi ion hidrogen yang mempengaruhi tiga dimensi enzim dan aktivitasnya. Setiap enzim mempunyai nilai pH optimum yaitu pH yang mengakibatkan terjadinya aktivitas secara maksimal. pH optimum

enzim tidak harus sama dengan pH lingkungan normalnya, melainkan bisa memiliki pH yang berada diatas ataupun dibawah pH optimum. Bakteri sebagian besar bekerja secara optimum pada rentang pH 6 - 8, akan tetapi terdapat beberapa jenis mikroba mampu hidup pada pH yang lebih rendah yang disebut dengan istilah *acidophiles*. Mikroba yang hidup pada pH yang lebih tinggi dikenal dengan istilah *alkalophiles* (Prescott *et al.*, 2008).

F. Tinjauan Umum tentang Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan yang memiliki peranan penting terhadap pertumbuhan dan kemampuan suatu mikroorganisme untuk bertahan hidup. Suhu ialah besaran yang menunjukkan derajat panas dingin suatu benda. alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer. Suhu juga seringkali disebut temperatur. Berdasarkan SI (Satuan Internasional), satuan suhu adalah Kelvin (K). Skala-skala lain adalah Celcius, Fahrenheit, dan Reamur. Skala Celcius pada nilai 0°C adalah titik dimana air membeku dan 100°C adalah titik didih air pada tekanan 1 atmosfer. Skala ini merupakan skala yang paling umum digunakan di dunia (Supu dkk., 2017).

Suhu termasuk salah satu parameter fisika yang penting untuk kehidupan makhluk hidup di perairan. Kenaikan suhu diatas batasan toleransi makhluk hidup akan mendorong terjadinya peningkatan laju metabolisme begitupun sebaliknya Pertumbuhan suatu mikroba membutuhkan standar suhu tertentu. Standar suhu untuk pertumbuhan dikelompokkan menjadi tiga yaitu suhu minimum, suhu optimum, dan suhu maksimum. Suhu minimum

merupakan suhu terendah dimana masih memungkinkan suatu mikroba dapat hidup. Suhu optimum ialah suhu yang paling baik untuk pertumbuhan suatu mikroba. Suhu maksimum merupakan suhu tertinggi untuk pertumbuhan suatu mikroba (Kumar dan Takagi, 1999).

Pengukuran suhu air dapat dilakukan dengan menggunakan termometer. Prosedur penggunaannya cukup mudah, hanya dengan mencelupkan termometer ke dalam air. Secara otomatis skala pada termometer akan menunjukkan angka yang menggambarkan kondisi suhu air yang sesungguhnya.



Gambar 2.3 Termometer
Sumber: Data Primer, 2021

Pertumbuhan bakteri umumnya mencapai optimal pada suhu sekitar 20 - 45°C yang sering disebut mesofilik. Berbeda halnya dengan bakteri termofilik yang sudah melakukan penyesuaian diri untuk bertahan hidup dan berkembang pada suhu yang lebih tinggi. Bakteri termofilik merupakan bakteri yang memiliki kemampuan bertumbuh dalam rentang suhu sekitar 40 - 80°C dengan pertumbuhan optimal pada suhu 50 - 65°C. Bahkan, termofilik

ekstrim mempunyai suhu optimal lebih dari termofil dan mampu bertoleransi pada suhu lebih dari 100°C (Stuart, 2005). Berbeda halnya dengan suhu air limbah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu normal air, biasanya dapat mencapai 40 - 50°C. Suhu air limbah yang relatif tinggi mampu menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air sehingga berdampak pada terjadinya pembusukan.

G. Tinjauan Umum tentang Identifikasi Bakteri

Isolasi merupakan tahapan yang dilakukan sebelum identifikasi bakteri dimana terlebih dahulu memisahkan bakteri dari lingkungannya di alam dan menumbuhkannya sebagai biakan murni. Selain itu, ditumbuhkan pula dalam suatu medium buatan. Prinsip dari isolasi bakteri yaitu memisahkan satu jenis bakteri dengan bakteri lainnya yang berasal dari campuran bermacam-macam bakteri pada suatu media selektif. Media selektif merupakan media khusus yang berfungsi untuk menumbuhkan bakteri tertentu yang mengandung nutrien-nutrien yang khusus dimanfaatkan oleh bakteri tertentu untuk tumbuh pada media selektif. Isolasi ini juga dapat dilakukan dengan menumbuhkan bakteri dalam media padat yang selanjutnya sel-sel bakteri akan membentuk suatu koloni sel yang tetap pada tempatnya (Adams, 2000).

Teknik isolasi bakteri dapat dikategorikan menjadi beberapa metode yaitu sebagai berikut:

1. Metode Cawan Gores (*Streak Plate*)

Metode cawan gores (*streak plate*) adalah suatu teknik yang digunakan dimana proses mendapatkan koloni benar-benar terpisah dari koloni yang lain. Hal ini dapat mempermudah proses isolasi. Metode ini dilakukan dengan cara menggoreskan *ose* terhadap cawan petri yang telah berisi media steril.

2. Metode Cawan Sebar (*Spread Plate*)

Teknik *spread plate* (cawan sebar) adalah suatu teknik yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme di dalam media agar dengan cara pat menuangkan stok kultur bakteri di atas media yang telah padat. Perbedaan teknik ini dengan *pour plate* dimana kultur yang dicampurkan ketika media masih cair (belum padat). Kelebihan teknik *spread plate* ialah mikroorganisme yang tumbuh dapat tersebar secara merata pada bagian permukaan agar (Krisno, 2011).

3. Teknik Pengenceran (*Dilution Plate*)

Teknik pengenceran (*dilution plate*) adalah suatu teknik yang digunakan untuk melarutkan ataupun melepaskan mikroba dari substratnya ke dalam air. Teknik dilusi penting dalam proses analisa mikrobiologi dikarenakan hampir seluruh metode penelitian dan perhitungan jumlah sel mikroba menggunakan teknik *dilution plate* (Waluyo, 2005).

Identifikasi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui jenis organisme tertentu melalui tahapan pengamatan, pengujian, pencatatan, dan identifikasi berdasarkan hasil pengujian. Proses identifikasi

bakteri dapat dilakukan melalui beberapa metode yaitu sebagai berikut (Cappuccino & Sherman, 2014):

1. Pengamatan Makroskopik

Pengamatan makroskopik adalah metode pengamatan yang dilakukan untuk mengamati karakteristik koloni bakteri hasil inokulasi pada media NA datar berdasarkan bentuk koloni, permukaan koloni/elevasi, tepi koloni, dan warna koloni.

2. Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan mikroskopik adalah metode pengamatan yang dilakukan untuk melihat bentuk sel serta sifat bakteri. Pengamatan mikroskopis meliputi pewarnaan gram dan uji biokimia. Pewarnaan gram termasuk salah satu teknik identifikasi yang penting dalam proses penentuan jenis bakteri. Bakteri dikelompokkan menjadi dua yaitu bakteri gram positif yang mampu menyerap warna violet atau biru tua dan bakteri gram negatif yang mampu menyerap warna merah (Susaty, 2006).

Uji biokimia pada bakteri dapat dilakukan melalui beberapa jenis uji diantaranya:

1. Uji Oksidase

Uji oksidase bertujuan untuk mengetahui keberadaan enzim oksidase pada suatu bakteri dengan menggunakan paper oksidase yang perubahan warna yang terjadi pada paper oksidase (Kusdawarti dan Sudarno, 2011).

2. Uji Katalase

Uji Katalase bertujuan untuk mengetahui sifat bakteri dalam menentukan sifat bakteri dalam menghasilkan enzim katalase (Kusdawarti dan Sudarno, 2011).

3. Uji Oksidatif/Fermentatif (O/F)

Uji Oksidatif/Fermentatif (O/F) dilakukan untuk mengetahui sifat oksidatif maupun fermentatif bakteri terhadap glukosa dengan menggunakan dua tabung media yang salah satunya ditutup dengan paraffin. Hal ini dilakukan agar di dalam media tidak terdapat udara yang dapat mendukung terjadinya fermentasi (Kusdawarti dan Sudarno, 2011).

4. Uji *Motil Indol Ornithin* (MIO)

Uji motilitas dilakukan untuk mengetahui motil tidaknya suatu bakteri. Uji ini menggunakan media MIO (*Motility Indole Ornithin*) (Holt et al., 2000).

5. Uji *Methyl Red* (MR) dan *Voges Proskauer* (VP)

Media uji MR-VP mengandung glukosa yang dijadikan sebagai bahan uji kemampuan bakteri dalam mengubah glukosa menjadi asam organik dan alkohol. Bakteri yang mampu mengubah glukosa menjadi asam organik dan alkohol, selanjutnya akan ditambahkan dengan reagen MR sehingga media akan berubah menjadi merah. Berbeda halnya ketika bakteri tidak mampu mengubah glukosa menjadi asam organik dan alkohol maka media akan tetap berwarna

kuning. Uji *Voges Prokauer* ketika bakteri mampu mengubah glukosa menjadi asam organik dan alkohol, selanjutnya akan ditambahkan dengan *alfa naftol* dan KOH 40% sehingga media akan berubah menjadi merah (*Holt et al.*, 2000).

6. Uji Gula

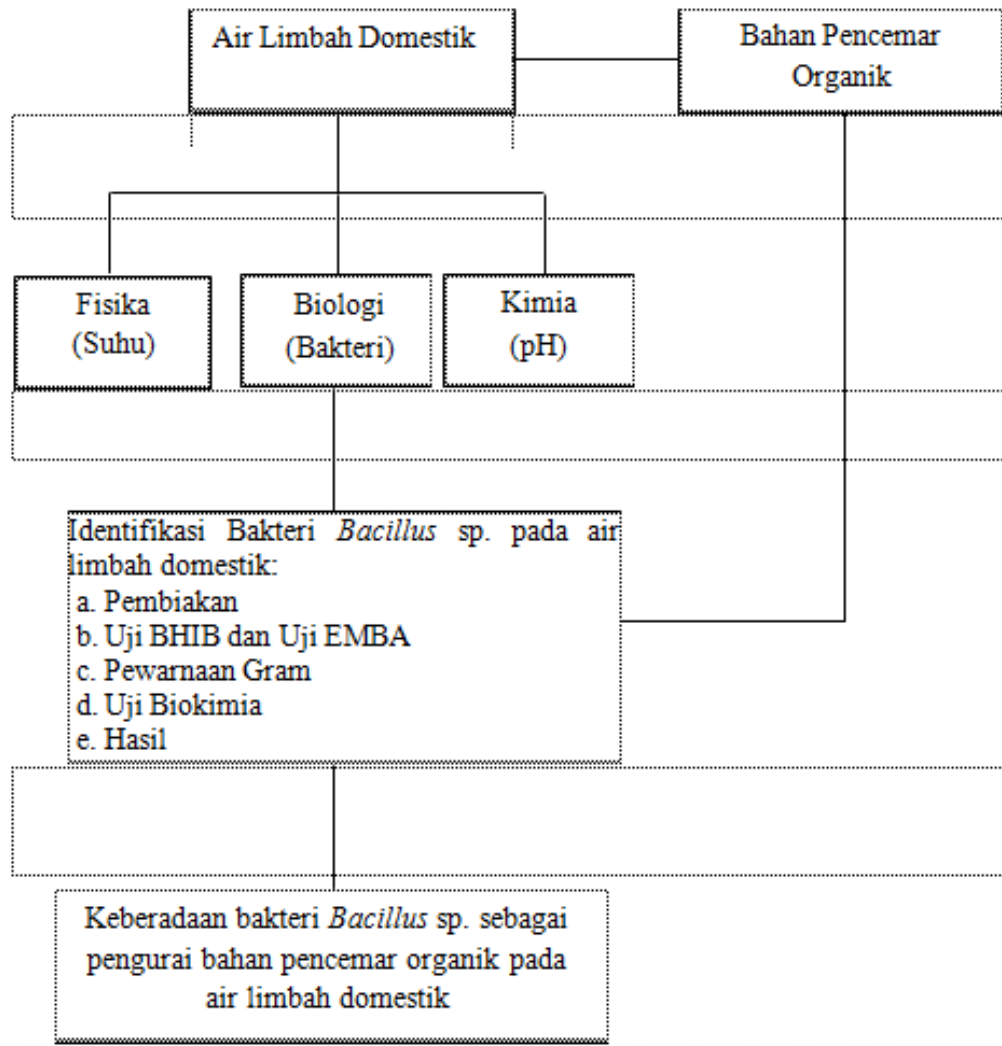
Uji gula-gula dilakukan untuk mendeterminasi kemampuan bakteri dalam mendegradasi gula dan menghasilkan asam organik yang berasal dari tiap jenis gula yaitu glukosa, sukrosa, maltose, arabinosa, manitol, dan inositol (*Holt et al.*, 2000).

7. Uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*)

Uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*) dilakukan dengan tujuan untuk mendeteksi produksi H₂S, fermentasi glukosa dan pembentukan gas. TSIA mengandung tiga macam glukosa (glukosa, laktosa, dan sukrosa), indikator merah fenol, dan FeSO₄ yang mampu menunjukkan pembentukan H₂S. Uji H₂S diperuntukkan untuk mengetahui adanya enzim desulfurase pada bakteri yang mampu menguraikan asam amino sistein menjadi asam disulfida (H₂S). Sistein yaitu asam amino yang mengandung sulfur dan tidak terkandung dalam semua protein. Sistein pada kondisi anaerobik mula-mula akan dipecah menjadi 2 molekul sistein selanjutnya sistein akan dipecah menjadi H₂S, amonia, asam asetat dan asam format. Berbeda halnya pada kondisi aerobik, sistein akan mengalami disimilasi dan menghasilkan H₂S.

H. Kerangka Teori

Berikut ini adalah kerangka teori yang menjadi acuan dalam penelitian ini:



Gambar 2.4 Kerangka Teori Penelitian

Sumber: Sugiharto, 2008; Krisno, 2011; Waluyo, 2005; Cappuccino & Sherman, 2014

BAB III

KERANGKA KONSEP

A. Dasar Pemikiran Variabel Penelitian

Aktivitas manusia mayoritas menghasilkan limbah. Faktor yang berpengaruh terhadap jumlah air limbah yang dihasilkan semakin banyak dari hari ke hari adalah tingginya kepadatan penduduk. Hal ini menjadi permasalahan lingkungan yang cukup dominan. Limbah cair dari hasil kegiatan rumah tangga atau yang biasa disebut sebagai air limbah domestik. Air limbah domestik menjadi salah satu perhatian penting dikarenakan mayoritas masyarakat langsung membuang air limbah yang dihasilkan tanpa melakukan pengolahan lebih lanjut terlebih dahulu. Hal ini berpotensi mengakibatkan terjadinya pencemaran air.

Daerah kepulauan dan pesisir sendiri dikenal sebagai daerah yang masih memiliki kesadaran akan kebersihan lingkungan yang cukup rendah. Hal ini dapat dilihat dari masih banyaknya limbah yang belum terolah dengan cukup baik, termasuk air limbah. Kondisi ini salah satunya terjadi di Pulau Kodingareng Lompo Kota Makassar, dimana masyarakat pada umumnya masih membuang air limbah yang dihasilkan secara langsung ke badan air tanpa melakukan pengolahan sebelumnya.

Limbah domestik merupakan limbah yang mengandung bahan-bahan pencemar organik, non organik, dan bakteri yang berpotensi untuk mencemari sumber air. Sumber utama air limbah rumah tangga dari masyarakat berasal dari perumahan maupun daerah perdagangan. Limbah cair domestik dapat