

**SKRIPSI**  
**IDENTIFIKASI BAKTERI PENGURAI BAHAN PENCEMAR**  
**ORGANIK PADA AIR LIMBAH DOMESTIK PULAU**  
**KODINGARENG LOMPO**

**NURLIA SILA**

**K011171021**



*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 PENGURAI BAHAN PENCEMAR ORGANIK  
PADA AIR LIMBAH DOMSETIK PULAU KODINGARENG LOMPO**

**Disusun dan diajukan oleh**

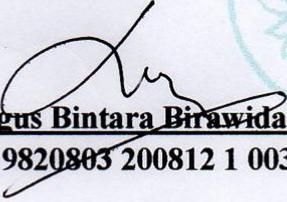
**NURLIA SILA  
K011171021**

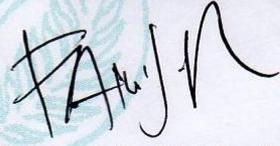
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelaksanaan Studi Program Sarjana Program Studi Kesehatan Masyarakat  
Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 12 Juli 2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

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

  
**Muh. Fajaruddin Natsir, S.KM., M.Kes**  
Nip. 19890211 201504 1 002



Ketua Program Studi,

**Dr. Suriah, SKM, M.Kes**  
Nip. 197405202002122001

## PENGESAHAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah di pertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar pada hari Senin Tanggal 12 Juli 2021.

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

Sekretaris : **Muh. Fajaruddin Natsir, SKM., M.Kes** (.....)

Anggota :

1. **Dr. Erniwati Ibrahim, SKM., M.Kes** (.....)

2. **Dr. Wahiduddin, SKM., M.Kes** (.....)

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nurlia Sila  
NIM : K011171021  
Fakultas : Kesehatan Masyarakat  
Hp : 082157448830  
E-mail : [nurliasila@gmail.com](mailto:nurliasila@gmail.com)

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulisan saya yang berjudul **“IDENTIFIKASI BAKTERI PENGURAI BAHAN PENCEMAR ORGANIK PADA AIR LIMBAH DOMESTIK PULAU KODINGARENG LOMPO”** 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, 14 Juli 2021



Nurlia Sila

## RINGKASAN

Universitas Hasanuddin  
Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Kesehatan Lingkungan  
Makassar, Juli 2021

**NURLIA SILA**

### **“IDENTIFIKASI BAKTERI PENGURAI BAHAN PENCEMAR ORGANIK PADA AIR LIMBAH DOMESTIK PULAU KODINGARENG LOMPO”**

**(xv + 87 Halaman + 6 Tabel + 11 Gambar + 6 Lampiran)**

Permasalahan air limbah di Indonesia menjadi salah satu permasalahan yang serius. Negara-negara berkembang seperti Indonesia, menyumbang 85% pencemaran oleh air limbah domestik yang langsung masuk ke badan air seperti laut yang lambat laun akan mencemari lingkungan. Air limbah domestik adalah buangan dari hasil produksi rumah tangga. Apabila ditinjau dari segi kimiawi, limbah terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik. Limbah di lingkungan akan berdampak negatif pada konsentrasi dan jumlah tertentu yang selanjutnya dapat berdampak pada kelangsungan hidup biota di perairan dan kesehatan manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri pengurai bahan pencemar organik pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo. Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif observasional dengan pendekatan deskriptif. Sampel yang digunakan adalah air limbah domestik (*grey water*) yang diambil dari enam RW di Pulau Kodingareng Lompo.

Hasil penelitian yang diperoleh pada proses identifikasi mikrobiologi didapatkan bahwa jenis bakteri yang terdapat pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo dan mampu menguraikan bahan pencemar organik yaitu bakteri *Eschericia coli*, *Acinetobacter iwoffii*, *Acinetobacter haemolyticus*, *Proteus mirabilis*, dan *Pseudomonas* sp.. Adapun jika ditinjau dari faktor lingkungan, didapatkan hasil pH air limbah domestik berkisar 6,1 - 8,0 sedangkan suhu berkisar 26 - 27°C dimana angka ini merupakan kisaran pH dan suhu yang optimum untuk pertumbuhan bakteri pengurai bahan pencemar organik.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa didalam air limbah domestik ditemukan bakteri yang mampu menguraikan bahan pencemar organik. Oleh karena itu pengaplikasian bakteri pengurai dalam pengolahan air limbah domestik perlu diterapkan untuk menekan pencemaran lingkungan oleh bahan-bahan organik khususnya di badan air seperti air laut.

**Kata Kunci : Bakteri pengurai, Bahan pencemar organik, Air limbah domestik**

## SUMMARY

*Hasanuddin University  
Public Health Faculty  
Environmental Health  
Makassar, July 2021*

***NURLIA SILA  
"IDENTIFICATION OF ORGANIC POLLUTION DECOMPOSING  
BACTERIA IN DOMESTIC WASTEWATER OF KODINGARENG LOMPO  
ISLAND"***

***(xv + 87 page + 6 table + 11 picture + 6 attachment)***

The problem of wastewater in Indonesia is a serious problem. Developing countries, such as Indonesia, contribute 85% of pollution by domestic wastewater that directly enters water bodies such as the sea which will gradually pollute the environment. Domestic wastewater is waste from household production. When viewed from a chemical perspective, waste consists of organic compounds and inorganic compounds. Waste in the environment will have a negative impact on a certain concentration and amount which in turn can have an impact on the survival of biota in the waters and human health. The purpose of this study was to identify the presence of bacteria that decompose organic pollutants in the domestic wastewater of Kodingareng Lompo Island. This type of research is observational quantitative research with a descriptive approach. The sample used is domestic wastewater (greywater) taken from six RW in Kodingareng Lompo Island.

The results obtained in the microbiological identification process showed that the types of bacteria found in the domestic wastewater of Kodingareng Lompo Island and were able to decompose organic pollutants, namely *Eschericia coli*, *Acinetobacter iwoffii*, *Acinetobacter haemolyticus*, *Proteus mirabilis*, and *Pseudomonas sp.* bacteria. environmental factors, the results obtained that the pH of domestic wastewater ranges from 6.1 - 8.0 while the temperature ranges from 26 - 27°C where this number is the optimum pH and temperature range for the growth of bacteria that decompose organic pollutants.

Based on the results of the study, it was found that in domestic wastewater found bacteria that were able to decompose organic pollutants. Therefore, the application of decomposing bacteria in domestic wastewater treatment needs to be applied to suppress environmental pollution by organic materials, especially in water bodies such as seawater.

**Keywords: Decomposing bacteria, Pollutan organic matter, Domestic wastewater**

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

*Bismillahirrohmanirrohim*

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

*Alhamdulillahirobbil'alamin* segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan hidayah-Nya dan telah 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 Pengurai Bahan Pencemar Organik pada Air Limbah Domestik di Pulau Kodingareng Lompo”** sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis tentunya mengalami berbagai hambatan. Namun berkat bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penghargaan dan ucapan

terima kasih yang setulus-tulusnya kepada ayah dan ibu saya, bapak Silahuddin, A.Ma dan ibu Johari, saudari-saudariku tersayang kakak Nurbiah Sila, adek Aminarti dan Anisya Sila serta seluruh keluarga, atas segala doa dan jasa yang tak bisa terbalaskan oleh apapun dan yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun materil yang tak henti-hentinya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Penghargaan yang setinggi-tingginya penulis persembahkan kepada Bapak **Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes** selaku pembimbing I dan Bapak **Muh. Fajaruddin Natsir, S.KM., M.Kes** selaku pembimbing II yang telah membimbing, memberikan arahan, serta dukungan moril sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini bukanlah buah dari kerja keras penulis sendiri. Penulis mendapatkan bantuan, bimbingan serta petunjuk dari berbagai pihak sehingga mampu mengantarkan penulis hingga berada di titik ini. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan tak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Aminuddin Syam, S.KM., M.Kes., M.Med.Ed selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
2. Ibu Dr. Suriah, S.KM, M. Kes selaku Ketua Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin
3. Bapak Prof. Dr. H. Indar, S.H, MPH selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan selama penulis menyelesaikan studi di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

4. Ibu Dr. Erniwati Ibrahim, S.KM., M.Kes dan Bapak Dr. Wahiduddin S.KM., M.Kes selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan serta arahan dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu dosen dan staf Fakultas Kesehatan Masyarakat yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berharga kepada penulis selama menempuh pendidikan di fakultas ini.
6. Saudara-saudariku kader KAMMI yang telah kebersamai dalam ikatan ukhuwah.
7. Pengurus KAMMI Komisariat Unhas Periode 2018-2019, 2019-2020, 2021-2022 yang telah banyak memberikan pembelajaran, pengalaman berharga selama berorganisasi di KAMMI.
8. Saudara seperjuangan, teman-teman REWA 2017 yang telah kebersamai selama peneliti berproses di tubuh KM FKM Unhas.
9. Sahabat pejuang dunia akhirat ANAK-ANAKA TAWWA (Santi, Wida, Riska, Nir), terima kasih atas segala nasehat, dukungan, dan motivasinya selama penulis mengerjakan skripsi ini. Terimakasih karena tetap ada untuk penulis.
10. Sahabat seperjuangan, CIS (Asma, Nabila, Eka, Selvi, Ola, Cica, Ummul, Nanda, Nirma, Milda) yang telah menjadi tempat berkeluh kesah dan berbagi cerita selama proses perkuliahan.
11. Posko 1 PBL FKM Unhas Desa Lassang Kab. Takalar dan Posko Takalar 1 KKN Tematik Gel. 104 Bersatu Melawan Covid-19 yang telah memberikan cerita dan pengalaman berharga yang tidak dapat penulis lupakan.

12. Saudari saya Eka Indriyasari, Leli Pardalita, dan Adriana yang telah menemani selama kegiatan magang di Clean Up Indonesia dan berjuang bersama untuk menyelesaikan studi di FKM Unhas.
13. Om Bastian, tante Osing, dan keluarga yang telah menerima dan membersamai penulis selama berada di Pulau Kodingareng Lompo.
14. Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan sehingga membuat penulis untuk segera mungkin menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
15. Terima kasih untuk diri sendiri yang telah kuat, sabar dan bertahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
16. 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, Juli 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMBUTAN</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN TIM PENGUJI</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>v</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah .....	6
C. Tujuan Penelitian .....	6
D. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>9</b>
A. Tinjauan Umum tentang Air Limbah Domestik .....	9
B. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp .....	14
C. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Acinetobacter</i> sp.....	16
D. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Proteus</i> sp.....	17
E. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Bacillus</i> sp .....	19
F. Tinjauan Umum tentang Bakteri <i>Staphylococcus</i> sp .....	20
G. Tinjauan Umum tentang Bakteri Pengurai Bahan Organik .....	22
H. Tinjauan Umum tentang Bahan Pencemar Organik.....	28
I. Tinjauan Umum tentang Kultur dan Pewarnaan Bakteri .....	31
J. Tinjauan Umum tentang Uji Biokimia .....	34
K. Tinjauan Umum tentang pH.....	39
L. Tinjauan Umum tentang Suhu .....	41

M. Kerangka Teori.....	43
<b>BAB III KERANGKA KONSEP .....</b>	<b>44</b>
A. Dasar Pemikiran Variabel .....	44
B. Kerangka Konsep Penelitian .....	45
C. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif .....	46
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>48</b>
A. Jenis Penelitian .....	48
B. Lokasi dan Waktu penelitian .....	48
C. Populasi dan Sampel Penelitian .....	48
D. Pengambilan Sampel.....	49
E. Pengumpulan Data .....	58
F. Instrumen Penelitian.....	59
G. Pengolahan dan Analisis Data.....	60
H. Penyajian Data .....	60
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>61</b>
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	61
B. Hasil Penelitian .....	63
C. Pembahasan.....	66
D. Keterbatasan Penelitian.....	78
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>79</b>
A. Kesimpulan .....	79
B. Saran .....	80

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rata-rata aliran limbah daerah pemukiman .....	10
Tabel 2.2. Biodegradabilitas Senyawa Organik.....	30
Tabel 3.1. Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif .....	46
Tabel 5.1. Lokasi dan Waktu Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik .....	64
Tabel 5.2. Distribusi Suhu dan pH pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng Lombo Tahun 2021 .....	64
Tabel 5.3. Distribusi Frekuensi Keberadaan Bakteri Berdasarkan Gram Bakteri pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng Lombo Tahun 2021...	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Pengelompokan Kandungan Air Limbah Domestik .....	10
Gambar 2.2 Bakteri <i>Pseudomonas</i> sp. ....	16
Gambar 2.3 Bakteri <i>Acinetobacter</i> .....	17
Gambar 2.4 Bakteri <i>Proteus</i> sp.....	18
Gambar 2.5 Bakteri <i>Bacillus</i> sp. ....	19
Gambar 2.6 Bakteri <i>Staphylococcus</i> sp.....	21
Gambar 2.7 Bakteri <i>Eschericia</i> sp. ....	25
Gambar 2.8 Bakteri <i>Mycobacterium</i> sp. ....	26
Gambar 2.9 Bakteri <i>Cardiobacterium</i> sp.....	27
Gambar 2.10 Kerangka Teori Penelitian.....	43
Gambar 5.1 Peta Pengambilan Sampel Air Limbah Domestik.....	63

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Lembar Observasi

Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 3. Surat Permohonan Penelitian dari Dekan FKM Unhas

Lampiran 4. Surat Izin Penelitian Kepada Camat Kepulauan Sangkarrang

Lampiran 5. Hasil Pemeriksaan Laboratorium

Lampiran 6. Daftar Riwayat Hidup

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Setiap aktivitas manusia pada umumnya menghasilkan limbah buangan yang dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan kian meningkat dari tahun ke tahun. Limbah adalah buangan dari hasil produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Apabila ditinjau dari segi kimiawi, limbah terdiri dari senyawa organik dan senyawa anorganik. Limbah di lingkungan, baik berupa limbah padat maupun limbah cair akan berdampak negatif pada konsentrasi dan jumlah tertentu yang selanjutnya dapat berdampak pada kelangsungan hidup biota di perairan dan kesehatan manusia (Waluyo, 2018).

Permasalahan air limbah di Indonesia menjadi salah satu permasalahan yang serius. Masyarakat Indonesia sebagian besar membuang air limbah domestiknya langsung ke lingkungan atau badan-badan air seperti laut. Beberapa kota besar masih banyak yang belum melakukan pengelolaan air limbah domestik secara komunal. Negara-negara berkembang seperti Indonesia, menyumbang 85% pencemaran oleh air limbah domestik yang langsung masuk ke badan air, sedangkan di negara maju pencemar domestik merupakan 15% dari seluruh pencemar yang memasuki badan air (Suriawiria, 2008). DKI Jakarta sebagai salah satu kota besar di Indonesia masih belum maksimal dalam pengelolaan air limbah domestik, terbukti hanya sekitar 20% limbah domestik yang terolah dengan baik. Belum lagi kota-kota lain yang

memiliki angka yang lebih kecil dari 20% bahkan tidak ada sama sekali pengolahan air limbah domestik (Kholif, 2020).

Kota besar seperti Kota Makassar dikenal dengan banyaknya perumahan dan kawasan padat penduduk. Instalasi pengolahan air limbah domestik di Kota Makassar banyak yang terbengkalai karena beberapa faktor diantaranya salah sasaran dan tidak ada pemeliharaan berkelanjutan oleh masyarakat (Palangda, 2015). Salah satu pulau kecil di Kota Makassar yang masyarakatnya masih memiliki kesadaran rendah dalam hal pengolahan limbah cair domestik yang mereka hasilkan adalah Pulau Kodingareng (Syahid, 2018).

Pulau kecil ditandai dengan padatnya populasi penduduk, tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi, jumlah wisatawan tinggi, kurangnya anggaran pada lembaga pemerintahan, perencanaan pulau yang buruk, terbatasnya area untuk pengolahan limbah padat dan cair, rendahnya tingkat pelatihan, dan lingkungan yang rapuh. Kondisi kesehatan lingkungan yang masih perlu dibenahi dikarenakan sanitasi yang rendah, ketersediaan air bersih yang terbatas, pengelolaan limbah yang kurang, serta rumah penduduk yang tidak layak huni (Anwar, 2016).

Berdasarkan Laporan Profil Kelurahan Pulau Kodingareng Lompo Tahun 2020, Pulau Kodingareng Lompo merupakan salah satu pulau kecil yang berada di Kecamatan Kepulauan Sangkarrang Kota Makassar yang memiliki luas wilayah 0,48 km<sup>2</sup> dengan ketinggian kurang dari 500 meter dari permukaan laut. Jumlah penduduk sebanyak 4.526 jiwa yang terdiri dari

2.276 penduduk laki-laki dan 2.250 penduduk perempuan serta 1.081 Kepala Keluarga dan mayoritas berprofesi sebagai nelayan. Penduduk yang dikategorikan padat ini setiap hari memproduksi air limbah domestik yang pengolahannya belum memadai. Air limbah domestik yang dihasilkan masyarakat Pulau Kodingareng langsung dialirkan ke laut tanpa pengolahan lebih lanjut yang secara langsung akan mencemari air laut.

Upaya pengelolaan kualitas air perlu dilakukan demi menjamin kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya agar tetap dalam kondisi alamiahnya, hal ini seperti tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 mengenai pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Air limbah terdiri dari gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari berbagai sumber dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan. Pada kondisi tertentu, air tanah, air permukaan, dan air hujan masuk sebagai komponen limbah cair, karena pada keadaan sistem saluran pengumpulan limbah cair rusak, air dari alam tersebut dapat menyatu dengan komponen limbah cair lainnya (Soeparman & Suparmin, 2002).

Penerapan pengolahan air limbah dapat dikatakan jauh dari harapan dan diperkirakan masalah limbah akan menjadi krisis baru dunia di masa yang akan datang. Bukan tanpa alasan mengingat bentuk, sifat, serta jumlah dari limbah yang dihasilkan semakin lama semakin meningkat. Air limbah yang semakin meningkat ini akan bermuara ke laut dan lambat laun laut akan

semakin dipenuhi oleh limbah. Salah satu cara yang dinilai aman dan tidak mengganggu lingkungan adalah penanganan air limbah secara mikrobiologis dalam hal ini metode bioremediasi, dimana metode ini akan menggunakan agen-agen mikroorganisme untuk mendegradasi bahan-bahan organik dari limbah tersebut (Waluyo, 2018).

Mikroorganisme dalam hal ini bakteri yang hidup pada air limbah sangat beragam, mulai dari bakteri kelompok patogen penyebab penyakit, bakteri penghasil zat racun, bakteri pencemar, serta bakteri yang dapat menguraikan senyawa-senyawa tertentu di dalam air limbah sehingga memberikan manfaat terhadap pengolahan air limbah. Beberapa bakteri ini merupakan bakteri dari jenis yang beragam seperti bakteri pengurai residu pestisida, pengurai residu minyak bumi, pengurai residu detergen dan lain sebagainya (Suriawiria, 2008).

Air limbah umumnya mengandung bakteri yang dapat menguraikan bahan pencemar organik sehingga air limbah aman dibuang ke lingkungan. Saat ini penelitian pengaplikasian bioremediasi untuk air tercemar dapat menggunakan dua agen bioremediator, yaitu bakteri indigen dan bakteri *commercial product*. Bakteri indigen merupakan hasil isolasi bakteri yang dilakukan oleh laboratorium yang bersangkutan dan didapatkan dari sampel lingkungan sedangkan bakteri *commercial product* mikroorganisme yang didapatkan dipasaran komersial dan mudah didapatkan. Produk komersial untuk bioremediasi biasa dipergunakan untuk menjaga kualitas air (Priadie, 2012).

Keberadaan mikroba di perairan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, faktor tersebut meliputi faktor abiotik dan (suhu air, konduktivitas, arus, kekeruhan, cahaya, pH, salinitas, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), kadar oksigen terlarut atau *Chemical Oxygen Demand* (COD). Faktor biotik meliputi kompetisi untuk mendapatkan makanan dan interaksi antara organisme (Mudatsir, 2007).

Suhu dan pH yang merupakan faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap keberadaan mikroba. Derajat keasaman (pH) optimum untuk pertumbuhan bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat autotrofik berkisar dari 7,5 sampai 8,5. Sedangkan bakteri yang bersifat heterotrofik lebih toleran pada lingkungan asam, dan tumbuh lebih cepat dengan hasil yang lebih tinggi pada kondisi dengan konsentrasi DO rendah (Agustiyani, 2004). Mikroba yang hidup di dalam air juga memiliki masing-masing toleransi terhadap suhu yang berbeda tergantung jenis mikrobanya. Bakteri psikrofil dapat tumbuh pada suhu 0 - 20°C, bakteri mesofil dapat tumbuh pada suhu 25 - 40°C, dan termofil dapat tumbuh pada suhu diatas 50°C (Abrar, 2013).

Penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Priadie (2012) diketahui bahwa berdasarkan hasil isolasi dan identifikasi yang berasal dari bakteri indigen didapatkan: *Proteus*, *Phenylobacterium*, *Enhydro-bacter*, *Morrococcus*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Staphylococcus*, dan *Pseudomonas*, yang dapat mendegradasi logam Pb, nitrat, nitrit, bahan organik, sulfida, kekeruhan, dan amonia. Sedangkan dari bakteri *commercial product*

didapatkan jenis: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia* dengan enzim Amilase, Protease, Lipase, Esterase, Urease, Selulosa, dapat mendegradasi pencemar organik, nitrogen, fosfat, maupun kontrol pertumbuhan alga.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bakteri yang berpotensi sebagai pengurai bahan pencemar organik pada air limbah masyarakat Pulau Kodingareng Lompo untuk menyadarkan masyarakat akan pentingnya mengembalikan kondisi lingkungan tanpa pencemaran dengan memanfaatkan bakteri.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu “Bagaimanakah keberadaan bakteri pengurai bahan pencemar organik yang terdapat pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo?”.

## **C. Tujuan Penelitian**

### **1. Tujuan Umum**

Untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri pengurai bahan pencemar organik air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo.

### **2. Tujuan Khusus**

- a. Untuk mengetahui keberadaan bakteri *Pseudomonas* sp. pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo.
- b. Untuk mengetahui keberadaan bakteri *Proteus* sp. pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo.

- c. Untuk mengetahui keberadaan bakteri *Acinetobacter* sp. pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo.
- d. Untuk mengetahui keberadaan bakteri *Bacillus* sp. pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo.
- e. Untuk mengetahui keberadaan bakteri *Staphylococcus* sp. pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo.
- f. Untuk mengetahui keberadaan bakteri pengurai lain pada air limbah domestik Pulau Kodingareng Lompo.

#### **D. Manfaat Penelitian**

##### **1. Manfaat Ilmiah**

Hasil penelitian ini diharapkan menjadi salah satu sumber referensi khususnya referensi mengenai pengolahan air limbah domestik menggunakan bakteri pengurai bahan organik limbah domestik di pesisir dan pulau-pulau kecil.

##### **2. Manfaat bagi Institusi**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan bagi pemerintah dan masyarakat khususnya di daerah pesisir dan kepulauan dalam rangka upaya penekanan pencemaran lingkungan. Selain itu, dapat menjadi bahan referensi untuk menambah khasanah pengetahuan khususnya bagi mahasiswa FKM Unhas.

### **3. Manfaat bagi Peneliti**

Penelitian ini dapat menambah dan memperluas wawasan serta mengasah keterampilan analisis peneliti dan sebagai salah satu cara untuk mengaplikasikan ilmu dan teori yang diperoleh di bangku kuliah dalam hal ini terkait pengolahan air limbah domestik menggunakan agen biologi yaitu bakteri.

## **BAB II**

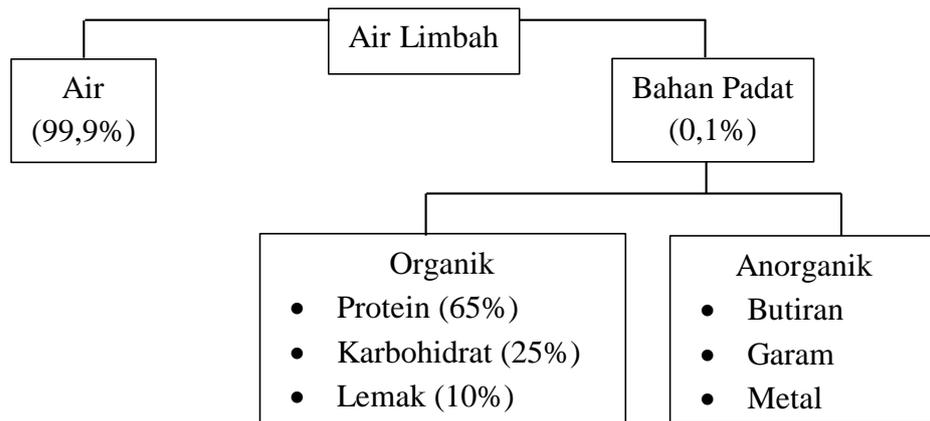
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum tentang Air Limbah Domestik**

Limbah cair secara umum didefinisikan sebagai cairan buangan yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Air limbah biasanya mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan. Air limbah berdasarkan asalnya dapat dibedakan menjadi tiga, salah satunya air limbah domestik (Metcalf & Eddy, 2003).

Air limbah domestik berasal dari perumahan dan daerah perdagangan. Beberapa bentuk dari air limbah domestik berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi, dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga (Gultom, 2017). Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya, parameter kunci untuk air limbah domestik adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), pH, serta lemak dan minyak.

Ditinjau dari sumber asalnya, air limbah domestik mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Namun, secara garis besar zat-zat yang terdapat di dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada skema berikut ini (Sugiharto, 2008):



**Gambar 2.1** Skema kandungan air limbah  
Sumber: Sugiharto, 2008

Aliran air limbah untuk daerah pemukiman biasanya diperhitungkan melalui kepadatan dan rata-rata per orang dalam membuang air limbah. Adapun besarnya rata-rata air limbah yang berasal dari /daerah hunian dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.1** Rata-rata aliran air limbah daerah pemukiman

Sumber (unit : orang)	Jumlah aliran Liter/orang/hari	Rata-rata Liter/orang/hari
Apartemen	200-300	260
Hotel dan Penginapan	150-220	190
Tempat tinggal keluarga		
Rumah pada umumnya	190-350	280
Rumah yang baik	250-400	310
Rumah mewah	300-550	380
Rumah agak modern	100-250	200
Rumah pondok	100-240	190
Rumah gendongan	120-200	150

Sumber: Metcalf and Eddy, 1979

Secara umum karakteristik air limbah domestik terdiri dari tiga komponen utama yang meliputi karakteristik fisika, kimia maupun biologi.

Masing-masing karakteristik tersebut memiliki nilai ambang batas yang berbeda sesuai kebijakan yang dikeluarkan pemerintah. Adapun uraian tiga karakteristik dari air limbah domestik adalah sebagai berikut (Filliazati *et.al*, 2013 dalam Kholif, 2020):

#### 1. Karakteristik Fisika

- a. *Total solid* (TS), padatan biasanya terdapat di dasar air yang akan mengakibatkan pendangkalan, padatan terdiri dari zat organik dan anorganik.
- b. *Total suspended solid* (TSS), padatan yang berupa lumpur kering dan berada di dalam air limbah domestik. TSS berasal dari lumpur proses penyaringan pada pengolahan air limbah domestik.
- c. Warna, air limbah yang semula berwarna abu-abu akan berubah menjadi kehitaman akibat dari aktivitas mikroorganisme yang berada di dalam air.
- d. Kekeruhan, zat padat yang bercampur dengan zat cair akan menjadi suspensi yang akan menyebabkan air limbah domestik menjadi keruh. Air yang keruh akan mengakibatkan cahaya sulit masuk ke dalam air.
- e. Temperatur, temperatur air limbah domestik sangat berpengaruh terhadap reaksi yang terjadi di dalam air.
- f. Bau, penyebab adanya bau yang dihasilkan dari air limbah domestik berasal dari hasil penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme.

## 2. Karakteristik Kimia

- a. *Biological Oxygen Demand* (BOD), merupakan ukuran yang menyatakan banyaknya oksigen yang diperlukan mikroorganisme di dalam air limbah domestik untuk mengoksidasi atau menguraikan bahan organik.
- b. *Chemical Oxygen Demand* (COD), merupakan ukuran yang menyatakan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan bahan pencemar melalui proses kimia.
- c. Protein, berasal dari makhluk hidup yang ada di dalam air limbah domestik. Keberadaan protein akan mengakibatkan air menjadi bau karena terurainya zat-zat dalam air limbah domestik.
- d. Karbohidrat, bahan-bahan pada air limbah domestik yang mengandung karbohidrat akan diuraikan oleh bakteri dan menghasilkan alkohol dan karbondioksida.
- e. Minyak dan lemak, merupakan bahan yang paling banyak dijumpai pada air limbah domestik namun sangat sukar terurai.
- f. Detergen, bahan yang banyak digunakan untuk membersihkan kotoran seperti tanah dan lemak dengan cara memisahkan kotoran tersebut.
- g. Derajat keasaman (pH), pH air limbah domestik disebut netral apabila berkisar antara 6,5 - 7,5. pH yang kurang atau lebih dari kisaran tersebut akan mengganggu keseimbangan ekosistem dan berpengaruh terhadap reaksi di dalam air.

### 3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi pada air limbah domestik adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung didalamnya. Mikroorganisme tersebut berupa bakteri patogen dan dari golongan *coli*.

Menurut Sugiharto (2008), air limbah salah satunya air limbah domestik yang dibuang ke alam (tanah maupun badan air) lambat laun akan mengalami proses dekomposisi secara alami yang dilakukan oleh mikroorganisme yang menguraikan bahan organik di dalam air limbah menjadi bahan yang stabil dan aman diterima oleh lingkungan. Proses dekomposisi air limbah yang dimaksud dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Secara Anaerobik

Bahan organik terlarut yang terdapat dalam air limbah akan dirombak oleh bakteri anaerob menjadi senyawa organik sederhana seperti:

- a. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )
- b. Metana ( $\text{CH}_4$ )
- c. Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )
- d. Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Perombakan secara anaerobik ini membutuhkan waktu yang lama dalam prosesnya yang akan membuat air limbah menjadi keruh, kotor serta akan menghasilkan endapan lumpur yang cukup banyak.

## 2. Secara Aerobik

Bahan organik terlarut yang terdapat dalam air limbah akan dirombak oleh bakteri aerob dan fakultatif menjadi energi, gas, bakteri baru serta bahan buangan akhir yang stabil seperti:

- a. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
- b. Nitrat (NO<sub>3</sub>)
- c. Sulfat (SO<sub>4</sub>)

Proses perombakan ini dilakukan oleh bakteri aerob yang membutuhkan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik hingga teruari secara lengkap. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam proses ini maka diperlukan oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup besar.

### **B. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Pseudomonas* sp.**

*Pseudomonas* merupakan salah satu genus bakteri gram negatif yang tergolong dalam kelompok pseudomonadaceae dan terdapat sebanyak 191 spesies di alam. Sebagian besar bakteri ini bersifat aerobik dan sebagian bersifat anaerobik membentuk biofilm. Eksopolisakarida yang dihasilkan kelompok *Pseudomonas* dalam bentuk biofilm membuat bakteri ini dapat menempel pada permukaan dan sulit dihilangkan dengan prosedur pembersihan biasa. *Pseudomonas* termasuk bakteri yang dapat hidup di berbagai lingkungan dikarenakan bakteri ini mampu menggunakan substrat yang tidak lazim, seperti sabun, farmasi, lemak, dan bahkan golongan surfaktan (Suyono, 2011). Bakteri anggota Genus *Pseudomonas* umumnya tumbuh pada suhu optimal yaitu 37 - 40°C, sedangkan *Pseudomonas*

aeruginosa tumbuh dengan baik pada suhu 37 - 42°C. Jika ditinjau berdasarkan derajat keasaman, pH optimum *Pseudomonas* untuk tumbuh adalah 7,4 - 7,6 (Syam, 2017).

*Pseudomonas* sp. berbentuk batang atau kolobasil. Koloni mikroskopik dari bakteri ini cenderung menyerupai bentuk rantai pendek. Bakteri *Pseudomonas* sp. bersifat aerob dan mempunyai flagel tunggal atau sekitar dua hingga tiga flagel, beberapa bakteri menghasilkan pigmen yang dapat larut dalam air. Keberadaan bakteri *Pseudomonas* sp. banyak ditemui ditanah, air, tanaman, dan hewan (Jawet, 2014).

Menurut Rahmadani (2015), klasifikasi bakteri *Pseudomonas* sp. adalah sebagai berikut:

Divisi	: Bacteria
Phylum	: Proteobacteria
Kelas	: Gamma Proteobacteria
Marga	: Pseudomonadales
Suku	: Pseudomonadaceae
Genus	: Pseudomonas
Species	: <i>Pseudomonas</i> sp.



**Gambar 2.2** Bakteri *Pseudomonas* sp.  
Sumber: Biologi Edukasi, 2014

### C. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Acinetobacter* sp.

*Acinetobacter* sp. merupakan bakteri gram negatif yang optimal tumbuh pada suhu 44°C serta menggunakan jenis karbohidrat sebagai sumber nutrisi. Karakteristik dari bakteri *Acinetobacter* sp. adalah aerobik, berbentuk *koko-basil*, dan dapat dengan cepat tahan (resisten) terhadap berbagai antibiotik. Bakteri ini diketahui resisten terhadap sabun dan antiseptik konvensional sehingga kontaminasi terhadap air limbah domestik mudah terjadi (Mahayani, 2020).

Klasifikasi bakteri *Acinetobacter* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Pseudomonadales
Famili	: Moraxellaceae
Genus	: <i>Acinetobacter</i>

Spesies : *Acinetobacter* sp.



**Gambar 2.3** Bakteri *Acinetobacter* sp.

Sumber: id.depositphotos.com

*Acinetobacter* sp. dalam mendapatkan energi dapat menggunakan nitrat dan amonia sebagai sumber N. Bakteri pengurai ini mampu mereduksi nitrat dalam lumpur aktif disebabkan karena bakteri memiliki enzim nitrat reduktase yang ada di periplasma dan enzim nitrat reduktase yang ada di membran plasma. Dengan memiliki enzim nitrat reduktase tersebut maka bakteri yang terdapat pada lumpur aktif dapat mereduksi nitrat pada kondisi aerob dan anaerob (Adityanto, 2007). Selain enzim-enzim tersebut, *Acinetobacter* memiliki enzim lipase dalam mengkatalisis substrat dan optimum pada pH 8 (Oviantari, 2016).

#### **D. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Proteus* sp.**

Bakteri *Proteus* sp. merupakan bakteri gram negatif, berbentuk batang pendek, dan tidak berspora. Bentuk bakteri ini umumnya seperti tongkat gemuk dan kokus dengan panjang 1 - 3  $\mu\text{m}$  dan lebar 0,4 - 0,6  $\mu\text{m}$ . dalam kultur muda bakteri ini berkerumun di media padat, kebanyakan sel panjang, bengkok, dan seperti filament, serta panjangnya mencapai 10, 20, bahkan sampai 80  $\mu\text{m}$ . Sedangkan dalam kultur dewasa, organisme ini tidak memiliki

pengaturan karakteristik karena berdistribusi tunggal, berpasangan atau rantai pendek. *Proteus* tumbuh optimum pada suhu 35 - 37°C sedangkan untuk pH optimum adalah 4 - 9 (Manos, 2006).

Klasifikasi bakteri *Proteus* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Proteus</i>
Spesies	: <i>Proteus</i> sp.



**Gambar 2.4** Bakteri *Proteus* sp.

Sumber: sciencephoto.com

Bakteri *Proteus* sp. mempunyai kemampuan menguraikan bahan organik. Salah satu dari bakteri genus ini berpotensi merombak zat warna azo menggunakan gula sebagai sumber karbon dalam melakukan aktivitasnya. Hal ini dikarenakan bakteri ini memiliki enzim azoreduktase yang terletak pada intraseluler yang terdapat pada dinding membran dan di dalam sitoplasma sel (Utari, 2015).

### E. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Bacillus* sp.

*Bacillus* sp. merupakan bakteri yang bersifat aerob dan fakultatif anaerob serta merupakan salah satu bakteri yang bermanfaat dalam proses pengolahan air limbah. Distribusi *Bacillus* sp. di alam sangat luas dikarenakan bakteri ini sangat resisten terhadap kondisi yang kurang baik seperti suhu, pH, dan salinitas. Peran utama bakteri pada lingkungan perairan adalah menguraikan biomassa organik dan mendaur ulang berbagai elemen penting (nitrogen, fosfor dan sulfur) yang terdapat pada berbagai macam bahan organik yang masuk ke perairan. *Bacillus* sp. dapat memproduksi enzim ekstraseluler pengurai selulosa dan hemiselulosa (Megasari, 2012). *Bacillus* dapat tumbuh pada kisaran pH 6,4 sampai 7,5 dan mampu tumbuh optimum pada pH 7,0. *Bacillus* dapat tumbuh optimum pada kisaran salinitas 20-50 ppt karena bakteri ini merupakan bakteri halotoleran yang dapat mentolerir berbagai tingkat salinitas (Syam, 2017).



**Gambar 2.5** Bakteri *Bacillus* sp.  
Sumber: Pixels.com

Adapun klasifikasi dari bakteri kelompok *Bacillus* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Bacteria

Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: Bacillus
Spesies	: <i>Bacillus sp.</i>

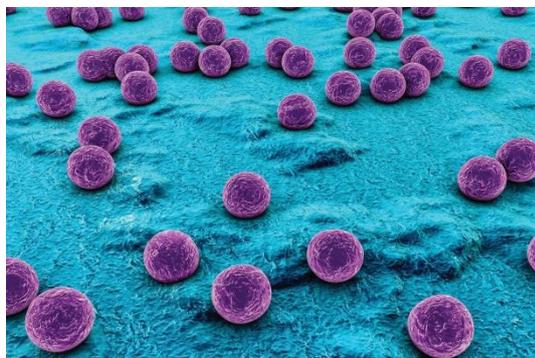
Bakteri kelompok *Bacillus* merupakan bakteri yang umumnya berbentuk batang atau bulat memanjang (basil), berukuran antara  $0,3 - 2,2 \mu$  x  $127 - 7,0 \mu\text{m}$ , sebagian besar bersifat motil dan memiliki flagelum khas lateral. Kelompok *Bacillus* umumnya membentuk endospora, tidak lebih dari satu dalam satu sel sporangium dan termasuk dalam bakteri gram positif. Bakteri kelompok *Bacillus* bersifat kemoorganotrof, metabolisme dengan respirasi sejati, fermentasi sejati, atau kedua-duanya yaitu respirasi dan fermentasi (Lestari, 2016).

#### **F. Tinjauan Umum tentang Bakteri *Staphylococcus sp.***

Bakteri jenis *Staphylococcus* termasuk bakteri fakultatif anaerob yang tumbuh pada suhu optimum  $37^{\circ}\text{C}$ , tetapi membentuk pigmen paling baik pada suhu kamar ( $20 - 25^{\circ}\text{C}$ ). Pertumbuhan yang paling baik adalah pada kondisi aerob serta pH optimum untuk pertumbuhan yaitu 7,4. Koloni dari bakteri ini padat berwarna abu-abu sampai kuning keemasan, berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau. Pada biakan cair, bakteri ini ditemukan dalam bentuk berpasangan, rantai pendek, dan kokus yang tunggal. Bakteri *Staphylococcus sp.* Jika ditinjau dari bakteri yang tidak membentuk spora maka tergolong bakteri yang paling kuat daya tahannya (Syahrurachman, 2010).

Klasifikasi bakteri *Staphylococcus* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Staphylococcaceae
Genus	: Staphylococcus
Spesies	: <i>Staphylococcus</i> sp.



**Gambar 2.6** Bakteri *Staphylococcus* sp.

Sumber: biomerieux-industry.com

Kebanyakan bakteri *Staphylococcus* sp. tidak berbahaya dan hidup di atas kulit dan selaput lender manusia dan organisme lainnya. Bakteri ini juga termasuk mikroba tanah yang sering diisolasi dari produk makanan, debu, dan air. Bakteri ini memiliki katalase positif dan oksidase negatif yang sering mengubah nitrat menjadi nitrit, rentan lisis oleh lisotafin namun tidak oleh lisozim. Enzim katalase yang dimiliki oleh *Staphylococcus* sp. mampu mengkatalisir perubahan  $H_2O_2$  menjadi air dan oksigen (Megasari, 2012).

### G. Tinjauan Umum tentang Bakteri Pengurai Bahan Organik

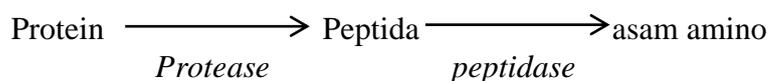
Organisme pengurai bahan organik memegang peranan penting di dalam ekosistem karena sisa organik yang telah mati diurai menjadi unsur-unsur yang dikembalikan ke dalam tanah (N, P, K, Ca, Mg, dan lain-lain) dan atmosfer ( $\text{CH}_4$  atau  $\text{CO}_2$ ) sebagai hara yang dapat digunakan kembali oleh tanaman, hal ini dilakukan agar siklus hara berjalan sebagaimana mestinya dan proses kehidupan di muka bumi dapat berlangsung. Keberadaan organisme pengurai bahan organik seperti mikroba (salah satunya bakteri) dan mesofauna (hewan invertebrata) akan saling mendukung keberlangsungan proses siklus hara dalam tanah (Saraswati dkk, 2006).

Bakteri merupakan makhluk hidup yang bersifat *unisel* (bersel tunggal), namun memiliki bentuk dan ukuran yang beragam. Mikroorganisme ini berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel serta tidak memiliki klorofil. Habitat tempat hidup bakteri tersebar luas di alam, seperti didalam tanah, atmosfer (hingga  $\pm 10$  km diatas permukaan bumi), didalam lumpur, serta di tempat berair. Bakteri hidup bebas, parasitik, saprofitik, serta patogen pada manusia, hewan, dan tumbuhan (Sumarsih, 2003).

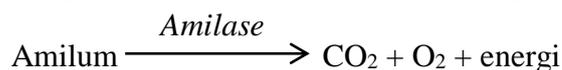
Beberapa bakteri dapat digunakan sebagai bakteri pengurai bahan organik yang dapat menurunkan kandungan protein, karbohidrat, lemak melalui pengukuran BOD dan COD. Protein, amilum dan lemak mengalami penurunan karena bakteri yang ditambahkan dapat melakukan proses penguraian protein, amilum dan lemak. Proses penguraian protein yaitu

proses enzim-enzim protease menghidrolisis protein menjadi senyawa polipeptida, oligopeptida dan (Rahardja, 2010).

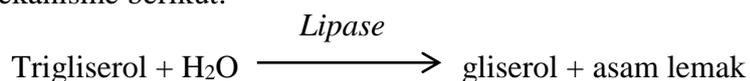
Penguraian protein oleh bakteri yaitu dengan menggunakan enzim-enzim protease yang menghidrolisis protein menjadi senyawa polipeptida, oligopeptida, dan asam-asam amino. Enzim ini akan menghidrolisis peptide yang akan menghasilkan peptide yang lebih sederhana. Mekanisme penguraian protein oleh enzim protease adalah sebagai berikut:



Bakteri amilolitik adalah bakteri yang mampu mendegradasi amilum menjadi enzim amilase. Mikroba amilolitik ini memecah amilum menjadi polimer sederhana atau gula monosakarida yang selanjutnya akan dipecah menjadi energi. Berikut merupakan mekanisme penguraian amilum:



Bahan organik yang berupa lemak akan diurai oleh bakteri lipolitik yang bakteri penghasil enzim lipase. Enzim lipase merupakan yang dapat mengkatalis reaksi hidrolisis triasilgliserol menjadi asam lemak dan gliserol (Gupta et al, 2003). Penguraian lipase dapat dilihat berdasarkan mekanisme berikut:



Penguraian bahan organik oleh bakteri dapat diukur melalui pengukuran BOD dan COD yang merupakan parameter kebutuhan oksigen yang dibutuhkan mikroba untuk mendegradasi bahan organik. Bakteri yang menguraikan bahan organik yang lebih banyak akan membutuhkan oksigen

yang cukup tinggi pula sehingga akan menaikkan kadar BOD dan COD (Saefuddin, 2007).

Bakteri yang terdapat di dalam air termasuk air limbah domestik berasal dari berbagai sumber seperti udara, tanah, sampah, lumpur, tanaman hidup atau mati, bahan organik, dan lain sebagainya. Bakteri tersebut dapat bertahan hidup lebih lama di dalam air atau bahkan tidak tahan dengan kondisi perairan karena lingkungan hidup beberapa bakteri tidak sesuai (Fardiaz, 1992). Berikut beberapa bakteri yang umumnya terdapat dalam air limbah domestik dan mempunyai kemampuan menguraikan bahan pencemar organik.

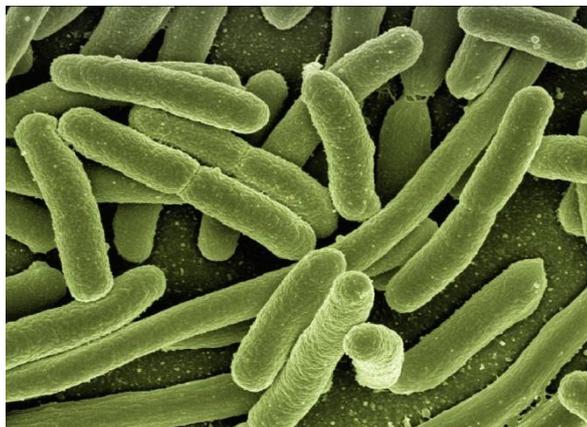
1. Bakteri *Eschericia* sp.

Bakteri *Eschericia* sp. yang umum dijumpai adalah spesies *Eschericia coli* yang merupakan bakteri yang hidup di dalam usus besar manusia guna membantu pembusukan hasil pencernaan makanan. Bakteri ini merupakan indikator dalam air, bahan makanan, dan sebagainya yang memiliki gram negatif, berbentuk batang, tidak membentuk spora, serta mampu memfermentasikan kaldu laktosa pada temperature 37°C dengan membentuk asam dan gas dalam waktu 48 jam (Suriawiria, 2008).

Klasifikasi bakteri *Eschericia* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria

Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enteriobacteriaceae
Genus	: Eschericia
Spesies	: <i>Eschericia</i> sp.



**Gambar 2.7** Bakteri *Eschericia* sp.  
Sumber: pixabay.com

*Eschericia* sp. mempunyai sifat motil tak berspora *coccobacili* pendek, berbentuk menyerupai tongka dengan ukuran  $0,5 - 1,0 \times 4,0 \mu$ , tersusun tunggal atau berpasangan dan rantai, bentuk koloni putih kelabu gelap rata dengan sisi tepi yang teratur, dalam kaldu turbiditasnya sama dan memproduksi sedimen tebal, pada media biasanya diameternya mencapai beberapa millimeter. Bakteri ini termasuk golongan bakteri aerob dan anaerob pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$ , mati pada pemanasan  $60^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit, pada umumnya tidak resisten terhadap desinfektan dan pada keadaan yang kering (Purbowarsito, 2011).

Bakteri *Eschericia* sp. mampu melakukan fermentasi asam campuran yaitu asam asetat, asam laktat, dan asam suksinat serta dalam fermentasi dihasilkan pula etanol,  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Bakteri dapat hidup

dengan atau tidak adanya oksigen, namun lebih memilih untuk menggunakan oksigen dalam melakukan aktivitas termasuk menguraikan bahan organik (Hermanus, 2015).

## 2. Bakteri *Mycoplasma* sp.

*Mycoplasma* sp. merupakan jenis bakteri yang tidak memiliki dinding sel. *Mycoplasma* sp. dapat bersifat saprofit, parasit, atau patogenik. Bakteri ini adalah bakteri nonmotil yang berukuran kecil tanpa dinding sel. Dalam melakukan pertumbuhannya, bakteri ini menggunakan bahan organik melalui proses degradasi yang digunakan sebagai inang (Megasari, 2012).

Klasifikasi bakteri *Mycoplasma* sp. adalah sebagai berikut:

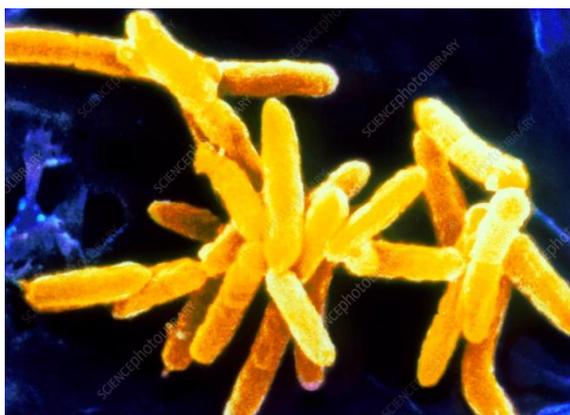
Kingdom	: Bacteria
Kelas	: Mollicutes
Ordo	: Mycoplasmatales
Famili	: Mycoplasmataceae
Genus	: Mycoplasma
Spesies	: <i>Mycoplasma</i> sp.



**Gambar 2.8** Bakteri *Mycoplasma* sp.  
Sumber: sciencephoto.com

### 3. Bakteri *Cardiobacterium* sp.

Bakteri *Cardiobacterium* sp. merupakan bakteri gram negatif dan bersifat fermentatif dalam sistem metabolismenya. Jenis bakteri ini membutuhkan gas CO<sub>2</sub> untuk proses pemisahannya dan tidak mampu mereduksi nitrat. Bakteri ini juga mampu menghasilkan gas H<sub>2</sub>S dalam pertumbuhannya (Megasari, 2012).



**Gambar 2.9** Bakteri *Cardiobacterium* sp.  
Sumber: sciencephoto.com

Klasifikasi bakteri *Cardiobacterium* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Cardiobacteriales
Famili	: Cardiobacteriaceae
Genus	: Cardiobacterium
Spesies	: <i>Cardiobacterium</i> sp.

## H. Tinjauan Umum tentang Bahan Pencemar Organik

Bahan pencemar merupakan sumber zat/bahan asing yang masuk ke lingkungan dan menimbulkan perubahan pada lingkungan. Perubahan lingkungan yang akan terjadi tergantung pada besarnya jumlah maupun tingkat toksik dari limbah yang masuk ke lingkungan serta faktor kapasitas media lingkungan dalam menampung limbah untuk tidak terjadi suatu pencemaran atau kerusakan lingkungan. Pencemaran dan kerusakan lingkungan terjadi ketika beban pencemar melampaui daya dukung lingkungan. Apabila beban lingkungan terlalu besar, maka lingkungan perlu waktu yang lama untuk memperbaiki diri dan akan terjadi pencemaran lingkungan apabila perbaikan tersebut sulit dilakukan (Suyasa, 2015).

Bahan organik yang terdapat di perairan dalam hal ini air limbah terdiri atas tiga bagian besar yaitu, protein (65%), karbohidrat (25%), dan lemak (10%) (Sugiharto, 2008). Berikut penjelasan bahan organik tersebut (Denim, 2009):

### 1. Protein

Protein merupakan makrobiomolekul yang tersusun kompleks dari asam-asam amino alfa dengan struktur membentuk rantai polipeptida. Asam-asam amino alfa yang menjadi penyusun protein akan menentukan protein yang disusunnya, yaitu asam amino alfa karbon, oksigen, hidrogen, dan nitrogen. Protein di alam banyak terdapat pada tanaman yang disebut sebagai protein nabati, terbentuk dari bahan-bahan yang terdapat di dalam tanah dan air melalui proses biokimiawi. Selain

dari tumbuhan, protein banyak juga berasal dari hewan yang dikenal sebagai protein hewani yang memiliki susunan alfa amino yang dibutuhkan oleh tubuh manusia.

## 2. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan bahan organik yang tersebar luas di alam, baik yang bersumber dari jaringan hewan maupun tumbuhan. Nama karbohidrat diberikan oleh para ahli kimia Perancis untuk senyawa-senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen dan oksigen dimana dua unsur yang terakhir mempunyai perbandingan 2:1. Karbohidrat terbentuk melalui fotosintesis bagian-bagian tanaman yang mengandung klorofil. Karbohidrat berperan sebagai sumber energi yang sangat penting bagi tubuh, namun disamping itu beberapa diantaranya dapat digunakan sebagai bahan baku pembentukan senyawa-senyawa baru.

## 3. Lemak

Lemak dalam ilmu kimia adalah suatu ester antara asam lemak gliserol dimana ketiga radikal hidroksilya diesterkan sehingga diketahui bahwa lemak adalah suatu trigliserida (triasil gliserol). Lemak banyak dijumpai di dalam sel hewan dan tumbuhan, namun biasanya didapatkan lemak kasar atau lemak tidak murni yang mengandung beberapa zat lain seperti hidrokarbon, fosfolipid, malam, sterol, pigmen-pigmen yang larut, dan asam lemak bebas.

Bahan organik di dalam air limbah diurai oleh mikroorganismenya seperti bakteri melalui tiga proses yaitu (Ishartanto, 2009):

### 1. Transfer

Proses transfer merupakan suatu proses dimana bakteri mengubah bahan organik karbon pada air limbah menjadi karbondioksida, air, ammonia, dan energi (proses katabolisme). Bahan organik terlarut akan diserap oleh dinding sel atau membran sel bakteri (proses absorpsi).

### 2. Konversi

Proses konversi merupakan kelanjutan dari proses transfer dimana energi yang dihasilkan oleh bakteri melalui proses transfer akan digunakan untuk membentuk sel-sel baru (proses anabolisme).

### 3. Flokulasi

Flokulasi merupakan proses terakhir dari proses penguraian bahan organik, dimana dalam proses ini bakteri telah kenyang dan aktivitasnya mulai menurun sehingga akan tenggelam pada kondisi air yang tenang. Pada instalasi pengolahan air limbah, proses ini berlangsung dalam bak pengendap.

**Tabel 2.2** Biodegradabilitas Senyawa Organik

Senyawa	Enzim	Hasil Akhir	
		Proses Anaerobik	Proses Aerobik
Protein	Proteinase	Asam amino, ammonia, metana, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S,	Amonia, nitrat, nitrit, H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , alkohol,

		alkohol, asam organik, fenol, dan indol.	asam organik, CO <sub>2</sub> , dan H <sub>2</sub> O.
Karbohidrat	Karbohidrase	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , alkohol, dan asam lemak	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, alkohol, dan asam lemak
Lemak/Lipid	Lipase	Asam lemak, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , dan alkohol.	Asam lemak, gliserol, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, dan alkohol.

*Sumber: Suriawiria, 2008*

### **I. Tinjauan Umum tentang Kultur dan Pewarnaan Bakteri**

Kegiatan isolasi dan identifikasi bakteri merupakan suatu cara untuk mendapatkan jenis bakteri yang disesuaikan dengan ciri-ciri tertentu. Isolasi merupakan kegiatan yang akan diujikan terhadap bakteri menggunakan media selektif melalui proses pemisahan bakteri dari lingkungan alaminya yang diharapkan diperoleh biakan atau kultur murni dari bakteri tersebut. (Susatyo, 2006).

Proses isolasi dilakukan dengan menumbuhkan substansi mikroba di dalam media padat. Beberapa cara atau metode yang umum digunakan dalam proses isolasi bakteri adalah metode cawan petri gores dan metode tawan tuang dimana metode ini apabila dilakukan sesuai dengan prosedurnya akan menghasilkan isolat bakteri murni yang diinginkan (Dwidjoseputro, 2005)

Identifikasi merupakan kegiatan untuk mengetahui jenis bakteri melalui tahap pengamatan, pengujian, pencatatan, dan pencocokan 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.

- a. Pengamatan mikroskopis yang pertama adalah dengan metode pewarnaan gram. Pembuatan preparat dengan metode pewarnaan gram dilakukan melalui dua tahap yaitu membuat biakan bakteri dan melakukan pewarnaan gram terhadap isolat bakteri (Fitri & Yasmin, 2011).
- b. Sifat-sifat fisiologis koloni bakteri hasil isolasi perlu diketahui melalui uji biokimia. Biokimia bakteri berkaitan dengan proses metabolisme sel bakteri. Identifikasi bakteri tidak dapat dilakukan dengan mengetahui sifat morfologinya saja, namun harus mengetahui sifat fisiologis bakteri juga. Sifat fisiologis bakteri sangat penting diketahui apabila melakukan identifikasi bakteri karena sifat morfologis bakteri dapat tampak serupa bahkan tidak dikenal

sehingga dengan melakukan uji biokimia terhadap koloni bakteri dapat mengetahui sifat dan menentukan spesies bakteri. Uji biokimia yang dilakukan menggunakan *reagen test* (Yulitaasary, 2017).

Tahapan pertama yang dilakukan untuk mengetahui bakteri apa saja yang ditemukan dari pengambilan sampel di suatu lokasi tertentu adalah dengan melakukan teknik pewarnaan yang dikenal dengan pewarnaan gram. Pewarnaan gram dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bakteri tersebut termasuk ke dalam golongan bakteri gram negatif atau bakteri gram positif (Saputra, 2015). Adapun langkah-langkah dalam melakukan pewarnaan gram adalah sebagai berikut (Brooks dkk, 2012):

1. Spesimen diusapkan di kaca objek kemudian dikeringkan diatas api selama beberapa detik, setelah itu kaca objek disiram dengan larutan *crystal violet*.
2. Kaca objek yang berisi specimen selanjutnya dibilas dengan air mengalir.
3. Tuangkan larutan *iodin*, bilas lagi dengan air mengalir.
4. Tuangkan larutan *aseton* 30 ml dan alkohol 70 ml selama 10 - 30 detik.
5. Bilas kembali dengan air mengalir.
6. Genangi sediaan dengan *basic fuchsin* (safranin) selama 10 - 30 detik.
7. Bilas kembali dengan air mengalir kemudian keringkan.

Proses pewarnaan gram mempresentasikan hasil sebagai bakteri gram negatif atau gram positif, namun untuk beberapa jenis bakteri, pemeriksaan ini belum cukup untuk mengetahui jenis bakteri yang diperiksa sehingga

dibutuhkan tahapan pemeriksaan selanjutnya yaitu dengan mengkulturkannya di media kultur yang cocok.

Media kultur yang umumnya digunakan adalah media *Plate Count Agar* (PCA) dan *MacConkey Agar* (MCA). PCA digunakan untuk mengidentifikasi bakteri yang hidup di dalam air, air limbah, produk makanan dan susu yang berfungsi sebagai media padat pertumbuhan mikroorganisme yang umum digunakan untuk menghitung mikroorganisme yang tumbuh pada sampel. MCA umumnya digunakan sebagai media untuk mengidentifikasi mikroorganisme yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif, sehingga bakteri yang tumbuh pada agar ini hanya bakteri yang termasuk dalam bakteri gram negatif (Acumedia Manufactures, 2011).

#### **J. Tinjauan Umum tentang Uji Biokimia**

Uji biokimia pada bakteri merupakan perlakuan atau tahapan yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan mendeterminasi suatu biakan murni bakteri hasil isolasi melalui sifat-sifat fisiologisnya. Tahapan ini erat kaitannya dengan metabolisme sel atau kegiatan seluler. Sifat-sifat biokimia dan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri perlu diteliti dalam mendeterminasi bakteri disamping hanya berdasarkan sifat-sifat morfologinya. Mikroorganisme dapat tumbuh pada beberapa tipe media yang memproduksi tipe metabolit yang dapat dideteksi dengan reaksi antara mikroorganisme dengan reagen test yang dapat menghasilkan perubahan warna reagen (Cowan, 2014). Berikut merupakan media yang digunakan dalam uji biokimia yaitu:

## 1. Uji Indol

Uji indol merupakan uji biokimia yang menunjukkan bahwa bakteri mengandung enzim triptofanase yang merupakan katalis pengurai gugus indol yang terkandung dalam asam amino triptofan. Uji indol dilakukan dengan menginokulasikan isolat pada media air pepton kemudian diinkubasikan selama  $1 \times 24$  jam pada suhu  $37^{\circ}\text{C}$ . Pada waktunya, reagen Kovac diteteskan perlahan pada dinding tabung hingga terlihat garis pemisah antara media dan reagen. Semua isolat yang diuji menunjukkan hasil positif. Hasil positif pada reaksi ini ditunjukkan dengan terbentuknya cincin warna merah pada garis pemisah, sedangkan tidak terbentuknya cincin merah antara media dan reagen menunjukkan hasil negatif (Ulfa, 2016).

## 2. Uji MR (*Methyl Red*)

Media yang digunakan dalam uji MR adalah pepton glukosa posfat. Uji ini bertujuan untuk mengetahui adanya fermentasi asam campuran (metilen glikon). Hasil yang didapatkan negatif (-) apabila tidak terjadi perubahan warna media menjadi merah ditambah *methyl red* 1%, sedangkan positif (+) apabila terjadi perubahan warna media menjadi merah setelah ditambahkan *methyl red* 1%. Berdasarkan uji ini, dapat diketahui bahwa bakteri menghasilkan asam campuran (metilen glikon) dari proses fermentasi glukosa yang terkandung dalam media MR (Cowan, 2004).

### 3. Uji VP (*Voges Proskauer*)

Glukosa pospat merupakan media yang digunakan untuk uji VP. Uji VP bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam membentuk asetil metil karbinol (asetoin) dari hasil fermentasi glukosa. Setelah diinkubasi, pada media ditambahkan  $\alpha$  naphthol 5% dan KOH 40%. Jika setelah ditambahkan  $\alpha$  naphthol 5% dan KOH 40% terjadi perubahan warna media menjadi merah, berarti bakteri dapat membentuk asetoin, sedangkan jika hasil negatif maka tidak terjadi perubahan warna media. Semua isolat bakteri yang diuji menunjukkan hasil negatif untuk uji VP (Ulfa, 2016).

### 4. Uji Sitrat

Uji sitrat bertujuan mendeteksi kemampuan suatu organisme untuk memanfaatkan sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Jika bakteri mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbonnya maka akan menaikkan pH. Media yang digunakan dalam uji sitrat adalah Simons *citrate*. Interpretasi hasil negatif (-) jika tidak terjadi perubahan warna media menjadi biru sedangkan positif (+) apabila media mengalami perubahan warna media dari hijau menjadi biru yang artinya bakteri menggunakan sitrat sebagai salah satu atau bahkan satu-satunya sumber karbon (Rahayu, 2017).

### 5. Uji Motilitas

Uji motilitas merupakan salah satu uji biokimia yang bertujuan untuk melihat pergerakan bakteri di dalam media tumbuh. Media yang digunakan adalah media yang bersifat semi solid dengan kandungan agar-

agar 0,2 - 0,4%. Biakan bakteri diambil menggunakan jarum ose secara aseptik dan diinokulasikan secara vertikal pada media NA semi solid serta diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C untuk melihat pertumbuhan dari masing-masing bakteri tersebut. Interpretasi hasil negatif (-) apabila terlihat adanya penyebaran yang berwarna putih seperti akar hanya pada bekas tusukan inokulasi pada media. Interpretasi hasil positif (+) apabila ada penyebaran yang berwarna putih seperti akar di sekitar inokulasi (Panjaitan, 2020).

#### 6. Uji Urinase

Tujuan dari uji urinase adalah untuk mengetahui apakah bakteri memiliki enzim urease yang dapat menguraikan urea dalam membentuk amoniak. Media urea berisi indikator *phenol red*. Adapun untuk iterpretasi hasil, negatif (-) apabila tidak terjadi perubahan warna media menjadi merah muda yang artinya bakteri tidak memecah urea membentuk amoniak. Positif (+) apabila terjadi perubahan warna media menjadi warna merah muda yang artinya bakteri memecah urea membentuk amoniak (Basuni, 2017).

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

Media TSIA yang digunakan juga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan bakteri memfermentasi karbohidrat (glukosa, sukrosa, dan manitol). Untuk mengkonfirmasi hasilnya, seringkali disertai dengan uji fermentasi karbohidrat. Warna dasar media TSIA adalah kuning. Jika terjadi fermentasi karbohidrat, media akan berubah menjadi

merah (asam), jika tidak terjadi fermentasi maka akan tetap berwarna kuning (basa). Pembacaan hasil uji biasanya diawali dari bagian lereng media. Jika hasil uji menunjukkan B/A (lereng berwarna kuning, dasar berwarna merah), hal ini berarti bakteri hanya dapat memfermentasi sebagian karbohidrat. Hasil uji A/A berarti bakteri dapat memfermentasi semua jenis karbohidrat, sedangkan hasil B/B berarti bakteri uji tidak dapat memfermentasi semua jenis karbohidrat. Sedangkan untuk uji fermentasi karbohidrat, hasil positif ditunjukkan dengan adanya perubahan warna medium dari ungu menjadi kuning hingga jernih, sedangkan hasil negatif dilihat dari tidak adanya perubahan warna medium (Ulfa, 2016).

#### 8. Uji Gula-Gula

Uji gula-gula bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri untuk memfermentasi masing-masing jenis gula membentuk asam. Media yang digunakan dalam uji ini terpisah dalam 5 tabung yang berbeda dan media yang digunakan adalah masing-masing gula dengan konsentrasi 1% dalam pepton kemudian masing-masing gula-gula ditambahkan indikator *phenol red*. Interpretasi hasil negatif (-) apabila tidak terjadi perubahan warna media dari merah menjadi kuning, artinya bakteri tidak memfermentasikan gula. Interpretasi positif (+) apabila terjadi perubahan warna media dari merah menjadi kuning yang artinya bakteri memfermentasikan gula yang ditandai dengan tinta pada tutup kapas yang berbeda-beda. Hasil uji untuk glukosa adalah tidak berwarna, laktosa

berwarna ungu, maltose berwarna merah, manitol berwarna hijau, dan sukrosa berwarna biru (Adam, 1995).

#### **K. Tinjauan Umum tentang pH**

Derajat keasaman (pH) adalah suatu perwujudan dari konsentrasi ion hidrogen [ $H^+$ ] di dalam air. Besarnya  $H^+$  dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion H. Makhluk hidup berbeda-beda dalam hal bisa bertahan terhadap perubahan nilai pH. Adapun besaran pH berkisar dari 0 (sangat asam) sampai dengan 14 (sangat basa/alkalis). Nilai pH kurang dari 7 menunjukkan lingkungan yang basa (alkalin), sementara pH 7 disebut sebagai netral. Alkalinitas air sangat menentukan fluktuasi pH air yang apabila alkalinitasnya tinggi, maka air tersebut akan mudah mengembalikan pH-nya ke nilai semula setelah ada perubahan pH. Kunci dari penurunan pH terletak pada penanganan alkalinitas dan tingkat kesadahan air (Lukito, 2007).

pH digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan oleh suatu larutan. pH dapat didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen [ $H^+$ ] yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis, tinggi rendahnya pH air dapat mempengaruhi rasa air maupun sifat lainnya (Mashadi, 2018).

Asam merupakan suatu senyawa yang apabila dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion  $H^+$ . Sedangkan basa merupakan senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air menghasilkan ion  $OH^-$ . Ion  $H^+$  yang ada dalam larutan dapat digunakan untuk menyatakan derajat keasaman dari larutan tersebut.

Penelitian seorang kimiawan Denmark yang bernama Sorensen (1888-1939) mengusulkan konsep pH yang menyatakan konsentrasi ion  $H^+$ . Huruf p didepan huruf H berasal dari kata *potenz* yang berarti pangkat atau eksponen. pH dapat dikatakan sebagai pangkat hidrogen atau eksponen hidrogen, sedangkan untuk menyatakan konsentrasi ion  $OH^-$  dinyatakan dengan pOH (Untoro, 2010).

Karakteristik kimiawi air secara umum meliputi pH, alkalinitas, kation dan anion terlarut dan kesadahan pH, menyatakan intensitas kemasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer, dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. pH merupakan parameter penting dalam analisis kualitas air karena pengaruhnya terhadap proses-proses biologis dan kimia di dalamnya. Derajat keasaman (pH) air yang lebih kecil dari 6,5 atau pH asam meningkatkan sifat korosifitas pada benda-benda logam, menimbulkan rasa tidak enak dan dapat menyebabkan beberapa bahan kimia menjadi racun yang mengganggu kesehatan (Hasrianti, 2016).

Ditinjau dari organisme akuatik, masing-masing organisme dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH yang ideal yaitu umumnya berkisar antara 7 - 8,5 (Barus, 2001). Nilai pH yang berubah-ubah di dalam perairan akan mempengaruhi sebaran mikroorganisme utamanya untuk mikroorganisme yang tergantung pada sebaran faktor-faktor kimia tersebut. Kondisi perairan yang memiliki pH terlalu rendah (sangat asam) atau pH tinggi (sangat basa) akan membahayakan kelangsungan hidup

organisme. Nilai pH akan mempengaruhi proses-proses biokimia perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah (Arizuna, 2014).

Organisme akuatik yang termasuk golongan bakteri juga memiliki derajat keasaman optimum untuk pertumbuhannya. pH optimum untuk bakteri pengoksidasi amonia yang bersifat autotrofik berkisar dari 7,5 sampai 8,5. Sedangkan bakteri yang bersifat heterotrofik lebih toleran pada lingkungan asam, dan tumbuh lebih cepat dengan hasil yang lebih tinggi pada kondisi dengan konsentrasi DO rendah (Agustiyan, 2004).

#### **L. Tinjauan Umum tentang Suhu**

Suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas dingin suatu benda dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer. Suhu disebut juga temperatur. Mengacu pada SI (Satuan Internasional), satuan suhu adalah Kelvin (K). Skala-skala lain adalah Celcius, Fahrenheit, dan Reamur. Pada skala Celcius, 0°C adalah titik dimana air membeku dan 100°C adalah titik didih air pada tekanan 1 atmosfer. Skala ini adalah yang paling sering digunakan di dunia. Suhu merupakan salah satu parameter fisika yang penting untuk kehidupan makhluk hidup di perairan. Kenaikan suhu diatas kisaran toleransi makhluk hidup akan menyebabkan meningkatnya laju metabolisme begitupun sebaliknya (Supu, 2016).

Pengaruh suhu sangat berarti terhadap pertumbuhan mikroba, kecepatan sintesis enzim, dan kecepatan inaktivasi enzim. Apabila suhu lingkungan lebih kecil dari suhu minimum mikroba atau lebih besar dari suhu maksimum pertumbuhannya maka aktivitas enzim akan terhenti bahkan pada

suhu yang terlalu tinggi akan terjadi denaturasi enzim. Pertumbuhan mikroba terjadi pada suhu dengan kisaran  $30^{\circ}\text{C}$ . Kecepatan pertumbuhan mikroba meningkat lambat dengan naiknya suhu mencapai kecepatan pertumbuhan maksimum dengan kata lain aktivitas mikroba bertolak belakang antara suhu dan waktu. Di atas suhu maksimum kecepatan pertumbuhan mikrobi menurun dengan cepat dengan naiknya suhu (Suriani, 2013).

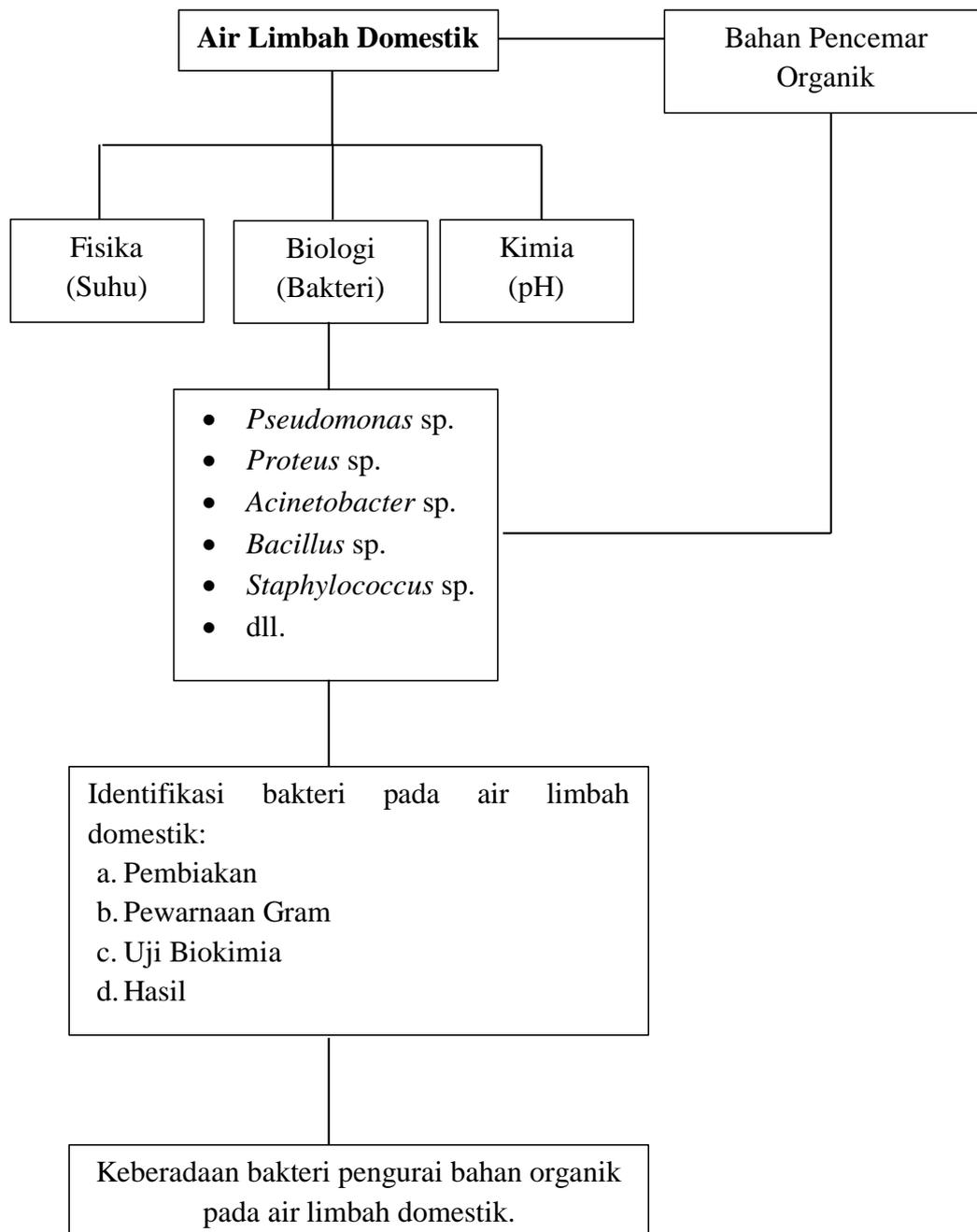
Suhu minimum suatu jenis mikroorganisme adalah nilai yang paling rendah dimana kegiatan mikroorganisme masih berlangsung. Suhu optimum adalah nilai yang paling baik atau sesuai untuk kehidupan mikroorganisme. Suhu maksimum adalah nilai tertinggi yang masih dapat digunakan untuk aktivitas mikroorganisme tetapi pada tingkatan kegiatan fisiologis yang paling minimal. Berdasarkan aktivitas suhu terhadap pertumbuhan, mikroorganisme dapat dibagi menjadi mikroorganisme psikrofil yaitu golongan mikroorganisme yang dapat tumbuh pada suhu antara  $0 - 30^{\circ}\text{C}$ , mikroorganisme mesofil yaitu golongan mikroorganisme yang memiliki suhu optimum antara  $25 - 37^{\circ}\text{C}$ , sedangkan mikroorganisme termofil yaitu mikroorganisme yang dapat hidup pada suhu tinggi yaitu optimum pada suhu antara  $55 - 60^{\circ}\text{C}$  (Suriawiria, 2008).

Umumnya dalam batas suhu tumbuh mikroorganisme, peningkatan suhu  $10^{\circ}\text{C}$  saja dapat meningkatkan derajat reaksi 2 sampai 8 kali, namun karena adanya pengaruh desinfektan sebgaiian aktivitas bakteri bersifat fisis sehingga hukum kimia tidak sepenuhnya berlaku dalam hal ini. Suhu yang lebih tinggi akan mengurangi tegangan permukaan, mengurangi viskositas,

dan mengurangi absorpsi sehingga menyebabkan waktu yang singkat untuk membuat bakteri mati (Irianto, 2007).

### M. Kerangka Teori

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



**Gambar 2.10** Kerangka Teori Penelitian

Sumber: Kholif, 2020; Sugiharto, 2008; Priadie, 2012; Harfan, 2019