

**SKRINING BAKTERI TOLERAN LOGAM BERAT TIMBAL
(Pb) DARI SUNGAI CILEMAHABANG DESA WALUYA
KABUPATEN BEKASI YANG BERPOTENSI SEBAGAI AGEN
BIOREMEDIASI**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si.)
dalam Ilmu Biologi



Diajukan oleh:

Anisa Novia Irwani

NIM: 1908016001

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Anisa Novia Irwani

NIM : 1908016001

Jurusan : Biologi

Menyatakan bahwa Skripsi yang berjudul:

**SKRINING BAKTERI TOLERAN LOGAM BERAT TIMBAL
(Pb) DARI SUNGAI CILEMAHABANG DESA WALUYA
KABUPATEN BEKASI YANG BERPOTENSI SEBAGAI AGEN
BIOREMEDIASI**

Secara keseluruhan adalah hasil peneliti/karya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 27 Maret 2023

Pembuat Pernyataan



Anisa Novia Irwani

NIM: 1908016001



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Kampus 3 Jl. Prof. Dr. Hamka Ngallyan Semarang
Telp.024-7601295 Fax.7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Skrining Bakteri Toleran Logam Berat Timbal (Pb) dari Sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi

Nama : Anisa Novia Irwanl

NIM : 1908016001

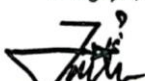
Jurusan : Biologi

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam ilmu Biologi.


Semarang, 3 Juli 2023

DEWAN PENGUJI

Penguji I,


Andani Syaifudin, M.Sc.
NIP.198907192019031010

Penguji II,


Tara Puri Ducha Rahmanl, M.Sc.
NIP.198006132019032011

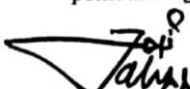
Penguji III,


Eko Purnomo, M.Si
NIP.198604232019031000


Penguji IV,


Asri Febriana, M.Si
NIP.198902012019032015

pembimbing I


Andani Syaifudin, M.Sc.
NIP.198907192019031010

Pembimbing II


Tara Puri Ducha Rahmanl, M.Sc.
NIP.198806132019032011

NOTA DINAS

Semarang, 27 Maret 2023

Yth. Ketua Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Skrining Bakteri Toleran Logam Berat Pb dari Sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi

Nama : Anisa Novia Irwani

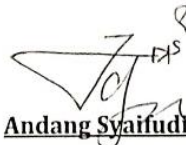
NIM : 1908016001

Jurusan : Biologi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamualaikum wr.wb.

Pembimbing I



Andang Syaifudin, M.Sc.

NIP.198907192019031010

NOTA DINAS

Semarang, 27 Maret 2023

Yth. Ketua Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Skrining Bakteri Toleran Logam Berat Pb dari Sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi

Nama : Anisa Novia Irwani

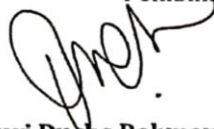
NIM : 1908016001

Jurusan : Biologi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamualaikum wr.wb.

Pembimbing II



Tara Puri Ducha Rahmani M.Sc

NIP.19880613201903201

ABSTRAK

Logam berat pb diduga mencemari sungai Cilemahabang yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem perairan. Tujuan dari penelitian skripsi ini untuk mengidentifikasi bakteri resisten logam berat timbal (Pb) pada air dan sedimen sungai Cilemahabang serta karakteristik bakteri tersebut yang diharapkan dapat berpotensi sebagai agen bioremediasi. Penelitian ini menggunakan sampel air dan sedimen yang diisolasi dari sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi. Isolasi bakteri menggunakan media NA yang ditambahkan logam berat Pb 10 ppm kemudian diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 27°C. Identifikasi bakteri dilakukan dengan pengamatan morfologi, pewarnaan gram dan uji biokimia. Metode *disk diffusion* digunakan untuk mengetahui resistensi bakteri toleran logam Pb pada konsentrasi Pb yaitu 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm. Hasil penelitian ini diperoleh 8 isolat bakteri yang terdiri dari genus *Bacillus*, *Citrobacter*, *Pseudomonas* dan *Aeromonas*. Genus *Citrobacter* mempunyai diameter zona hambat terbaik pada semua konsentrasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa sungai Cilemahabang memiliki bakteri resisten terhadap logam berat Pb sehingga berpotensi sebagai agen bioremediasi untuk meminimalisir pencemaran logam Pb pada sungai tersebut.

Kata kunci: Bakteri toleran, Logam berat Pb, Sungai Cilemahabang

TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I. Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

ا	A	ط	t}
ب	B	ظ	z}
ت	T	ع	'
ث	s\	غ	G
ج	J	ف	F
ح	H}	ق	Q
خ	Kh	ك	K
د	D	ل	L
ذ	z\	م	M
ر	R	ن	N
ز	Z	و	W
س	S	ه	H
ش	Sy	ا	'
ص	s}	ء	Y
ض	d}	ي	

Bacaan Madd : a > =

a panjang i > = i

panjang u > = u

panjang

Bacaan Diftong :

au = °و

ai = °ي

I = °اي

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul “Skrining Bakteri Toleran Logam Berat Pb dari Sungai Cilemahabang Desa Waluya Kabupaten Bekasi yang Berpotensi Sebagai Agen Bioremediasi”. Serta tidak lupa sholawat dan salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia.

Pada pelaksanaan dan proses penyusunan skripsi, penulis telah banyak menerima dukungan, arahan dan bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan dengan penuh rasa hormat kepada:

1. Orang tua yang sangat saya cintai, Ibu Sriwati Handayani dan Bapak Ustirawan yang selalu mendukung dengan kasih sayang, do’a, serta menjadi sumber kekuatan terbesar bagi penulis untuk terus belajar dan tetap kuat ketika menjalani situasi tersulit sekalipun;
2. Dr. Ismail, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang;

3. Dr. Baiq Farhatul Wahidah, M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi;
4. Andang Syaifudin, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang senantiasa memberikan bimbingan semangat, bimbingan dan arahan;
5. Tara Puri Ducha Rahmani M.Sc., selaku Wali Dosen dan Dosen Pembimbing II skripsi yang senantiasa memberikan semangat, bimbingan dan arahan;
6. Segenap jajaran Dosen Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmu dan bimbingan sehingga penulis dapat mengimplementasikan ilmu yang diberikan dalam penyusunan serta penulisan skripsi yang penulis lakukan;
7. Adik saya tercinta Arifa Dwi Cahyani yang telah memberikan semangat, kasih sayang serta do'a kepada Penulis;
8. Teman spesial Wijayanto yang telah memberikan dukungan, semangat serta bantuan baik tenaga dan materi kepada penulis;
9. 'Aisyah Chofifawati selaku rekan dekat penulis yang sangat membantu dalam penelitian skripsi


ini sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini dengan baik;

10. Kepada teman-teman saya Silva Aprilia Salsabela, Ibnu Sina, Rahmatya, Bulan Ayu Ivanda, Riska dwi, Muhammad Saieful, Dwi Liza Kinaya dan Audrey Clara yang telah memberikan bantuan dan mendukung proses penelitian ini;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini memiliki banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki. Maka dari itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik.

Semarang, 27 Maret 2023

Penulis



Anisa Novia/Irwani

NIM 190016001

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	vi
TRANSLITERASI ARAB-LATIN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I_PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian	12
D. Manfaat penelitian	12
BAB II LANDASAN PUSTAKA	13
A. Kajian Teori.....	13
1. Bakteri Toleran Logam Timbal (Pb).....	13
2. Sungai Cilemahabang	16
3. Pencemaran Logam Berat timbal (Pb).....	19
4. Baku Mutu Sungai Cilemahabang	22
5. Bioremediasi	25
6. Agen Bioremediasi.....	26

B. Hasil Penelitian yang Relevan.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
B. Alat dan bahan.....	34
C. Metode.....	35
D. Analisis Data.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Kondisi Sungai Cilemahabang.....	45
B. Isolasi Bakteri Sungai Cilemahabang.....	48
C. Pengamatan Morfologi Bakteri.....	51
D. Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri Mikroskopis..	53
E. Uji biokimia.....	55
F. Penentuan Genus Bakteri Resisten Pb.....	60
G. Uji Resistensi Bakteri Terhadap Logam Berat Pb....	67
BAB V PENUTUP.....	74
A. Kesimpulan.....	74
B. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1. 1	Kondisi Air Sungai Cilemahabang	2
Gambar 2. 1	Kegiatan Warga di Sungai Cilemahabang	19
Gambar 2. 2	Kerangka Berpikir	33
Gambar 3. 1	Lokasi Pengambilan Sampel	35
Gambar 3. 2	Alur Penelitian	44
Gambar 4. 1	Hasil Pemurnian Bakteri Toleran Pb	49
Gambar 4. 2	Hasil Uji Sitrat, Indol, MR .	58
Gambar 4. 3	Hasil Uji TSIA	59
Gambar 4. 4	Isolat bakteri A2(2)	61
Gambar 4. 5	Isolat bakteri A3(1)	63
Gambar 4. 6	Isolat bakteri a). A1(1) b). A1(2)	65
Gambar 4. 7	Isolat a). A2(1) b). S1(1) c). S2(1) d). S3(1)	67
Gambar 4. 8	Hasil Uji Resistensi	69
Gambar 4. 9	Grafik Rata-Rata Diameter Zona Hambat	71

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Parameter Air Sungai Cilemahabang	24
Tabel 2. 2	Hasil Penelitian Relevan	28
Tabel 4. 1	Parameter Kondisi Sungai Cilemahabang	45
Tabel 4. 2	Hasil Isolasi pada Air dan Sedimen	48
Tabel 4. 3	Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri	52
Tabel 4. 4	Pengamatan Pewarnaan Gram	53
Tabel 4. 5	Analisis Uji Biokimia Bakteri Toleran Pb	56
Tabel 4. 6	Kruskall-walis test ranks	70
Tabel 4. 7	Statistics Uji Kruskall Wallis	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Uji Parameter Kondisi Air Sungai	85
Lampiran 2	Koloni Isolat Bakteri Logam Berat Pb	86
Lampiran 3	Pewarnaan Gram Bakteri Perbesaran 1000X	87
Lampiran 4	Uji Normalitas SPSS 22	88
Lampiran 5	Hasil Uji Zona Hambat Bakteri	89
Lampiran 6	Hasil Diameter Zona Hambat	90

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya yang dapat diperbarui secara alami. Air merupakan kebutuhan primer bagi semua makhluk hidup terutama dalam kehidupan sehari-hari. Aktivitas manusia dapat dengan mudah mencemari air. Sungai merupakan salah satu sumber air yang dibutuhkan manusia untuk melakukan aktivitas dan memenuhi kehidupan sehari-hari (Akhnah *et al.*, 2022). Aktivitas penduduk dalam bidang industri, pemukiman dan pertanian akan semakin meningkat seiring dengan kemajuan zaman, akibat hal tersebut pembuangan limbah dari kegiatan manusia akan berakhir ke perairan sungai yang diduga dapat menyebabkan kualitas sungai sehingga mengalami penurunan dan tercemar (Malau *et al.*, 2018).

Sungai memiliki salah satu permasalahan yaitu pencemaran air yang dapat memunculkan beberapa dampak negatif, kondisi sungai yang mengeluarkan bau dan kotor akan memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar dan tidak layak digunakan oleh

warga (Pratiwi, 2021). Penyebab menurunnya kualitas air sungai tersebut karena limbah industri dan limbah domestik (Salamahu, 2012). Diduga kedua sumber limbah tersebut merupakan faktor utama terhadap pencemaran air di Kabupaten Bekasi. Salah satu sungai di Kabupaten Bekasi yang diduga terkena dampak pencemaran air yaitu sungai Cilemahabang. Sungai Cilemahabang secara langsung menerima berbagai masukan limbah yang dibuang akibat pembuangan limbah industri dan limbah domestik.



Gambar 1. 1 Kondisi Air Sungai Cilemahabang
(Tirta,2021)

Pembuangan limbah ke sungai secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat berdampak buruk bagi keseimbangan lingkungan (Agustiningih,

2022). Apabila jumlah bahan kimia dan limbah melebihi ambang batas maka air tersebut tidak layak untuk digunakan. Limbah industri pada sungai dapat mempengaruhi perubahan sifat fisika dan kimia yang mengandung bahan-bahan beracun diantaranya yaitu senyawa arsen, merkuri, barium, amoniak, khorium, tembaga, aluminium, hidrokarbon, dan lain sebagainya, menurut Lestina (2014) Senyawa-senyawa dalam jumlah melebihi batas yang ditetapkan akan mengakibatkan perubahan dalam lingkungan, diantaranya:

- a) Terganggunya kehidupan makhluk hidup di dalam air
- b) Menurunnya daya guna air
- c) Mempercepat proses korosi logam yang kontak langsung dengan air
- d) Terganggunya penggunaan air sebagai air pencuci, air minum, pertanian, perikanan dan air untuk industri.

Limbah logam berat yaitu bentuk dari salah satu limbah berbahaya yang dihasilkan oleh proses industri dan dapat menyebabkan rusaknya tatanan lingkungan hidup serta kesehatan manusia (Salamahu, 2012). Sungai sering tercemar oleh

logam berat diduga karena menjadi tempat buangan limbah dari suatu industri yang tidak diproses terlebih dahulu. Kawasan yang dijadikan sebagai pusat industri memiliki permasalahan berat terhadap pencemaran sungai ketika hasil buangan dari industri berupa polutan yang sulit terurai akan mencemari lingkungan perairan dan dapat membahayakan biota perairan serta manusia (Ayu Puspitalena, 2018).

Pencemaran logam berat pada sungai diantaranya seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), besi (Fe), cromium (Cr), tembaga (Cu), nikel (Ni), mangan (Mn), raksa (Hg) dan seng (Zn) (Winongo *et al.*, 2021). Jenis logam berat terbagi menjadi dua golongan yaitu logam berat esensial dan non esensial, keberadaan logam esensial dalam kadar tertentu dapat berguna dan diperlukan organisme hidup, namun dapat menjadi toksik jika jumlahnya berlebihan, contohnya Cu, Zn, Fe, Co, Ni, Mn. Kedua yaitu logam non esensial, keberadaan logam non esensial belum memiliki manfaat dan dapat menjadi toksik jika berada di dalam tubuh manusia contohnya Pb, Hg, Cd, Cr. (Syaifullah *et al.*, 2018).

Sungai Cilemahabang yaitu salah satu sungai yang terletak di Kabupaten Bekasi diduga memiliki penurunan kualitas air yang dapat diamati dari kondisi fisik sungai tersebut. Menurut Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang (2023) ciri-ciri air yang tercemar yaitu berbau, bewarna, pH tidak netral, terdapat bahan pelarut dan mikroorganisme berlebihan. Warga di Desa Waluya Kabupaten Bekasi masih banyak yang memanfaatkan air sungai Cilemahabang yang diduga tercemar limbah untuk melakukan aktifitas sehari-hari seperti MCK, memancing, membuang sampah disekitar sungai dan lain sebagainya. Masalah yang terjadi pada beberapa warga di desa Waluya Kabupaten Bekasi yaitu kurangnya kesadaran terhadap kebersihan dan kesehatan seperti kebiasaan membuang sampah, kotoran dan kelayakan dalam penggunaan air sungai Cilemahabang.

Tercatat jumlah penduduk Kabupaten Bekasi tahun 2018 berjumlah 3.631.000 jiwa, dengan rata-rata kepadatan penduduk 2.748 jiwa per km², keadaan ini dapat berdampak pada kualitas air udara, dan penyempitan lahan Kabupaten Bekasi (Budi *et al.*, 2022). Menurut Supriyanto (2021) hasil

pemeriksaan air sungai Cilemahabang memiliki kondisi sungai dengan indeks pencemaran (IP) yaitu $IP = \pm 9,85$ ($5,0 < IP \leq 10,0$), berdasarkan nilai indeks kualitas air sungai Cilemahabang menunjukkan status air sungai tersebut tercemar sedang. Keberadaan pencemaran sungai yang melebihi baku mutu air memungkinkan berdampak pada gangguan ekosistem dan sumber toksik bagi manusia yang menggunakan air sungai tersebut (Wicaksana, 2016).

Salah satu pencemaran lingkungan perairan pada sungai merupakan kerusakan yang disebabkan akibat aktivitas manusia yang memberikan efek negatif, seperti pada firman Allah SWT pada Al-Qur'an surah Ar-Rum ayat 41:

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 karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”* (Q.S Ar-Rum/30:41).

Menurut tafsir Kementerian Agama RI surat Ar-Rum ayat 41 Allah menegaskan bahwa nafsu manusia merupakan penyebab kerusakan di bumi. Allah ingin mereka mengalami beberapa akibat dari perbuatan buruk manusia yaitu kerusakan lingkungan di darat dan di laut sehingga mereka dapat kembali ke jalan yang lurus dengan terus menjaga kesesuaian perilakunya.

Sungai Cilemahabang diduga memiliki kandungan senyawa kimia atau logam berat yang diduga berasal dari pembuangan limbah cair industri. Salah satu jenis logam berat yang dapat mencemari lingkungan sungai Cilemahabang yaitu logam berat timbal (Pb). Logam berat timbal (Pb) dipilih karena tingginya potensi industri di Kabupaten Bekasi yang dapat menghasilkan logam berat timbal (Pb) pada sungai tersebut. Timbal (Pb) adalah logam yang sangat populer dan banyak diketahui oleh masyarakat umum, Karena penggunaannya yang luas dalam industri non-pangan, logam Pb paling banyak menyebabkan keracunan bagi makhluk hidup (Agustina, 2014).

Timbal merupakan salah satu logam berat yang menjadi ancaman serius bagi semua makhluk hidup

karena kemampuannya memicu kanker, kelainan genetikt, sulit terurai, beracun dan logam Pb dapat masuk ke perairan melalui kristalisasi Pb di udara dan turun melalui air hujan, batuan mineral yang mengalami proses korofikasi juga merupakan salah satu penyebab kontaminasi sumber Pb ke perairan (Rahayu, 2018). Pencemaran logam Pb pada air sungai sangat berbahaya bagi lingkungan karena dapat menyebabkan terakumulasi biota laut dan membahayakan kesehatan manusia (Yahya, 2013). Dampak negatif logam Pb dalam suatu perairan yang tercemar akan berbahaya bagi makhluk hidup terutama manusia karena dapat menyebabkan toksisitas akut (Maulana & Mursiti, 2017). Dampak lain pada manusia terhadap pencemaran logam berat Pb dapat mengakibatkan kerusakan susunan saraf, anemia berat, mual, terganggunya sistem imun, dan kerusakan ginjal dalam kurun waktu yang lama (Jorgensen *et al.*, 2016).

Menurut penelitian Ahmad (2013) tempat tinggal masyarakat yang dekat dengan kawasan industri dapat mengakibatkan terjadinya kontaminasi logam berat pada pasokan air, jika pada pasokan air terdapat kandungan logam berat Pb kemudian

digunakan untuk konsumsi, mandi dan MCK secara konsisten maka akan menyebabkan gangguan kesehatan bagi manusia. Menurut penelitian Maulana & Mursiti (2017) timbal yang terserap ke dalam tubuh manusia sebagian besar mengendap di ginjal, pengendapan timbal dalam jumlah besar dalam tubuh manusia dapat menimbulkan penyakit anemia, gangguan ginjal, beberapa penyakit kardiovaskuler dan keterbelakangan mental. Menurut penelitian Tchounwou (2012) pada anak-anak, pengendapan timbal dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan konsentrasi, keracunan, keterlambatan perkembangan syaraf, penurunan intelegensi, gangguan pendengaran, gangguan berbahasa, gangguan berbicara dan antisosial, pada orang dewasa dapat menyebabkan penurunan kualitas sperma.

Salah satu cara untuk menurunkan jumlah cemaran pada perairan yaitu dengan Tindakan proses bioremediasi. Bioremediasi yaitu penggunaan mikroorganisme terpilih untuk tumbuh pada kontaminan tertentu agar dapat mengurangi kadar polutan, enzim-enzim yang diperoleh mikroorganisme pada proses bioremediasi akan

mengubah struktur cemaran toksik menjadi metabolit yang aman (Priadie, 2012). Cemaran didegradasi oleh mikroorganisme akan mengalami penurunan konsentrasi cemaran, sehingga seiring berjalannya waktu cemaran akan lenyap dan digantikan dengan lingkungan yang lebih sehat. Menurut penelitian Fahrudin (2019) isolasi bakteri dari alam yang terkontaminasi logam berat timbal (Pb) memperoleh bakteri yang efektif resistensi terhadap logam berat tersebut.

Menurut penelitian Dangi (2019) penggunaan mikroba untuk memulihkan air limbah sudah memberikan hasil yang memuaskan, nutrisi bagi mikroba yaitu senyawa-senyawa organik pada air limbah, senyawa tersebut akan dipecah menjadi bentuk yang lebih mudah dan konstan sehingga dapat mengurangi jumlah polutan yang ada dalam limbah. Salah satu mikroba yang dapat dijadikan sebagian agen bioremediasi adalah bakteri *indigenous*. Bakteri *indigenous* yaitu bakteri pribumi yang dapat diisolasi dari limbah yang serupa dengan lingkungan asalnya dan dilakukan pengolahan sebagai agen bioremediasi (Yazid,2013). Keunggulan menggunakan bakteri *indigenous* yang dijadikan

agen bioremediasi menunjukkan hasil kerja pengurangan konsentrasi polutan pada lingkungan membaik (Pertiwi, 2021).

Berdasarkan permasalahan bahaya logam berat Pb bagi manusia, maka penting untuk melakukan pemulihan pada sungai yang tercemar logam berat Pb menggunakan mikroorganisme berupa bakteri toleran logam berat Pb yang diisolasi di sungai Cilemahabang. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi serta mengetahui karakteristik bakteri toleran logam berat timbal (Pb) pada air dan sedimen sungai Cilemahabang yang memiliki kemampuan dan berpotensi sebagai agen bioremediasi yang diharapkan dapat meminimalisir pencemaran terhadap logam berat Pb di sungai tersebut.

B. Rumusan Masalah

1. Apa saja genus bakteri toleran logam berat timbal (Pb) yang terdapat pada air dan sedimen sungai Cilemahabang berdasarkan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition*?
2. Bagaimana kemampuan isolat bakteri yang didapatkan pada sampel air dan sedimen sungai

Cilemahabang dalam resistensi logam berat timbal (Pb)?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui genus bakteri toleran logam timbal (Pb) pada air dan sedimen sungai Cilemahabang buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition*.
2. Mengetahui kemampuan isolat bakteri yang didapatkan pada air dan sedimen sungai Cilemahabang dalam resistensi logam berat timbal (Pb).

D. Manfaat penelitian

Manfaat Teoritis:

1. Memberikan kontribusi dan informasi mengenai genus bakteri yang toleran logam berat timbal (Pb) pada sungai Cilemahabang.
2. Memberikan informasi keberadaan bakteri toleran logam berat timbal (Pb) di sungai Cilemahabang Desa Waluya, Kabupaten Bekasi yang dapat dikembangkan sebagai agen bioremediasi.

Manfaat Praktis:

1. Bagi Penulis, penelitian ini dapat memperluas pengetahuan mengenai identifikasi bakteri

toleran logam berat timbal (Pb) pada sungai Cilemahabang.

2. Sebagai referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Bakteri Toleran Logam Timbal (Pb)

Bakteri merupakan organisme yang tidak memiliki selubung inti (prokariotik) dengan DNA sirkuler yang panjang sebagai materi genetiknya, DNA pada bakteri tersusun atas akson dan tidak memiliki intron, bakteri disebut sebagai *Ubiquitous* yang memiliki arti dimana-mana (Komalasari, 2020). Bakteri secara alami dapat menyesuaikan diri dan berkembang biak dengan lingkungannya, bakteri ini dikenal sebagai bakteri *indigenous* atau bakteri yang berasal dari ekosistem asal dan dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya sehingga memiliki ketahanan untuk mereduksi racun dari lingkungan yang tercemar oleh logam berat (Ihsan *et al.*, 2020). Bakteri *indigenous* yaitu bakteri yang mampu hidup dengan limbah dan substrat tertentu, bakteri *indigenous* sudah beradaptasi pada lingkungan tercemar dan diharapkan mampu melakukan degradasi senyawa organik maupun anorganik pada lingkungan tersebut (Martiningsih, 2019). Upaya

untuk menurunkan konsentrasi limbah logam Pb yang berasal dari industri dengan memanfaatkan agen biologis seperti bakteri *indigenus*.

Bakteri *indigenus* merupakan mikroorganisme yang dapat tumbuh dalam kondisi lingkungan yang terkontaminasi logam berat karena ion pada logam berat memiliki muatan positif dan akan terikat secara elektrostatis ke permukaan sel bakteri, sehingga bakteri dapat mengakumulasi logam berat pada dinding selnya (Sholikhah & Kuswytasari, 2013). Bakteri yang memiliki kemampuan toleran terhadap logam berat dikenal dengan sebutan bakteri pengakumulasi logam berat karena bakteri tersebut memiliki kemampuan untuk meminimalisir kontaminan limbah oleh logam berat (Wicaksana, 2016). Bakteri pada lingkungan aerob dan anaerob dapat mereduksi logam berat Pb, bakteri dengan kondisi aerob menggunakan NADH sebagai donor elektron untuk mereduksi logam berat, sedangkan dalam kondisi anaerob bakteri menggunakan membran protein sitoplasma pada bakteri tersebut untuk mereduksi logam berat (Angraeni, 2017). Beberapa bakteri yang sudah di uji memiliki kemampuan toleran terhadap logam Pb yaitu *Bacillus*

sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas putida*, *Enterobacter* sp, *Symphortcarpus albus*, *Streptomyces rimosus*, *Streptoverticillium cinnamoneum*, dan *Corynebacterium glutamicum* (Maulana & Mursiti, 2017).

Menurut Angraeni (2017) Bakteri memiliki kemampuan untuk mengurangi atau menghilangkan toksisitas logam berat dengan melakukan beberapa cara diantaranya:

- a. Melakukan pelepasan cairan ekstraseluler sehingga akan bereaksi dengan logam berat tersebut, kemudian disimpan dengan mengendapkan kedalam bentuk molekul disekitar sel.
- b. Metabolisme dalam sel bakteri melibatkan logam berat melalui proses perubahan senyawa kimia dengan enzim atau biasa disebut biotransformasi destruksi, kemampuan tersebut didukung karena bakteri mampu mengkatalisis reaksi biotransformasi dengan mensintesis enzim adaptif.
- c. Bakteri dapat menyerap logam berat

- d. Struktur sel pada bakteri dapat mengikat logam berat.

Proses untuk mengurangi polutan dengan menggunakan mikroorganisme disebut sebagai proses bioremediasi. Proses bioremediasi yaitu pembersihan alami pada ekosistem menggunakan mikroorganisme untuk mengurangi pencemaran seperti cemaran logam berat. Penggunaan mikroorganisme dalam bioremediasi dilakukan menggunakan bakteri *indigenous*, teknik bioremediasi dapat ditingkatkan dengan menambahkan mikroba eksogen. Bakteri *indigenous* mampu menghasilkan metabolit yang dapat memecah cemaran kompleks menjadi senyawa sederhana (De Fretes *et al.*, 2019).

2. Sungai Cilemahabang

Sungai secara alami mengalir dari hulu ke hilir, aliran sungai ini berfungsi sebagai pemasok utama kebutuhan air bagi manusia agar dapat melengkapi kebutuhan sehari-hari (Adrianto, 2018). Sungai berfungsi sebagai tempat terkumpulnya air dari suatu wilayah, semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan masyarakat, pertanian, dan industri di daerah sekeliling sungai akan dialirkan ke sungai tersebut (Sahabuddin *et al.*, 2018). Berdasarkan

Peraturan Pemerintah Nomor 37 tahun 2012 tentang Pengolahan Daerah Aliran Sungai (DAS) “sungai merupakan alur atau wadah alami dan buatan yang berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, yang dimulai dari hulu sampai muara yang dibatasi garis sempadan kanan dan kiri”. Berbagai aktifitas manusia yang menyebabkan kualitas sungai mengalami perubahan-perubahan.

Menurut Agustiningsih (2022) Indikator pencemaran dan perubahan pada air dapat diamati melalui:

- a. Adanya perubahan suhu pada air,
- b. Terdapat perubahan pH pada air,
- c. Perubahan warna, bau dan rasa pada air,
- d. Terdapat endapan dan koloid,
- e. Terdapat mikroorganisme.

Di Indonesia sungai dapat dijumpai disetiap tempat. Sungai yaitu salah satu sumber air yang memenuhi kebutuhan untuk kegiatan manusia (Adrianto, 2018). Fungsi sungai dapat menyediakan berbagai keperluan bagi aktivitas manusia diantaranya pemasok air dan penampung air untuk keperluan pertanian, rumah tangga, industri, sanitasi lingkungan, pariwisata, pertahanan, perikanan,

transportasi, pembangkit listrik, dan lainnya, selain itu sungai juga berperan dalam menjaga kualitas lingkungan seperti pengendalian banjir dan penyediaan habitat ekosistem flora dan fauna (PP No. 37 tahun 2012). Di kota-kota besar, banyak ditemukan sungai yang dijadikan tempat pembuangan limbah kotoran dan sampah (Adrianto, 2018).

Kabupaten Bekasi adalah daerah yang berada pada sektor industri terbesar di Asia Tenggara, terdapat tujuh zona industri internasional dan 16 sektor industri yang cukup besar, Kabupaten Bekasi dan Ibukota Jakarta berbatasan wilayah sebelah barat, laut Jawa membelah batasan utara dan selatan yaitu berbatasan dengan Kabupaten Bogor di selatan, dan Kabupaten Karawang di timur (Zulfikar & Ema Jumiati, 2020). Secara geografis Kabupaten Bekasi terletak di sebelah barat Provinsi Jawa Barat yang membentang dari utara ke selatan dan terletak di antara $6^{\circ} 10' 53''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ} 48' 28''$ -de $107^{\circ} 27' 29''$ Bujur Timur, (Wicaksana, 2016).

Diduga penyebab utama pencemaran air sungai Cilemahabang yaitu pembuangan langsung air limbah industri tanpa mengolahnya terlebih dahulu dan

rutinitas masyarakat yang membuang limbah rumah tangga ke sungai. Aktivitas masyarakat di bantaran sungai Cilemahabang yang berhubungan dengan sungai yaitu membuang sampah di sungai, sebagai tempat buang air besar disungai, mandi, mencuci, dan ruang produksi seperti menangkap ikan, hal tersebut menyebabkan penurunan kualitas sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi. Limbah yang diduga masuk dalam air yang semula memiliki keadaan normal menjadi terbentuknya penyimpangan dan pencemaran air.



Gambar 2. 1 Kegiatan Warga Desa Waluya di Sungai Cilemahabang (Dokumentasi penelitian, 2023)

3. Pencemaran Logam Berat timbal (Pb)

Kegiatan warga desa Waluya di sungai Cilemahabang pada (Gambar 2.1) terlihat beberapa warga menggunakan air sungai berwarna hitam yang

diduga air sungai tersebut tercemar logam berat. Logam berat dapat bersumber dari pertambangan, limbah pertanian, dan sampah industri yang merupakan jenis limbah dengan kandungan logam berat paling besar akibat seringnya penggunaan logam berat sebagai bahan baku, logam berat juga dapat diperoleh melalui aktivitas rumah tangga sehari-hari (Salamahu, 2012). Industri yang menggunakan bahan pewarna, industri keramik, industri baterai, industri kimia, industri pengolahan kayu, industri pengecoran dan lain-lain adalah contoh industri yang memperoleh limbah dengan kandungan logam berat, beberapa limbah logam berat yang dihasilkan seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg), tembaga (Cu), arsen (As), kromium (Cr), dan (Syaifullah *et al.*, 2018). Indikator pencemaran logam berat dapat ditemukan pada tiga media berbeda yaitu air, sedimen, dan mikroorganisme (Riswanda *et al.*, 2014).

Salah satu logam berat yang bersifat racun bagi makhluk hidup dan terdapat di perairan adalah logam timbal (Pb) yang merupakan logam golongan IV A memiliki massa atom 207,2 dan nomor atom 82 (Wahikun, 2016). Timbal (Pb) merupakan logam

memiliki tekstur lunak, padat, dan berwarna coklat kehitaman (Aminah, 2018). Timbal merupakan logam yang mempunyai titik leleh yang rendah dan mempunyai karakteristik aktif secara kimiawi dan dengan mudah memapar tubuh manusia. Timbal bersifat racun dan polutan karena zat yang tidak dapat diuraikan akan bertahan lama di dalam air (Fahrudin *et al.*, 2020). Timbal memiliki kemampuan untuk mengikat molekul biologis, sehingga timbal dapat menyebabkan masalah fisiologis pada organisme (Pertwi, 2021).

Timbal mendapatkan perhatian utama dalam dunia kesehatan dan memiliki resiko besar karena sifat toksisitasnya, Timbal adalah logam berat yang secara alami didapati pada kerak bumi, timbal juga dapat berasal dari aktivitas manusia dan jumlahnya bisa mencapai 300 kali lebih banyak (Zulfiani, 2018). Manusia dapat terpapar logam berbahaya timbal (Pb) melalui makanan (65%), air (20%), dan udara (15%) (Agustina, 2014). Timbal memiliki dampak negatif bagi makhluk hidup dan menjadi beracun dalam segala hal, seperti masalah pada sistem saraf, hematologi, dan ginjal (Panuntun, 2014). Timbal memiliki kemampuan untuk tenggelam ke dasar air

dan organisme di perairan dapat menyerap logam timbal tersebut (Malau *et al.*, 2018).

Apabila tingkat paparan logam berat Pb terakumulasi jangka waktu lama dalam tubuh dapat memunculkan berbagai penyakit seperti berkurangnya kesuburan reproduksi, keracunan akut, munculnya kanker, berpotensi mengalami keguguran, penyakit sistem kardiovaskuler, hati, ginjal dan tulang (Fernanda, 2019). Sebagian besar timbal terakumulasi di dalam ginjal, hati, rambut, jaringan lemak, kuku dan dieksresikan melalui urin dan feses, logam timbal Pb dapat menghambat fungsi enzim yang terlibat dalam sintesis hemoglobin (Hb) dalam tubuh manusia. (Angraeni, 2017).

4. Baku Mutu Sungai Cilemahabang

Merujuk pada ketentuan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang “Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, klasifikasi dan kriteria mutu air” ditetapkan menjadi empat kelas yaitu:

- a. “Kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut”;

- b. “Kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air sama dengan kegunaan tersebut”;
- c. “Kelas III, air yang peruntukan dapat digunakan untuk pembudidaya ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut”;
- d. “Kelas IV, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut”.

Sungai Cilemahabang dikategorikan termasuk baku mutu air kelas III. Menurut PP No. 22, (2021) “tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup tentang baku mutu air Nasional untuk Parameter Pb Pada sungai kelas III yaitu 0,03”. Jika Parameter Pb pada sungai $> 0,03$ maka sungai tersebut tidak sesuai standar baku mutu logam timbal Pb yang ditetapkan.

Menurut penelitian Supriyanto, *et al.*, (2021) Berdasarkan perhitungan status mutu air sungai menggunakan alat untuk mengevaluasi tingkat pencemaran perairan yaitu *Water Quality Index* (WQI) pada sungai Cilemahabang senilai $\pm 24,66$ yang termasuk ke dalam kategori sangat buruk, kondisi kualitas baku mutu pada air sungai Cilemahabang berdasarkan pengujian parameter fisika, kimia dan mikrobiologi yaitu :

Tabel 2. 1 Parameter Air Sungai Cilemahabang (Supriyanto, *et al.*, 2021).

Indikator	Lokasi Pengambilan Sampel		Rata-rata	Unit
	Titik 1	Titik 2		
Titik Koordinat	S: 9299661.00 E: 737507.53	S: 9304942.00 E: 740124.95		
TSS	22,7 (C ₁)	12,4 (C ₁)	17,55	mg/L
pH	7,13 (C ₂)	7,01 (C ₂)	7,07	mg/L
BOD	13 (C ₃)	16 (C ₃)	14,5	mg/L
COD	44 (C ₄)	52 (C ₄)	48	mg/L
DO	3,77 (C ₅)	3,90 (C ₅)	3,835	mg/L
Ammoniac (NH ₃ N)	2,3 (C ₆)	1,7 (C ₆)	2	mg/L
Total Coliform	35.000	1.600.000	817,500	MPN/10 Oml

Menurut (Bekasi Regencial Environment Agency, 2020) hasil pemantauan kualitas air sungai sangat berpengaruh terhadap Indeks Kualitas Air (WQI) di Kabupaten Bekasi. Baku mutu air sungai yang

digunakan di penghitungan WQI di Kabupaten Bekasi adalah Lampiran VII PP No. 22 Tahun 2021. Berdasarkan penelitian Budi (2022) Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Bekasi melakukan penelitian pada sampel air sungai yang diambil pada bulan Mei, Juli, Oktober, tahun 2021 berdasarkan pemantauan di beberapa lokasi terlihat banyak sampah dari kegiatan rumah tangga yang dialirkan langsung ke sungai atau saluran drainase, hasil perhitungan status mutu sungai periode 1, 2, dan 3 di Kabupaten Bekasi pada Hulu sungai Cilemahabang pada periode 1 memiliki index pencemaran 2,842 dalam kategori cemaran sedang. Periode 2 memiliki index pencemaran 3,236 dalam kategori cemaran sedang, periode 3 memiliki index pencemaran 4,485 dalam kategori cemaran sedang, hilir sungai Cilemahabang pada periode 1 memiliki index pencemaran 2,490 dalam kategori cemaran sedang, periode 2 memiliki index pencemaran 2,669 dalam kategori cemaran sedang, periode 3 memiliki index pencemaran 4,369 dalam kategori cemaran sedang.

5. Bioremediasi

Keberadaan cemaran pada sungai Cilemahabang diduga memiliki kandungan logam berat timbal (Pb).

Kehadiran logam berat timbal dapat mengganggu ekosistem perairan dan berdampak buruk bagi kesehatan manusia, istilah bioremediasi yaitu pemanfaatan mikroorganisme untuk menghilangkan polutan atau kontaminan dari lingkungan yang dapat menstabilkan lingkungan (Pertwi, 2021). Bioremediasi yaitu teknologi pengendalian cemaran guna melindungi dan membersihkan lingkungan dari cemaran senyawa kimia berbahaya (Sunaryanto, 2017). Mikroorganisme dapat menguraikan dan menurunkan kontaminan cemaran sehingga konsentrasi cemaran mengalami penurunan dan lingkungan menjadi normal seiring berjalannya waktu (Wignyanto, 2020). Agen bioremediasi yaitu teknik pemulihan lingkungan menggunakan mikroorganisme seperti bakteri, jamur, ganggang dan tanaman (Melati,2020).

6. Agen Bioremediasi

Salah satu kelompok mikroorganisme adalah bakteri, Bakteri memiliki karakteristik yang membuatnya resisten pada logam berat dan dapat dijadikan sebagai agen bioremediasi cemaran logam berat, karena bakteri tersebut memiliki ketahanan untuk mengakumulasi logam berat (Larashati, 2012).

Bakteri dapat bertahan hidup di alam dengan tingkat cemaran logam berat yang tinggi karena mengandalkan kemampuan detoksifikasi dari mikroorganisme (Sunaryanto, 2017). Berdasarkan hal tersebut bakteri resisten dan toleran pada logam berat Pb dapat dimanfaatkan untuk proses bioremediasi pada daerah tercemar akibat limbah industri yang mengandung logam berat. (Ikhsan *et al.*, 2020). Bakteri *indigenous* sebagai agen bioremediasi telah menunjukkan penurunan konsentrasi cemaran lingkungan menjadi lebih baik (Pertwi, 2021).

7. Uji Biokimia

Uji biokimia dilakukan untuk mengidentifikasi bakteri berdasarkan variasi pereaksi dalam aktivitas biokimia yang didapatkan oleh setiap jenis bakteri. Proses biokimia akan menghasilkan metabolisme sel dalam mikroorganisme, selama reaksi, bakteri akan menghasilkan energi untuk kegiatan selular dan sintesis komponen-komponen pada sel (Rohmah, 2017). Macam-macam uji biokimia yang dilakukan untuk identifikasi baktri yaitu:

- a) Uji indol, bertujuan untuk mengetahui pergerakan bakteri motil atau non motil, media yang digunakan seperti media SIM (Sulfide Indol

Motility). Hasil positif ditandai dengan terlihat akar berwarna putih dan menyebar di sekitar inokulasi hal tersebut menunjukkan bahwa bakteri tersebut memiliki flagel. Hasil positif ditandai dengan penyebaran akar berwarna putih hanya menyebar pada bekas tusukan inokulasi (Kosasi *et al.*, 2019).

- b) Uji katalase, bertujuan untuk mengetahui bakteri yang dapat menghasilkan enzim katalase. Uji katalase dilakukan dengan meneteskan hidrogen peroksida (H_2O_2) pada *objek glass*. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya gelembung udara (Rohmah, 2017).
- c) Uji sitrat, bertujuan untuk mengetahui bakteri yang menggunakan sitrat sebagai sumber energi. Media yang digunakan yaitu (*Simon Citrate Agar*) yang memiliki indikator *Brom Tynol Blue*. Hasil positif ditandai dengan perubahan warna media menjadi biru, hasil negatif tidak terjadi perubahan warna pada media karena bakteri tersebut tidak menggunakan sitrat sebagai sumber energi (Rohmah, 2017).
- d) Uji TSIA, bertujuan untuk mengetahui bakteri yang dapat memfermentasikan glukosa, sukrosa, laktosa

dan pembentukan gas. Hasil positif uji TSIA ditandai adanya perubahan media menjadi warna kuning, dan permukaan media menjadi hitam karena terbentuknya gas H₂S (Sari, 2014).

- e) Uji MR, bertujuan untuk mengetahui bakteri yang dapat memfermentasikan asam campuran. Setelah ditambahkan Methyl Red Ph turun menjadi 5 atau kurang dan akan berubah menjadi warna merah yang menandakan bakteri tersebut dapat memfermentasikan asam campuran (Sari, 2014).
- f) Uji VP, bertujuan untuk mengetahui bakteri yang memiliki kemampuan untuk membentuk asetil metil karbinol yaitu hasil fermentasi glukosa, hasil positif ditandai dengan perubahan warna menjadi merah setelah ditambahkan reagen α naphthol 5% dan KOH 40% (Ulfa, 2016).

B. Hasil Penelitian yang Relevan

Tabel 2. 2 Hasil Penelitian Relevan

No	Author	Tahun	Metode	Hasil	Gap Research
1.	Nur Rokhmatul Lailiya	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran uji kandungan logam Pb pada air dan sedimen menggunakan AAS • Isolasi dan pemurnian bakteri • Identifikasi bakteri meliputi pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia 	Menemukan bakteri logam berat tahan Pb pada sampel air sungai Porong Sidoarjo berasal dari genus <i>Bacillus</i> dan genus <i>Pseudomonas</i> .	Kebaruan pada sampel air sungai Cilemahabang dan uji resistensi logam Pb pada bakteri
2.	Della Hijri	2021	<ul style="list-style-type: none"> • Isolasi bakteri pesisir 	terdapat tiga isolat yang	Kebaruan pada

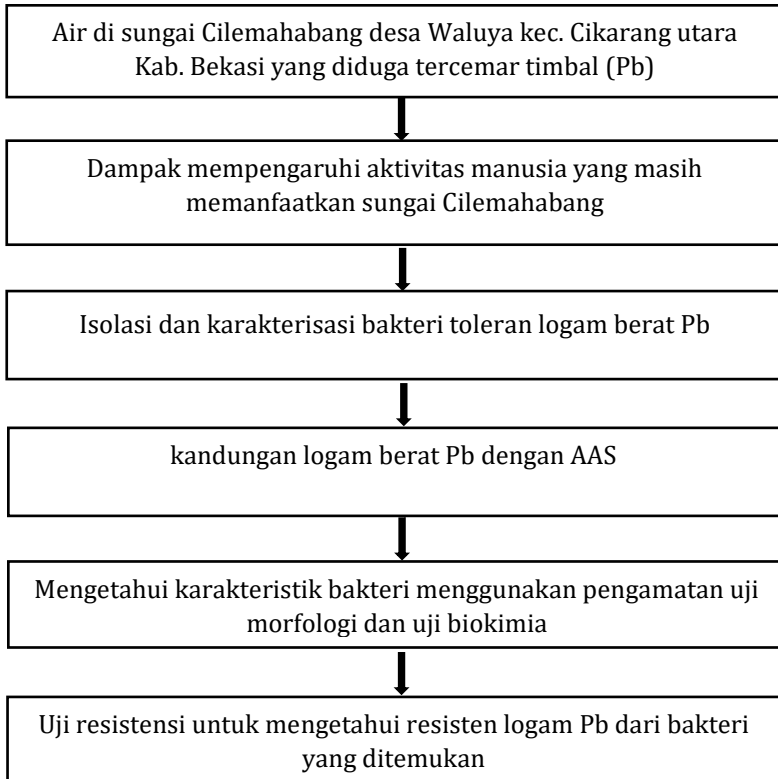
	Yanti, Nursyirwani, Dessy Yoswaty		<p>laut Dumai.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mengidentifikasi bakteri morfologi menggunakan uji pewarnaan gram dan biokimia • Uji resistensi logam timbal menggunakan metode TPC dan spektrofotometri • menurunkan kadar logam Pb dengan AAS 	<p>memiliki kemampuan sebagai agen bioremediasi dari laut Dumai.</p> <p>pertumbuhan paling baik adalah isolat D1.</p>	<p>sampel air sungai Cilemahabang, uji resistensi menggunakan metode <i>disk diffusion</i>, uji kadar logam Pb pada air sungai menggunakan AAS</p>
3.	Afiyatul Dawiyah	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Isolasi dan pemurnian bakteri • Pembuatan suspensi bakteri 	<p>Mendapatkan 9 hasil isolat pada bakteri toleran logam Pb pada perairan lamongan <i>Bacillus</i>,</p>	<p>Kebaruan pada sampel air sungai Cilemahabang, uji kandungan logam</p>

			<ul style="list-style-type: none"> • Uji resistensi bakteri logam Pb • Pengamatan makroskopis, pewarnaan gram, biokimia untuk mengidentifikasi bakteri 	<i>Citrobacter, Neisseria, Aeromonas, Vibrio, dan Morganella.</i> bakteri genus <i>Vibrio</i> memiliki kemampuan resisten logam paling tinggi	berat Pb pada air.
4.	Senja ikerismawati	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Isolasi bakteri • Pengkodean dan pengamatan morfologi • Melakukan pengujian reduksi Pb isolat bakteri • Karakterisasi dan identifikasi isolat bakteri 	menemukan bakteri <i>indigenous</i> limbah cair agar yang dapat mereduksi logam timbal yaitu <i>Bacillus alvei</i> mereduksi logam Pb sebesar 83,62%, <i>Bacillus pumilus</i> mereduksi logam Pb sebesar 81,31% dan	Kebaruan sampel air sungai Cilemahabang, uji resistensi

				<i>Bacillus Lichenformis</i> mereduksi logam Pb sebesar 79,31%.	
5.	Hasyimuddin, fatmawati Nur, Indriani	2018	<ul style="list-style-type: none"> • Isolasi bakteri dari saluran pembuangan limbah industri non pangan, khususnya di pabrik beton (PT. Create Concrete Sinar Perkasa) dan pabrik tali rafia (PT. Intra Polyplast Palangga). • Identifikasi bakteri dan uji kemampuan bakteri • Pengakumulasi logam timbal 	Didapatkan 6 isolat bakteri dari saluran pembuangan limbah industri yang mengakumulasi logam Pb dan termasuk dalam 2 genus <i>Bacillus</i> dan genus <i>Pseudomonas</i> dengan kemampuan penurunan konsentrasi Pb tertinggi dengan kadar 11 mg/L, terendah sebesar 7 mg/L.	Kebaruan pada sampel air, pada metode uji biokimia, dan uji resistensi logam Pb pada bakteri

No	Author	Tahun	Metode	Hasil	Gap Research
6.	Alfian Maulana, Supartono, Sri Mursiti	2017	<ul style="list-style-type: none"> Uji awal isolasi sampel sedimen sungai setu Isolasi bakteri <i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i> pada konsentrasi masing-masing 10 dan 20%, menggunakan SSA untuk menguji sampel sebelum dan sesudah perlakuan, dan pengurangan konsentrasi kemudian dihitung. 	<p>Penggunaan bakteri eksogen (<i>S. aureus</i> dan <i>B. subtilis</i>) dalam bioremediasi logam timbal (Pb) pada sedimen sungai mampu menjadi agen bioremediasi yang baik, dengan penurunan logam terbesar terjadi dengan penambahan <i>Staphylococcus aureus</i> 20% yang berkurang hingga 95,85%.</p>	Kebaruan pada air sungai Cilemahabang, isolasi bakteri, uji resistensi logam Pb

C. Kerangka Berpikir



Gambar 2. 2 Kerangka Berpikir

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 9 Januari- 2 Maret 2023. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada tanggal 9 Januari 2023 di wilayah sungai Cilemahabang Desa Waluya Kabupaten Bekasi. Isolasi dan karakterisasi bakteri dilakukan pada tanggal 12 Januari- 2 Maret 2023 di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

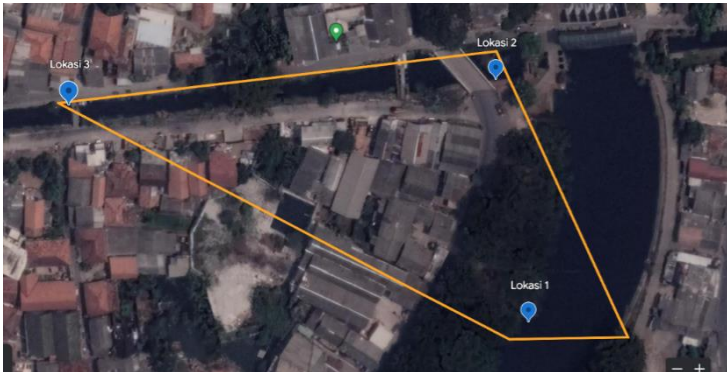
B. Alat dan bahan

Alat yang diperlukan pada penelitian ini yaitu botol kaca, tabung reaksi (iwaki), erlenmeyer (iwaki), spatula, gelas beker (iwaki), *object glass*, *cover glass*, cawan petri (anumbra), bunsen, inkubator (memmert), mikroskop *compound* (meiji techno), oven, mikrotube, optilab (advance V2), *paper disk*, mikropipet (dalb), jarum ose, penggaris, timbangan analitik (ohaus), *laminar air flow* (esco), pH meter, thermometer, ice box, aluminium foil, *hot plate* (benchmark), vortek (Biorat), autoklaf (hirayama), spektrofotometer serapan atom (AAS).

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini yaitu, aquades, alkohol 70%, H_2O_2 , $Pb(NO_3)_2$, sampel air dan sedimen sungai Cilemahabang, plastik tahan panas, tisu, HNO_3 , plastik wrap, larutan iodin, kristal violet, etanol absolut 96%, larutan safranin, KOH 40%, alfa naftol, minyak emersi, media *Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB), *methyl Red* (MR), *Voges Proskauer* (VP), *Sulfide Indol Motility* (SIM), *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), *Simmons Citrat Agar* (SCA), *Muller Hinton Agar* (MHA).

C. Metode

1. Pengambilan sampel



Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel di Sungai Cilemahabang Desa Waluya (Google earth,2023)

Sampel air dan sedimen sungai Cilemahabang diambil menggunakan teknik *purposive sampling* dengan tiga titik lokasi yaitu lokasi 1, lokasi 2 dan

lokasi 3 dapat dilihat pada Lampiran 1 yang ditentukan berdasarkan arus aliran limbah logam Pb dari sungai Cilemahabang. melakukan pengukuran suhu menggunakan thermometer dan pengukuran tingkat keasaman dengan pH meter pada ketiga titik lokasi, pengambilan sampel air dengan memasukkan ke dalam botol kaca yang steril ke permukaan air sungai, pengambilan sampel sedimen dengan memasukkan sampel sedimen ke dalam plastik steril. Sampel yang telah diambil selanjutnya disimpan dalam box ice selanjutnya dibawa untuk diidentifikasi ke laboratorium.

2. Pembuatan Media

Menimbang empat gram media NA, lalu tambahkan 200 ml aquades ke dalam Erlenmeyer. Kemudian tutup mulut erlenmeyer dengan aluminium foil dan kapas, panaskan media diatas hot plate, media dimasak hingga homogen, campur media NA dengan logam $Pb(NO)_3$ dengan konsentrasi 10 mg/L. Setelah itu, media NA disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu $121^{\circ}C$ selama 15 menit. Setelah sterilisasi, media kemudian dimasukkan dalam cawan petri hingga memadat (Lailiya, N, 2021).

3. Sterilisasi alat dan media

Membungkus alat yang berbahan kaca diantaranya tabung reaksi, cawan petri, erlenmeyer dengan kertas koran serta sterilisasikan mikrotube kemudian di letakkan ke dalam plastik tahan panas. Homogenkan media NA, media uji biokimia dan media uji resistensi dan alat-alat kemudian di sterilisasi menggunakan autoklaf bersuhu 121°C selama 15 menit.

4. Isolasi Bakteri Toleran Logam Pb

Ditimbang lima gram sedimen kemudian dilakukan pengenceran dengan 10 ml aquades, homogenkan sampel menggunakan vortex dan dihasilkan pengenceran 10^{-1} . Pengenceran dilasanakan hingga didapatkan hasil pengenceran 10^{-4} . Lalu masing-masing pengenceran diinokulasi kedalam media NA mengandung larutan $\text{Pb}(\text{NO})_3$ 10 ppm menggunakan metode *spread plate* selanjutnya inkubasi dalam suhu 37°C selama 24 jam, koloni siap untuk diamati (Lailiya, N, 2021).

Isolasi bakteri dari air yang telah diambil dilakukan pengenceran bertingkat *dilution method*, 1 ml sampel air dilakukan pengenceran dengan 9 ml aquades hingga didapatkan pengenceran pertama 10^{-1} .

¹, lanjutkan pengenceran hingga 10^{-3} . Diambil 0,1 mL sampel kemudian diinokulasi kedalam media NA dengan kandungan $Pb(NO)_3$ 10 ppm lalu ditempatkan dalam cawan petri menggunakan metode *spread plate*, inkubasi selama 24 jam, dan diamati pertumbuhan koloninya.

Dilakukan pemurnian pada koloni yang tumbuh dengan dengan *streak plate*. Diambil bakteri isolat menggunakan jarum ose secara aseptis pada api Bunsen, lalu diinokulasi pada permukaan atas media NA secara aseptis lalu diinkubasi bersuhu $37^{\circ}C$ selama 24 jam (Lailiya, N, 2021).

5. Uji Kandungan Logam Pb pada Air dengan AAS

Diukur sampel air sebanyak 50 ml, lalu ditambahkan 1 ml HNO_3 65%, panaskan sampel diatas *hot plate* pada suhu $99^{\circ}C$ kemudian tunggu sampel berkurang volume 20 ml. Sampel dimasukkan kedalam labu ukur 50 ml kemudian dimasukkan akuabides hingga tanda batas. Sampel disaring dengan kertas filter whatman ukuran sedang (40) dan homogenkan 30 detik. Lalu sampel diuji menggunakan AAS (Rizkiana *et al.*, 2017).

6. Pengamatan Morfologi

Mengamati karakteristik isolat bakteri dengan mengamati dan mengidentifikasi morfologi pada koloni bakteri diantaranya bentuk koloni, warna, koloni, tepi, permukaan koloni(elevasi), dan daya tembus cahaya.

7. Pewarnaan Gram

Membersihkan kaca objek menggunakan alkohol 70%. Lalu ambil bakteri isolat dengan jarum ose secara aseptis kemudian oles isolat ke dalam kaca objek. Fiksasi preparat diatas api Bunsen hingga kering, selanjutnya tetesi kristal violet ditunggu 1 menit kemudian basuh pada air yang mengalir lalu keringkan. Teteskan larutan iodin pada isolat ditunggu 1 menit kemudian basuh pada air yang mengalir lalu keringkan. Kemudian tetesi etanol 96% hingga 30 detik, basuh menggunakan air mengalir kemudian keringkan. Terakhir teteskan pewarna safranin ditunggu 30 detik dan basuh pada air yang mengalir lalu keringkan. Amati menggunakan mikroskop pada perbesaran 1000x dan teteskan minyak imersi (Yulvizar, 2013). Adanya warna ungu pada bakteri menunjukkan hasil uji pewarnaan gram

positif, sedangkan adanya warna merah menunjukkan hasil negatif.

8. Uji Biokimia

Uji biokimia berfungsi mengidentifikasi biakan dari koloni bakteri yang sudah ditemukan lalu mengamati morfologi berdasarkan sifat fisiologis bakteri tersebut, hasil uji dilihat berdasarkan interaksi metabolisme yang dihasilkan berdasarkan reagen-reagen kimia (Lailiya, N, 2021).

a. Uji Sitrat

Mengambil isolat biakan bakteri dengan jarum ose kemudian masukkan dalam media *Simmons Citrat Agar* (SCA), selanjutnya media diinkubasi selama 24 jam bersuhu 37°C. Hasil positif menunjukkan warna biru, jika hasil negatif menunjukkan warna hijau. Uji sitrat ini berfungsi menentukan bakteri yang memakai natrium sitrat sebagai sumber utama metabolisme dan perkembangannya, sitrat digunakan bakteri untuk sumber karbon pada pertumbuhannya (Lailiya, N, 2021).

b. Uji Katalase

Isolat biakan bakteri diambil dengan jarum ose secara aseptis, lalu ditaruh pada kaca objek, teteskan

H₂O₂ pada preparat. Hasil positif apabila dihasilkan gelembung udara. Uji katalase berfungsi mengetahui dan mengidentifikasi bakteri yang mampu menghasilkan enzim katalase (Lailiya, N, 2021).

c. Uji indol

Mengambil isolat biakan bakteri menggunakan jarum ose secara aseptis lalu diinokulasi kedalam media SIM (*Sulfide Indol Motility*) lalu inkubasi dengan suhu 37°C hingga 24 jam. Jika reaksi indol positif akan tampak akar berwarna putih yang menyebar disekitar tusukan inokulasi, artinya bakteri tersebut memiliki flagel untuk bergerak. Reaksi negatif apabila tidak terjadi perubahan di sekitar tusukan jarum inokulum (Lailiya, N, 2021).

d. Uji Methyl-red

Mengambil isolat biakan bakteri dengan jarum ose lalu masukan kedalam media MR kemudian inkubasi dengan suhu 37°C selama 24 jam, tambahkan 5 tetes pereaksi MR, dihomogenkan lalu didiamkan. Reaksi negatif berwarna kuning sedangkan reaksi positif berwarna merah. Uji MR digunakan untuk mendeteksi bakteri yang dapat melakukan fermentasi asam campuran (*metilen glikon*) (Lailiya, N, 2021).

e. Uji Voges Proskauer

Mengambil isolat biakan bakteri dengan jarum ose lalu diinokulasi pada media MR-VP, kemudian inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, dimasukkan 3 tetes alfa naftol dan 2 tetes larutan KOH 40% homogenkan lalu diamkan. Hasil positif menunjukkan warna merah muda, jika terdapat perubahan maka menunjukkan hasil negatif.

f. Uji TSIA

Isolat dari biakan bakteri diinokulasi kedalam media TSIA, media diinkubasi 24-48 jam. Hasil positif ditunjukkan terbentuknya gas H₂S yang menyebabkan media mengembang dan menghitam dan perubahan warna media menjadi kuning. Uji bakteri TSIA digunakan untuk mengukur kemampuan fermentasi karbohidrat pada bakteri (Lailiya, N, 2021).

9. Pembuatan Suspensi Bakteri

Ditimbang 2,16 gr media NB lalu dilarutkan pada 270 ml aquades. Kemudian media dipanaskan menggunakan *hot plate* lalu sterilkan selama 15 menit dengan autoklaf pada suhu 120°C. Diisi botol steril ukuran 30 ml dengan media NB. Bakteri isolat

berumur 24 jam diinjeksikan pada media cair NB. (Dawaiyah, 2020).

10. Uji resistensi Bakteri toleran logam Pb

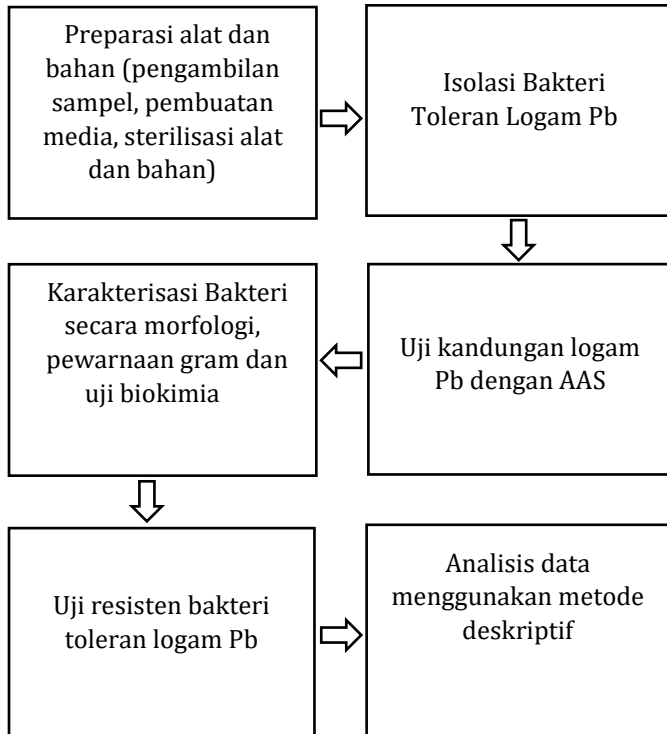
Ditimbang 27,36 gr media *Muller Hinton Agar* (MHA) dan larutkan 750 ml aquades. Diambil 0,1 ml suspensi bakteri pada media NB kemudian ratakan menggunakan metode *spread plate*. Menginjeksi logam timbal sebanyak 20 μ l pada *paper disk* menggunakan kadar volume 10,15,20,25,30 ppm. Dimasukkan *paper disk* yang sudah diinjeksi menggunakan pinset pada cawan petri berisi isolat bakteri. Kemudian disimpan pada suhu ruang selama 24 jam. Terbentuknya zona hambat merupakan tanda adanya resistensi. Semakin kecil tingkat resistensinya maka diameter zona hambat yang terbentuk semakin besar (Dawaiyah, 2020).

D. Analisis Data

Didapatkan data berupa karakteristik morfologi, pewarnaan gram serta uji biokimia dianalisis secara kualitatif deskriptif menggunakan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition*. Analisis dari uji resistensi bakteri yang diperoleh berupa zona hambat disajikan berupa data kuantitatif deskriptif menggunakan Uji *Kruskall*

Walis SPSS 22 dan software Microsoft Excel 2021
berupa rata-rata diameter zona hambat.

E. Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Sungai Cilemahabang

Isolat bakteri yang ditemukan sangat berpengaruh terhadap kondisi lingkungan sungai Cilemahabang yang dijadikan sebagai tempat pengambilan sampel penelitian. Hasil kondisi air sungai Cilemahabang dapat diamati pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Parameter Sungai Cilemahabang

Kode Lokasi	Titik Koordinat	pH	Suhu	Kadar Logam Pb Air (mg/L)
Lokasi 1	Lat: -6.269114° Long:107.184253°	7.57	33°C	0.0740
Lokasi 2	Lat: -6.268707° Long:107.183429°	7.53	32°C	0.1045
Lokasi 3	Lat: -6.268707° Long:107.182266°	7.50	30°C	0.0779

Lokasi satu berada pada koordinat lat: - 6.269114° long: 107.184253° yang terletak sebelum Pintu Air Tujuh yang menghubungkan antara sungai Cilemahabang dan sungai Ciherang. Lokasi dua berada pada titik koordinat lat:-6.268707° long:

107.183429° lokasi tersebut merupakan tempat ramai dengan kegiatan penduduk yang tinggal dekat dengan sungai tersebut. Lokasi tiga berada pada titik koordinat lat: -6.268707° long: 107.182266° yang terletak \pm 150,33 m dari lokasi dua. Pengukuran kondisi air sungai menggunakan parameter tingkat keasaman (pH) dan suhu pada ketiga lokasi tersebut.

Hasil pengukuran tingkat keasaman pH pada lokasi satu memiliki nilai pH 7,57, lokasi dua pH 7,53 dan pada lokasi 3 pH 7,50. Berdasarkan pengujian tingkat keasaman yang telah dilakukan, nilai pH di sungai Cilemahabang cenderung dalam kondisi basa. Tingkat pH lingkungan mempengaruhi pertumbuhan bakteri yang terkait dengan kinerja enzim bakteri, setiap bakteri memiliki batas pH optimal, pH dapat dijadikan faktor pembatas (Desriyan *et al.*, 2015).

Hasil pengukuran suhu pada lokasi satu yaitu 33°C, lokasi dua yaitu 32°C, sedangkan di lokasi tiga yaitu 30°C. Suhu berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri pada sungai tersebut yang dibagi menjadi bakteri psikrofilik memiliki kemampuan hidup pada suhu 15°C, bakteri mesofilik memiliki kemampuan pada suhu 25°C-40°C, dan

termofilik memiliki kemampuan hidup pada suhu 40°C-50°C (Lailiya, N, 2021).

Hasil pada penelitian ini diperoleh kadar logam Pb pada sampel air sungai Cilemahabang pada lokasi satu mempunyai kadar Pb 0,0740 mg/L. Lokasi dua mempunyai kadar Pb 0,1045 mg/L. Pada lokasi tiga mempunyai kadar Pb 0,0779 mg/L. Kadar logam timbal pada ketiga titik yang diperoleh dari sungai Cilemahabang berada di bawah ambang baku mutu sungai kelas III yang diizinkan sesuai "PP No. 22 Tahun 2021 menyatakan bahwa ambang batas kadar logam Pb perairan sungai kelas III yaitu <0,03 mg/L". Jumlah konsentrasi logam Pb yang sedikit dapat dikarenakan logam Pb mengendap bersama lumpur pada dasar perairan dan dapat pula terbawa arus aliran air.

Hal ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Lailiya, (2021) konsentrasi kandungan logam berat Pb pada sungai Porong pada air sekitar 0,81-2,93 ppm, sedangkan konsentrasi pada sedimen sekitar 0,98-3,88 ppm. Logam Pb yang masuk kedalam perairan memiliki karakteristik yang dapat dengan mudah mengendap di dasar sungai, maka logam Pb lebih banyak ditemukan pada dasar

perairan sungai sedangkan sebagian sisanya telah terserap oleh organisme yang ada pada sungai tersebut (Malau *et al.*,2018). Jumlah kadar logam Pb pada air dapat mengalami perubahan sewaktu-waktu tergantung kondisi air tersebut, logam Pb pada sedimen cenderung mengendap dalam jangka relatif lama (Rizkiana & Karina, 2017). Logam berat mempunyai karakter dapat mengikat bahan anorganik yang kemudian mengendap didasar perairan dan tercampur dengan sedimen (Dawaiyah, 2020).

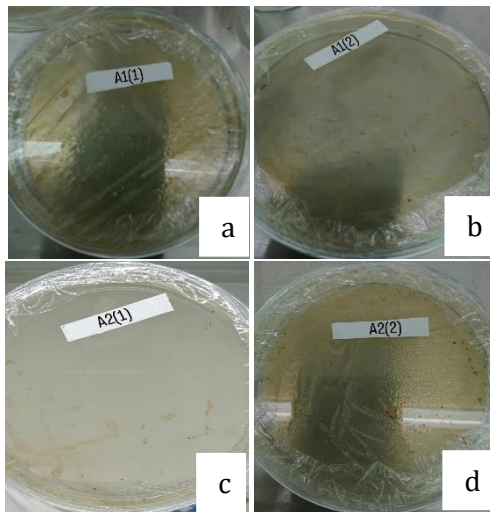
B. Isolasi Bakteri Sungai Cilemahabang

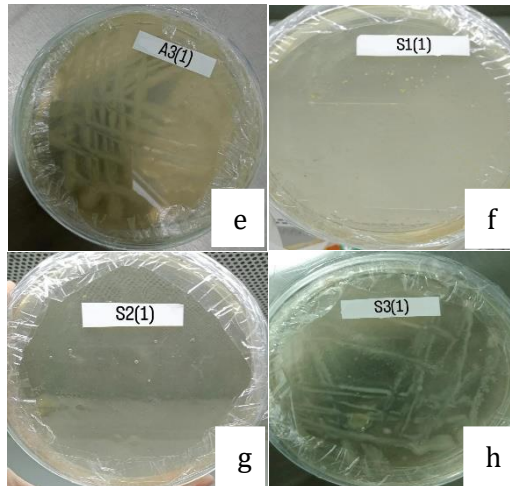
Hasil penelitian didapatkan 8 koloni isolat pada sampel air dan sedimen sungai Cilemahabang. Masing-masing lokasi didapatkan satu isolat dengan koloni bakteri yang berbeda. Hasil isolasi bakteri resisten logam berat Pb pada air dan sedimen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Isolasi Bakteri pada Air dan Sedimen

Titik 1 air	Titik 2 air	Titik 3 air	Titik 1 sedimen	Titik 2 sedimen	Titik 3 sedimen
A1(1)	A2(1)	A3(1)	S1(1)	S2(1)	S3(1)
A1(2)	A2(2)	-	-	-	-

Isolasi dilakukan pada sungai Cilemahabang di tiga lokasi pengambilan sampel air dan sedimen yang berbeda. Isolasi bakteri menggunakan metode *spread plate* yang memiliki tujuan untuk menginokulasi bakteri kedalam cawan petri berisi media NA *Nutrient Agar* yaitu media yang digunakan untuk pertumbuhan bakteri kemudian ditambahkan $Pb(NO)_3$ 10 ppm yang bertujuan hanya bakteri resisten logam berat Pb kadar 10 ppm yang dapat hidup di dalamnya. Pemurnian bakteri dilakukan menggunakan metode *streak plate* yang bertujuan mempermudah pemisahan koloni bakteri menjadi koloni tunggal. Hasil pemurnian dapat dilihat pada Gambar 4.1.





Gambar 4. 1 Hasil pemurnian Bakteri Toleran Logam Berat Pb umur 72 Jam Media NA ket: a). A1(1) b). A1(2) c). A2(1) d). A2(2) e). A3(1) f). S1(1) g). S2(1) h). S3(1) (Dokumentasi penelitian, 2023).

Hasil pemurnian pada air sungai Cilemahabang dilakukan pengenceran yang berdeda pada sampel air dan sedimen. Sampel air dilakukan pengenceran 10^{-3} didapatkan koloni pada isolat bakteri pada lokasi satu yaitu A1(1) dan A1(2), lokasi dua yaitu A2(1) dan A2(2), dan lokasi tiga yaitu A3(1). Sedangkan hasil pemurnian pada sedimen sungai Cilemahabang dilakukan dengan pengenceran 10^{-4} didapatkan beberapa koloni isolat bakteri dari sampel sedimen pada lokasi satu yaitu S1(1), lokasi dua yaitu S2(1), dan lokasi 3 yaitu S3(1).

C. Pengamatan Morfologi Bakteri

Morfologi koloni bakteri dapat dilihat secara langsung seperti bentuk koloni, elevasi, bentuk tepi, warna dan daya tembus cahaya yang terlihat perbedaannya satu dengan lainnya yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Proses identifikasi morfologi bakteri toleran logam timbal (Pb) mengacu pada buku *Microbiology 6th edition by Prescott*.

Hasil yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3, pada isolat A1(1) dan A1(2) yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 memiliki beberapa kesamaan karakteristik seperti bentuk koloni *circular*, elevasi *flat*, dan bentuk tepi *entire*, pada isolat A1(1) tidak tembus cahaya dan berwarna coklat sedangkan A1(2) tembus cahaya dan putih kekuningan. Isolat A2(1) pada Gambar 4.7 memiliki karakteristik bentuk koloni *Irregular*, elevasi *flat*, bentuk tepi *lobate*, tembus cahaya dan berwarna transparan. Isolat A2(2) pada Gambar 4.4 memiliki karakteristik seperti bentuk koloni *circular*, elevasi *flat*, bentuk tepi *entire*, tembus cahaya, berwarna putih susu. Hasil pengamatan morfologi pada semua isolat bakteri dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri

Kode Isolat	Bentuk morfologi bakteri					
	Bentuk	Elevasi	Bentuk tepi	Daya tembus Cahaya	Warna	Ukuran
A1(1)	Circular	Flat	Entire	tidak tembus	Coklat	Sedang
A1(2)	Circular	Flat	Entire	Tembus Cahaya	Putih kekuningan	Sedang
A2(1)	Irregular	Flat	Lobate	tembus Cahaya	Transparan	Besar
A2(2)	Circular	Flat	Entire	tembus Cahaya	putih susu	Kecil
A3(1)	Irregular	Flat	Undulate	tidak tembus	putih bening	Sedang
S1(1)	Rhizoid	Flat	Rhizoid	Tidak tembus	Putih susu	Besar
S2(1)	Irregular	Flat	Undulate	Tembus	Putih susu	Sedang
S3(1)	Irregular	Convex	Lobate	Tidak tembus	Coklat	Besar

Isolat A3(1) pada Gambar 4.5 memiliki bentuk koloni *irregular*, elevasi *flat*, bentuk tepi *undulate*, tidak tembus cahaya, berwarna putih susu. Isolat S1(1) pada Gambar 4.7 memiliki bentuk koloni *rhizoid*, Elevasi *flat*, bentuk tepi *rhizoid*, tembus cahaya, berwarna putih susu. Isolat S2(1) pada Gambar 4.7

memiliki bentuk koloni *irregular*, elevasi *flat*, bentuk tepi *undulate*, tembus cahaya, dan berwarna putih susu. Isolat S3(1) pada Gambar 4.7 memiliki memiliki bentuk tepi *irregular*, elevasi *convex*, bentuk tepi *lobate*, tidak tembus cahaya, berwarna coklat.

D. Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri Mikroskopis

Hasil identifikasi bakteri dengan bentuk sel dan pewarnaan gram disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pengamatan Pewarnaan Gram

Kode isolat	Bentuk mikroskopik bakteri	
	Sifat gram	Bentuk sel
A1(1)	Negatif	Basil
A1(2)	Negatif	Basil
A2(1)	Negatif	Coccus
A2(2)	Positif	Basil
A3(1)	Negatif	Basil
S1(1)	Negatif	Coccus
S2(1)	Negatif	Coccus
S3(1)	Negatif	Coccus

Berdasarkan pengamatan pewarnaan gram bakteri yang telah didapatkan pada tabel 4.4 memiliki perbedaan dan kesamaan bentuk sel. Pengamatan mikroskopis yaitu pengamatan untuk mengidentifikasi struktur dari dinding sel, dan permeabilitas antara

dua jenis dinding sel bakteri yang menimbulkan perbedaan warna gram negatif dan gram positif pada bakteri, gram positif memiliki warna ungu karena zat warna dari yodium diserap oleh bakteri gram positif meskipun diberi alkohol, pewarnaan gram bakteri negatif berwarna merah disebabkan oleh zat warna dari kristal violet dilepaskan oleh bakteri gram negatif tetapi ketika diberi alkohol, bakteri gram negatif menyerap zat warna safranin sehingga menjadi warna merah (Akhnah *et al.*, 2022).

Bakteri gram positif memiliki dinding sel peptidoglikan yang tebal, jika dilarutkan pada alkohol dinding sel pada pori-pori akan menyusut sebab terjadinya penghilangan warna yang memungkinkan dinding sel mempertahankan kristal violet, sedangkan lapisan terluar bakteri gram negatif yaitu lipopolisakarida memiliki membran peptidoglikan yang tipis pada periplasma (Lolita & Putri, 2018). Menurut penelitian Lailiya, (2021) bakteri gram positif dan gram negatif dapat resisten terhadap logam Pb karena pada dinding sel mempunyai ikatan ion sehingga akan mudah diserap oleh bakteri tersebut.

Sifat bahan dalam proses pewarnaan gram yaitu asam dan basa diantaranya kristal violet memiliki fungsi mewarnai permukaan sel bakteri, iodine bersifat basa yang membentuk ikatan CV (*mg-Ribonucleid acid-Crystal violet*) sehingga CV *iodinribonukleat* akan terbentuk pada bakteri gram positif di permukaan selnya, etanol memiliki sifat asam sehingga pori-pori bakteri pada dinding sel banyak mengandung lipid dan CV *iodinribonukleat* pada bakteri gram negatif akan terlepas dari permukaan sel dan menjadi warna kuning, sedangkan CV *iodinribonukleat* pada gram positif tetap pada dinding sel, fungsi dari larutan safranin sebagai kontras saat pewarnaan sel bakteri (Hafsan, 2014).

E. Uji biokimia

Uji biokimia memiliki fungsi untuk mengidentifikasi sifat fisiologis pada bakteri yang telah di isolasi untuk menemukan spesies bakteri tertentu. Beberapa uji biokimia yang digunakan yaitu uji sitrat, katalase, indol, MR, VP dan TSIA. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data terkait aktivitas biokimia bakteri pada tabel 4.5. Uji biokimia digunakan agar dapat melihat kemampuan bakteri bereaksi membentuk senyawa kimia sehingga

dapat dikaitkan dengan sifat bakteri tersebut, agar dapat mengetahui reaksi tersebut dibutuhkan senyawa indikator berdasarkan bahan kimia yang digunakan (Nasution *et al.*, 2020).

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Uji Biokimia Bakteri

Nama Uji	Hasil Uji							
	A1(1)	A1(2)	A2(1)	A2(2)	A3(1)	S1(1)	S2(1)	S3(1)
Sitrat	+	+	-	-	+	-	+	+
Katalase	+	+	+	+	+	+	+	+
Indol	+	+	+	+	+	+	+	+
MR	-	+	-	+	+	+	-	-
VP	-	-	-	-	-	-	-	-
TSIA	+	+	+	+	+	+	+	+

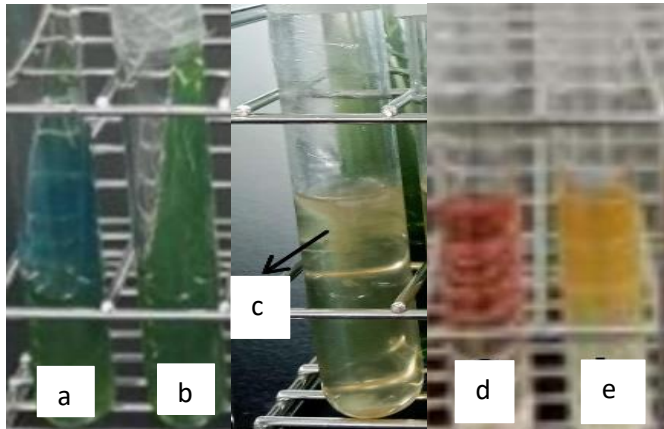
Uji sitrat memiliki tujuan mengetahui bakteri mampu memfermentasikan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon melalui enzim sitrat permease, hasil positif uji sitrat ditandai dengan perubahan media menjadi warna biru terlihat pada tabel 4.5 isolat bakteri A1(1), A1(2), A3(1), S2(1) dan S3(1). Hasil negatif ditandai dengan warna hijau yang terlihat pada isolat bakteri A2(1), A2(2), dan S1(1), hasil uji sitrat dapat dilihat pada Gambar 4.2. Media sitrat yang berwarna hijau dalam kondisi asam akan

berwarna biru pada kondisi basa karena pertumbuhan bakteri membutuhkan natrium sitrat sebagai sumber karbohidrat (Pattuju *et al.*, 2014).

Uji indol dilakukan untuk mengetahui bakteri motil atau non motil, hasil dari uji indol dapat dilihat pada Gambar 4.2 Uji ini dilakukan menggunakan media SIM (*Sulfide Indol Motility*). Hasil yang teramati bahwa seluruh isolat menunjukkan hasil positif atau motil. Motilitas ditentukan oleh pertumbuhan bakteri pada bekas tusukan yang menyebar menunjukkan bahwa isolat tersebut berflagel, sedangkan non motil tidak terdapat perubahan di sekitar tusukan yang menandakan bakteri tidak memiliki pergerakan (Kosasi *et al.*, 2019).

Selanjutnya uji MR (*Methyl Red*) bertujuan untuk mendapatkan bakteri yang mampu menfermentasikan asam campuran. Sesudah ditambahkan reagen methyl red, pH akan turun menjadi lima atau kurang dan berubah menjadi merah, menandakan bahwa bakteri dapat memfermentasi campuran asam. (Dawaiyah, 2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kode isolat A1(2), A2(2), A3(1) dan S1(1) menunjukkan hasil positif karena berubah menjadi merah. Sedangkan kode isolat A1(1), A2(1), S2(1) dan S3(1) menunjukkan

hasil negatif karena tetap. Hasil uji MR dapat dilihat pada Gambar 4.2.



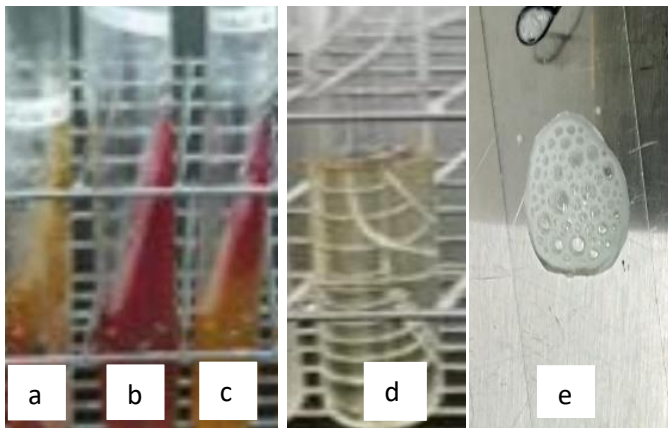
Gambar 4. 2 Hasil Uji Sitrat, Indol, MR. keterangan: a) hasil uji sitrat positif. b) hasil uji negatif. c) hasil uji indol positif. d) hasil uji MR positif. e) hasil uji MR negatif (Dokumentasi penelitian, 2023).

Hasil penelitian uji katalase didapatkan semua isolat bakteri menunjukkan hasil positif karena terbentuknya gelembung gas pada Gambar 4.3 menunjukkan bakteri mempunyai enzim katalase yang mengubah H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 dan memiliki sifat toksik yang dapat merusak struktur pada sel bakteri (Ulfa *et al.*, 2016).

Uji VP (*Voges Proskauer*) memiliki tujuan untuk mendapatkan bakteri yang mampu menghasilkan asetil metil karbinol yaitu hasil dari fermentasi glukosa (Ulfa *et al.*, 2016). Hasil positif uji VP

ditunjukkan adanya perubahan menjadi warna merah setelah penambahan α naphthol 5% dan KOH 40% dapat dilihat pada Gambar 4.3. Hasil menunjukkan semua isolat menunjukkan hasil negatif.

Uji TSIA memiliki tujuan mendapatkan bakteri yang mampu memfermentasikan glukosa, sukrosa, laktosa dan pembentukan gas atau H_2S (Sari, 2014). Hasil dari uji TSIA pada isolat A2(1) dasar dan permukaan media berwarna kuning menunjukkan bakteri dapat memfermentasikan gula dan memproduksi gas. Isolat A1(1), A1(2), S1(1), A2(2), S2(1) dan S3(1) menunjukkan hasil dasar media berwarna kuning dengan permukaan media berwarna merah yang berarti bakteri dapat memfermentasikan glukosa. Hasil uji TSIA dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 a). Hasil Uji TSIA warna lereng berwarna kuning b). Hasil uji TSIA warna lereng dan dasar merah c). Hasil Uji TSIA warna dasar kuning. d) hasil uji VP negatif e) hasil uji katalase negatif (Dokumentasi penelitian, 2023).

F. Penentuan Genus Bakteri Resisten Pb

Hasil bakteri yang telah di isolasi dengan logam berat Pb 10 ppm dari sampel air dan sedimen sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi diperoleh 8 isolat bakteri memiliki hasil yang berbeda. Identifikasi pada isolat bakteri dilakukan melalui pengamatan sifat morfologi koloni, pengujian sifat fisiologi dan reaksi biokimia. Proses identifikasi bakteri mengacu pada buku *Bergey's Manual of determination Bacteriology 9th Edition* dan didapatkan beberapa genus yaitu:

a) Genus *Bacillus* sp.

Hasil penelitian diperoleh karakteristik pada isolat A2(2) merupakan gram positif berbentuk basil, motil, uji TSIA positif, uji sitrat negatif, uji katalase positif, uji VP negatif, memiliki bentuk *circular*, elevasi *flat*, bentuk tepi *entire*, berwarna putih susu, dan berukuran kecil. Isolat A2(2) memiliki kesamaan dengan bakteri genus *Bacillus* sp. dalam buku *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 9th Edition* yang memiliki karakteristik bakteri gram positif berbentuk basil, motil, uji katalase positif, anaerobik atau aerobik (Holt, 1994).

Hal ini serupa dengan penelitian Lailiya (2021) yang menemukan bakteri *Bacillus* sp pada Sungai Porong Sidoarjo yang memiliki kisaran nilai pH 7-8

pada air yang didapatkan bakteri dengan kode isolat A1B1, S1B3, A2B2 dan S2B3 berbentuk batang, gram positif, uji katalase positif, motil dan non motil. Menurut penelitian Cote (2015) genus *Bacillus* sp. memiliki endospora yang mampu resisten terhadap kondisi lingkungan bersuhu tinggi dan lingkungan yang tercemar logam berat (Cote *et al.*, 2015). Menurut Senja (2019) genus *Bacillus* sp. dapat mereduksi logam berat Pb sebesar 83,62%. Klasifikasi genus *Bacillus* sp. sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Phylum : Firmicutes
Class : Bacili
Order : Bacillales
Family : Bacillaceae
Genus : *Bacillus* sp. (Holt, 1994).



Gambar 4. 4 Isolat bakteri A2(2) pada Media NA Umur 24 jam (Dokumentasi penelitian, 2023)

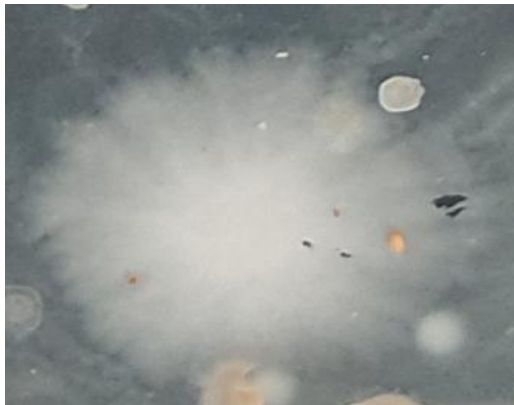
b) Genus *Citrobacter* sp.

Hasil pengamatan yang diperoleh menunjukkan karakteristik pada isolat A3(1) merupakan gram negatif berbentuk basil, motil, uji katalase positif, uji VP negatif, uji methyl red positif, uji sitrat positif, memiliki bentuk *irregular*, elevasi *flat*, bentuk tepi *undulate*, berwarna putih bening. Hasil pada isolat A3(1) memiliki kesamaan dengan genus *Citrobacter* sp. menurut buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition* yang memiliki ciri bakteri gram negatif berbentuk basil, motil, uji sitrat positif, uji katalase positif, uji VP negatif, uji *methil red* positif.

Hal ini serupa dengan penelitian Dawiyah (2020) yang menemukan bakteri genus *Citrobacter* pada perairan Paciran memiliki kisaran nilai pH 8 pada air yang didapatkan bakteri dengan kode isolat S1.1 berbentuk batang, gram negatif, motil, sitrat positif, uji katalase positif dan menghasilkan H₂S pada uji TSIA. Genus *Citrobacter* sp. memiliki kemampuan menurunkan logam berat Pb sebesar 95,06%. menggunakan plasmid bakteri sebagai mekanisme resistensi dan mekanisme ekstraseluler melalui pengendapan Pb menjadi *polifosfat* pada permukaan

dinding sel (Mohseni *et al.*, 2014). Klasifikasi genus *Citrobacter* sp. sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Phylum : Proteobacteria
Class : Gammaproteobacteria
Order : Enteroacteriales
Family : Enterobacteriaceae
Genus : *Citrobacter* sp. (Cowan and Stell, 1974).



Gambar 4. 5 Isolat bakteri A3(1) pada Media NA Umur 24 jam (Dokumentasi penelitian, 2023)

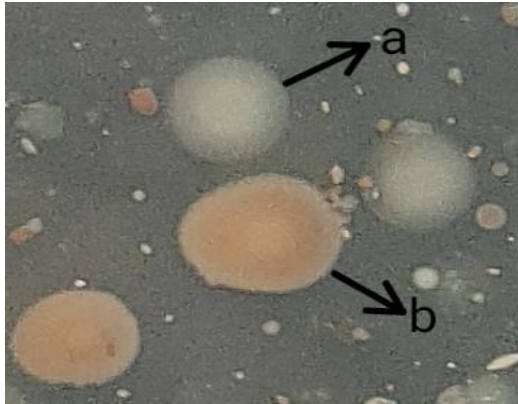
c) Genus *Pseudomonas* sp.

Hasil pengamatan diperoleh karakteristik pada isolat A1(1), A1(2) merupakan gram negatif berbentuk sel basil, uji motilitas positif atau motil, uji sitrat positif, Uji TSIA positif, berbentuk circular dengan ukuran sedang, tepi koloni *entire* sudut elevasi

flat, Pada isolat A1(1) memiliki warna coklat sedangkan A1(2) berwarna putih kekuningan. Hasil pada isolat A1(1) dan A1(2) memiliki persamaan karakteristik dengan genus *pseudomonas* sp. yang mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition*, merupakan bakteri gram negatif yang memiliki sel berbentuk basil, uji sitrat positif, bersifat motil dengan flagel polar.

Hal ini serupa dengan penelitian Lailiya (2021) yang menemukan bakteri genus *Pseudomonas* sp. pada Sungai Porong Sidoarjo Jawa Timur dengan kode isolat A2B1 yang memiliki bentuk batang, gram negatif, uji sitrat positif, motil, berpigmen kekuningan dan umumnya tidak berpigmen ataupun berwarna krem. Menurut Anggraeni (2021) bakteri genus *Pseudomonas* sp. memiliki kemampuan untuk menurunkan logam berat Pb sebesar 97,3%. Klasifikasi genus *Pseudomonas* sp. sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Phylum : Proteobacteria
Class : Gammaproteobacteria
Order : Pseudomonadales
Family : Pseudomonadaceae
Genus : *Pseudomonas* sp. (Holt, 1994).



Gambar 4. 6 Isolat bakteri a). A1(2) b).
A1(1) pada Media NA Umur 24 jam
(Dokumentasi penelitian, 2023)

d) Genus *Aeromonas* sp.

Hasil pengamatan yang diperoleh menunjukkan bahwa karakteristik pada isolat A2(1), S1(1), S2(1) dan S3(1) merupakan gram negatif berbentuk sel *Coccus*, katalase positif, uji TSIA positif atau memfermentasikan gula, uji motilitas positif atau motil. Hasil pada isolat mempunyai persamaan karakteristik dengan genus *Aeromonas* sp. yang mengacu pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition* merupakan bakteri memiliki gram negatif berbentuk sel *Coccus*, uji motil positif, katalase positif, uji TSIA positif.

Hal ini serupa dengan penelitian Dawiyah (2020) yang menemukan bakteri genus *Aeromonas* sp. pada perairan Paciran Lamongan dengan kode isolat A1.3 yang memiliki bentuk kokus, gram negatif, katalase positif, dapat memfermentasikan gula dan motil. Bakteri *Aeromonas* sp. dapat resisten terhadap Pb sebesar 47% dengan mekanisme resisten intraseluler yang melibatkan protein dalam sistem *efflux*, bakteri *Aeromonas* banyak ditemukan di lingkungan perairan dan tidak dapat membentuk spora (Dahanayake *et al.*, 2019). Klasifikasi genus *Aeromonas* sp. sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria

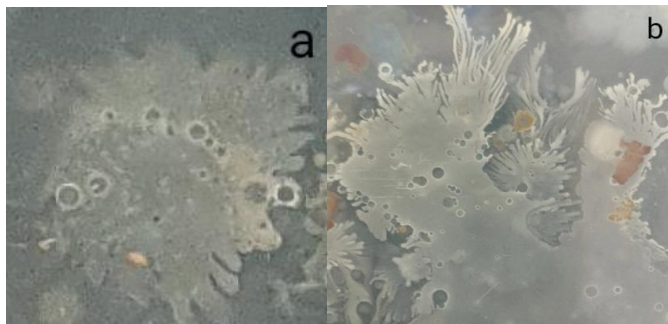
Phylum : Proteobacteria

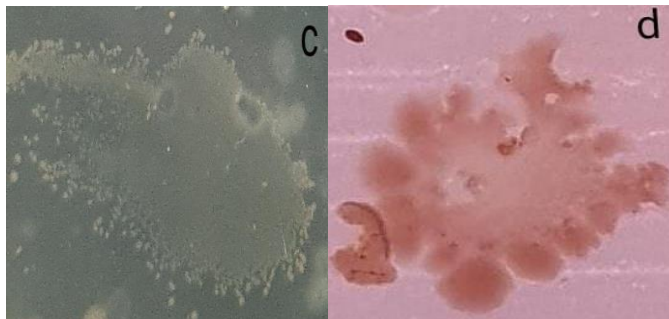
Class : Gammaproteobacteria

Order : Aeromonadales

Family : Aeromonadaceae

Genus : *Aeromonas* sp. (Cowan and Stell, 1974).





Gambar 4. 7 Isolat Bakteri a). A2(1) b). S1(1) c). S2(1) d). S3(1) pada Media NA Umur 24 jam (Dokumentasi penelitian, 2023)

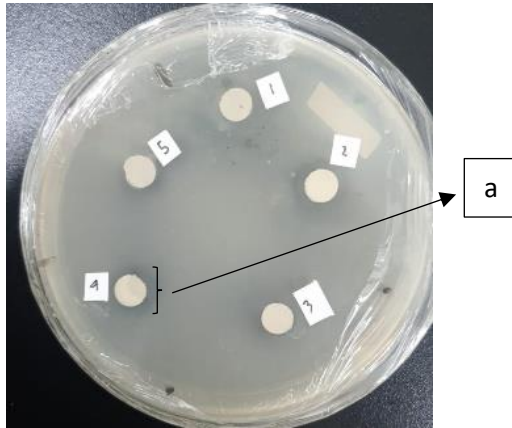
G. Uji Resistensi Bakteri Terhadap Logam Berat Pb

Uji resistensi bertujuan memastikan apakah bakteri dapat bertahan pada media yang mengandung logam berat Pb. Media yang digunakan dalam uji resistensi bakteri menggunakan NB (*nutrient Broth*) yang merupakan media berbentuk cairan memiliki kandungan *beef extract* dan pepton yang lebih ideal dalam pembuatan biomassa dan senyawa bioaktif karena terdapat proses agitasi yang membuat nutrisi pada media terus homogen dan penyerapan nutrisi pada bakteri lebih efisien (Dawaiyah, 2020). Pada uji resistensi menggunakan metode *disk diffusion* yang akan terbentuk zona hambat menggunakan *paper disk* yang dimasukkan

kedalam media MHA berisi bakteri. Media MHA memiliki kandungan *beef extract*, *acid hydrolysate of casein* dan akuades untuk pertumbuhan mikroorganisme sebagai nutrisi yang baik dan paling efektif untuk uji sensibilitas bakteri yaitu media MHA (Ahman *et al.*, 2020).

Variasi konsentrasi Pb pada *disk diffusion* yang digunakan yaitu 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm, zona hambat yang terbentuk di sekitar isolat berupa zona bening. Diameter zona hambat diukur pada bagian zona bening yang terbentuk termasuk *paper disk*, hasil penelitian diperoleh masing-masing isolat bakteri yang diuji menghasilkan ukuran zona bening yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.8 hasil pengukuran diameter zona hambat yang diperoleh pada masing-masing isolat bakteri dengan konsentrasi yang berbeda dapat dilihat pada lampiran 6.

Semakin kecil diameter zona hambat yang dihasilkan maka kemampuan resistensi bakteri terhadap logam berat Pb semakin tinggi, semakin besar zona hambat yang dihasilkan maka kemampuan resisten bakteri logam Pb semakin kecil (Dawaiyah, 2020).



Gambar 4. 8 Hasil Uji Resistensi Ket:
a). Pengukuran Zona Hambat
(Dokumentasi penelitian, 2023)

Data diameter zona hambat kemudian dianalisis secara statistik menggunakan aplikasi (SPSS) 22 dengan menguji normalitas menggunakan *Saphiro Wilk*. Hasil analisis uji normalitas diperoleh nilai ($p < 0.05$) yang berarti data tidak berdistribusi normal atau non parametrik. Hasil uji normalitas dapat dilihat pada lampiran 4. Kemudian dilanjutkan dengan uji *Kruskall Waliss* yaitu uji non parametrik untuk menentukan adanya perbedaan signifikan secara statistik antara dua atau lebih kelompok variabel independen pada variabel dependen yang berskala data numerik dan skala ordinal (Assegaf, 2019).

Tabel 4. 6 Kruskal-walis test ranks

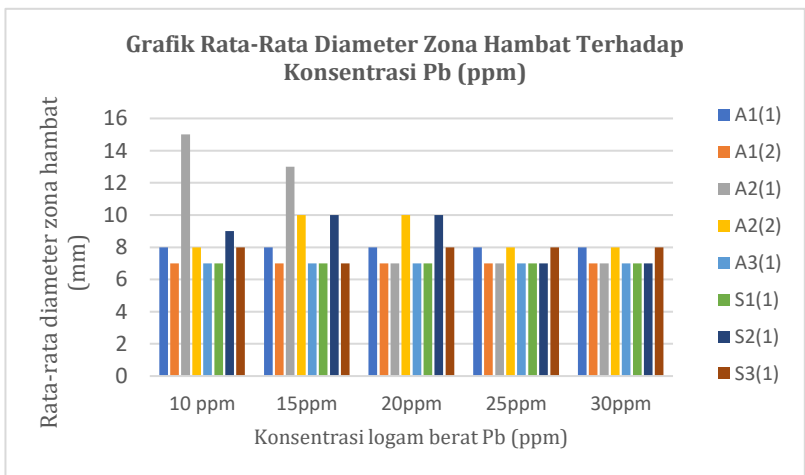
Ranks			
	Konsentrasi	N	Mean Rank
Diameter	10 ppm	8	23.69
	15 ppm	8	22.94
	20 ppm	8	21.50
	25 ppm	8	17.19
	30 ppm	8	17.19
	Total	40	

Mean Rank yang diperoleh pada tabel 4.6 jumlah sampel yang diuji pada penelitian ini yaitu 40 sampel dengan nilai *Mean Rank* pada konsentrasi 10 ppm yaitu sebesar (23,69), 15 ppm (22,96), 20 ppm (21,50), 25 ppm (17,19) dan 30 ppm (17,19). Hasil Mean Rank menunjukkan tingkatan rata-rata diameter zona hambat pada 10 ppm lebih tinggi dari pada lainnya.

Tabel 4. 7 Statistics Uji Kruskal Wallis

Test Statistics	
Diameter	
Chi-Square	2.761
Df	4
Asymp. Sig.	.599

Uji *statistics Kruskall wallis* menghasilkan rata-rata zona hambat yang terbentuk pada tabel 4.7 nilai *chi square* pada diameter menunjukkan nilai 2,761 dengan nilai signifikasi atau nilai *asmpy sig* sebesar 0,599. Dari nilai signifikasi yang lebih kecil dari 0,05 maka hipotesis H_0 tidak terdapat pengaruh pemberian konsentrasi logam Pb terhadap diameter zona hambat dan H_1 terdapat pengaruh pemberian konsentrasi logam Pb terhadap diameter zona hambat yang artinya H_0 ditolak H_1 diterima. Grafik rata-rata diameter zona hambat terhadap konsentrasi logam Pb pada masing-masing isolat disajikan pada Gambar 4.9 terlihat perbedaan rata-rata zona hambat terhadap konsentrasi logam Pb pada masing-masing isolat.



Gambar 4.9 Grafik Rata-rata Diameter Zona Hambat Ket: Nilai rata-rata diameter zona hambat sudah termasuk diameter paper disk 7 mm

Pada Gambar 4.9 rata-rata zona hambat Isolat A1(1) genus *Pseudomonas* sp. pada semua konsentrasi memiliki rata-rata zona hambat yaitu 8 mm. Rata-rata zona hambat ada isolat A1(2) genus *Pseudomonas* sp., A3(1) genus *Citrobacter* sp., dan S1(1) genus *Aeromonas* sp. pada semua konsentrasi tidak terbentuk zona hambat menunjukkan hasil resisten yang paling baik. Isolat S2(1) yaitu genus *Aeromonas* sp. pada konsentrasi 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm membentuk zona hambat masing-masing sebesar 9.0 mm, 10.0 mm dan 10.0 mm, tetapi pada kadar 25 ppm dan 30 ppm tidak terbentuk zona hambat.

Hal serupa pula terjadi pada isolat A2(1) genus *Aeromonas* sp. membentuk zona hambat tertinggi pada konsentrasi 10 ppm dan 15 ppm tetapi pada konsentrasi 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm tidak terbentuk zona hambat. Hal ini sesuai dengan penelitian Perdana, (2012) isolat SA2A1 jika diberi konsentrasi dengan kadar Pb yang tinggi ukuran zona hambat tidak bertambah besar, karena konsentrasi logam Pb yang tinggi akan menghasilkan larutan pekat sehingga lebih sulit melakukan difusi dari pada larutan yang encer.

Kode isolat A3(1) yaitu genus *Citrobacter* sp. merupakan genus yang memiliki zona hambat tertinggi pada uji resistensi karna tidak membentuk zona hambat pada semua konsentrasi. Hal ini sesuai dengan penelitian Mohseni (2014) yang menemukan bakteri resisten logam Pb dari Genus *Citrobacter* sp. dengan kemampuan menurunkan logam berat Pb sebesar 95,06%. Kode isolat A1(1) dan A1(2) genus *Pseudomonas* sp. memiliki rata-rata diameter zona tertinggi kedua setelah *Citrobacter* sp. dengan diameter zona hambat pada semua konsentrasi yaitu 7,5 mm. Kode isolat A2(2) genus *Bacillus* sp. memiliki rata-rata diameter zona hambat pada semua konsentrasi yaitu 8,8 mm, resisten tertinggi pada genus *Bacillus* sp. yaitu pada konsentrasi 10 ppm, 25 ppm dan 30 ppm dengan diameter zona hambat 8,0 mm pada konsentrasi 15 ppm dan 20 ppm sebesar 10,0 mm. kode isolat A2(1), S1(1), S2(1) dan S3(1) genus *Aeromonas* sp. memiliki hasil rata-rata diameter zona hambat pada semua konsentrasi yaitu 11,5 mm, resisten tertinggi pada genus *Aeromonas* sp. yaitu pada konsentrasi 30 ppm.

Hasil dari penelitian pada 8 isolat bakteri yang diisolasi dari sungai Cilemahabang Kabupaten

Bekasi menyatakan bahwa masing-masing bakteri memiliki tingkat resistensi terhadap logam Pb yang berbeda-beda dan dapat berpotensi sebagai agen bioremediasi. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan Dawaiyah (2020) didapatkan bakteri yang memiliki kemampuan resisten terhadap logam berat Pb dari perairan Paciran Lamongan yaitu genus *Bacillus*, *Citrobacter*, *Neisseria*, *Aeromonas*, *Vibrio*, dan *Morganella*, genus *Vibrio* memiliki kemampuan resisten logam Pb paling tinggi pada konsentrasi 10 ppm, 25 ppm dan 30 ppm dengan rata-rata diameter zona hambat masing-masing sebesar 6,5 mm, 7,0 mm dan 6,95 mm.

Bakteri resisten logam berat dapat menguraikan struktur kompleks menjadi lebih sederhana dilakukan oleh aktivitas enzimatik sehingga menghasilkan produk metabolit seperti asam organik yang dapat menghilangkan ion-ion logam berat pada lingkungan. Bakteri dapat menguraikan senyawa organik cemaran logam berat dengan mengambil (biosorpsi) senyawa ke dalam sel bakteri dengan enzim intraseluler (Aznur, 2022).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian bakteri resisten logam berat Pb maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bakteri yang diisolasi dari sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi didapatkan 4 genus bakteri yang memiliki kemampuan resistensi terhadap logam berat Pb, yaitu: *Bacillus* sp., *Citrobacter* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Aeromonas* sp.
2. Isolat bakteri yang memiliki kemampuan resistensi terhadap logam berat timbal (Pb) berbeda-beda sesuai dengan konsentrasi logam Pb (ppm) dan jenis bakteri. Berdasarkan uji zona hambat terbaik pada genus *Citrobacter* sp. pada kode isolat A3(1) memiliki diameter zona hambat terkecil pada semua konsentrasi (ppm) yaitu 7.0 mm. Genus *Pseudomonas* sp. dengan kode isolat A1(1) dan A1(2) memiliki rata-rata diameter zona hambat pada semua konsentrasi 7,5 mm. Genus *Bacillus* sp. dengan kode isolat A2(2) memiliki rata-rata zona hambat pada semua

konsentrasi 8,8 mm. Genus *Aeromonas* sp. dengan kode isolat A2(1), S1(1), S2(1) dan S3(1) memiliki rata-rata zona hambat pada semua konsentrasi 11,5 mm.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh diharapkan bakteri yang telah diisolasi dari Sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui jenis-jenis bakteri yang telah ditemukan pada tingkat spesies yang dapat dilanjutkan sebagai agen bioremediasi terhadap logam berat Pb di sungai tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, R. (2018). Pemantauan Jumlah Bakteri Coliform Di Perairan Sungai Provinsi Lampung. *Majalah Teknologi Agro Industri*. 10(1).
- Agustiningasih, D. (2022). Kajian Kualitas Air Sungai. In *BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains* . 5(1). 322-329.
- Agustina, Titin. (2014). Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan dan dampaknya Pada Kesehatan. *TEKNOBUGA*. Vol 1(1).
- Ahmad, I., Taufiq, A., & Indra, C. (2014). Analisis Kandunga Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Kadar Air Sumur Gali Penduduk Di Sekitar Industri Daur Ulang Aki dan Gangguan Kesehatan Pada Masyarakat Desa Bandar Khalipah Kabupaten Deli Serdang Tahun 2013. *Lingkungan Dan Keselamatan Kerja*. 3(2).
- Akhnah, A. M., Widyastuti, D. A., & Rachmawati, R. C. (2022). Identifikasi Genera Bakteri Coliform Pada Air Sungai Desa Datar Kabupaten Jepara. *Quagga: Jurnal Pendidikan Dan Biologi*. 14(2). 124–131.
- Aminah, U. and Nur, F. (2018). Biosorpsi Logam Berat Timbal (Pb) Oleh Bakteri. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*.12(1).
- Anggraeni, Anestya., Haryo, Triajie. (2021). Uji Kemampuan Bakteri (*Pseudomonas aeruginosa*) dalam Proses

biodegradasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), di Perairan Timur Kamal Kabupaten Bangkalan. *Juvenil*.2(3).

Anggraeni, D. S. (2017). *Kemampuan Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Berdasarkan Waktu Paparannya Oleh Bakteri Endapan Sedimen Perairan Sekitar Rumah Susun Kota Makassar*. Skripsi. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Aprilia, Witianty Putri. (2021). Analisis Logam Berat dalam Sedimen Berdasarkan *Geoaccumulation Index* (Ige). Skripsi. Yogyakarta. Universitas Islam Yogyakarta.

Ayu Puspitalena, S. T. R. (2018). Cemaran Logam Pb Dan Cd Pada Eceng Gondok. *Forum Ilmiah*. 15(3).

Aznur, B. S., Siti, K. H., Wahyu, A. S. (2022). Agen Biologis Potensial untuk Bioremediasi Logam Berat. *Jurnal Maiyah*. Vol 1(4).

Budi, K. A., Hariadi, K. Yudi, S. (2022). Potential improvement of Environmental Quality Index (EQI) based on district-level data case study in Bekasi Regency. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*. 12(4): 651–659.

Dangi, A. K., Babita, S., Russell T. Hill & Pratyoosh, S.T. (2019). Bioremediation through microbes: systems biology and metabolic engineering approach. *Critical Reviews in Biotechnology*. 39(1). 79–98.

Dawayah, A. (2020). *Identifikasi dan Uji Resistensi Logam Berat*

Timbal (Pb) pada Bakteri yang Diisolasi dari Perairan Paciran Lamongan. Skripsi. Surabaya: UIN Sunan Ampel.

- Dahanayake, P. S. *Et Al.* (2019). Antibiotic and Heavy Metal Resistance Genes In *Aeromonas Spp*, Isolated From Marketed Manila Clam (*Ruditapes Philippinarum*) In Korea. *Journal Of Applied Microbiology*. 127(3).
- De Fretes, C. E., Sutiknowati, L. I., & Falahudin, D. (2019). Isolasi dan identifikasi bakteri toleran logam berat dari sedimen mangrove di Pengudang dan Tanjung Uban, Pulau Bintan, Indonesia. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*. 4(2). 71.
- Desriyan, R., Wardhani, E.P., Kancitra. (2015). Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot sampai Nanjung. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*. 3(1).
- Fahrudin, F., Santosa, S., & Sareda. (2020). Toleransi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Bakteri *Indigenous* Dari Air Laut Pelabuhan Paotere , Makassar. *Aquatic Science & Management*. 8(1). 8-14.
- Fahrudin, Haedar, N., Santosa, S., & Wahyuni, S. (2019). Uji Kemampuan Tumbuh Isolat Bakteri dari Air dan Sedimen Sungai Tallo Terhadap Logam Timbal (Pb). *Ilmu Alam Dan Lingkungan*. 10(19). 52-57.
- Hafsan, S., 2014. Penuntun Praktikum Mikrobiologi Dasar. Universitas Alaudin Press

- Hasyimuddin, H., Nur, F., & Indriani, I. (2018). Isolasi Bakteri Pengakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Saluran Pembuangan Limbah Industri Kabupaten Gowa. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*. 2(2). 126–132.
- Hijri, Y., Nursyirwani, Dessy, Y. (2021). Isolation and Identification of Bacteria from Dumai Marine Waters that Have Potencial as Lead Bioremediation Agents. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*. Vol 2(3).
- Ihsan, Y., Kalysta, F., Rega P., Yeni M., Tri D. K. P. (2020). Analisis Bakteri Pereduksi Konsentrasi Logam Timbal Pb(CH₃COO)₂ Menggunakan Gen 16S Rrna. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 13(2). 151–162.
- Ikerismawati, S. (2019). Bioremediasi Pb Oleh Bakteri Indigen Limbah Cair Agar. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*. 1(2). 51–58.
- Jorgensen, I., Zhang, Y., Krantz, B. A., & Miao, E. A. (2016). Pyroptosis triggers pore-induced intracellular traps (PITs) that capture bacteria and lead to their clearance by efferocytosis. *Journal of Experimental Medicine*. 213(10). 2113-2128.
- 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.

- Kosasi, C., Lolo, W.A., Sudewi, S. (2019). Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Bakteri yang Berisolasi dengan Alga *Turbinaria ornata* (Turner) J. Agardh Serta Identifikasi Secara Biokimia. *Pharmacon*. 8(2).
- Komalasari, Melinda. (2020). *Gambaran Angka Lempeng Total (ALT) pada Bakteri Bacillus subtilis ATCC 6051 Sebelum dan Sesudah Diliofilisasi dan Disimpan 30 Hari pada Suhu 4°C*. Karya Tulis Ilmiah. Yogyakarta: Politeknik Kesehatan Yogyakarta.
- Lailiya, N. R. (2021). *isolasi dan identifikasi bakteri toleran terhadap logam berat Pb pada air sedimen di sungai porong sidoarjo jawa timur*. Skripsi. Surabaya: Program Sarjana UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Lestina Siagian, M. (2014). Dampak dan Pengendalian Limbah Cair Industri. In *Jurnal Teknik Nommensen* (Vol. 1, Issue 2, pp. 98–105).
- Lolita, A., & Putri, O. (2018). Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari pangan fermentasi berbasis ikan (Inasua) yang diperjualbelikan di Maluku-Indonesia from Maluku-Indonesia. *Jurnal Biologi Tropika*. 1(2). 6–12.
- Malau, R., Azizah, R., Susanto, A., Santosa, G. W., & Irwani, I. (2018). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, Dan Rumput Laut *Sargassum* sp. Di Perairan Teluk

- Awur, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 21(2). 155.
- Maulana, A., & Mursiti, S. (2017). Bioremediasi Logam Pb pada Limbah Tekstil dengan *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 6(3). 256–261.
- Melati, Irma. (2020). Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan dan Prospek Riset. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 978-602.
- Nasution, M.Y., Pulungan, A.S.S., Chairani, F.W. (2020). Isolasi dan Identifikasi Biokimia Bakteri Asal Sungai Batang Gadis Sumatera Utara. *Jurnal Biosains*. 6(3).
- Panuntun, M. S. (2014). *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Toleran Terhadap Timbal (Pb) dari Tanah Bekas Cetakan Pengecoran Logam di Desa Jeblokan, Kabupaten Klaten*. Skripsi. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Perdana, Jeremia. 2012. Uji Resistensi Dan Uji Biodegradasi Logam Berat (Pb, Zn, Dan Hg) Oleh Isolat Bakteri Lumpur Pantai Kenjeran. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya
- Pertiwi, S. (2021). *isolasi dan karakterisasi mikroorganisme indigen pada sedimen pelabuhan tanjung emas semarang*. Skripsi. Semarang: UIN Walisongo Semarang.
- Pratiwi, S. (2021). Analisis Dampak Sumber Air Sungai Akibat Pencemaran Pabrik Gula Dan Pabrik Pembuatan Sosis.

- Journal of Research and Education Chemistry*. 3(2). 122–142.
- 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). 38.
- Puspasari, R. (2017). Logam Dalam Ekosistem Perairan Bawal. *Widya Riset Perikanan Tangkap*. 1(2). 43.
- Putu, N., Sainitha, S., Yudha, I., Made, N. (2020). Kandungan Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Pantai Karang, Sanur, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 3(1).
- Rachman Fidiastuti, H. (2014). Potensi Bakteri Indigen dalam Biodegradasi air sungai. *Bioeksperimen*. 3(1).
- Riswanda, T., Rachmadiarti, F., & Kuntjoro, S. (2014). Pemanfaatan Kitosan Udang Putih (*Lithopannaeus vannamei*) sebagai Bioabsorben Logam berat Timbal (Pb) pada Daging kerang Tahu di Muara Sungai Gunung Anyar . *Lentera* .3(3). 266–271.
- Rohmah, N.S. (2017). Isolasi dan Identifikasi Bakteri yang Berpotensi Sebaga Agen Bioremediasi Timbal (Pb) dari Lumpur Lapindo. *Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim*.
- Rizkiana, L., Karina, S.N. (2017). Analisis Timbal (Pb) pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah*

Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah. 2(1).

- Sari, N. I. 2014. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah di Kecamatan Pattalassang Kabupaten Gowa. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.
- Sahabuddin, H., Harisuseno, D., & Yuliani, E. (2018). Analisa status mutu air dan daya tampung beban pencemaran sungai wanggu kota kendari. *Jurnal Teknik Pengairan*. 5(1). 19-28.
- Salamahu, A. (2012a). *Kandungan Logam berat Timbal (Pb) pada Air dan Sedimen Sungai Pangkajene di sekitar Pabrik Semen Tonasa Sulawesi Selatan*. Skripsi. Makassar. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Sholikah, U., & Kuswytasari, N. D. (2013). Uji Potensi Genera Bacillus Sebagai Bioakumulator Merkuri. *Jurnal ITS Surabaya*.1(9).
- Sunaryanto, R. (2017). Bioremediasi Hidrokarbon Minyak Bumi Menggunakan Isolat *Indigenous*. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi*. 147-153.
- Supriyanto, Nisa, N., Akbar, J. (2021). Analisis Status Mutu Air Sungai Menggunakan Metode Indeks Pencemaran dan Water Quality Index (WQI) Studi Kasus Sungai Cilemahabang Kabupaten Bekasi. *Sumber Informasi Pustaka Pelita Bangsa*. Vol 6(6).
- Syaifullah, M., Candra, Y. A., Soegianto, A., & Irawan, B.

- (2018). Kandungan Logam Non Esensial (Pb, Cd dan Hg) dan Logam Esensial (Cu, Cr dan Zn) pada Sedimen di Perairan Tuban Gresik dan Sampang Jawa Timur.. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 11(1). 69.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy Metals Toxicity and the Environment. *Nih Public Access*.3(101). 133-164.
- Ulfa, Atiqa., Suarsini, Endang., Henie, Mimien. (2016). Isolasi dan Uji Sensitivitas Merkuri pada Bakteri dari Limbah Penambangan Emas di Sekotong Barat Kabupaten Lombok Barat. *Proceeding Biology Education Conference*. 13(1).
- Wicaksana, A. (2016). Gambaran Umum Wilayah Kabupaten Bekasi [https://medium.com/1\(24\)](https://medium.com/1(24)).
- Wicaksana, A. (2016). Metode Analisis Biologi Tanah. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Yazid, M. (2013). Peranan Isolat Bakteri Indigenous Sebagai Agen Bioremediasi Perairan Yang Terkontaminasi Uranium. *Jurnal Iptek Nuklir Ganendra*. 17(1).
- Yahya, M. (2013). Rekayasa Lingkungan Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Di Pelabuhan Paotere Makassar. *Prosding Temu Ilmiah*. 1(5). 1–6.
- Yulvizar, C. (2013). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Probiotik

pada *Rastrelliger* sp. Isolation and Identification of Probiotic Bacteria in *Rastrelliger* sp. *Biospecies*, 6(2), 1–7.

Zulfikar, W., & Ema Jumiaty, I. (2020). Formulasi Kebijakan Roadmap Inovasi Daerah di Kabupaten Bekasi. *Jurnal Ilmu Administrasi Negara ASIAN*. 8(2). 119–131.

Zulaika, E., A. Luqman, T. Arindah dan U. Sholikah. (2012). Bakteri Resisten Logam Berat yang Berpotensi sebagai Biosorben dan Bioakumulator. *Seminar Nasional Waste Management for Sustainable Urban Development*. Program Studi Biologi FMIPA. ITS.

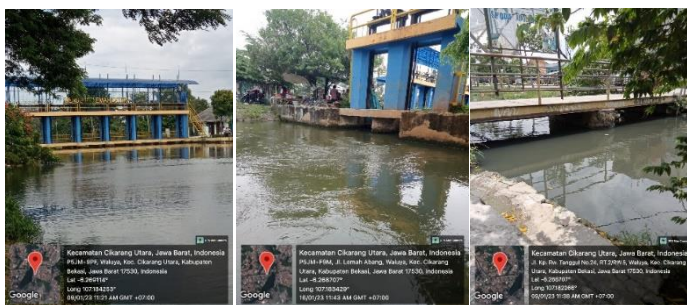
Zulfiani. (2018). Analisis Logam Berat Timbal (Pb) pada Panganan Otak-Otak yang Beredar di Kota Semarang. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Uji Parameter Kondisi Air Sungai



Pengukuran pH dan Suhu Air Sungai Cilemahabang

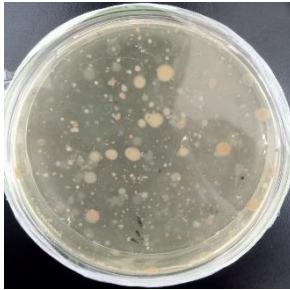


Lokasi pengambilan sampel Sungai Cilemahabang

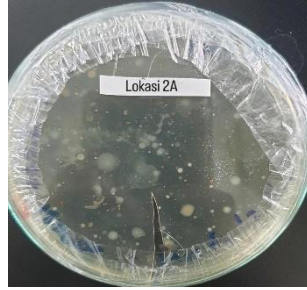
Sample ID	Signal Abs	Rsd %	Conc mg/L	Corrected Conc mg/L
Pb Sample titik 3	0,003	5,0	0,0779	0,0779
1	0,003	Background: -0,001		02/03/2023 15:50:58
2	0,003	Background: -0,001		02/03/2023 15:51:02
3	0,003	Background: -0,001		02/03/2023 15:51:06
Pb Sample titik 1	0,003	6,2	0,0740	0,0740
1	0,003	Background: -0,001		02/03/2023 15:49:44
2	0,003	Background: -0,001		02/03/2023 15:49:48
3	0,003	Background: -0,001		02/03/2023 15:49:53
Pb Sample titik 2	0,004	2,6	0,1045	0,1045
1	0,005	Background: -0,000		02/03/2023 15:50:24
2	0,004	Background: -0,000		02/03/2023 15:50:28
3	0,004	Background: -0,000		02/03/2023 15:50:33

Hasil Pengukuran Kadar Logam Pb dengan AAS

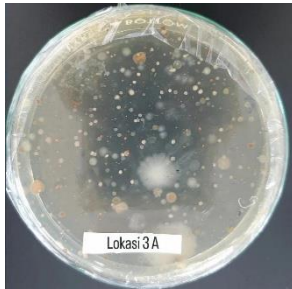
Lampiran 2 Koloni Isolat Bakteri Logam Berat Pb



Lokasi 1 Air



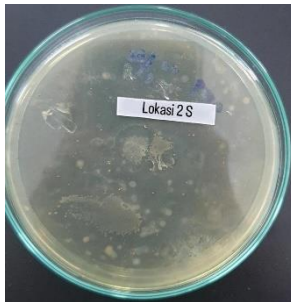
Lokasi 2 Air



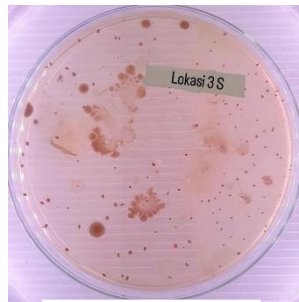
Lokasi 3 Air



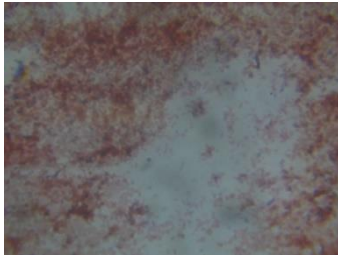
Lokasi 1 Sedimen



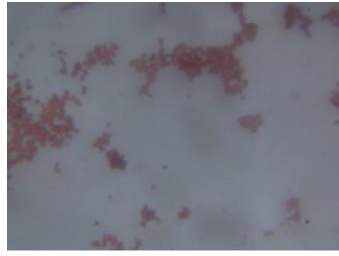
Lokasi 2 Sedimen



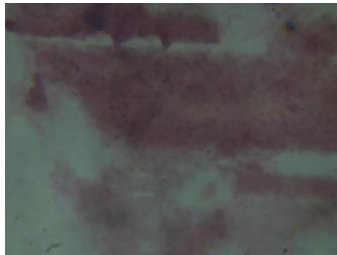
Lokasi 3 Sedimen

Lampiran 3 Pewarnaan Gram Bakteri Perbesaran

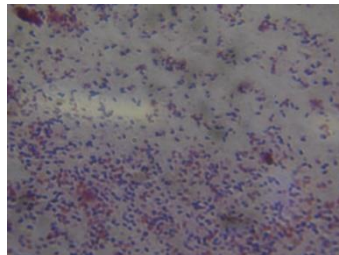
Kode Isolat A1(1)



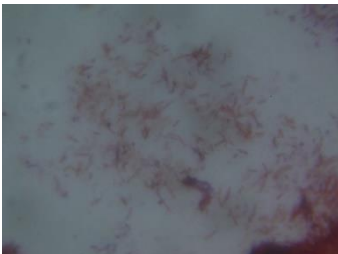
Kode Isolat A1(2)



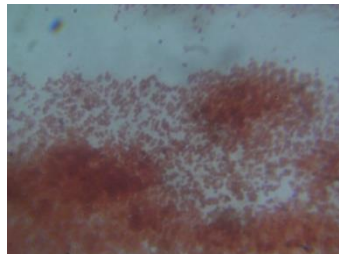
Kode Isolat A2(1)



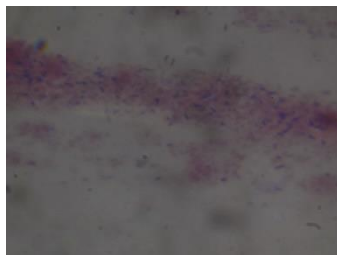
Kode Isolat A2(2)



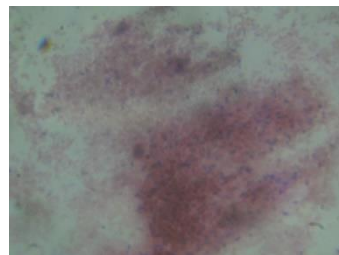
Kode Isolat A3(1)



Kode Isolat S1(1)



Kode Isolat S2(1)



Kode Isolat S3(1)

Lampiran 4 Uji Normalitas SPSS 22

Tests of Normality^{b,c,d}

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
A1(1)	.473	5	.001	.552	5	.000
A3(1)	.364	5	.029	.753	5	.032
S1(1)	.367	5	.026	.684	5	.006
S2(1)	.473	5	.001	.552	5	.000
S3(1)	.254	5	.200*	.803	5	.086

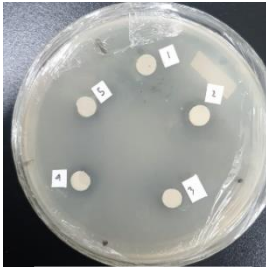
*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

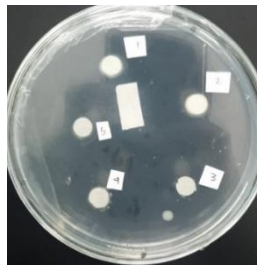
b. A1(2) is constant. It has been omitted.

c. A2(1) is constant. It has been omitted.

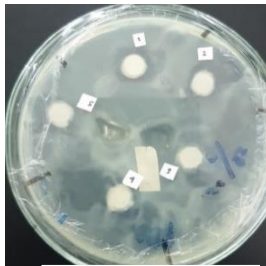
d. A2(2) is constant. It has been omitted.

Lampiran 5 Hasil Uji Zona Hambat Bakteri

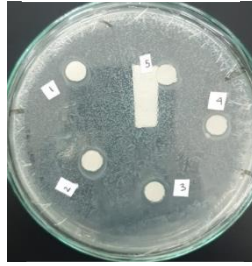
Kode isolat A1(1)



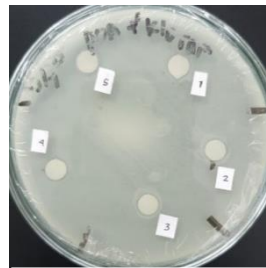
Kode isolat A1(2)



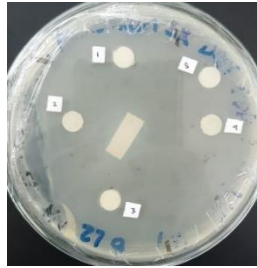
Kode isolat A2(1)



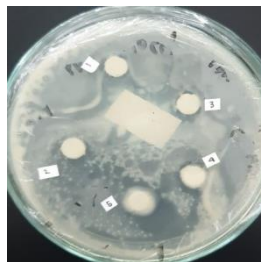
Kode isolat A2(2)



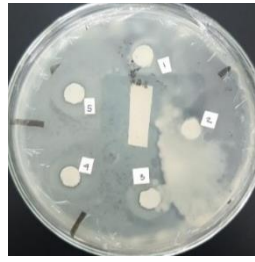
Kode isolat A3(1)



Kode isolat S1(1)



Kode isolat S2(1)



Kode isolat S3(1)

Lampiran 6 Hasil Diamter Zona Hambat Masing-Masing Isolat

Konsentrasi	Diameter zona hambat (mm)							
	A1(1)	A1(2)	A2(1)	A2(2)	A3(1)	S1(1)	S2(1)	S3(1)
10 ppm	8	7	15	8	7	7	9	8
15 ppm	8	7	13	10	7	7	10	7
20 ppm	8	7	7	10	7	7	10	8
25 ppm	8	7	7	8	7	7	7	8
30 ppm	8	7	7	8	7	7	7	8

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama : Anisa Novia Irwani
TTL : 4 November 2000
Alamat : Perum Puri Mutiara Indah Jln. Cakalang 1
Blok CM No. 12 Kec. Cikarang Utara Kab.
Bekasi
No. HP : 0812 9431 0005
E-mail : anisairwani12@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal
 - a. SD Negeri Karang Raharja 01
 - b. SMP Negeri 6 Cikarang Utara
 - c. SMA Negeri 3 Cikarang Utara

C. Prestasi Akademik

1. Pemakalah Seminar Nasional Biologi 2021 oleh Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

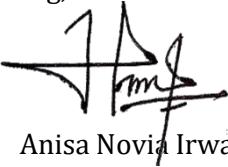
D. Karya Ilmiah

1. The process of making nata de salacca from honey salak fruit (*Salacca edulis Reinw*) with the application of biotechnology techniques-article review. *Journal of Biotechnology and Natural Science*. Vol 1(2).

E. Pengalaman Organisasi

1. Koordinator Divisi Musik UKM Seni dan Budaya Genesa UIN Walisongo Semarang Periode 2020-2021

Semarang, 27 Maret 2023



Anisa Novia Irwani

NIM: 1908016001