ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI TOLERAN TERHADAP LOGAM BERAT PB PADA AIR DAN SEDIMEN DI SUNGAI PORONG SIDOARJO JAWA TIMUR

SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh:

NUR ROKHMATUL LAILIYA
NIM: H71216041

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKONOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Nur Rokhmatul Lailiya

NIM : H71216041

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI TOLERAN TERHADAP LOGAM BERAT Pb PADA AIR DAN SEDIMEN DI SUNGAI PORONG SIDOARJO JAWA TIMUR", Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 08 Januari 2021
Yang menyatakan

(Nur Rokhmatul Lailiya)
NIM. H71216041

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : Nur Rokhmatul Lailiya

NIM : H71216041

JUDUL : Isolasi dan Identifikasi Bakteri Toleran Terhadap Logam Berat Pb Pada Air dan Sedimen Di Sungai Porong Sidoarjo Jawa Timur

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 27 Desember 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Misbakhul Munir, S.Si., M.Kes.	Hanik Faizah, S.Si., M.Si
NIP. 198107252014031002	NUP. 201409019

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Nur Rokhmatul Lailiya ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 08 Januari 2021

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I	Penguji II
Misbakhul Munir, S.Si., M.Kes.	Hanik Faizah, S.Si., M.Si
NIP. 198107252014031002	NUP. 201409019

Penguji III	Penguji IV
Esti Tyastirin, M.KM.	Ita Ainun Jariyah, M.Pd.
NIP. 198706242014032001	NIP. 198612052019032012

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag.
NIP. 196512211990022001

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Nur Rokhmatul Lailiya
NIM : H71216041
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
E-mail address : nurrahmalailiya05@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya , Hak Bebas Royalti, Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

[√] Skripsi [ ] Tesis [ ] Disertasi [ ] Lain-Lain (.....)

yang berjudul :

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI TOLERAN TERHADAP LOGAM BERAT Pb PADA AIR DAN SEDIMEN DI SUNGAI PORONG SIDOARJO JAWA TIMUR

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannyadi Internet atau media lain secara fulltext untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya

Surabaya, 08 Januari 2021

Penulis

(Nur Rokhmatul Lailiya)

ABSTRAK

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI TOLERAN TERHADAP LOGAM BERAT Pb PADA AIR DAN SEDIMEN DI SUNGAI PORONG SIDOARJO JAWA TIMUR

Sungai Porong merupakan sungai aktif di wilayah Sidoarjo, Jawa Timur yang telah tercemar oleh luapan lumpur Lapindo dengan kandungan senyawa kimia didalamnya. Kandungan senyawa kimia seperti logam berat Pb pada lumpur Lapindo merupakan senyawa kimia *non esensial* bersifat toksik yang dapat mencemari sungai. Isolasi bakteri pada lingkungan yang tercemar oleh logam berat Pb memungkinkan untuk bakteri toleran tumbuh dan dapat berpotensi sebagai agen remidiasi. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui bakteri toleran logam berat Pb yang terisolasi dari air dan sedimen sungai Porong Sidoarjo serta mengetahui kandungan logam berat Pb didalamnya. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada 2 titik berdasarkan adanya aliran limbah lumpur Lapindo. Analisis kandungan logam berat Pb dilakukan menggunakan AAS *(Atomic Absorpsion Spectrophotometer).* Isolasi bakteri dilakukan pada media NA yang mengandung logam berat Pb 10 ppm dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 30^0C. Isolasi isolat bakteri diidentifikasi berdasarkan pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia. Hasil kandungan logam berat Pb di titk 1 pada air 0,81 ppm, pada sedimen 0,98 ppm, sedangkan di titik 2 pada air 2,93 ppm, pada sedimen 3,88 ppm. Hasil identifikasi bakteri didapatkan sebanyak 6 isolat bakteri yang termasuk kedalam 3 genus bakteri meliputi *Bacillus*, *Acinetobacter* dan *Pseudomonas*.

Kata Kunci : Bakteri Toleran, Logam berat Pb, Lumpur Lapindo, Sungai Porong, Air dan Sedimen.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BACTERIA RESISTANT IN WATER AND SEDIMENT POLLUTED BY Pb HEAVY METALS IN THE PORONG RIVER SIDOARJO EAST JAVA

The Porong river is an active river in the Sidoarjo area, East Java which has been polluted by the Lapindo mudflow with chemical compounds in it. The content of chemical compounds such as heavy metal Pb in the Lapindo mud is non-essential, toxic chemicsl compounds that can polluted rivers. Isolation of bacteria in an environment contaminated by heavy metal Pb allows tolerant bacteria to grow and can be used as a remediation agent. The purpose of this study was to determine the Pb heavy metal tolerant bacteria isolated from the water and sediments of the Porong river Sidoarjo and to determine the heavy metal content of Pb in it. Water and sediment sampling was carried out at 2 points based on the exintence of Lapindo mudflow. The analysis of heavy metal content of Pb was carried out using AAS *(Atomic Absorpsion Spectrophotometer)*. Isolation was carried out on NA media wich contained 10 ppm Pb heavy metal and incubated for 24 hours at 30^0C. Identification of bacterial isolates was carried out based on macroscopic, microscopic and biochemical observations. The results of the heavy metal content of Pb at point 1 in water is 0,81 ppm, in sediment is 0,98 ppm, while at piont 2 in water is 2,93 ppm, in sediment is 3,88 ppm. The results of bacterial identification showed there were 6 bacterial isolates belonging to 3 bacterial genera including *Bacillus*, *Acinetobacter* and *Pseudomonas*.

Key Word: Tolerant Bacteria, Heavy Metals Pb, Lapindo Mud, Porong River, Water and Sediment.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

Halaman Sampul i
Halaman Pernyataan Keaslian ii
Lembar Persetujuan Pembimbing iii
Lembar Pengesahan Tim Penguji Skripsi iv
Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi v
Abstrak vi
Abstract vii
Daftar Isi viii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.1 Rumusan Masalah 6
1.2 Tujuan Penelitian 6
1.3 Manfaat Penelitian 7
1.4 Batasan Penelitian 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1 Sungai Porong 8
2.2 Lumpur Lapindo 10
2.3 Pencemaran Logam Berat Pada Lingkungan 12
2.4 Bakteri Toleransi Terhadap Logam Pb 16
2.5 Mekanisme Bakteri Toleran Logam Pb 20
2.6 Isolasi dan Identifikasi Bakteri 23
BAB III METODE PENELITIAN 34
3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian 34
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 34
3.3 Alat dan Bahan 35
3.4 Prosedur Penelitian 35
3.5 Analisis Data 43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 44
4.1 Kandungan Logam Pb di Sungai Porong 44
4.2 Isolasi Bakteri Tahan Logam Pb 47
4.3 Identifikasi Bakteri Resisten Logam Pb 48

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.4 Potensi Bakteri Toleran Sebagai Bioremediasi 67
BAB V PENUTUP..... 71
5.1 Kesimpulan..... 71
5.2 Saran 71
BAB VI DAFTAR PUSTAKA 72

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu sumber daya alam yang banyak dimanfaatkan airnya untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti irigasi pertanian, pembangkit tenaga air, perikanan dan lainnya. Kualitas air bersih perairan hingga saat ini mengalami penurunan karena disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor menurunnya kualitas air bersih tersebut yaitu faktor alami dan faktor dari aktivitas manusia. Sumber pencemaran yang diakibatkan oleh manusia pada perairan salah satunya yaitu berasal dari pertambangan minyak, limbah dosmetik, dan pembuangan limbah industri (Ranjani, *et al*., 2016)

Sungai Porong yang berada di wilayah Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur ini merupakan salah satu contoh sungai yang telah mengalami pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh adanya luapan Lumpur Lapindo. Peristiwa menyemburnya lumpur Lapindo terjadi pada tahun 2006 silam berawal dari adanya aktivitas pengeboran minyak bumi yang berlokasikan di wilayah Porong, Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Semburan lumpur Lapindo tersebut terus menyebar luas dan belum dapat dihentikan. Sehingga berdasarkan kondisi lumpur, pemerintah akhirnya mengambil keputusan untuk mengalirkan limbah lumpur Lapindo ke Sungai Porong, Sidoarjo (Rohma, 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pembuangan limbah lumpur Lapindo ke perairan sungai Porong dapat memicu terjadinya kerusakan ekosistem perairan serta kesehatan manusia. Sebagaimana firman Allah SWT dalam QS. Ar-rum (30) ayat 41, menjelaskan tentang kerusakan di muka bumi disebabkan oleh perbuatan manusia yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya:

"Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan oleh perbuatan tangan manusia. Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)" (QS. Ar-Rum (30:41).

Menurut Shihab (2002) dalam tafsir Al-Misbah, kata الْفَسَادُ *(fasdd)* dalam ayat diatas yang artinya "*kerusakan*" suatu keseimbangan baik sedikit maupun banyak. Surat Ar-Rum ayat 41 menyebutkan darat dan laut sebagaimana tempat terjadinya kerusakan, misalnya perairan mengalami kerusakan, ketidakseimbangan perairan serta kekurangan akan manfaat. Ketidakseimbangan pada perairan yaitu telah tercemarnya limbah industri yang mengandung logam berat didalamnya, sehingga menyebabkan ekosistem diperairan seperti ikan dan biota lainnya mati. Sehingga semakin banyak kerusakan terhadap lingkungan, semakin besar pula dampak buruknya terhadap lingkungan maupun manusia. Semakin banyak dan beraneka ragam dosa manusia, semakin parah pula kerusakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lingkungan. Allah SWT telah menciptakan semua makhluk ciptaannya saling berkaitan. Dalam keterkaitannya itu, maka lahirlah keserasian dan keseimbangan dari yang terkecil hingga yang terbesar, dan semua makhluk patut untuk tunduk dalam pengaturan Allah SWT, tetapi manusia malah melakukan kegiatan buruk yang dapat merusak alam, sehingga dapat terjadinya ketidakseimbangan dalam sistem kerja alam. Allah SWT menetapkan harus tetap menjaga keseimbangan alam tanpa merusaknya.

Sungai Porong ini diduga berpotensi mengandung senyawa kimia, seperti logam berat yang berasal dari pembuangan limbah lumpur Lapindo di sungai Porong. Menurut Suprapto *et al.* (2007) semburan lumpur Lapindo memiliki bahan padatan dan cair dengan unsur-unsur di dalamnya salah satunya yaitu logam berat Pb. Penelitian Rohma (2017) menjelaskan bahwa kandungan logam berat Pb pada lumpur Lapindo mengandung logam berat Pb dengan konsentrasi 22,88 ppm. Sehingga tidak menutup kemungkinan limbah lumpur Lapindo yang dialirkan disungai Porong mengandung logam berat Pb. Penelitian Putra (2015) juga menemukan kandungan logam berat Pb pada mangrove di kawasan muara sungai. Porong Desa Kedungpandan Sidoarjo di titik pecahan aliran sungai porong dengan konsentrasi logam Pb pada air sekitar 0,018-0,035 ppm dan pada sedimen sekitar 1,879-2,733 ppm. Sedangkan penelitian Harlyan (2015) kandungan logam berat Pb pada ekosistem mangrove di wilayah sungai Porong Sidoarjo pada air kurang dari 0,0044 mg/L dan kandungan logam berat Pb pada sedimen permukaan adalah 0,0648 mg/L. Sedangkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun (2004)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bahwa kandungan logam berat Pb memiliki ambang batas pada perairan yaitu 0,05 ppm.

Logam berat merupakan senyawa kimia berbahaya yang dapat mencemari lingkungan apabila bersifat toksik dan pemakaiannya dalam jumlah yang sangat besar. Pencemaran logam berat di perairan nantinya akan mengalami proses pengendapan didalam sedimen. Logam berat yang mengendap dalam sedimen kemudian akan terakumulasi didalam tubuh biota dan akhirnya sampai pada tubuh manusia (Wulandari, *et al*., 2005). Sifat dari logam berat itu sendiri selain beracun juga mudah terakumulasi dalam tubuh dan sulit terdegradasi. Logam berat dibagi menjadi dua jenis, yaitu jenis logam berat *esensial* dimana pemaikannya dalam jumlah tertentu dan sangat dibutuhkan oleh manusia, sedangkan jenis lainnya yaitu logam berat *non esensial*, dimana keberadaan logam berat tersebut dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan bersifat racun, salah satunya yaitu logam berat Pb (Ika, *et al*., 2012).

Pencemaran logam berat Pb di perairan semakin meningkat seiirng dengan berkembangnya teknologi untuk mengatasi polutan. Salah satu metode yang dapat diaplikasikan dalam mengatasi polutan tersebut yaitu bioremediasi. Bioremediasi merupakan metode dalam bidang bioteknologi lingkungan, dengan memanfaatkan agen biologi untuk mengendalikan tanah atau air tercemar yang nantinya tidak berbahaya bagi lingkungan atau kesehatan manusia. Agen biologi yang dapat digunakan untuk bioremediasi adalah mikroorganisme alami (seperti bakteri, jamur, atau ragi) (Khoiroh, 2014).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut Fahruddin, *et al*. (2019) bakteri yang diisolasi pada lingkungan yang tercemar logam berat, bakteri tersebut mempunyai daya resistensi atau toleran terhadap logam berat. Meknaisme bakteri resistensi terhadap logam berat dapat melalui bioakumulasi atau biosorpsi. Biosorpsi merupakan proses penyerapan terhadap logam berat, senyawa atau larutan yang tidak tergantung pada metabolisme melainkan penyerapan melalui dinding sel (Ratnawati, *et al*., 2010). Sedangkan bioakumulasi adalah proses pengambilan logam secara aktif dengan menggunakan metabolisme bakteri berdasarkan pada pengikatan dan transport aktif. Fase pengikatan terjadi pada dinding sel sedangkan transport aktif terjadi saat proses metabolisme sel bakteri (Mastang, 2016).

Penelitian Panuntun (2014) menemukan bakteri pada tanah bekas cetakan pengecoran di Desa Jeblokan, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten yang mampu toleran terhadap logam Pb antara lain dari genus *Enterococcus*, *Lactobacillus* dan *Pseudomonas* dengan kemampuan toleran logam berat Pb hingga kadar 0,3 ppm. Beberapa penelitian lainnya juga menemukan bakteri toleran logam berat Pb antara lain dari genus *Azotobacter, Proteus, Corynebacterium, Klebsiella, Staphylococcus, Arthrobacter, Enterobacter, Listeria, Micrococcus, Phenylobacterium, Enhydribacter, Morrooccus, Flavobacterum, Sterptococcus, Xanthobacter, Acinetobacter, dan Brevibacillus* (Zulaika *et al*., 2012; Nath *et al*., 2012; Jarostawiecka *et al*., 2014; El-Sayed, 2016; Wulandari *et al*., 2005; Arrizal *et al*., 2013).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil penelitian Widiatmono *et al*. (2020) bahwa bakteri indigen di TPA Supit Urang Kota Malang, merupakan bakteri dari genus *Bacillus* yang mampu resisten dan menurunkan logam berat Pb dengan persentase penurunan Pb hingga 69,120%. Penelitian yang dilakukan Junopia (2015) juga menemukan bakteri dari spesies *Pseudomonas aeruginosa* dari Danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan yang mampu menurunkan logam berat Pb dari konsentrasi dari 1 ppm menjadi 0,45 ppm.

Berdasarkan uraian yang telah disebutkan, maka kemungkinan di dalam air dan sedimen pada sungai Porong Sidoarjo juga dapat ditemukan kelompok bakteri pada lingkungan yang tercemar logam berat Pb yang nantinya berpotensi sebagai agen remeidiasi, untuk itu perlu dilakukan sebuah penelitian awal terkait isolasi dan identifiksi bakteri toleran terhadap logam berat Pb pada air dan sedimen di sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur.

1.1 Rumusan Masalah

1. Bakteri toleran logam berat Pb apa saja yang dapat diisolasi dari sampel air sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur?
2. Bakteri toleran logam berat Pb apa saja yang dapat diisolasi dari sampel sedimen sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur?

1.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui bakteri toleran logam berat Pb yang diisolasi dari sampel air sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Untuk mengetahui bakteri toleran logam berat Pb yang diisolasi dari sampel sedimen sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur.

1.3 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi dasar bagi mahasiswa atau peneliti untuk melakukan penelitian terkait jenis-jenis bakteri yang mempunyai kemampuan toleran terhadap logam Pb.
2. Memberikan pengetahuan bahwa ada bakteri toleran terhadap logam berat Pb pada air dan sedimen di sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur.
3. Memberikan informasi dan wawasan kepada pembaca dan masyarakat tentang adanya bakteri toleran logam berat Pb di sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur dapat dikembangkan sebagai agen remidiasi.

1.4 Batasan Penelitian

1. Sampling dilakukan dengan menggunakan teknik *purposive sampling* sebanyak 2 titik yang berbeda di Sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur.
2. Sampel yang diambil berupa air dan sedimen yang dialiri oleh limbah lumpur Lapindo.
3. Media yang digunakan untuk isolasi bakteri yaitu NA (Nutrient Agar) dengan penambahan logam berat Pb konsentrasi 10 ppm.
4. Data pengamatan yang diperoleh berupa karakteristik makroskopik, mikroskopik dan fisiologis bakteri toleran terhadap logam berat Pb pada air dan sedimen di Sungai Porong, Sidoarjo Jawa Timur.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai Porong

Kabupaten Sidoarjo terletak di antara 112,5 BT – 112,9 BT dan 7,3 LS – 7,5 LS, yang berbatasan langsung dengan Kota Sidoarjo dibagian Utara, Selat Madura dibagian Timur, kabupaten Pasuruan di bagian selatan dan kabupaten Mojokerto di bagian Barat. Kabupaten Sidoarjo berada di kategori dataran rendah yang lokasinya berada di pesisir utara Jawa Timur. Secara letak geografis, Kabupaten Sidoarjo berada di antara dua sungai yaitu kali Surabaya dan Kali Porong (Syahputra, 2016). Sungai adalah aliran air terbuka yang terbentuk secara alami. Sungai juga berfungsi untuk menampung air dan mengalirkan kebagian hulu menuju hilir dan muara (Junopia, 2015)

Gambar 2. 1 Pipa Pembuangan Lumpur Lapindo di Sungai Porong
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2019)

Sungai Porong merupakan salah satu sungai yang berada di wilayah Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. Sungai Porong memiliki fungsi sebagai saluran yang digunakan sebagai jalur pelayaran bagi kapal-kapal kecil (Atmodjo, 2011). Sungai Porong ini menjadi alternatif pemerintah sebagai tempat akhir pembungan lumpur Lapindo yang terjadi 2006 tahun silam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hingga saat ini (Gambar 2.1). Pembuangan lumpur Lapindo yang dialirkan ke sungai Porong merupakan salah satu pencemaran lingkungan. Menurut Maulana & Supriyanto (2018) masuknya lumpur ke aliran sungai dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan biota disekitar perairan dan menurunnya kualitas air sungai. Sedangkan sungai bagi masyarakat dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup mereka dengan memanfaatkan air sungai sebagai tempat budidaya ikan, pengairan sawah dan lain sebagainya (Hendrawan, 2010). Manusia seharusnya mampu mengontrol dirinya agar tidak membuat kerusakan di bumi baik terhadap sumber alam ataupun lingkungan hidup mereka. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam surat Al Mulk (67) ayat 3 yang berbunyi;

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا ۖ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَٰنِ مِنْ تَفَاوُتٍ ۖ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِنْ فُطُورٍ

Artinya:

"Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis, tidak akan kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah. Maka lihatlah berulang-ulang. Adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang?" (QS. Al Mulk (67) ayat 3).

Dalam Tafsir Al-Misbah, kata dari تَفَاوُت yang artinya kejauhan. Berjauhan mengesankan ketidak serasian atau tidak seimbang. Allah SWT menciptakan langit bahkan seluruh makhluk dalam keadaan seimbang sebagai rahmat, karena sandainya ciptaan-Nya tidak seimbang, maka tentu akan menimbulkan kekacauan antara satu dengan yang lainnya dan akan mengganggu kedamaian kehidupan manusia di bumi, salah peristiwa ketidakseimbangan tersebut adalah pembuangan limbah lumpur Lapindo ke sungai Porong yang menyebabkan pencemaran lingkungan di perairan sungai Porong (Shihab, 2002).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Air merupakan senyawa penting bagi kehidupan makhluk hidup. Air memiliki karakteristik tidak seperti senyawa lain, karakter tersebut antara lain; 1) Suhu yang sesuai, yaitu 0^0C (32^0F) - 100^0C, 2) Sifat perubahan suhu dapat berlangsung lambat, sehingga air sebagai penyimpan panas yang baik, 3) Air mudah dalam proses penguapan hanya memerlukan panas yang tinggi. Penguapan merupakan perubahan air menjadi uap air, 4) Air merupakan pelarut yang baik karna berbentuk cair (Jumani, 2011).

Saat ini, masalah utama di indonesia dihadapi oleh sumber daya air dengan kuantitas air yang tidak dapat memenuhi kebutuhan dan kualitas air bersih menurun untuk keperluan domestik (Junopia, 2015). Faktor yang mempengaruhi kualitas air bersih disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor dari alam dan faktor dari aktivitas manusia, salah satunya yaitu kegiatan domestik, pertambangan minyak, dan pembuangan limbah industri yang menjadi sumber pencemaran lingkungan (Ranjani, *et al*., 2016).

2.2 Lumpur Lapindo

Lumpur Lapindo merupakan salah satu peristiwa menyemburnya lumpur panas yang berlokasikan di desa Renokenongo, Kecamatan Porong (Usman, *et al*., 2006). Peristiwa menyemburnya lumpur Lapindo ini bermula karena aktivitas pengeboran minyak bumi di wilayah tersebut. Lumpur lapindo hingga saat ini masih menyembur dan menyebabkan dampak yang besar bagi korban disekitar luapan lumpur Lapindo (Gambar 2.2). Dampak tersebut seperti tergenangnya rumah warga, sawah, jalanan dan bangunan-bangunan lainnya (Parawita, *et al*., 2009).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2. 2 Lumpur Lapindo
Sumber: Dokumentasi pribadi (2019)

Data yang dirilis BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo) pada tahun 2013 menyatakan semburan tersebut sudah menggenangi 12 desa yang terletak di 3 kecamatan yaitu Porong, Tanggulangin, dan Jabon, dengan kawasan seluas 601 hektar dengan data sebanyak 10,64 KK yang harus kehilangan tempat tinggal, serta bangunan sekitar 11,242 dan 362 hektar sawah yang tenggelam (Farida, 2013).

Lumpur panas Lapindo memiliki kandungan dengan unsur-unsur kimia didalamnya. Umumnya mengandung unsur-unsur logam berat salah satunya Zn, Cu dan Pb (Suprapto, *et al*., 2007). Selain itu juga lumpur Lapindo memiliki kandungan kadar garam yang tinggi (30-40%), sehingga berisfat asin (Arisandi, 2006). Menurut Herawati, (2007) kandungan logam berat pada lumpur Lapindo yaitu seng (Zn) 0,45 mg/l, timbal (Pb) 0,23 mg/l. Berdasarkan hasil pendahuluan yang dilakukan oleh ((UNDAC) & *United Nation Disaster Assessment and Coordinatio*, 2006) bahwa lumpur Lapindo diketahui memiliki kandungan logam berat Cu sebesar 24,5 ppm, kandungan logam berat Pb sebesar 17,8 ppm. Sedangkan menurut penelitian (Rohma, 2017) bahwa kandungan logam berat Pb pada semburan lumpur Lapindo sekitar 26,51 ppm.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Aktivitas pengeboran minyak bumi akan mengakibatkan lumpur Lapindo dengan volume lumpur bertambah dan selanjutnya mengambil tindakan untuk mengalirkan limbah lumpur tersebut ke perairan sungai Porong Sidoarjo sehingga dapat mencemari lingkungan ekosistem di aliran tersebut. Pembuangan limbah ke perairan yang dilakukan secara langsung ataupun tidak langsung merupakan pencemaran utama dengan salah satu bahan beracun didalamnya. Pencemaran dapat berupa komponen organik dan anorganik. Komponen anorganik dapat berupa seperti logam berat berbahaya yang terkandung di dalam perairan (Ika, *et al*., 2012). Perairan tercemar oleh logam berat dapat dilihat dari kondisi suatu ekosistem didalamnya seperti mati atau terganggungnya organisme perairan baik itu ikan, tanaman dan hewan-hewan yang ada hubungannya dengan perairan (Herlambang & Pangkajian, 2006).

2.3 Pencemaran Logam Berat Pada Lingkungan

Logam berat merupakan unsur kimia yang memiliki afinitas yang tinggi dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 4 sampai 7. Unsur logam berat memiliki sifat toksisitas pada makhluk hidup apabila dalam jumlah pemaikan banyak (Zarkasyi, 2008). Menurut pendapat Kurniasari (2005) sifat dari logam berat itu sendiri bersifat toksik dan mudah terakumulasi oleh tubuh dan susah mengalami degradasi. Jenis logam berat itu sendiir dibagi menjadi dua. Jenis pertama adalah logam berat *essensial*, dimana keberadaan logam ini dalam jumlah tertentu dapat dibutuhkan oleh makhluk hidup. Beberapa logam berat *essensial* yaitu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Seng (Zn), Tembaga (Cu), Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Jenis kedua pada logam berat adalah logam berat *non essensial*, dimana keberadaanya belum diketahui manfaatnya dalam tubuh makhluk hidup, bahwa bersifat toksik, seperti Antimin (An), Arsen (As), Berilium (Be), Kadmium (Cd), Crom (Cr), Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Nikel (Ni), Selenium (Se) dan Perak (Ag) (Zarkasyi, 2008).

Faktor logam berat menyebabkan logam tersebut dikelompokkan ke dalam zat pencemar yaitu logam berat yang tidak yang dapat terurai melalui biodegradasi organik, logam berat dapat terakumulasi ke dalam lingkungan terutama sedimen sungai dan laut, karena dapat berikatan dengan senyawa organik dan anorganik, melalui proses adsorpsi dan pebentukan senyawa kompleks (Ika, *et al*., 2012). Kandungan logam berat yang sudah mengendap pada air dan sedimen selanjutnya akan masuk ke dalam sistem rantai makhluk hidup dan berpengaruh dalam kelangsungan hidupnya. Pengendapan logam berat diperairan akan mengalami proses akumulasi pada sedimen dan air yang nanti terakumulasi kedalam tubuh biota perairan selanjutnya terakumulasi sampai manusia (Wulandari, *et al*., 2005).

Salah satu logam berat yang ada di perairan dan menyebabkan beracun bagi makhluk hiudp adalah logam berat timbal (Pb). Timbal (Pb) merupakan logam berat dengan nomor atom 82 dan massa atom 207,2 adalah termasuk logam golongan IV A (Awalina, 2011). Logam berat Pb stabil sebagai ion Pb^{2+}. Timbal (Pb) memiliki sifat yang lembek dan memiliki titik didih 1.725^0C, titik leleh 327^0C nampak mengkilat/berkilau,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tetapi segera menjadi buram saat mengalami kontak langsung dengan udara terbuka (Sugiyarto & Suyanti, 2010).

Logam berat Pb diperairan umumnya memiliki konsentrasi rendah berkisar 1,0 - 10 µg Pb/L dan dalam fasa terlarut yang berupa kompleks ligan organik. Kelarutan logam berat Pb (kurang dari 1 µg/l) pada pH 8,5-11 dalam air yang mengandung karbon dioksida dan sulfat. Logam Pb akan mengalami bioakumulasi pada tubuh organisme akuatik. Keberadaan logam berat Pb pada suatu kondisi lingkungan bersifat tidak mudah berpindah tempat (Awalina, 2011). Logam Pb bersifat toksik dan mudah terakumulasi dalam tubuh manusia apabila pada jangka waktu lama, kadarnya tinggi dan menimbulkan efek negatif pada tubuh seperti mutagen, alergi/alergen atau karsinogenik (Ika, *et al*., 2012). Efek yang dapat ditimbulkan apabila terpapar oleh logam berat Pb terhadap organ tubuh yaitu:

a. Sistem hemopoetik, apabila logam berat Pb sudah masuk kedalam tubuh dan meracuni sistem ini akan menyebabkan anemia karena proses pembentukan hemoglobin terhambat.
b. Sistem saraf pusat dan tepi, apabila logam ini sudah menyerang sistem saraf, maka akan mengganggu kerja otak. Efek yang ditimbulkan apabila menyerang pada otak anak maka akan menyebabkan gangguan intelektual sejak dini, hingga psikologinya juga akan terganggu. Gejala yang ditimbulkan antara lain yaitu mudah lupa, sering berhalusinasi, rasa canggung, mudah tersinggung dan konsentrasi menurun.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. Sistem ginjal, menyebabkan tidak berfungsinya bagian organ tubuh yang terdapat disekitar ginjal.
d. Sistem kardiovaskuler, dapat menyebabkan permeabilitas pembuluh darah meningkat drastis.
e. Sistem reproduksi, apabila organ ini terpapar oleh logam Pb maka akan menyebabkan kematian janin pada ibu hamil.
f. Sistem endokrin, dapat menyebabkan hormon tiroid dan adrenal tidak berfungsi dengan baik (Mastang, 2016).

Logam berat timbal (Pb) selain mencemari udara, logam berat ini juga dapat mencemari perairan. Logam berat timbal (Pb) dalam perairan bisa menyebabkan kematian ikan karena keracunan ataupun katiotin logam berat dengan fraksasi tertentu berada di lender insang, sehingga insang terselaputi oleh gumpalan lender logam berat yang mengakibatkan ikan menjadi mati. Selain itu, logam berat Pb juga akan tertimbun di dasar perairan atau sedimen dengan persenyawaan organik (Sumardjo, 2009). Perairan yang tercemar logam berat timbal (Pb) jika disiramkan pada tumbuhan maka akan menimbulkan resiko masuknya logam berat kedalam tumbuhan. Hasil penelitian (Naria, 2005) menyebutkan bahwa kandungan timbal pada tanaman umur 26 hari, tanaman bayam mengandung timbal sebesar 1,98 ppm, 2,72 ppm untuk selada, dan 1,80 ppm untuk kangkung. Masuknya logam berat timbal (Pb) ke dalam tanaman akan menimbulkan resiko pada kesehatan manusa jika mengkonsumsi tanaman tersebut.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4 Bakteri Toleransi Terhadap Logam Pb

Bakteri yang diisolasi pada lingkungan yang tercemar logam berat Pb memiliki daya resistensi terhadap logam berat dan dapat digunakan sebagai agen bioremediasi (Arrizal, *et al*., 2013). Lingkungan tanah dan perairan yang memungkinkan untuk ditemukannya bakteri resisten logam berat Pb. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hasyimuddin *et al*. (2018) telah menemukan bakteri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang resisten dan serta mengakumulasi logam Pb pada tanah saluran pembuangan limbah industri di Kabupaten Gowa. Beberapa penelitian lain menemukan bakteri toleran logam Pb antara lain dari genus *Azotobacter, Proteus, Corynebacterium, Klebsiella, Staphylococcus, Arthrobacter, Enterobacter, Listeria, Micrococcus, Phenylobacterium, Enhydribacter, Morrooccus, Flavobacterum, Sterptococcus, Xanthobacter, Acinetobacter, dan Brevibacillus* (Zulaika *et al*., 2012; Nath *et al*., 2012; Jarostawiecka *et al*., 2014; El-Sayed, 2016; Wulandari *et al*., 2005; Arrizal *et al*., 2013).

Bakteri merupakan mikroorganisme uniseluler, tidak berklorofil tetapi ada beberapa yang fotosintetik. Bakteri pada umumnya memiliki ukuran sel kecil sekitar 0,5-1,0 µm kali 2,0-5,0 µm, dimana setiap selnya hanya dapat dilihat dari tiga bentuk dasar yaitu bentuk bulat *(coccous)*, bentuk batang *(bassil)*, bentuk spiral *(spirillum)* (Rifqianingrum, 2010). Bakteri merupakan organisme golongan prokariotik tidak memiliki inti. Bakteri memiliki infromasi genetik berupa DNA, tidak terlokasikan di dalam nukleus (Harniza, 2009).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dinding sel bakteri merupakan struktur sel yang dapat memberikan bentuk sel, dan terletak dibawah substansi ekstraseluler seperti kapsul atau lendir yang terelatk di luar membran sitoplasma. Dinding sel pada bakteri sangat penting dalam pertumbuhan dan pembelahan. Dinding sel bakteri mengandung molekul kompleks yaitu peptidoglikan (Pelczer & Chan, 2008). Peptidoglikan berfungsi untuk mencegah terjadinya lisis osmosis (Hadioetomo, 1993). Bakteri digolongkan menjadi dua kelompok yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel dengan lapisan peptidoglikan yang tebal. Sedangkan bakteri Gram negatif memiliki lapisan luar yaitu lipopolisakarida yang terdiri dari membran dan lapisan peptidoglikan yang tipis terletak pada periplasma antara lapisan luar dan membran sitoplasma (Volk & Wheeler, 1986).

Membran sitoplasma terletak dibagian dalam dinding sel. Membran sel adalah membran selektif permeabel yang menentukan masuk keluarnya substansi kimiawi dalam larutan. Membran sel berfungsi untuk aktivitas transportasi solut, tranfer elektron dari respirasi ke fotosintetik, penghasil gradien elektrokimiam, sintesis ATP, biosintesis lipid dan dinding sel, sekresi protein, sinyal dan respon terhadap lingkungan (Purwoko, 2007).

Pertumbuhan mikroorganisme dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan suhu pada pertumbuhannya: a) Psikofil (bakteri dapat hidup di daerah dingin) tumbuh baik pada suhu dibawah 20^0C, kisaran suhu optimal adalah yaitu 10^0C sampai 20^0C; b) Mesofil (bakteri dapat hidup pada suhu sedang) mempunyai suhu pertumbuhan optimal

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

antara 20^0C sampai 45^0C dan c) Termofil (bakteri dapat hidup pada suhu tinggi) tumbuh pada suhu diatas 45^0C, kisaran pertumbuhan optimalnya yaitu sekitar 50^0C sampai 60^0C (Rifqianingrum, 2010).

Fase-fase pertumbuhan bakteri terdapat empat fase yaitu fase *lag*, fase eksponential, fase statis, dan fase kematian (Purwoko, 2007).

a. Fase Lag

Fase lag atau fase adaptasi merupakan fase dimana bakteri belum terjadi pertumbuhan populasi. Sel pada fase ini akan mengalami perubahan dalam kondisi kimiawi dengan bertambahnya ukuran dan substans intraseluler bertambah (Pelczer & Chan, 2008). Adaptasi sel bakteri pada proses ini meliputi sintesis enzim baru yang sesuai dengan media dan pemulihan terhadap metabolit. Fase lag ini tidak ditemukan pertambahan jumlah sel, tetapi fase ini akan langsung lanjut ke fase eksponensial (Purwoko, 2007).

b. Fase Eksponensial

Fase eksponensial merupakan fase bakteri berlangsung tumbuh cepat. Bakteri tumbuh pada fase eksponensial ini laju pertumbuhannya konstan dan selnya akan mengalami pembelahan, massa sel bakteri menjadi dua kali lipat dengan laju yang sama, aktivitas metabolit konstans dan keadaan pertumbuhannya seimbang (Pelczer & Chan, 2008). Pada fase eksponensial sel bakteri akan melakukan konsumsi nutrien dan proses fisiologis lainnnya (Purwoko, 2007).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

c. Fase Statis/konstan

Fase statis atau konstan merupakan proses menumpuknya produk beracun atau kehabisan nutrien pada media bakteri. Beberapa sel bakteri pada fase ini mati, sedangkan lain tumbuh dan aktif membelah dengan jumlah sel tetap. Fase statis menunjukkan bahwa jumlah bakteri yang hidup sama dengan jumlah bakteri yang mati, sehingga garis kurva menunjukkan hampir horizontal (Dwidjoseputro, 1989). Beberapa bakteri pada fase ini tidak mengalami pembelahan sel dikarenakan mulai kehabisan nutrient selain itu juga akumulasi metabolit toksik (misalnya alkohol, asam dan basa) terjadi penurunan oksigen dan penurunan nilai aw (ketersediaan air). Pada fase statis ini biasanya sel bakteri melakukan adaptasi dengan kondisi yang kurang menguntungkan (Purwoko, 2007).

d. Fase Kematian

Fase kematian merupakan sel bakteri mengalami laju kematian mengalami percepatan, semua sel bakteri akan mati dalam waktu beberapa hari atau beberapa bulan (Pelczar, 2008). Penyebab kematian sel bakteri yaitu sel bakteri mengalami autolilis dan penurunan energi seluler. Beberapa bakteri hanya bertahan beberapa jam selama fase statis dan akhirnya masuk ke dalam fase kematian. Beberapa bakteri ada juga yang bahkan mampu bertahan sampai puluhan tahun sebelum mati, yaitu dengan mengubah sel menjadi spora (Purwoko, 2007).

Pertumbuhan bakteri itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, sebagai berikut (Pelczer & Chan, 2008) :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1) Nutrient, nutrient bakteri terdiri atas unsur makronutrient (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe) dan unsur mikronutrient (Mn, Mo, PB, Co, Ni, Cl, Se, Si). Nutrient tersebut dibutuhkan oleh bakteri untuk membentuk energi pada komponen-komponen didalam sel.
2) pH, sebagaian besar bakteri (neutrofil) tumbuh dengan baik pada pH sekitar 6,0-8,0.
3) Suhu, setiap pertumbuhan bakteri memerlukan suhu optimum yang beragam. Bakteri psikrofilik dapat tumbuh pada suhu rendah (15-20^{0}C). Bakteri mesofilik tumbuh paling baik pada suhu 30-37^{0}C dan bakteri termofilik paling baik tumbuh pada suhu 50-60^{0}C.
4) Oksigen, pada bakteri dibedakan menjadi :
   a) Bakteri aerob obligat: bateri yang mampu menghasilkan energi hanya melalui respirasi.
   b) Bakteri anaerob obligat: bakteri dapat hidup pada lingkungan bebas oksigen (Oksigen untuk bakteri ini bersifat toksit).
   c) Bakteri anaerob fakulatif: bakteri yang tumbuh dengan oksigen udara.
5) Tekanan osmotik, bakteri membutuhkan konsentrasi garam yang tinggi dan yang membutukan tekanan osmotik tinggi dinamkan osmofilik.

2.5 Mekanisme Bakteri Toleran Logam Pb

Mikroorganisme memiliki peran sangat penting untuk mendegrdasi bahan limbah industri yang terdapat di tanah atau perairan (sungai, laut, dan danau). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi cepat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

lambatnya degradasi suatu cemaran yaitu aktivitas mikroba, nutrisi, pH dan faktor lingkungan (Hardani, *et al*., 2016). Teknologi bioremediasi dikembangkan untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Bioremediasi adalah suatu teknik dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri untuk mendegrdasi pencemaran suatu lingkungan (Ummi, 2011).

Bakteri yang diisolasi di wilayah yang tercemar logam berat Pb memiliki daya resisten terhadap logam berat Pb. Resisten bakteri terhadap logam Pb dapat dilakukan melalui mekanisme biosorbsi atau bioakumulasi (Fahruddin, *et al*., 2019). Bioakumulasi itu sendiri adalah proses dimana memanfaatkan mikroba untuk mengakumulasi zat-zat kimia seperti logam berat yang mencemari lingkungan untuk menjadikan lingkungan ke tingkat yang lebih aman (Diliyana, 2008). Prinsip bioakumulasi sendiri adalah mengikat ion-ion logam pada dinding sel bakteri (Rohma, 2017).

Pengikatan ion-ion logam berat yang dilakukan oleh bakteri dapat dipisahkan menjadi fase pengikat tranport aktif yaitu absorpsi melalui dinding sel atau permukaan eksternal, kemudian diikuti dengan transpor aktif yang tergantung pada metabolisme sel. Pada proses metabolisme logam berat dapat terakumulasi pada membran sel (ekstraseluler) dan pada sitoplasma (intraseluler) (Ummi, 2011).

Akumulasi ekstraseluler sel bakteri terjadi saat proses pengikatan ion-ion logam oleh polimer ekstraseluler atau polisakarida ekstraseluler yang dihasilkan oleh sel bakteri dan terjadi komplikasi anatara ion-ion logam yang bermuatan positif dan sisi reaktif permukaan sel yang bermuatann negatif. Sedangkan akumulasi intraseluler merupakan proses

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

difusi yang tidak membutuhkan aktifitas bakteri secara langsung, dimana gen-gen yang mengendalikan adalah plasmid dalam proses metabolisme (Ummi, 2011).

Kemampuan mengakumulasi bakteri terhadap logam berat logam berat disebabkan adanya kemampuan bakteri dalam menurunkan logam berat atau bahkan menghilangkanya, cara yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Bakteri mengeluarkan cairan ekstraseluler yang nantinya merespon logam berat kemudian logam berat diendapkan disekeliling sel dalam bentuk molekul organik (Suriawira, 1993).
b. Logam berat kemudian masuk ke dalam metabolisme sel bakteri dan mengalami proses biotransformasi destruksi (perubahan senyawa kimia oleh enzim) berupa reaksi dan kemudian membentuk molekul organik (Brock, *et al*., 1991). Proses pada biotransformasi terjadi karena kemampuan bakteri dalam mensintesis enzim adaptif yang mengkatalis reaksi biotransformasi tersebut (Suriawira, 1993).
c. Penyerapan logam berat oleh bakteri, terdapat dua jenis penyerapan logam berat yaitu, penyerapan logam yang tidak tergantung pada metabolisme *(metabolism independent)* yang terjadi pada permukaan sel dan penyerapan logam tergantung pada metabolisme *(metabolism dependent)* yang menyebabkan terakumulasinya logam didalam sel (Suriawira, 1993).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d. Pengikatan logam berat terjadi di stuktur sel bakteri pada dinding sel (Suriawira, 1993). Permukaan sel bakteri nantinya akan menyediakan area permukaan yang besar untuk interaksi dengan ion logam berat.

2.6 Isolasi dan Identifikasi Bakteri

2.6.1 Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri adalah cara untuk mengambil mikroorganisme yang terdapat di alam dengan menumbuhkannya dalam satu medium buatan. Isolasi bakteri ini memiliki prinsip yaitu memisahkan satu jenis mikroba dengan mikroba lainnya yang berasal dari berbagai macam mikroba. Hal ini dapat dilakukan dengan menumbuhkannya dalam media padat (Sutedjo, 1996).

Adapun beberapa teknik isolasi bakteri menurut (Hadioetomo, 1993) yaitu:

a. Metode Cawan Gores *(Streak Plate)*

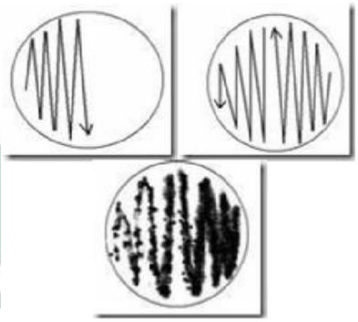
Metode cawan gores adalah metode untuk memperoleh koloni murni yang benar-benar terpisah dari koloni yang lain, sehingga mempermudah saat isolasi. Teknik dari penanaman mikroba pada metode ini yaitu dengan cara menggoreskan isolat bakteri pada media padat yang bertujuan untuk meremajakan mikroba ke dalam media baru (Hadioetomo, 1993).

Pengoresan pada media dengan teknik yang baik akan menghasilkan koloni yang terpisah. Bakteri yang mempunyai flagell seringkali dapat membentuk koloni yang menyebar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

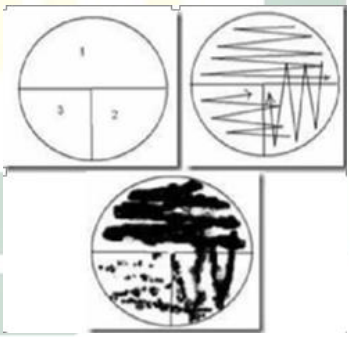
terutama pada media yang basah. Metode cawan gores ini dibagi menjadi beberapa tipe yaitu (Hadioetomo, 1993):

1) Goresan Sinambung: untuk mendapatkan peremajaan di media baru (Hadioetomo, 1993).



Gambar 2. 3 Tipe Goresan Sinambung
Sumber: (Lay, 1994)

2) Goresan T: Goresan tipe ini digunakan untuk mendapatkan koloni tunggal dengan membagi wilayah goresan menjadi bagian (Hadioetomo, 1993).

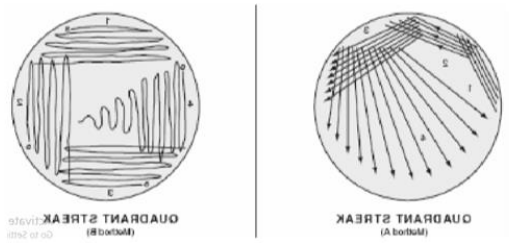


Gambar 2. 4 Tipe Goresan T
Sumber: (Lay, 1994)

3) Goresan Kuadran: ini hampir sama dengan goresan T tetapi pada pola goresan ini dibagi lagi menjadi 4 bagia/wilayah. Pembagian wilayah ini diharapkan akan memisahkan koloni bakteri dengan lebih baik sehingga nantinya akan diperoleh koloni tunggal bakteri. Goresan kuadran ini bisa dilakukan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan cara menggoreskan secara zig-zag maupun secara terputus (Hadioetomo, 1993).



Gambar 2. 5 Tipe Kuadran Secara Terputus (metode A) dan Zig-zag (metode B)
Sumber: (Lay, 1994)

b. Metode *Spread Plate*

Teknik cawan sebar/*spread plate* adalah suatu teknik untuk menumbuhkan mikroorganisme didalam media agar dengan cara menuangkan kultur bakteri diatas media yang telah memadat (Hadioetomo, 1993).

c. Metode *Pour Plate*

Teknik *pour plate* adalah suatu teknik untuk menumbuhkan mikroorganisme dengan cara kultur bakteri dicampurkan ketika media masih cair (Hadioetomo, 1993).

d. Teknik Pengenceran

Pengeceran bertujuan untuk melarutkan atau melepaskan mikroba dari substratnya ke dalam air sehinngga lebih mudah untuk memindahkan substrat ke tabung atau cawan. Sampel yang sudah diambil kemudian disuspensikan ke dalam aquades steril (Hadioetomo, 1993).

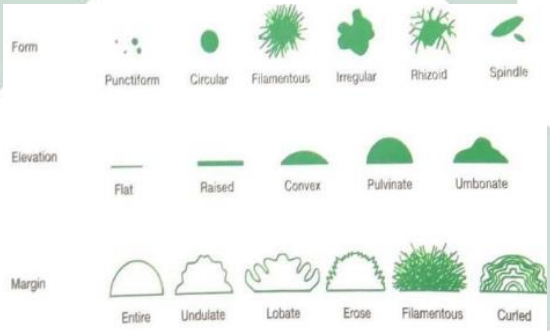
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6.2 Identifikasi Bakteri

Identifikasi bakteri dilakukan pengamatan secara makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia berdasarkan karakteristik pertumbuhan koloni bakteri tersebut pada media padat (Dwidjoseputro, 1989).

a. Pengamatan Makroskopis

Pengamatan makroskopis ini berfungsi untuk mengamati karakteristik koloni bakteri hasil dari inokulasi pada media NA (Dwidjoseputro, 1989).



Gambar 2. 6 Bentuk Morfologi Koloni Bakteri
Sumber: (Prescott *et al*., 2005)

1) Ukuran: bakteri memiliki ukuran yang berbeda-beda antara lain titik, kecil *(small)*, sedang *(moderate)*, besar *(large)*.
2) Pigmentasi bakteri: setiap spesies bakteri memiliki berbagai macam pigmentasi pada pertumbuhannya, warna bakteri yaitu; keputih-putihan, kuning atau hampir bening, dan lain sebagainya.
3) Pengamatan dilakukan dengan cara melihat dari atas, bentuk bulat *(cicular)*, berbentuk seperti benang *(filamenthus)*, tak beraturan *(irregular)*, serupa dengan akar *(rhizoid)*, serupa dengan kurma *(spindle)*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4) Elevasi: pengamatan dengan melihat dari samping, rata *(flat)*, timbul datar *(raised)*, timbul melengkung *(convex)*, membukit *(umbonate)*.

5) Margin (tepi koloni): pengamatan koloni bakteri dengan melihat dari atas, utuh *(entire)*, berombak *(lobate)*, bergerigi *(serrate)*, berbenang *(filamenthus)*, keriting *(undulate)*.

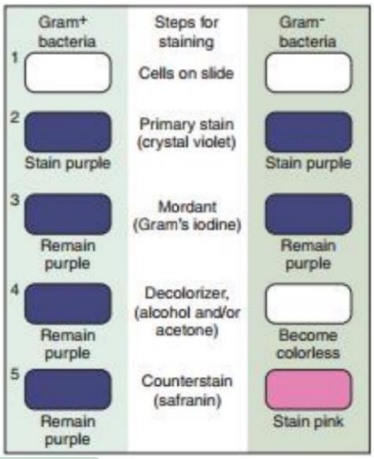
b. Pengamatan Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis bertujuan untuk melihat stuktur sel bakteri. Pengamatan mikroskopis meliputi pewarnaan gram dan uji biokimia (Cowan, 1993).

1) Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram merupakan pewarnaan yang paling penting untuk mengidentifikasi bakteri. Dalam proses ini, akan terfiksasi oleh larutan secara bertahap yaitu: larutan kristal violet, larutan yodium, alkohol dan larutan safranin. Bakteri pada pewarnaan gram ini dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu bakteri gram positif ditandai dengan mempertahankan kristal violet sehingga sel bakteri tetap bewarna ungu dan bakteri gram negatif ditandai dengan warna merah pada selnya yang tidak mempertahankan kristal violet ketika dicuci menggunakan alkohol sehingga saat dilakukan pewarnaan menggunakan safranin, sel bakteri bewarna merah (Waluyo, 2005).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2. 7 Prinsip Pewarnaan Gram pada Bakteri
Sumber: (Bailey & Scott's, 2005)

Bakteri gram negatif mengandung lipid dan lemak yang sangat tinggi dibandingan dengan bakteri gram positif. Bakteri negatif memiliki dinding sel lebih tipis daripada dinding sel bakteri gram positif sehingga pewarnaan kristal violet tidak dapat bertahan pada dinding selnya setelah dicuci alkohol, sehingga sel bakteri menyerap warna merah safranain (Pelczer & Chan, 2008).

Bakteri Gram negatif mempunyai tiga lapisan pada dinding selnya yaitu lapisan terluar adalah lipopolisakarida (lipid), kemungkinan tercuci oleh alkohol, sehingga pada proses pewarnaan dengan safranin sel bakteri akan bewarna merah. Bakteri gram positif memiliki dinding peptidoglikan yang tebal. Sehingga saat proses pewarnaan menggunakan kristal violet, pori-pori pada dinding sel bakteri menyempit akibat dekolorisasi oleh alkohol sehingga dinding sel tetap menahan warna ungu kristal violet (Hadioetomo, 1993).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2) Uji Biokimia

Uji biokimia merupakan suatu cara untuk identifikasi dan mendereminasi biakan murni kemudian diidentifikasi dan diamati morfologinya melalui sifat-sifat fisiologinya. Uji biokimia dilihat dari interaksi metabolit yang dihasilkan dengan reagen-reagen kimia. Beberapa jenis uji biokimia antara lain (Pelczer & Chan, 2008):

a) Uji MIO *(Motility Indole Ornithin)*

Uji ini memiliki fungsi untuk mengetahui motilitas bakteri, kemampuan bakteri dalam membentuk indole dan ornithin dengan menggunakan media MIO *(Motility Indole Ornithin)*. Bakteri positif pada uji MIO ditandai dengan adanya pertumbuhan bakteri menyebar dari garis tusukan pada media, sedangkan hasil negatif uji MIO atau bakteri *non motil* hanya tumbuh didaerah bekas tusukan. Uji MIO juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri menghasilkan indol dan trypthopan. Pengujian ini dilakukan dengan menambahkan 5 tetes *reagen kovac's* pada bakteri dalam media MIO yang telah diinkubasi selama 24 jam. Hasil uji indole positif ditandai dengan terbentuknya lapisan cincin merah antara medium dan reagen. Uji ornithin ditandai dengan terjadinya perubahan warna media menjadi kuning (Cowan, 1993).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b) Uji MR *(Methyl Red)*

Media yang digunakan pepton glukosa phospat. Uji MR ini digunakan untuk mengetahui adanya fermentasi asam campuran (metilen glikon). Hasil positif ditandai dengan adanya perubahan warna media menjadi merah setelah ditambahkan *methyl red* sebanyak 1% artinya bakteri menghasilkan asam campuran *(metilen glikon)* pada proses fermentasi glukosa yang terkandung dalam media MR. Hasil negatif ditandai dengan tidak terjadi perubahan warna media setelah ditambahkann *methyl red* 1% (Cowan, 1993).

c) Uji VP (Voges Proskauer)

Media yang digunakan pada uji ini adalah pepton glukosa phospat. Uji VP *(voges proskauer)* digunakan untuk mengetahui pembentukan asetil metil karbinol (asetoin) hasil fermentasi glukosa. Hasil negatif pada uji ini ditandai dengan tidak terjadinya perubahan warna merah pada media setelah ditambahkan *a-napthol* 5% dan KOH 40%. Sedangkan hasil positif ditandai dengan adanya perubahan warna pada media menjadi warna merah setelah ditambahkan *a-napthol* sebanyak 5% dan KOH 40% hasil akhir bakteri memfermentasi asetil metil karbinol (asetoin) (MacFaddin, 1980).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d) Uji Urenase

Uji urenase ini menggunakan media *Urea Base*. Uji Urease digunakan untuk melihat bakteri mengahsilkan enzim urea yang mampu menguraikan mikromolekul uera ($(NH_2)_2CO$) menjadi karbondioksida (CO_2) dan ammonia (NH_3). Ammonia yang dihasilkan bakteri akan meningkatkan pH media bersifat basa dengan perubahan media bewarna orange menjadi warna pink. Isolat bakteri diinokulasikan ke dalam media, kemudian isolat bakteri diinkubasi pada suhu 37^0C selama 24-48 jam. Reaksi positif pada uji ini ditunjukkan dengan adanya perubahan warna kuning menjadi warna pink pekat (Cappuccino & Sherman, 1987).

e) Uji TSIA *(Triple Sugar Iron Agar)*

Uji TSIA bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menfermentasi karbohidrat. Media TSIA terapat tiga macam karbohidrat yaitu glukosa, laktosa, dan sukrosa. Indikator untuk media TSIA adalah *phenol red* menyebabkan warna merah oranye media berubah menjadi warna kuning dalam membentuk suasana asam. Glukosa berada didasar media sedangkan laktosa dan sukrosa berada di bagian lereng. Fermentasi pada media TSIA disertai dengan pembentukan gas CO_2 yang dapat dilihat dari terangkatnya media. Selain itu pada media

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

TSIA juga dapat membentuk H_2S yang ditandai dengan adanya perubahan warna media oranye menjadi hitam (Buchanan & Gibbons, 1970).

f) Uji Gula-gula

Uji gula-gula digunakan untuk mengetahui bakteri menfermentasi gula dalam membentuk suasana asam. Media gula-gula dipisah dalam lima tabung yang berbeda dan media yang digunakan adalah glukosa, laktosa, sukrosa, manitol dan maltosa. Masing-masing media pada tabung reaksi ditambahkan *phenol red*. Hasil negatif ditandai dengan warna merah, artinya bakteri tersebut tidak dapat menfermentasi gula (Adam, 2001). Sedangkan hasil positif ditandai dengan adanya perubahan warna media menjadi kuning artinya bakteri dapat menfermentasi gula selain itu juga membentuk tinta pada tutup kapas,dan terdapat gelembung pada tabung durham (Adam, 2001).

g) Uji Katalase

Uji katalase ini berfungsi untuk mengidentifikasi bakteri untuk menghasilkan enzim katalase. Uji katalase dilakukan dengan cara meneteskan hydrogen peroksida atau H_2O_2 pada gelas objek. Hasil positif pada uji katalase ditandai dengan terbentuknya gelembung udara pada gelas objek (Hadioetomo, 1993).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

h) Uji SCA *(Simon Citrate Agar)*

Media ini digunakan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menggunakan natrium sitrat sebagai sumber utama metabolisme dan pertumbuhannya. Hasil positf apabila media awalnya bewarna hijau dengan suasana asam berubah menjadi warna biru dengan suasana basa, hal ini karena bakteri menggunakan sitrat sebagai bahan sumber karbon untuk pertumbuhannya (Ratna, 2012).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan eksploratif meliputi isolasi dan identifikasi bakteri pada air dan sedimen yang tercemar oleh logam berat Timbal (Pb) di sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan secara bertahap pada bulan November 2019 – Desember 2020 di Laboratorium Mikrobiologi Terintegrasi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Adapun jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Jadwal Waktu Kegiatan Penelitian

No.	Keterangan	Bulan ke-											
		11	12	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
1.	Persiapan pembuatan draft proposal skripsi	■											
2.	Sidang seminar proposal skripsi		■										
3.	Persiapan alat dan bahan			■									
4.	Pengambilan sampel di lapangan			■									
5.	Isolasi sampel di laboratorium			■	■								
6.	Pemurnian bakteri				■								
7.	Pengamatan makroskopis mikroskopis isolat murni					■	■						
8.	Identifikasi pewarnaan gram dan uji fisiologis						■	■					
9.	Analisis data							■	■	■			
10.	Persiapan dan pembuatan draft skripsi									■	■	■	
11.	Sidang skripsi												■

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah tabung reaksi erlenmeyer, timbangan analytik, cawan petri, bunsen, LAF, inkubator, mikropipet, mikroskop, jarum ose, *pH meter*, *bluetip*, *hotplate*, *strrier*, *beaker glass*, *objek glass*, *cover glass*, *vortex*, botol kaca/toples kaca, bunsen, *grab sampler*, *ice box*, seperangkat alat uji Spektrofotometer Serapan Atom.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah media NA, aquades steril, kapas, alkohol 70%, sampel sedimen dan air sungai, label, plastik tahan panas, *plastik warp*, *tissue*, $Pb(NO)_3$, gentian violet, larutan lugol, larutan safranin, minyak emersi, media Glukosa, Laktosa, Sukrosa, Manitol, Maltosa, MR VP, MIO, Urease, TSIA, Sitrat, Nitrat.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel

Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan sampel di sungai Porong Sidoarjo
Sumber: Google earth (2019)

Pengambilan sampel air dan sedimen sungai Porong dilakukan dengan metode *purposive sampling* sebanyak 2 titik pada area pipa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pembuangan limbah lumpur ke sungai Porong (Gambar 3.1) dimana teknik pengambilan sampel mempunyai pertimbangan tertentu yang dilakukan oleh peneliti (Furqon, 2002). Pemilihan titik berdasarkan adanya arus aliran limbah lumpur Lapindo. Sampel air diambil dengan menggunakan botol kaca steril pada permukaan air sungai. Sedangkan sampel sedimen diambil menggunakan alat *grab sampler*. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam plastik steril dengan menggunakan spatula steril. Selanjutnya sampel air dan sedimen disimpan didalam *ice box* dan dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi. Setiap titik lokasi pengambilan diukur pH menggunakan *pH meter* dan suhu menggunakan *thermometer*.

3.4.2 Pembuatan Media

Media NA ditimbang sebanyak 4 gram, dimasukkan ke dalam erlenmeyer, lalu ditambahkan *aquades sebnayak* 200 ml, kemudian erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan *aluminium foil*. Media kemudian dipanaskan di atas *hot plate*, hingga media homogen. Selanjutnya media NA disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121^0C. Setelah disterilkan dengan autoklaf media NA ditambahkan logam $Pb(NO)_3$ dengan konsentrasi 10 ppm kemudian dituangkan ke dalam cawan petri lalu ditunggu hingga memadat.

3.4.3 Sterilisasi Alat dan Media

Alat-alat yang terbuat dari kaca sebelumnya dibungkus menggunakan kertas bekas dan diletakkan ke dalam plastik tahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

panas. Media yang akan disterilsasikan media NA dan media untuk uji biokimia meliputi; Glukosa, Laktosa, Sukrosa, Maltosa, Manitol, *Methyl Red* (MR), *Voges Proskauer* (VP), MIO, *Urease Base*, serta tabung reaksi dan blue tip. Media yang digunakan untuk penelitian dihomogenkan diatas hotplate kemudian dimasukkan ke dalam autoklaf untuk di sterilisasi selama 15 menit dengan suhu 121^0C dan tekanan 1 atm.

3.4.4 Pengukuran Sampel dengan AAS

Perlakuan terhadap sampel air untuk di uji kandungan logam berat Pb, sampel air yang sudah diambil kemudian di masukkan ke dalam botol kaca steril, selanjutnya ditambahkan larutan HNO_3 pekat sebanyak 0,75 ml (15 tetes) (Hidayati, *et al*., 2014).

Sampel sedimen ditimbang sebanyak 10 gram dan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105^0C selama ± 6 jam sampai diperoleh berat konstan. Sampel sedimen yang telah kering digerus kemudian di ayak. Sampel yang sudah halus ditimbang sebanyak 0,2 gram kemudian dibasahi dengan 1 ml akuabides dan ditambahkan dengan 10 ml HNO_3 dengan konsentrasi 65%. Selanjutnya sampel dipanaskan pada suhu 100^0C hingga mendidih dan ditambahkan 15 ml HNO_3 65%, kemudian sampel dipanaskan pada suhu 120^0C sampai warna sedimen berubah menjadi lebih muda, sampel tidak boleh sampai kering. Larutan sampel ditambahkan 1 ml HNO_3 65% dan ditambahkan sedikit akuabides kemudian dipanaskan. Sampel kemudian disaring ke dalam erlenmeyer 50 ml, filtratnya diencerkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan aquabides sampai tanda batas dan dianalisis menggunakan AAS (Fitriani, et al., 2014).

3.4.5 Isolasi dan Pemurnian Bakteri

Sampel sedimen ditimbang sebanyak 5 gr dan diencerkan dengan aquades steril sebanyak 10 ml, dihomogenkan menggunakan *vortex* sehingga didapatkan pengenceran 10^{-1}. Selanjutnya sampel diambil 1 ml dari pengenceran 10^{-1} ditambahkan kedalam tabung reaksi yang berisikan 9 ml aquades steril sehingga didapatkan pengenceran 10^{-2}, diambil 1 ml dari pengenceran 10^{-2} ditambahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml aquades steril sehingga didapatkan pengenceran 10^{-3}. Pengenceran pada tahan ini dilakukan secara bertingkat yaitu 10^{-1} sampai 10^{-4}. Pengenceran 10^{-1} sampai pengenceran 10^{-4} diinokulasikan pada media NA yang telah ditambahkan larutan $Pb(NO)_3$ 10 ppm dengan *metode spread plate*, lalu diinkubasikan dalam inkubator pada suhu 37^0C selama 24-48 jam, kemudian diamati koloni yang tumbuh (Junopia, 2015).

Koloni tunggal yang sudah tumbuh kemudian dimurnikan kembali menggunakan metode *streak plate*. Isolat bakteri diambil secara aseptis dengan jarum ose yang sebelumnya sudah di lalu lintaskan pada api bunsen, kemudian diinokulasikan ke permukaan media NA yang mengandung $Pb(NO)_3$ 10 ppm, kemudian diinkubasi pada suhu 37^0C selama 24 jam (Rohma, 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4.6 Identifikasi Bakteri

Isolat bakteri dari sampel air dan sedimen yang tumbuh pada media selanjutnya dilakukan proses identifikasi meliputi pengamatan makroskopik, mikroskopik, dan uji biokimia menggunakan acuan buku *Bergey's Manual of Determination Bacteriology dan Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria 3rd Edition* (Brenner *et al*., 1925; Breed *et al*., 1957; Barrow & A, 1993).

a. Pengamatan Makroskopis

Pengamatan makroskopik isolat bakteri dengan mengamati permukaan atas untuk melihat bentuk koloni, mengamati dari samping untuk melihat elevasi koloni, pigmentasi koloni, ukuran koloni, dan tepi koloni (Hadioetomo, 1993).

b. Pengamatan Mikroskopis

1) Pewarnaan Gram

Isolat bakteri pada media NA diambil menggunakan jarum ose secara aseptis kemudian di suspensikan dengan aquades yang ada di atas *objek glass*. Preparat difiksasi diatas api bunsen sampai kering, lalu diitetesi menggunakan *kristal violet*, lalu didiamkan selama satu menit dan dicuci dengan air menglalir kemudian di angin-anginkan. Preparat ditetesi larutan iodin kemudian didiamkan selama 1 menit, dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan. Hasil dari preparat yang kering, kemudian ditetesi larutan etanol 96%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan didiamkan selama 30-45 detik. Selanjutnya preparat dicuci dengan menggunakan air mengalir. Preparat ditetesi safranin dan diratakan, selanjutnya preparat didiamkan selama 1 menit dan dicuci menggunakan air mengalir. Preparat ditunggu hingga mengering kemudian diamati dibawah mikroskop dengan perbessaran 1000x dan ditetesi minyak emersi. Uji pewarnaan gram, hasil positif ditandai dengan adanya warna ungu pada bakteri dan negatif ditandai dengan adanya warna merah (Hadioetomo, 1993).

2) Uji Biokimia

Uji biokimia yang digunakan pada penelitian ini meliputi: Uji Indol, Uji Motilitas, Uji MR VP, Uji Urea, Uji TSIA, Uji Gula-Gula dan Sitrat.

a) Uji Indol

Isolat bakteri dari kultur murni diambil 1 ose dan diinokulasi pada media MIO *(Motility Indol Ornithin)* dengan ditusukan isolat bakteri pada media secara lurus dan tepat ditengah. Media kemudian diinkubasi pada suhu 37^0C selama 24 jam, lalu diamati. Selanjutnya media ditetesi 4 tetes reagen *Kova'c* dan didiamkan selama 20-60 menit untuk mengetahui Uji Indol dan Ornithin. Kemudian diamati, hasil positif pada uji ini;

Motil (+) : adanya koloni yang menyebar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Indol (+) : adanya lapisan cincin merah antara media dan reagen.

Ornithin (+) : media berubah menjadi warna ungu

(-) : media berubah menjadi warna kuning

b) Uji MR *(Methyl Red)* dan VP *(Voges Proskauer)*

Isolat bakteri pada media NA diambil menggunakan jarum ose yang telah di panaskan hingga merah berpijar dan didiamkan beberapa saat. Kemudian, dimasukkan satu koloni ke dalam tabung reaksi, kemudian diaduk dan menaik turunkan ose hingga koloni tercampur. Sampel diinkubasi selama 24 jam. Hasil positif pada uji MRVP yaitu terbentuknya warna merah pada media setelah ditambahkan indikator *methyl red* untuk MR dan KOH 40% + *alfa naftol* 5% untuk VP.

c) Uji Urea

Isolat bakteri pada media NA diambil menggunakan jarum ose yang telah dipanaskan hingga merah berpijar dan didiamkan beberapa saat. Kemudian diinokulasikan kedalam media urea, lalu diinkubasi pada suhu 37^0C selama 24 jam. Hasil positif ditandai dengan adanya perubahan warna media dari kuning menjadi pink.

d) Uji TSIA

Isolat bakteri diambil menggunakan jarum ose Kemudian, koloni bakteri pada media NA diambil, dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

digoreskan pada permukaan media dibagian lereng, selanjutnya media TSIA ditusuk menggunakan jarum ose secara lurus tepat ditengah media. Media kemudian diinkubasi dengan suhu 37^0C selama 24 jam. Hasil positif ditandai dengan adanya perubahan warna pada media menjadi kuning dan terbentuknya gas H_2S sehingga media terangkat ke atas dan media menjadi warna hitam.

e) Uji Gula-gula

Media yang digunakan pada uji gula-gula terdiri dari glukosa, laktosa, maltosa, manitol, sukrosa. Isolat bakteri yang telah tumbuh dalam media NA selanjutnya diinokulasikan. Jarum ose dipanaskan hingga berpijar, di diamkan beberapa saat lalu diambil koloni bakteri. Kemudian dimasukkan ke dalam tabung reasi, diaduk memutar dan menaik turunkan jarum ose hingga koloni tercampur. Selanjutnya isolat bakteri diinkubasi pada suhu 37^0C selama 24 jam. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya gas apabila terdapat gelembung udara pada tabung durham.

f) Uji Sitrat/ *Simmon Citrate Agar*

Koloni pada media NA diambil menggunakan jarum ose yang telah dipanaskan hingga berpijar, kemudian didiamkan beberapa menit, selanjutnya digoreskan pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

permukaan media sitrat (bagian lereng media). Media kemudian di inkubasi dengan suhu 37^0C selama 24 jam. Hasil positif pada uji ini ditandai dengan adanya warna biru pada media.

3.5 Analisis Data

Data yang didapatkan meliputi kandungan logam berat Pb pada sampel air dan sedimen di titik yang berbeda, karakteristik makroskopik, mikroskopik dan fisiologis isolat bakteri toleran terhadap logam berat Pb dari sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur dijelaskan secara deskriptif berdasarkan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteria 2nd Edition* (Noel *et al*., 1989), *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria (3rd Ed)* (Barrow & R.K.A, 1993).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kandungan Logam Pb di Sungai Porong

Pengambilan sampel penelitian ini didasarkan pada area disekitar pipa pembuangan limbah lumpur Lapindo yang berada di wilayah perairan sungai Porong Sidoarjo, Jawa Timur. Pengambilan ditentukan 2 titik dengan lokasi yang berbeda yaitu lokasi pertama pada tepi sungai dan lokasi kedua disekitar aliran limbah lumpur menuju ke muara sungai yang berjarak 4 meter dari lokasi pertama. Pengambilan sampel pada titik yang berbeda ini bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat Pb dan kondisi lingkungan dari masing-masing titik sampling yang nantinya dapat disesuaikan pada tahap isolasi.

Berdasarkan hasil penelitian pada lokasi pengambilan sampel menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb disungai Porong, Sidoarjo memiliki kandungan logam berat Pb di titik 1 pada air sebesar 0,81 ppm dan pada sedimen 0,98 ppm. Sedangkan di titik 2 pada air sebesar 2,93 ppm dan pada sedimen 3,88 ppm. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2014 bahwa logam berat Pb memiliki ambang batas pada perairan yaitu 0,05 ppm. Sehingga dapat diketahui bahwa air dan sedimen di sungai Porong Sidoarjo dari setiap titik mengandung logam berat Pb dengan kadar yang melebihi ambang batas. Hal ini disebabkan kondisi lingkungan sekitar sungai Porong telah tercemari oleh limbah lumpur Lapindo. Menurut Rohma (2017) bahwa lumpur Lapindo menyebar luas dan belum dapat dihentikan, berdasarkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kondisi tersebut, pemerintah mengambil keputusan untuk mengalirkan limbah limbah ke Sungai Porong, Sidoarjo.

Rohma (2017) juga menjelaskan bahwa kandungan logam berat Pb pada lumpur Lapindo mengandung logam berat Pb dengan konsentrasi 22,88 ppm. Sehingga tidak menutup kemungkinan limbah lumpur Lapindo yang dialirkan disungai Porong mengandung logam berat Pb. Penelitian Putra (2015) juga menemukan kandungan logam berat Pb pada mangrove di kawasan muara sungai Porong Desa Kedungpandan Sidoarjo di titik pecahan aliran sungai porong dengan konsentrasi logam Pb pada air sekitar 0,018-0,035 ppm dan pada sedimen sekitar 1,879-2,733 ppm. Sedangkan penelitian Harlyan (2015) kandungan logam berat Pb pada ekosistem mangrove di wilayah sungai Porong Sidoarjo pada air kurang dari 0,0044 mg/L dan kandungan logam berat Pb pada sedimen permukaan adalah 0,0648 mg/L.

Kandungan logam berat Pb pada sedimen sungai Porong menunjukkan lebih tinggi dari pada di air, hal ini kerena akumulasi logam berat Pb pada sedimen terjadi proses penumpukan di dasar perairan. Sedangkan pada air, logam berat Pb memungkinkan masih bisa mengalir bebas akibat dari pengaruh arus dan pasang surut perairan (Amriarni, *et al*., 2012). Menurut Bangun (2005) logam berat memiliki sifat yaitu mudah mengikat bahan anorganik yang nantinya mengendap ke dasar perairan dan bercampur dengan sedimen.

Dari hasil penelitian dari masing-masing titik sampling mempunyai kadar logam berat Pb yang berbeda-beda. Kadar Pb pada titik 2 lebih

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tinggi dari pada titik 1. Titik 2 lokasinya berada di aliran limbah menuju muara sungai dengan posisi pipa pembuangan lebih mengarah ke bagian tengah dan terkena aliran limbah. Sedangkan pada titik 1 berlokasikan ditepi sungai yang berjarak jauh dari pipa. Faktor suhu dan pH juga mempengaruhi kadar logam Pb pada setiap titik lokasi.

Hasil pengukuran suhu pada titik 1 yaitu 29^0C sedangkan di titik 2 yaitu 30^0C. Hal ini menunjukkan bahwa pada titik lokasi 2 suhunya lebih tinggi dari pada titik 1. Pada titik 2 mempunyai kadar logam Pb lebih tinggi dari pada titik 1 karena mempunyai suhu lebih tinggi. Menurut Rohma (2017) semakin tinggi suhu pada suatu lokasi maka kadar logam Pb juga semakin tinggi. Menurut Vogel (1990) suhu berpengaruh terhadap proses kalarutan logam berat yang masuk ke dalam perairan. Semakin tinggi nilai suhu di perairan maka semakin tinggi pula kelarutan logam berat didalam perairan. Hal ini karena pengaruh suhu terhadap terjadinya kekuatan ion Pb. Selain suhu pH juga berpengaruh terhadap kelarutan logam berat Pb. Menurut Pelczar and Chan (2008) berdasarkan suhu pertumbuhan bakteri dapat dibagi menjadi bakteri psikrofilik, mesofilik dan termofilik. Bakteri psikofilik mampu bertahan hidup pada suhu 15^0C, bakteri mesofilik dapat bertahan hidup pada suhu 25-40^0C, dan bakteri termofilik dapat bertahan hidup pada suhu tinggi yaitu 40-50^0C.

Hasil pengukuran nilai pH pada penelitian ini bahwa titik 1 sebesar 7 dan pada titik 2 sebesar 8. Berdasarkan hasil pengukuran bahwa dititik 2 memiliki nilai kadar logam Pb yang tinggi, hal ini karena pH dititik 2 bersifat basah. Menurut Suwarto (2014) bahwa apabila kondisi pH

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

mendekati bersifat basa, kelarutan logam berat relatif stabil dan akan berikatan dengan anion sehingga logam berat tersebut akan membentuk logam organik dan anorganik yang mengendap didasar perairan. Pendapat tersebut diperkuat oleh Rochyatun (2003) bahwa pada nilai pH basa, logam berat sukar larut dan akan mengendap di dasar perairan.

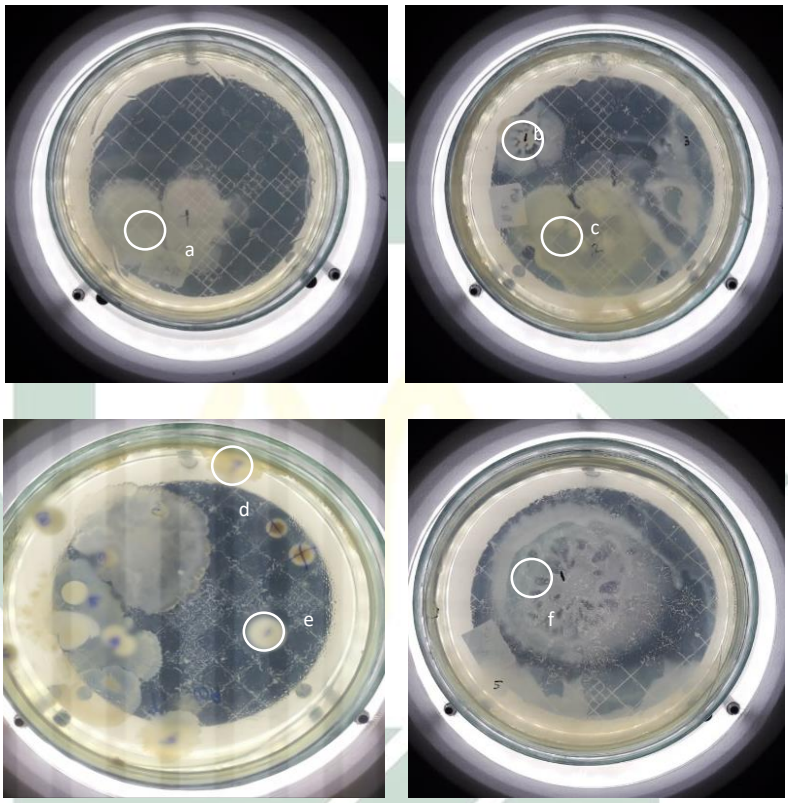
4.2 Isolasi Bakteri Tahan Logam Pb

Pengambilan sampel dilakukan pada 2 titik yang berbeda di sungai Porong, Sidoarjo yang didalamnya terkandung logam berat Pb. Pada penelitian ini metode isolasi yang digunakan yaitu metode *spread plate*. Penggunaan metode ini bertujuan untuk menumbuhkan bakteri pada cawan petri yang berisi media padat. Media yang digunkaan yaitu media NA *(Nutrient Agar)* yang merupakan media umum untuk pertumbuhan bakteri. Isolat bakteri agar yang tumbuh hanya resisten pada logam berat Pb maka media NA ditambahkan larutan logam berat Pb dengan konsentrasi 10 ppm. Bakteri dimurnikan dengan metode 16 *streak plate* dengan goresan bertingkat untuk mempermudah pemisahan tiap koloni yang nantinya didapatkan koloni tunggal.

Hasil penelitian didapatkan 6 isolat dengan kode sesuai sampel dimasing-masing titik. Pengenceran 10^{-2} didapatkan isolat bakteri pada sampel air di titik 1 yaitu A1B1, sedangkan sampel sedimen pada pengenceran 10^{-2} yaitu isolat S1B2 dan S1B3. Pengenceran 10^{-2} didapatkan isolat bakteri pada sampel air di titik 2 yaitu isolat A2B1 dan A2B2, sedangkan pengenceran 10^{-2} pada sampel sedimen yaitu isolat S2B3 (Gambar 4.1). Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Fahruddin

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(2019) dengan mengisolasi bakteri toleran terhadap logam berat Pb 10 ppm pada air dan sedimen di sungai Tallo, Sulawesi Selatan, didapatkan 8 isolat bakteri yang toleran yaitu 5 isolat dari sampel sedimen yaitu isolat SM3, SM5, SM 6, SM9, SM10 dan 3 isolat dari sampel air yaitu isolat AR1, AR2 dan AR3.



Gambar 4. 1 Hasil isolasi bakteri resisten logam Pb pada sampel air dan sedimen (a) A1B1;(b) S1B2;(c) S1B3;(d) A2B1;(e) A2B2;(f) S2B3
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020).

4.3 Identifikasi Bakteri Resisten Logam Pb

Identifikasi bakteri dilakukan untuk mengetahui jenis bakteri yang telah didapatkan. Dari hasil isolasi didapatkan 6 isolat bakteri yang mempunyai karakteristik yang berbeda. Identifikasi bakteri ini dilakukan pengamatan secara makroskopis, mikroskopis dengan pewarnaan gram dan uji biokimia.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

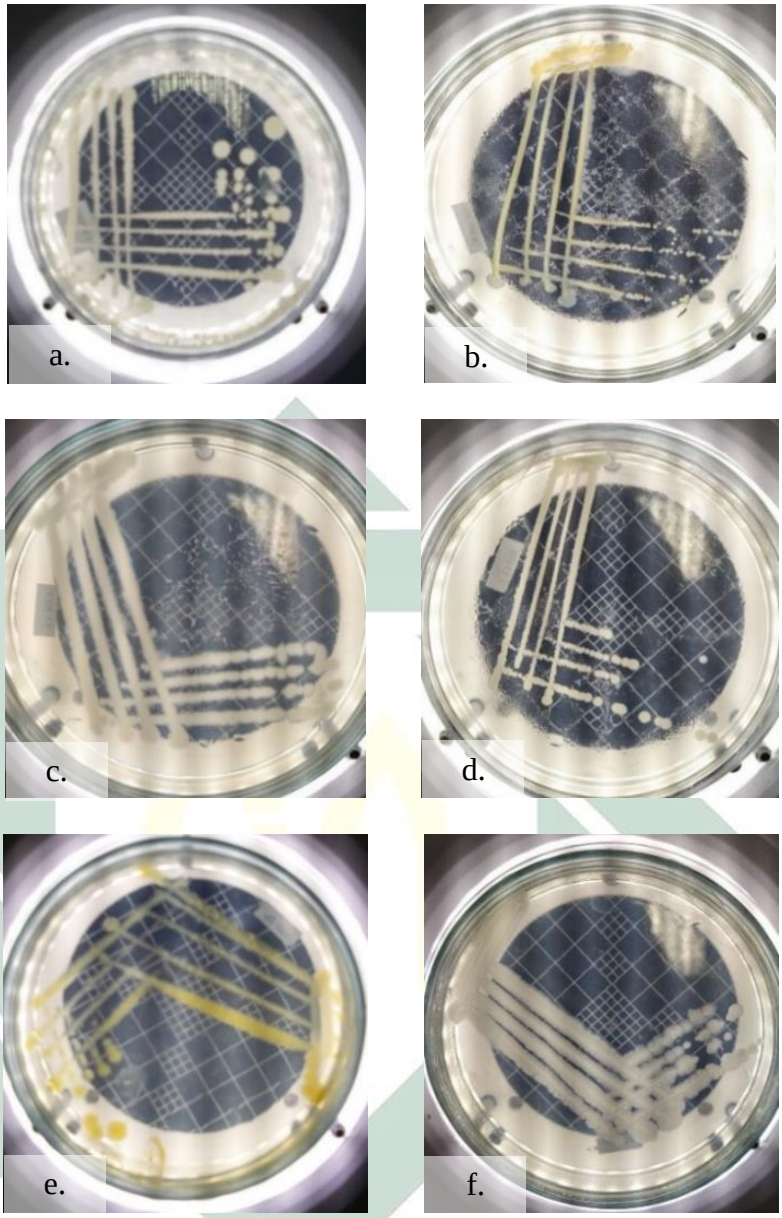
4.3.1 Pengamatan Makroskopik

Morfologi isolat bakteri berdasarkan karakteristiknya meliputi warna, bentuk, ukuran, tepi koloni, dan sudut elevasi pada cawan petri. Berdasarkan hasil penelitian koloni bakteri menunjukkan karakteristik yang berbeda-beda antara isolat satu dengan isolat lainnya.

Isolat bakteri A1B1 dan A2B1 memiliki karakteristik sama yaitu sudut elevasinya *raised*, berwarna putih dan isolat A1B1 berukuran besar sedangkan isolat A2B1 berukuran sedang. Isolat S1B2 dan A2B2 memiliki karakteristik yang sama pada bentuk yaitu *circular*, tepi *entire*, berwarna kuning, dan *elevasi raised* tetapi ukuran kedua bakteri berbeda yaitu isolat S1B2 memiliki ukuran *small* dan sedangkan isolat A2B2 memiliki ukuran sedang. Isolat S1B3 dan S2B3 memiliki ukuran sedang, bentuk *circular*, elevasi *flat* dan warna yang sama yaitu putih, tetapi pada tepi berbeda yaitu isolat S1B3 memiliki tepi *entire* sedangkan isolat S2B3 memiliki tepi *undulate* (Gambar 4.2).

Ukuran isolat bakteri yang terisolasi di lingkungan sungai Porong dikelompokkan menjadi 3 ukuran yaitu kecil *(small)*, sedang, dan besar *(large)*. Isolat bakteri S1B2 memiliki ukuran kecil *(small)* dibandingkan dengan isolat lainnya. Berdasarkan dari segi warna, isolat bakteri dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu putih dan kuning. Sedangkan berdasarkan bentuk dan juga tepi koloni yaitu bentuk *circular*, tepi *entire* dan *undulate*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 2 Hasil isolat bakteri resisten logam Pb (a) A1B1; (b) S1B2; (c) S1B3; (d) A2B1; (e) A2B2; (f) S2B3.
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020)

Pengelompokan karakteri isolat bakteri yang sudah terisolasi tersebut sesuai dengan pernyataan Dwijoseputro (2005) bahwa bentuk koloni bakteri dibedakan menjadi bulat *(circular)*, tak teratur *(irregular)*, dan *rhizoid*. Ukuran koloni bakteri dibedakan menjadi titik atau sangat kecil (pinpoint), kecil, sedang, dan besar. Tepi koloni meliputi utuh *(entire)*, bergerigi *(serrate)*, berombak *(lobate)*,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

begelombang *(undulate)*, dan benang *(filamentous)*. Adapun sudut elevasi meliputi rata *(flat)*, sedikit menonjol *(raised)*, melengkung *(convex)* dan seperi bukit *(umbonate)*.

4.3.2 Pengamatan Mikroskopik

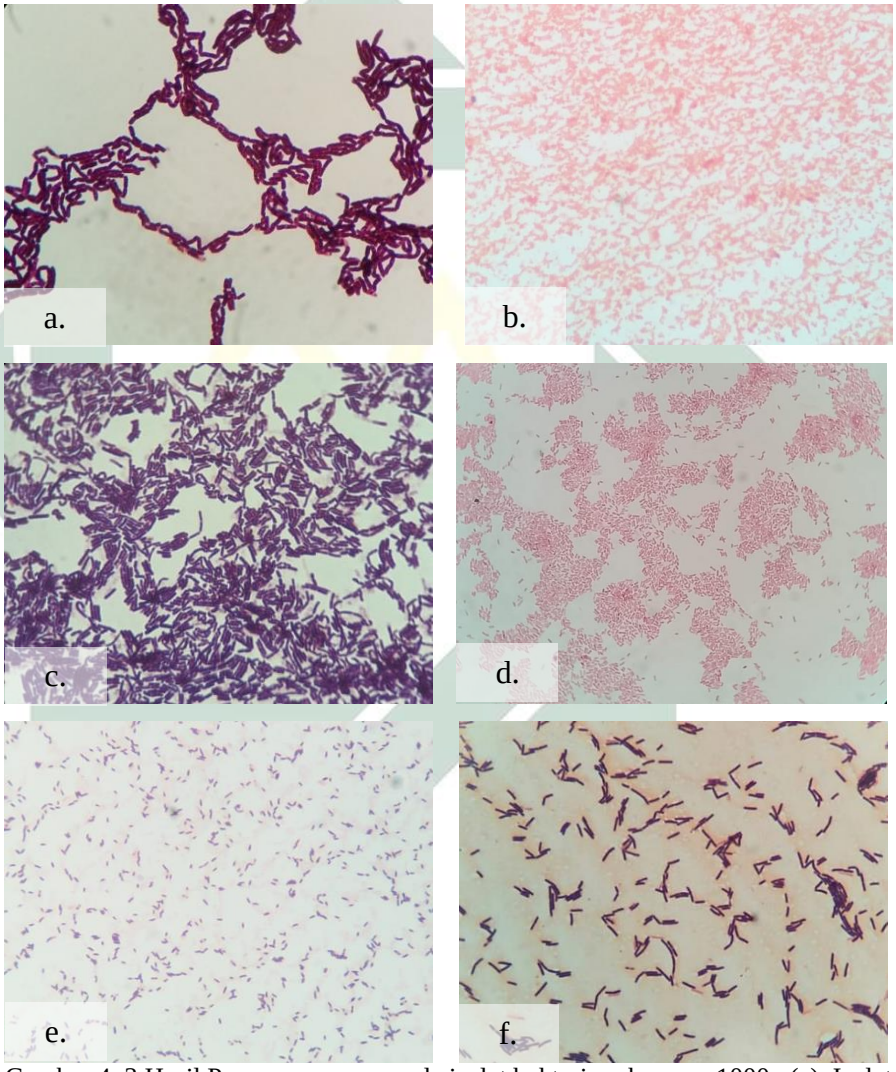
Pengamatan mikroskopik dilakukan dengan pewarnaan gram yang bertujuan untuk mengetahui bentuk sel dan kelompok bakteri yang terisolasi. Menurut (Lay, 1994) menyatakan bahwa pewarnaan gram bakteri bertujuan untuk menentukan karakter isolat bakteri berdasarkan pada perbedaan struktur dinding sel bakteri sehingga nantinya akan dikelompokkan menjadi 2 jenis bakteri, yaitu bakteri gram positif dan gram negatif.

Hasil pewarnaan gram bakteri yang memiliki ketahanan terhadap logam berat Pb menunjukkan bahwa terdapat isolat bakteri yang termasuk ke dalam bakteri gram negatif dan positif (Gambar 4.3). Menurut Hoyle dan Beveridge (1989) bahwa bakteri mampu resisten terhadap logam berat Pb dikarenakan permukaan dinding sel bakteri baik gram positif maupun bakteri gram negatif mempunyai ikatan anion sehingga logam berat akan mudah diserap.

Berdasarkan pewarnaan gram yang sudah didapatkan diketahui bahwa isolat bakteri resisten logam berat Pb memiliki kesamaan bentuk sel dan ada pula yang berbada. Isolat A1B1, S1B3, A2B2 dan S2B3 termasuk gram positif dan memiliki bentuk sel bakteri batang. Isolat S1B2 termasuk gram negatif dan memiliki bentuk sel bakteri *coccobacillus*. Sedangkan isolat A2B1 termasuk bakteri gram negatif

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dan memiliki bentuk sel bakteri batang. Perbedaan dari bentuk sel dari ke 6 isolat tersebut mengindikasikan bahwa kemungkinan besar setiap isolat bakteri memiliki jenis yang berbeda. Sebagaimana yang telah dinyatakan oleh Pelczer & Chan (2008) bahwa bakteri memiliki bentuk sel bervariasi, tergantung dari jenis kelompok bakteri itu sendiri.



Gambar 4. 3 Hasil Pewarnaan gram pada isolat bakteri perbesaran 1000x (a). Isolat A1B1; (b). S1B1; (c). S1B3; (d). A2B1; (e). A2B2; (f). A2B3.
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020)

Perbedaan antara bakteri gram negatif dan bakteri gram positif sebagaimana dijelaskan oleh Lay (1994) dan Entjang (2003) bahwa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

bakteri gram negatif memiliki peptidoglikan yang tipis yaitu (10-15 nm) dan kandungan lipid *(lipopolisakarida)* yang tinggi (11-22%). Kandungan lipid yang bersifat larut dalam aseton alkohol sehingga menyebabkan zat warna larutan kristal violet pada bakteri gram negatif tidak dapat dipertahankan, selanjutnya sel bakteri mengikat warna merah safranin sehingga sel bakteri berwarna merah pada saat pengamatan. Sedangkan bakteri gram positif memiliki peptidoglikan tebal yaitu (15-80 nm) dan kandungan lipid yang rendah (1-4%). Peptidoglikan yang lebih tebal ini dapat menyebabkan zat warna kristal violet dapat dipertahankan karena peptidoglikan bersifat tidak larut kedalam aseton alkohol.

Pewarnaan gram pada isolat bakteri memiliki sifat asam dan basa meliputi kristal violet, iodin, etanol 96%, dan larutan safranin. Pewarna kristal violet berfungsi untuk mewarnai seluruh permukaan sel. Iodin merupakan zat warna basa yang mengakibatkan adanya ikatan CV/*(mg-Ribonucleid acid-Crystal violet)* sehingga bakteri gram positif akan membentuk CV iodinribonukleat pada dinding selnya. Etanol merupakan zat warna asam yang akan menyebabkan pori-pori pada dinding sel bakteri memiliki banyak lipid sehingga ikatan CV iodinribonukleat akan terlepas dari permukaan sel bakteri gram negatif dan mengakibatkan sel bakteri menjadi bewarna kuning, sedangkan pada bakteri gram positif ikatan CV iodin tetap menempel pada dinding sel bakteri. Selanjutnya, larutan safranin berfungsi untuk pengontras saat pewarnaan sel bakteri. Bakteri gram

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

negatif akan menjadi bewarna merah sedangkan sel bakteri gram positif tetap bewarna ungu (Hafsan, 2014).

4.3.3 Uji Aktivitas Biokimia

Uji biokimia berfungsi untuk mengidentifikasi isolat bakteri berdasarkan sifat fisiologisnya. Sifat fisiologisnya dilihat dengan adanya interaksi metabolit yang berasal dari reagen kimia selama uji biokimia (Cowan, 1993). Uji biokimia bertujuan untuk memperkecil kesalahan, karena beberapa spesies memiliki sifat-sifat yang hampir sama (MacFaddin, 1980). Isolat bakteri resisten logam berat Pb yang terisolasi memiliki hasil uji biokimia yang berbeda-beda. Perbedaan hasil uji biokimia mengiindikasikan adanya perbedaan sifat fisiologis yang dipengaruhi oleh enzim isolat bakteri sehingga mempengaruhi kemampuannya untuk memanfaatkan reagen-reagen selama proses uji biokimia.

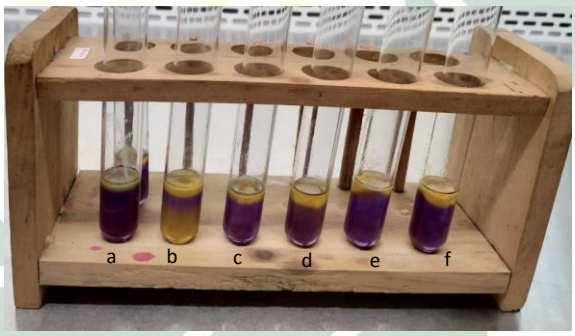
a. Uji Motilitas

Uji indol pada penelitian dilakukan dengan menggunakan media MIO. Hasil uji biokimia ini bahwa seluruh isolat bakteri menunjukkan hasil negatif karena tidak ada pembentukan cicin merah pada permukaan media setelah ditetesi reagen *kovacs*. Hal tersebut mengindikasikan bahwa seluruh isolat bakteri tidak memiliki enzim *tryptophanase*. Menurut (Hafsan, 2014) bahwa bakteri yang memiliki enzim tryptophanase akan memecah asam amino trypthopan kemudian mengubahnya menjadi indol. Indol

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dideteksi dengan reagen *kovacs* dimana indol bereaksi dengan *aldehyde* sehingga terbentuk lapisan cincin bewarna merah.

Media MIO tidak hanya digunakan untuk uji indol tetapi juga dapat digunakan untuk uji motilitas dan ornithin. Hasil uji motilitas diketahui bahwa isolat S1B3, A2B1, A2B2, dan S2B3 positif. Motilitas ini ditandai dengan pertumbuhan bakteri yang menyebar dari bekas tusukan yang menandakan bahwa isolat tersebut berflagel (Hafsan, 2014). Uji ornithin menunjukkan bahwa seluruh isolat negatif, hal ini karena isolat tersebut tidak menunjukkan adanya perubahan warna pada media setelah masa inkubasi 24 jam (Gambar 4.4).



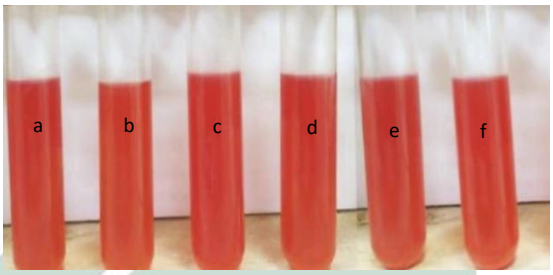
Gambar 4. 4 Hasil uji MIO (a) A1B1; (b) S1B2; (c) S1B3; (d) A2B1; (e) A2B2; (f) S2B2.
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020).

b. Uji Fermentasi Karbohidrat

Uji fermentasi karbohidrat ini menggunakan 3 jenis gula yang berbeda yaitu glukosa, sukrosa, dan laktosa. Uji biokimia ini berfungsi untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam memfermentasi gula dalam membentuk asam (Adam, 2001). Pengujian ini menunjukkan hasil negatif pada semua isolat bakteri yang ditandai dengan tidak ada perubahan warna dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

gelembung media setelah masa inkubasi (Gambar 4.4). Hal ini menandakan bahwa ke 6 isolat bakteri resisten terhadap logam berat Pb tidak memiliki kemampuan dalam memfermentasi karbohidrat baik glukosa, sukrosa dan laktosa.



Gambar 4. 5 Hasil uji fermentasi karbohidrat (a) A1B1; (b) S1B2; (c) S1B3; (d) A2B1; (e) A2B2; (f) S2B2
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020).

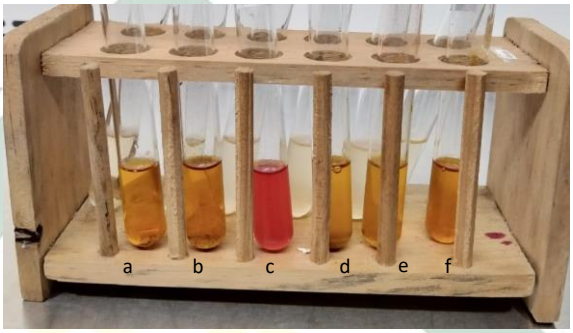
c. Uji MR *(Methyl Red)*

Hasil uji MR menunjukkan bahwa dari enam isolat bakteri, hanya isolat S1B3 yang positif pada uji MR dengan ditandai perubahan warna merah pada media setelah ditetesi dengan reagen *methyl red*. Sedangkan isolat lima lainya menunjukkan hasil negatif karena tidak terjadi perubahan warna merah pada media setelah ditetesi dengan regane *methyl red* (Gambar 4.5c). Isolat bakteri dengan hasil positif pada uji MR mengindikasikan bahwa isolat bakteri tersebut memfermentasikan asam campuran (Cowan, 1993).

Menurut Aryal (2018) bahwa isolat bakteri dengan hasil positif melakukan metabolisme dengan cara mengubah glukosa menjadi asam piruvat. Asam piruvat akan masuk melalui jalur asam campuran sehingga menghasilkan asam stabil seperti asam laktat, asam asetat, dan asam format. Tingginya kadar asam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang dihasilkan mengakibatkan pH media menurun menjadi <4,5 sehingga menimbulkan perubahan warna merah ketika ditetesi dengan *methyl red*. Sedangkan isolat bakteri yang tidak dapat memfermentasikan asam campuran maka tidak memicu terjadi penurunan pH sehingga tidak terjadi perubahan warna pada media (Tankeshwar, 2014).



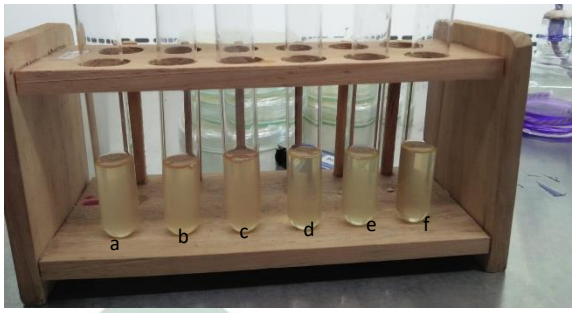
Gambar 4. 6 Hasil uji MR a) A1B1; b) S1B2; c) S1B3; d) A2B1; e) A2B2; f) S2B2.
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020).

d. Uji VP

Uji VP menunjukkan bahwa semua isolat bakteri negatif pada uji VP, hal ini karena tidak ada perubahan warna merah pada media setelah ditetesi reagen *alfa-naftol* 5% dan KOH 40% (Gambar 4.7). Sedangkan jika hasil positif ditandai dengan perubahan warna media menjadi merah. Perubahan warna merah pada media terjadi karena bakteri mampu memfermentasikan glukosa menjadi asam purivat melalui proses metabolisme dan akan menghasilkan *asetoin*. Pemberian reagen *alfa-naftol* dan KOH menimbulkan reaksi, sehingga *asetoin* teroksidasi menjadi *diacetyl*. KOH akan menyerap CO_2 dan bertindak sebagai pengoksidasi. Sedangkan *diacetyl* bereaksi dengan senyawa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang mengandung *guanidine* dari kandungan pepton sehingga terjadi perubahan warna merah (Pradan, 2014).

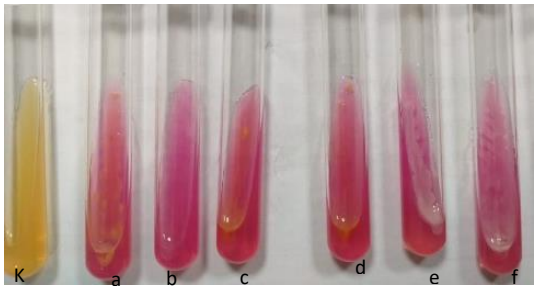


Gambar 4. 7 Hasil uji VP a) A1B1; b) S1B2; c) S1B3; d) A2B1; e) A2B2; f) S2B2.
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020)

e. Uji Urease

Hasil uji urease penelitian ini menunjukkan bahwa isolat bakteri A1B1, S1B2, S1B3, A2B1, A2B2, S2B3 positif pada uji urea. Hal ini menandakan bahwa semua isolat bakteri mampu memproduksi enzim urease dengan ditandai perubahan warna media menjadi warna pink (Gambar 4.8). Sebagaimana yang telah dinyatakan (MacFaddin, 1980) bahwa uji urease berfungsi untuk mengetahui bakteri yang dapat memecah urea dengan memproduksi enzim urease. Produk enzim urease merupakan proses dari dekarboksilase asam amino. Pemecahan urea oleh enzim urease akan menghasilkan CO_2 dan amonia. Amonia ini kemudian menyebabkan media menjadi alkali sehingga pH media meningkat dan ditandai dengan perubahan warna media dari kuning orange (pH 6,8) menjadi pink atau merah muda terang (pH 8,1) (Aryal, 2018).

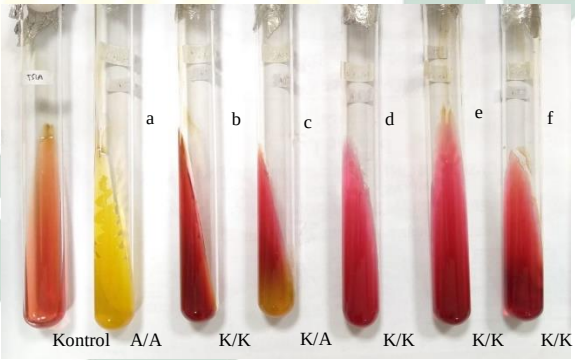
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 8 Hasil uji urea a) A1B1; b) S1B2; c) S1B3; d) A2B1; e) A2B2; f) S2B2.
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020)

f. Uji TSIA

Uji TSIA bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri memfermentasikan glukosa, laktosa, sukrosa dan pembentukan gas ataupun H_2S (Sari, 2014). Hasil uji TSIA memperlihatkan adanya kode K, dan A yang artinya kode K media berwarna merah dan kode A berarti media berwarna kuning (Gambar 4.9).



Gambar 4. 9 Hasil uji TSIA a) A1B1; b) S1B2; c) S1B3; d) A2B1; e) A2B2; f) S2B2.
Keterangan: (a) lereng dan dasar media kuning; (b) lereng dan dasar media merah; (c) lereng merah dasar media kuning; (d),(e),(f) lereng dan dasar media merah
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020)

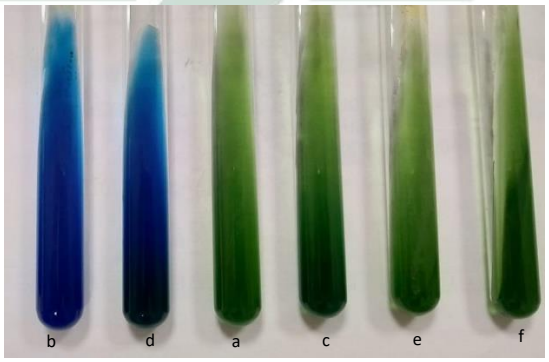
Hasil uji TSIA pada penelitian ini menunjukkan bahwa isolat A1B1 hasilnya lereng dan dasar media berwarna kuning (Gambar 4.9a) yang berarti adanya fermentasi glukosa, laktosa dan sukrosa. Isolat S1B2 menunjukkan lereng dan dasar media berwarna merah yang berarti bakteri tidak dapat memfermentasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

gula dan tidak memproduksi gas (Gambar 4.9b). Isolat S1B3 menunjukkan hasil lereng media berwarna merah dan dasar media berwarna kuning (Gambar 4.9c) yang berarti bakteri tersebut dapat memfermentasikan glukosa. Pada isolat A2B1, A2B2 dan S2B2 hasilnya lereng dan dasar media bewarna merah yang berarti bakteri tidak dapat memfermentasikan gula dan tidak memproduksi gas (Gambar 4.9def).

g. Uji Sitrat

Hasil positif pada uji sitrat ditunjukkan pada isolat S1B2 dan A2B1 ditandai dengan perubahan warna media menjadi warna biru. Sedangkan hasil negatif ditunjukkan pada isolat A1B1, S1B3, A2B2 dan S2B3 (Gambar 4.10). Uji sitrat hasilnya positif ditandai dengan media berwana hijau dalam suasana asam berubah mejadi warna biru dengan suasana basa, hal ini dikarenakan bakteri menggunakan natrium sitrat untuk bahan sumber karbon dalam pertumbuhannya (Ratna, 2012).



Gambar 4. 10 Hasil uji sitrat (K=kontrol); a) A1B1; b) S1B2; c) S1B3; d) A2B1; e) A2B2; f) S2B2.
Sumber : (Dokumentasi pribadi, 2020)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3.4 Penentuan Genus Bakteri Resisten Logam Pb

Hasil isolasi bakteri resisten logam berat Pb 10 ppm dari sampel air dan sedimen pada Sungai Porong Sidoarjo Jawa Timur didapatkan 6 isolat bakteri dengan hasil yang berbeda. Berdasarkan proses identifikasi yang mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determination Bacteriology dan Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria 2nd Edition* (Brenner *et al*., 1925; Breed *et al*., 1957; Barrow & A, 1993) didapatkan 3 genus bakteri yaitu genus *Bacillus*, *Acinetobacter*, dan *Pseudomonas*. Pada beberapa penelitian juga didapatkan isolat bakteri resistensi terhadap logam berat Pb. Pada sampel sedimen di perairan sekitar rumah susun Kota Makasar didapatkan isolat bakteri yang termasuk ke dalam bakteri *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus thuringiensis*, dan *Pseudomonas aeruginosa* (Anggraeni, 2017).

Penelitian oleh Marzan *et al*. (2017) dengan mengambil sampel tanah pertanian yang terkontaminasi logam berat Pb dari limbah industri di kota Chittagong, Bangladesh menemukan 3 isolat bakteri yaitu *Gemella*, *Micrococcus*, dan *Hafni*a. Bakteri resisten juga ditemukan di saluran pembuangan limbah industri di Kabupaten Gowa, didapatkan bakteri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* (Hasyimuddin, *et al*., 2018). Selain itu, penelitian Junopia (2015) menemukan bakteri resistensi terhadap logam berat Pb di danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan dari spesies *Pseudomonas*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

aeruginosa. Penentuan genus bakteri resistensi logam berat Pb pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

a. Genus *Bacillus*

Berdasarkan hasil pengamatan yang sudah dilakukan bahwa karakteristik isolat A1B1, S1B3, A2B2 dan S2B3 mempunyai bentuk *circular*, berukuran besar dan sedang, berpigment putih dan kekuningan, elevasi *raised* dan *flat*, tepi *entire*, namun S2B3 memiliki tepi undulate. Empat bakteri tersebut berbentuk batang dan gram positif, hasil uji motilitas isolat S1B3 A2B2 dan S2B3 motil, sedangkan isolat A1B1 non motil. Hasil uji biokimia pada uji indol dan ornithin negatif, uji glukosa negatif, laktosa negatif, sukrosa negatif, uji VP negatif dan uji urea positif, uji TSIA pada isolat A1B1 positif dapat memfermentasikan glukosa, laktosa, dan sukrosa dan isolat S1B3 positif dapat memfermentasi glukosa (Tabel, 4.2).

Hasil isolat yang telah didapatkan mempunyai kesamaan dengan bakteri dari genus *Bacillus*. Dalam buku *Begey's Manual of Systematic Bacterioloy 2nd*, genus *Bacillus* memiliki ciri-ciri bakteri gram positif, berbentuk batang, motil dan beberapa ada yang non motil, uji katalse positif, uji glukosa positif beberapa ada yang negatif bersifat aerobik atau fakulatif anaerobik serta mampu membentuk endospora (Holt, 1994). Endospora pada genus *Bacillus* ini memiliki resisten terhadap lingkungan dengan suhu tinggi, dan lingkungan yang ekstrim tercemarnya logam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berat (Cote, *et al*., 2015). Adapun klasifikasi genus *Bacillus* yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria

Filum : Firmicutes

Kelas : Bacili

Ordo : Bacillales

Famili : Bacillaceae

Genus : *Bacillus* (Holt, 1994)

Tabel 4. 1 Perbandingan hasil uji isolat A1B1, S1B3, A2B2 dan S2B3 dengan *Bacillus*

Isolat	Gram	Bentuk sel	Motil	Indol	Ornithin	Glukosa	Laktosa	Sukrosa	VP	Urea	Sitrat
A1B1	+	Rods	-	-	-	-	-	-	-	+	-
S1B3	+	Rods	+	-	-	-	-	-	-	+	-
A2B2	+	Rods	+	-	-	-	-	-	-	+	-
S2B3	+	Rods	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Bacillus	+	Rods	V	-	-	-	-	-	-	+	-

Keterangan: V = reaksi dapat menunjukkan hasil 90% positif atau 90% negatif tergantung dari spesiesnya; (+) = reaksi positif; (-) = reaksi negatif

b. Genus *Acinetobacter*

Hasil pengamatan isolat S1B2 mempunyai karakteristik bentuk *circular* berukuran kecil, tepi koloni *entire*, sudut elevasi *raised* dan warna koloni kuning. Hasil pengamatan makroskopik ini memiliki kesamaan dengan bakteri genus *Acinetobacter*. Forbes *et al*. (2007) menyatakan bahwa koloni bakteri genus *Acinetobacter* memiliki karakteristik bentuk bulat, *smooth*, sudut elevasi *raised* dan berukuran kecil. Hasil pewarnaan gram isolat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

S1B2 menunjukkan bahwa isolat termasuk dalam bakteri gram negatif berbentuk *coccobacillus*, nonmotil, hasil uji sitrat positif, uji urease positif.

Menurut Cowan and Stell (1993) dalam buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 2nd* hasil pengamatan tersebut memiliki kesamaan dengan bakteri genus *Acinetobacter* yang berbentuk *coccobacilus* atau batang pendek, gram negatif dan bersifat nonmotil (Holt, 1994; Buchanan & Gibbons, 1970).

Genus *Acinetobacter* dapat bersifat aerobik, non motil dan tidak dapat memfermentasikan glukosa, sukrosa, laktosa, manitol, dan juga maltosa (Barrow & A, 1993). Forbes *et al.* (2007) menyatakan bahwa genus *Acinetobacter* pada uji urease positif mampu memproduksi enzim urease. Selain itu pernyataan oleh Tauran *et al*. (2013) bahwa bakteri dari genus *Acinetobacter* bersifat positif pada uji sitrat, uji H_2S negatif, uji indol negatif, uji ornithin negatif, dan juga uji VP negatif. Adapun klasifikasi dari genus *Acinetobacter* yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria

Filum : Protobacteria

Kelas : Gammaproteobacteria

Ordo : Pseudomonadales

Family : Moraxellaceae

Genus : *Acinetobacter* (Holt, 1994)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4. 2 Perbandingan hasil uji isolat S1B2 dengan genus Acinetobacter

Isolat	Gram	Bentuk sel	Motil	Indol	Ornithin	Glukosa	Laktosa	Sukrosa	MR	VP	Urea	Sitrat	TSIA
S1B2	-	Rods	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
Acinetobacter	-	Rods	-	-	-	-	-	-	-	-	V	+	-

Keterangan: V = reaksi dapat menunjukkan hasil 90% positif atau 90% negatif tergantung spesiesnya; (+) = reaksi positif; (-) = reaksi negatif

c. Genus *Pseudomonas*

Hasil pengamatan bahwa isolat A2B1 mempunyai karakteristik makroskopik yaitu berbentuk bulat *(circular)* dengan ukuran sedang, koloni berwarna putih dengan tepi koloni *entire* dan sudut elevasi *raised*. Pada pewarnaan gram isolat bakteri A2B1 termasuk dalam bakteri negatif berbentuk batang, motil. Hasil uji sitrat positif, hasil uji urease positif, H_2S pada uji TSIA negatif (Tabel 4.4). Hasil yang didapatkan tersebut memiliki kesamaan dengan genus *Pseudomonas*.

Menurut Cowan and Stell (1993) dalam buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9nd Edition*, hasil dari pengamatan karakteristik isolat A2B1 memiliki persamaan dengan genus *Pseudomonas* yang termasuk ke dalam bakteri gram negatif berbentuk batang, bersifat motil, pada uji sitrat positif, dan uji urease positif. Sebagaimana yang telah dinyatakan oleh Barrow & Feltham (1993) bahwa bakteri genus *Pseudomonas* merupakan bakteri gram negatif dan memiliki bentuk batang, selain itu juga bakteri tersebut bersifat motil dengan flagel polar, dan bersifat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

aerobik. Sebagaian besar genus *Pseudomonas* dapat memproduksi uerease dan sebagian lainnya tidak dapat memproduksi urease (Breed, *et al*., 1957).

Genus *Pseudomonas* termasuk dalam bakteri gram negatif berbentuk batang pendek *(bacil)*, berpigment kekuningan namun umumnya tidak berpigment ataupun berwarna krem (Fobes & Weissfeld, 2007). Bakteri *Pseudomonas* banyak ditemukan di tanah, air dan pada tanaman (Breed, *et al*., 1957). Menurut Hassen *et al*. (1998) bahwa genus *Pseudomonas* mampu resistensi dan memiliki kemampuan dalam menurunkan logam berat Pb. Berikut ini klasifikasi bakteri dari genus *Pseduomonas*.

Kingdom : Bacteria

Filum : Proteobacteria

Kelas : Gammaproteobacteria

Ordo : Pseudomonadales

Family : Pseudomonadaceae

Genus : *Pseudomonas* (Holt, 1994)

Tabel 4. 3 Perbandingan isolat A2B2 dengan genus *Pseudommonas*

Isolat	Gram	Bentuk sel	Motil	Indol	Ornithin	Glukosa	Laktosa	Sukrosa	MR	VP	Urease	Sitrat	TSIA
A2B1	-	Rods	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
Pseudomonas	-	Rods	+	-	-	-	-	-	-	-	D	+	-

Keterangan: d = reaksi dapat menunjukkan hasil 16-84% positif atau negatif tergantung spesiesnya, (-) = reaksi negatif, (+) = reaksi positif

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.4 Potensi Bakteri Toleran Sebagai Bioremediasi

Bakteri diisolasi di wilayah yang tercemar logam berat Pb memiliki daya resisten terhadap logam berat Pb. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 3 bakteri dari genus yang berbeda, yaitu genus *Bacillus*, *Acinetobacter*, dan *Pseudomonas*. Hasil penelitian terdahulu membuktikan bahwa, kelompok bakteri Gram negatif berbentuk *coccobacillus* atau *coccus* yang resisten terhadap logam berat Pb merupakan kelompok bakteri dari genus *Acinetobacter*, *Phenylobacterium*, dan *Morococcus*, sedangkan bakteri Gram negatif yang berbentuk batang *(bacill)* berasal dari genus *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Proteus*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, dan *Xanthobacter* (El-Sayed, 2016; Hussein *et al*., 2004; Wulandari *et al*., 2005).

Bakteri yang memiliki resisten terhadap logam berat Pb dapat digunakan sebagai agen bioremediasi yang diisolasi dari lingkungan yang terkontaminasi logam berat Pb (Arrizal *et al*., 2013). Lingkungan yang memungkinkan ditemukan adanya bakteri resisten terhadap logam Pb tersebut bisa ditemukan di tanah dan perairan. Hal tersebut berdasarkan penelitian Zulaika *et al*. (2012) juga menemukan bakteri resisten logam berat Pb, hasilnya menunjukkan bahwa bakteri dari kelompok Gram positif selnya berbentuk batang, bakteri tersebut dari genus *Bacillus*. Sedangkan penelitian oleh Widiatmono, *et al*. (2020) menemukan bakteri sebagai bioremediasi logam berat timbal (Pb) pada tanah tercear air lindi di TPA supit Urang Kota Malang, bakteri yang ditemukan yaitu bakteri

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gram positif yang memiliki bentuk sel *streptobacil* yang termasuk dari genus *Bacillus*.

Hasyimuddin, (2018) bahwa menemukan bakteri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang resisten dan mampu mengakumulasi logam Pb pada tanah saluran pembuangan limbah industri di Kabupaten Gowa. Penurunan konsentrasi Pb tertinggi pada isolat 5mPB dari genus *Bacillus* sebesar 11 mg/L sedangkan penurunan terendah terdapat pada isolat 1mTR dari genus Bacillus dan 5mTR dari genus *Pseudomonas* sebesar 7 mg/L. Penelitian lainnya yang pernah dilakukan identifikasi bakteri yang resisten terhadap logam berat Pb ditemukan di danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan yaitu dari spesies *Pseudomonas aeruginosa*. Bakteri tersebut mampu mendegradasi logam berat Pb dari konsentrasi 1 ppm menjadi 0,45 ppm (Junopia, 2015).

Sedangkan hasil penelitian Rohma (2017) bahwa menemukan bakteri yang mampu hidup di lumpur Lapindo yang mengadung logam berat Pb dan mampu menurunkan kandungan logam berat Pb di 3 titik pengambilan sampel. Bakteri ditemukan tersebut di bak penampungan yakni dari spesies *Acinetobacter baumani* dengan persentase 77,2% dan spesies *Bacillus subtilis* dengan persentase 93%, titik berikutnya di pipa saluran pembuangan dari spesies *Brevibacillus laterosporus* dengan persentase 69,2%, titik terakhir di dekat pusat semburan lumpur dari spesies *Pseudomonas pseudomallei* dengan persentase 86,13%. Menurut Hughes & Rolle (1989) bakteri Gram negatif umumnya menunjukkan toleransi lebih tinggi terhadap logam berat, hal ini karena bakteri Gram

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

negatif memiliki stuktur sel kompleks tiga lapis, yaitu intermembran, lipopolisakarida dan membran sitoplasma. Lapisan tersebut menyebabkan bakteri Gram negatif mampu mengikat dan mengimobilisasi ion logam termasuk logam berat Pb.

Menurut Hardiani, *et al*. (2011) bahwa bakteri yang diisolasi pada lingkungan yang tercemar logam berat Pb memiliki daya resisten terhadap logam berat Pb yang ada di sekitarnya dan juga mampu mereduksi kandungan logam berat yang tercemar. Pernyataan tersebut diperkuat oleh pendapat Chojnacka, (2010) bahwa bakteri yang telah diisolasikan pada lingkungan yang tercemar akan logam berat maka berpotensi sebagai agen bioremediasi, hal tersebut karena bakteri memiliki daya resisten dan toleransi terhadap logam berat yang ada disekitar lingkungan tersebut. Maka memungkinkan bahwa hasil identifikasi bakteri pada sungai Porong yang tercemar logam berat Pb ini dapat dimanfaatkan bakterinya sebagai bioremediasi.

Hasil dari penelitian ini merupakan salah satu kekuasaan yang Allah tunjukkan kepada kita dimana ciptaan-Nya tidak akan ada yang sia-sia baik yang ada di langit ataupun bumi, baik yang besar maupun kecil bahkan yang tidak terlihat dengan mata telanjang sekalipun, misalnya bakteri. Sebagai mana firman Allah dalam Q.S. Al-Baqarah ayat 26:

إِنَّ ٱللَّهَ لَا يَسْتَحْيِۦٓ أَن يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا ٱلَّذِينَ ءَامَنُوا۟

فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ ٱلْحَقُّ مِن رَّبِّهِمْ ۖ وَأَمَّا ٱلَّذِينَ كَفَرُوا۟ فَيَقُولُونَ مَاذَآ أَرَادَ ٱللَّهُ بِهَٰذَا مَثَلًا ۘ

يُضِلُّ بِهِۦ كَثِيرًا وَيَهْدِى بِهِۦ كَثِيرًا ۚ وَمَا يُضِلُّ بِهِۦٓ إِلَّا ٱلْفَٰسِقِينَ

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Artinya:
"Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apa maksud Allah dengan perumpamaan ini?", dengan perumpamaan itu banyak orang yang dibiarkan-Nya sesat,dan dengan ini banyak (pula) orang yang diberi-Nya petunjuk. Tetapi tidak ada yang disesatkan Allah dengan (perumpamaan) itu kecuali orang-orang fasik". (Q.S. Al-Baqarah 2:26).

Menurut Ibnu Katsir menafsirkan dari kata "berupa nyamuk atau lebih kecil dari itu" menunjukkan bahwa Allah SWT memiliki kuasa untuk menciptakan semuanya, baik yang besar maupun kecil (Ad-Dimasyqi, 2004). Allah tidak pernah menganggap remeh sesuatu pun yang Allah ciptakan meskipun itu hal kecil. Ayat tersebut menjelaskan bahwa orang-orang yang beriman meyakini bahwa perumpamaan penciptaan Allah SWT memiliki manfaat bagi kehidupan manusia. Hal ini sebagaimana ciptaan Allah SWT mecinptakan bakteri ukurannya lebih kecil daripada nyamuk. Allah SWT menciptakan makhluk hidup seperti bakteri memiliki ukuran sangat kecil tidak hanya merugikan tetapi juga menguntungkan dan dapat dimanfaatkan sebagai bioremediasi untuk menggurangi pencemaran lingkungan yang tercemar logam berat Pb. Oleh karena itu, penelitian ini dapat membuktikan betapa besarnya Kuasa-Nya dan ciptaan-Nya yang tak terbatas.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Isolat bateri toleran logam berat Pb yang ditemukan pada sampel air sungai Porong Sidoajo, Provinsi Jawa Timur yaitu isolat bakteri A1B1 dan isolat bakteri A2B2 dari genus *Bacillus*, dan isolat A2B1 dari genus *Pseudomonas*.
b. Isolat bakteri toleran logam berat Pb yang ditemukan pada sampel sedimen sungai Porong Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur yaitu isolat bakteri S1B2 dari genus *Acinetobacter*, isolat S1B3 dan S2B3 dari genus *Bacillus*.

5.2 Saran

a. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut secara molekular untuk mengetahui hingga tingkat spesies bakteri yang tahan terhadap logam berat Pb dari sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur.
b. Isolat bakteri toleran terhadap logam berat Pb dapat di uji lab lebih lanjut untuk mengetahaui kemampuannya dalam remidiasi logam berat Pb dan nantinya akan bermanfaat untuk mengurangi kandungan logam berat Pb di sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB VI
DAFTAR PUSTAKA

(UNDAC) & United Nation Disaster Assessment and Coordinatio, 2006. Environment Assessment Hot Mud flow East Java Indonesia. *UNEP/OCHA Environment Unit.*

Adam, M., 2001. *Microbiology of Fermented Food.* New York: Elsivier Applied Science Publisher, Ltd.

Amriarni, A., Hendrarto, . B. & Hadiyarto, A., 2012. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa* L.) dan Kerang Bakau (*Polymesoda bengalensis* L.) Di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Ilmu Lingkungan,* 9 (2), p. 45.

Anggraeni, D. S., 2017. Bioakumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Berdasarkan Waktu Paparannya Oleh Bakteri Endapan Sedimen Perairan Sekitar Rumah Susun Kota Makasar. *Skripsi.* UIN Alauddin Maksar.

Arisandi, P., 2006. Menebar Bencana di Kali Porong. *Ecological Observation and Wetlands Conservation.*

Arrizal, S., Rachmadiarti, F. & Yuliani, 2013. Identifikasi Rhizobakteri pada Semanggi (Marsilea crenata Presl .) yang Terpapar Logam Berat Timbal (Pb). *LenteranBio,* Januari, 2(1), pp. 165-169.

Aryal, S., 2018. *Methyl Red (MR) Test-Principle, Procedure and Result Interpretation.* [Online]Availableat:<https://microbioloyinfo.com>[Diakses 15 Agustus 2020].

Aryal, S., 2018. *Urease Test-Principle, Media, Procedure and Result Interpretation.* [Online]Availableat:<https://microbioloyinfo.com>[Diakses 15 Agustus 2020].

Atmodjo, W., 2011. Studi Penyebaran Sedimen Tersuspensi Di Muara Sungai Porong Kabupaten Pasuruan. *Buletin Oseanogafi Marina,* 1(1), pp. 60-81.

Awalina, 2011. Bioakumulasi Ion Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Fitoplankton pada Beberapa Perairan Itu di Sekitar Kabupaten Bogor. *Thesis.* Universitas Indonesia. Depok.

Bailey & Scott's, 2005. *Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology.* Fourtheen penyunt. China: Elsevier.

Bangun, J., 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen dan Organ Tubuh Ikan Sokang (*Triacanthus nieuhofi*) di Perairan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ancol, Teluk Jakarta. *Skripsi*. Fakultas perikanan Dan Ilmu Kelautan. Intitut Pertanian Bogor.

Barrow, G. & A, F. R., 1993. *Cowan and Steel's Manual for The Identification of Medical Bacteria.* Cambridge: Cambridge University Press.

Breed, R., Murray, E. & R.S, N., 1957. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.* 7th ed penyunt. USA: The Williams & Wilkins Company.

Brenner, D., Krieg, N. & J.T, S., 1925. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.* 2nd penyunt. USA(Department of Microbiology and Molecular Genetics Michigan State University): s.n.

Brock, T., M.T, M., J.M, M. & J, P., 1991. Biology Of Mikcroorganisms, Seventh Edition. *Prenctice-Hall Internasional, Inc, Wisconsin.*

Buchanan, R. & Gibbons, N., 1970. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.* s.l.:William's and Wilkins Company.

Cappuccino, J. G. & Sherman, N., 1987. *Microbiology.* 4th ed penyunt. Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

Chojnacka, K., 2010. Biosorption and Bioaccumulation - the prospects for practical applications. *Environment International,* 36(3), pp. 299-307.

Cote, C., Heffron, J., Bozue, J. & Susan, L., 2015. Bacillus anthracis and Other Bacillus Species, Molecular Medical Microbiology: Second Edition. *USAMRIC.*

Cowan, 1993. *Cowan and Steel's Manual for The Identification of Medical Bacteria.* Third Edit penyunt. Cambridge: Cambridge University Press.

Dadag, E. & Sukoso, 2015. Isolation and Characterization of A3 and S3 Isolate Thermophilic Bacteria from Lapindo Sidoarjo Mud, East Java. *International Journal of ChemTech Research,* 8(2), pp. 541-548.

Darmono, 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam.* Jakarta: UI Press.

Diliyana, Y. F., 2008. Studi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Di Tambak Sekitar Perairan Rejoso Kaupaten Pasuruan. *Skripsi.* Universitas Hasanuddin Maksar.

Dwidjoseputro, D., 1989. *Dasar-Dasar Mikrobiologi.* Surabaya: Djambatan.

Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

El-Sayed, M., 2016. Multiple Heavy Metal and Antibiotic Resistance of *Acinetobacter baumannii* Strain HAF – 13 Isolated from Industrial Effluents. *American Journal of Microbiological Research,* 4(1), pp. 26-36.

Entjang, I., 2003. *Mikrobiologi dan Parasitologi.* Bandung: PT. Citra Aditya Bakti.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Fahruddin, N. H., Slamet, S. & S. W., 2019. Uji Kemampuan Tumbuh Isolat Bakteri dari Air dan Sedimen Sungai Tallo Terhadap Logam Timbal (Pb). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan,* 10(2), pp. 58-64.

Farida, A., 2013. Jalan Panjang Penyelesaian Konflik Kasus Lumpur Lapindo. *Jurnal Ilmu sosial dan Ilmu Politik,* 17(2), pp. 144-162.

Fitriani, A., Sulfikar & Dini, I., 2014. Analisis Kandungan Logam Timbal (Pb) pada Sedimen dan Udang Windu (Penaeus monodon) di Pantai Biringkassi Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep. *Sainsmat,* III(2), pp. 191-202.

Fobes, S. & Weissfeld, 2007. *Bailey & Scoot's Diagnostic Microbiology.* St. Louis, Mo: Mosby, Inc.

Gurave, N. A., Korde, V. V., Dhas, . S. S. & Disale, M., 2015. Isolation and identification of heavy metal resistant bacteria from petroleum soil of Loni, Ahmednagar. *European Journal of Experimental Biology,* 5(12), pp. 6-11.

Hadioetomo, R., 1993. *Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium.* Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Hafsan, S., 2014. Penuntun Praktikum Mikrobiologi Dasar. *Universitas Alaudin Press.*

Hardani, H., Kardiansyah, T. & Sugesty, S., 2016. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. *Jurnal Selulosa,* Juni, 1(1), pp. 31-41.

Hardiani, H., Teddy, K. & Susi, S., 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. *Balai Besar Pulp dan Kertas.*

Harlyan, L. i. & Sari, S. H. J., 2015. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Pada Air dan Sedimen Permukaan Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. *Perikananan Dan Kelautan,* 20(1), pp. 53-60.

Harniza, Y., 2009. Pola Resistensi Bakteri yang Diisolasi dari Bangsal Bedah Rumah Sakit Umum Pusat Nasional Cipto Mangunkusumo. *Skripsi.* Universitas Indonesia. Depok.

Hassen, A., Saidi & M. Cherif, A., 1998. Resistance of Environmental Bacteria to Heavy Metals. *Bioresource Technology,* 7(15).

Hasyimuddin, Nur, F. & I., 2018. Isolasi Bakteri Pengakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Saluran Pembuangan Limbah Industri di Kabupaten Gowa. *Biotropic The Journal of Tropical Biology,* 2(2), pp. 126-132.

Hendrawan, D., 2010. Kualitas Air Sungai Dan Situ Di Dki Jakarta. *Makara of Technology Series,* 9(1), pp. 13-19.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Herawati, N., 2007. Analisis Risiko Lingkungan Aliran Air Lumpur Lapindo ke Badan Air. *Thesis*. Universitas Diponegoro. Semarang.

Herlambang, A. & Pangkajian, B., 2006. Pencemaran Air Dan Strategi Penanggulangannya. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 2(1).

Hidayati, E. N., Alauhdin, M. & Prasetya, A. T., 2014. Perbandingan Metode Destruksi Pada Analisa Pb Dalam Rambut Dengan AAS. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(1).

Holguin, G., Vazquez, P. & Bashan, Y., 2001. The Role of Sediment Microorganisms in The Productivity, Conservation, and Rehabilitation of Mangrove Ecosystems. *Biology and Fertility of Soils*, 33(4), pp. 265-278.

Holt, e. a., 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriologi*. 9th penyunt. USA: Williams and Wilkins Baltimore.

Hoyle, M. & R.K, P., 1989. Metal and Microorganism. *Chapman and Hall.*

Hughes, M. & Rolle, R., 1989. *Metals and Micro-organism, p.277*. London: Chapman & Hall.

Husseuin, H., Ibrahim, S., Kendeel, K. & Moawa, H., 2004. Biosorption of Heavy Metals From Waste Water using Psedumonnas sp.. *J. Biotechnol*, 7(1).

Hutagulung, 1996. Inventariasi dan Evaluasi Lingkungan Pesisir. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Oseanologi.*

Ika, I., Tahril, T. & Said, I., 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) Dalam Air Laut Di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara (The Analysis of Lead (Pb) and Iron (Fe) Metals in The Sea Water of Coastal Area of Taipaâs Ferry Harbor Subdistrict of North Palu). *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4), pp. 181-186.

Jarostawiecka, A., Zofia, P. & Seget, 2014. Lead Resistence in Microorganism. Volume 160, pp. 12-25.

Jumani, 2011. Hubungan Perilaku Pengguna Air Sumur dengan Keluhan Kesehatan dan Pemeriksaan Kualitas Air Sumur Pada Pondok Pesantren di Kota Dumai. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.

Junopia, A. C., 2015. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Logam Timbal (Pb) Yang Bersumber Dari Danau Tempe Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Alauddin. Makasar.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2004. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Khoiroh, Z., 2014. Bioremediasi Logam Berat Timbal (Pb) Dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Campuran Bakteri (*Pseudomonas pseudomallei* dan *Pseudomonas aeruginosa*). *Skripsi.* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Kurniasari, R., 2005. Pengaruh Logam Berat Terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme Pendegradasi Minyak Diesel. *Thesis.* IPB. Bogor.

Lay, B., 1994. *Analisis Mikrobiologi Dan Laboratorium.* Jakarta: Raja Grafindo Persada.

Lewaru, S., Riyantini, I. & Mulyani, Y., 2012. Identifikasi Bakteri Indigenous Pereduksi Logam Berat Cr (VI) Dengan Metode Molekuler Di Sungai Cikijing Rancaekek, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Unpad,* 3(4), pp. 81-92.

MacFaddin, J., 1980. *Biochemical Test for Identification of Medical Bacteria.* Second Ed penyunt. s.l.:Baltimore: Williams & Wilkins.

Mahon, C., 2015. *Textbook of Diagnostic Microbiology.* 5th penyunt. Philadelphia: Saunders Elsevier.

Marzan, L. W. et al., 2017. Isolation and biochemical characterization of heavy-metal resistant bacteria from tannery effluent in Chittagong city, Bangladesh: Bioremediation viewpoint. *Egyptian Journal of Aquatic Research.*

Mastang, 2016. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pengakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Endapan Sedimen Kanal Sekitar Rumah Susun Kota Makasar. *Skripsi.* UIN Alauddin Makasar.

Maulana, M. I. & Suprayitno, A. E., 2018. Uji Kelayakan Kandungan Unsur Air Tanah Daerah Terdampak Lapindo Kecamatan Porong Menggunakan XRF. *Inoteks,* 21(2), pp. 154-162.

Naria, E., 2005. Mewaspadai Dampak Bahan Pencemar Timbal (Pb) di Lingkungan Terhadap Kesehatan. *Jurnal Komunikasi Penelitian,* 17(4), pp. 66-72.

Nath, A., Dutta, S. & Chowdhury, R., 2012. Micro and Macrokinetics of Di-auxic Microbial Growth in the Presence of Lactose and Glucose. Experimental and modeling. *World Congress on Biotechnology.*

Nyabakken, 1992. *Biologi Laut.* Jakarta: Gramedia.

Panuntun, M. S., 2014. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Toleran Timbal (Pb) dari Tanah Bekas Cetakan Pengecoran Logam di Desa Jeblokan, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten. *Skripsi.* UIN Sunan Kalijaga.

Parawita, D., Insafitri & Nugraha, W. A., 2009. Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Di Muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan,* 2(2), pp. 117-124.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pelczer, M. & Chan, E., 2008. *Dasar-Dasar Mikrobiologi 1*. Jakarta: UI Press.

Pradan, P., 2014. *Voges Proskauer Test (VP Test): Principle, Procedure, Interpretation andQualityControl.*[Online]Availableat:<https://microbeinfo.com>[Diakses15 Agustus 2020].

Prescott, L., Harley, J. & Klein, D., 2005. *Microbiology.* New York: Mc.Graw-Hill.

Priadie, B., 2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif dalam Upaya pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan,* 10(1).

Purwoko, T., 2007. *Fisiologi Mikroba.* Jakarta: Bumi Aksara.

Putra, R. V., 2015. Kandungan Logam Berat (Pb) Pada Mangrove Avicennia alba Di Kawasan Muara Porong Desa Kedungpandan Sidoarjo Jawa Timur. *Thesis.*Universitas Brawijaya. Malang.

Ranjani, Uday, T. J. & Babu, K. R., 2016. Heavy Metal Risk Assessment in Bhavanapadu Creek Using Three Potamidid Snails - Telescopium telescopium, Cerithidea obtusa and Cerithidea cingulata. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology,* 6(4).

Ratna, S., 2012. *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek.* Jakarta: PT. Gramedia.

Rifqianingrum, M. A., 2010. Pengaruh Konsentrasi Tawas Terhadap Lisis Sel Bakteri untuk Melihat Kemampuan Merusak Dinding Sel Bakteri. *Thesis.* Universitas Muhammadiyah. Semarang.

Rochyatun, E. E. & A, R., 2003. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, dan Fe dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Kalimantan Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia,* Volume 35, pp. 51-71.

Rohma, N. S., 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi Timbal (Pb) Dari Lumpur Lapindo. *Skripsi.* Universitas Islam Negeri Maualna Malik Ibrahim. Malang.

Sari, N., 2014. Isolasi dan Karakteristik Bakteri tanah di Kecamatan Pattallasang Kabupaten Gowa. *Skripsi.* Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Alauddin Makasar.

Shihab, Q., 2002. *Tafsir Al-Misbah: Pesan Kesan dan Keserasian Al-Qur'an/M. Quraish Shihab.* Volume 15 penyunt. Jakarta: Katalog Dalam Terbitan (KDT).

Sugiyarto, H. K. & Suyanti, D. R., 2010. *Kimia Anorganik Logam.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Sumardjo, D., 2009. *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Sastra 1 Fakultas Bioeksakta.* Jakarta: EGC.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Suprapto, S. J., Gunardi, R. & Ramli, Y. R., 2007. Geokimia Sebaran Unsur Logam Pada Endapan Lumpur Sidoarjo. *Buletin Sumber Daya Geologi*, Volume 2, pp. 4-13.

Suriani, S., Soemono & Suharjono, 2013. Pengaruh Suhu dan pH Terhadap Laju Pertumbuhan 5 Isolat Bakteri Anggota Genus Pseudomonas yang Diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di Sekitar Kampus Universitas Brawijaya. *J. Pal*, 3(2), pp. 59-60.

Suriawira, U., 1993. Mikrobiologi Air Dan Dasar-Dasar Pengolangan Buangan Secara Biologis. *Penerbit Alumni.*

Sutedjo, M., 1996. *Mikrobiologi Tanah.* Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Suwarto & Sarjani, E., 2014. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat Pada Sedimen dan Biota Air Di Muara Sungai. *Geoedukasi Volume,* III(1), pp. 30-37.

Syahputra, R. F., 2016. Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir terhadap Kenaikan Muka Air Laut Untuk Menentukan Upaya Adaptasi Dan Mitigasi Di Kabupaten Sidoarjo. *Thesis.* Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Tankeshwar, 2014. *Methyl Red (MR) Test: Principle, Procedure and Result.* [Online] Availableat:<https://microbeonline.com>[Diakses 15 Agustus 2020].

Tauran, P., Handayani, I. & N, S., 2013. Identifikasi Bakteri Aerob Gram Negatif dan Gram Positif Menggunakan Metode Konvensional dan Otomatik. *Indones. J. Clin. Phatol. Med. Lab,* 19(2), pp. 105-111.

Ummi, A., 2011. Isolasi Bakteri Pengakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Pelabuhan Paotere Maksar. *Skripsi.* Universitas Alauddin Makasar.

Usman, E., S, M., Ranawijaya, D. & Hutagol, J. P., 2006. Paper Pendukung, Pembuangan Lumpur Porong-SIdoarjo ke Laut. *Simposium Nasional.*

Vogel, 1990. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro.* jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.

Volk, A. W. & Wheeler, M., 1986. *Mikrobioogi Dasar*. 5 penyunt. Jakarta: Penerbit Erlangga.

Waluyo, L., 2005. *Mikrobiologi Lingkungan.* Malang: UMM Press.

Widiatmono, B. R., Dewi, L. S. & Agustianingrum, R., 2020. Bioremediasi Logam Berat Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenous Pada Tanah Tercemar Air Lindih (Leachate). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.*

Winda, L., 2013. Efektifitas Pemberian Soyghurt yang Mengandung Bakteri Asam Laktat Dalam Memperbaiki Kerusakan Jaringan Hati Mencit (*Mus Musculu*s L.) yang Dipapar Timbal. *Thesis,* p. 9.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Wulandari, S., Dewi, N. F. & Suwondo, 2005. Identifikasi Bakteri Pengikat Timbal (Pb) Pad Sedimen di Perairan Sungai Siak. *Jurnal Biogenesis*, 1(2), pp. 62-65.

Wulan, S. P., Amin, B. & Thamrin, 2013. Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak sekitar Dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang–Propinsi Riau. *Jurnal Kajian Lingkungan*, 1(01), pp. 72-92.

Zarkasyi, H., 2008. Biosorpsi Logam Merkuri (Hg) Oleh Bacillus megaterium Asal Hilir Sungai Cisadane. *Skripsi*. UIN Jakarta.

Zulaika, E., Arif, L., Tutut , A. & Umi, S., 2012. Bakteri reissten Logam Berat yang Berpotensi sebagai Biosorben dan Bioakumulator. *Seminas Nasional waste Management for Sustainable Urban Development.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id