

SKRIPSI

**POTENSI BAKTERI PROBIOTIK *Lactobacillus plantarum* DALAM
MEREDUKSI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA MEDIA SUSU SKIM
SECARA IN VITRO**

Disusun dan diajukan oleh

SITI ARAS AINUN BASRI

H041171002



DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

POTENSI BAKTERI PROBIOTIK *Lactobacillus plantarum* DALAM
MEREDUKSI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA MEDIA SUSU SKIM
SECARA IN VITRO

Disusun dan diajukan oleh

SITI ARAS AINUN BASRI

H041171002

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam Rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Departemen Biologi Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada
Tanggal 09 Juli 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Zaraswati Dwyana, M.Si
NIP. 19651209 199008 2001

Pembimbing Pertama

Dr. Fahyuddin, M.Si
NIP. 19650915 199103 1002

Ketua Departemen,

Dr. Nur Haedar, M.Si
NIP. 19680129 199702 2001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Siti Aras Ainun Basri

NIM : H041171002

Departemen : Biologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul Potensi Bakteri Probiotik *Lactobacillus plantarum* dalam Mereduksi Logam Berat Timbal (Pb) Pada Media Susu Skim Secara In Vitro adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, Juli 2021

Yang Menyatakan



Siti Aras Ainun Basri



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirrabbi'l'alamin puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Potensi Bakteri Probiotik *Lactobacillus plantarum* dalam Mereduksi Logam Berat Timbal (Pb) pada Media Susu Skim Secara In Vitro” dengan baik. Tak lupa pula penulis kirimkan shalawat serta salam kepada Nabi Besar Muhammad SAW, serta keluarga dan sahabat yang dirahmati Allah SWT. Skripsi ini disusun sebagai syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) Sarjana Sains di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Skripsi ini disusun dengan segala keterbatasan dari penulis, sehingga masih memiliki berbagai macam kekurangan. Oleh karena itu, penulis membutuhkan dukungan berupa saran dan kritik dari berbagai pihak yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Tanpa dukungan, motivasi, saran dan kritik dari berbagai pihak penulis akan kesulitan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua penulis Ayahanda Basri Manrajuni dan Ibunda Rosmini yang penulis hormati, sayangi, dan cintai pengorbanan dan doanya dalam membesarkan dan mendidik penulis hingga saat ini. Penulis juga berterima kasih kepada adik Nurul Muchlisah Basri, Nur Naima Turrahmah Basri, Husnul Khatimah Basri dan Afifah Basri serta

keluarga yang selalu memberikan doa dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.



Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Eddy Soekandarsi, M.Sc selaku Pembimbing Akademik, Ibu Dr. Zaraswati Dwyana Z., M.Si selaku Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Fahrudin, M.Si selaku Pembimbing Pertama, atas dukungan, bantuan, arahan, saran, kritik, waktu dan kesabarannya menghadapi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Hasanuddin, Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina P., M.A bersama staf bagi kepemimpinan dan kebijakannya selama ini.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Bapak Dr. Eng Amiruddin, M.Sc beserta staf bagi kepemimpinan dan kebijakannya serta membantu penulis dalam hal akademik dan administrasi.
3. Ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Ibu Dr. Nur Haedar, M.Si atas ilmu dan motivasinya.
4. Tim penguji skripsi Bapak Dr. Eddy Soekandarsi, M.Sc dan Ibu Dr. Irma Andriani, M.Si atas bimbingan dan arahnya selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu Dosen Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, yang telah mendidik, membina, dan memberikan ilmunya selama perkuliahan serta kepada Staf dan Pegawai Departemen Biologi yang telah banyak membantu dalam bidang administrasi dan dukungan selama ini.



6. Kak Fuad, S.Si, Kak Heriadi, S.Si, dan Kak Nenis Sardiani, S.Si yang telah banyak membantu selama perkuliahan dan penelitian berupa ilmu, saran dan kritiknya.
7. Saraswati dan Fadhilah Ananda Putri sebagai partner penelitian yang telah banyak membantu, memberikan semangat dan motivasi selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
8. Muh. Fajrul, Ilmi Mardatillah, Nur Wahyuni, Nurul Arifin, dan Nurul Annisa yang telah banyak membantu, memberikan semangat, doa dan motivasinya.
9. Saudara seperjuangan di kampus penulis Ayu Mitha Lestari, Veni Apriliani, Amaliah Fauziah, Miftahul Jannah, Ayu Angreni Sujito, Indah Khaerunisa, Aisyanang Deng Ngai, Adelya Rizki, Arini Kusuma, Sofie Binti Syarifuddin, dan Sitti Talhah yang telah banyak membantu, menemani suka dan duka, memberikan semangat, hiburan dan motivasi selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
10. Sita, Ayu, Rica, Fitri, Rinta, Wiwi, Nilda, Indah, Amma, Dendri, Fahrul, Alwi, Radit, Misi, Farid, Hamden, Nas, Rusdy, Najwin, Aidul, Indra, Seto, Nasrun, Jhosua, Yuda, Ilo, Miftah, Rajs, Ian, dan Irham yang senantiasa menemani penulis sejak lulus SMA hingga saat ini, memberikan semangat, hiburan dan trip-tripnya.
11. Teman-teman BIOVERGENT Biologi Angkatan 2017 yang senantiasa menemani penulis hingga saat ini, yang telah banyak membantu, memberikan semangat dan motivasinya.



12. Kakak-kakak dan adik-adik anggota Himpunan Mahasiswa Biologi, FMIPA Unhas dan kakak-kakak BCDC FMIPA Unhas yang telah banyak membantu, memberikan ilmu dan pelajaran yang tidak diperoleh dibangku perkuliahan.
13. Teman-teman MIPA 2017 terkhusus Pengurus BEM FMIPA Unhas 2020/2021 yang telah banyak membantu, memberikan ilmu dan pelajaran yang tidak diperoleh dibangku perkuliahan.
14. Teman-teman KKN Manggala 08 yang telah banyak membantu, memberikan semangat dan motivasinya.
15. Teman-teman EXONE, EXEIGHT, dan ROEM 2017 yang telah banyak membantu, memberikan semangat dan motivasinya.
16. *Last but not least, i wanna thank me. I wanna thank me for believing in me, i wanna thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for always being a giver and tryna give more than i receive, i wanna thank me for tryna do more right than wrong, i wanna thank me for just being me at all times.*

Makassar, Juli 2021

Penulis



ABSTRAK

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang memiliki toksisitas berbahaya bagi makhluk hidup. Telah dilaksanakan penelitian berjudul “**Potensi Bakteri Probiotik *Lactobacillus plantarum* dalam Mereduksi Logam Berat Timbal (Pb) pada Media Susu Skim Secara In Vitro**”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri probiotik *Lactobacillus plantarum* dalam mereduksi logam berat timbal (Pb) pada media susu skim secara in vitro. Uji bioabsorpsi ini dilakukan dengan menumbuhkan isolat probiotik *Lactobacillus plantarum* pada media fermentasi susu skim yang ditambahkan timbal (Pb) dengan konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, dan 20 ppm. Analisis kadar timbal dilakukan pada fermentasi hari ke 1, hari ke 2, dan hari ke 3. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat probiotik *Lactobacillus plantarum* mampu mereduksi timbal pada konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, dan 20 ppm hingga tersisa kadar terendah timbal pada media fermentasi yaitu 3,20 ppm, 6,23 ppm, dan 12,89 ppm.

Kata Kunci: *Lactobacillus plantarum*, Timbal, Susu Skim.



ABSTRACT

Lead (Pb) is one of the heavy metals that has toxicity harmful to living things. Research has been conducted entitled "**Potential probiotic bacteria *Lactobacillus plantarum* in Reducing Lead Heavy Metals (Pb) in Skim Milk Media In Vitro**". This research aims to determine the ability of probiotic bacteria *Lactobacillus plantarum* in reducing lead heavy metals (Pb) in the medium of skimmed milk in vitro. This bioabsorption test is conducted by growing *Lactobacillus plantarum* isolates in the fermentation media of lead-added skimmed milk (Pb) with concentrate of 5 ppm, 10 ppm, and 20 ppm. Analysis of lead levels is performed on fermentation day 1, day 2, and day 3. The effectiveness showed that *Lactobacillus plantarum* probiotic isolates were able to reduce lead at concentrations of 5 ppm, 10 ppm, and 20 ppm until the minimum levels of lead in fermentation media were 3,20 ppm, 6,23 ppm, and 12,89 ppm.

Keywords : *Lactobacillus plantarum*, Lead, skimmed milk



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	3
I.3 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Tinjauan Umum Tentang Timbal (Pb).....	5
II.2 Probiotik.....	9
II.3 Probiotik Sebagai Agen Bioabsorpsi Logam Timbal (Pb).....	12
BAB III METODE PENELITIAN	16
III.1 Alat.....	16
III.2 Bahan	16
III.3 Metode Kerja	16
III.3.1 Sterilisasi Alat dan Medium	16



III.3.2 Pembuatan Media	17
III.3.3 Kultivasi Isolat Bakteri Probiotik <i>Lactobacillus plantarum</i>	17
III.3.4 Pembuatan Starter Bakteri Probiotik <i>Lactobacillus plantarum</i>	17
III.3.5 Fermentasi Bakteri Probiotik <i>Lactobacillus plantarum</i> pada Media Susu Skim dengan Penambahan Timbal.....	18
III.3.6 Perhitungan Jumlah Bakteri.....	18
III.3.7 Analisis Kadar Timbal pada Media Susu Skim	19
III.3.8 Analisis Data.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
IV.1 Pertumbuhan Bakteri Probiotik <i>Lactobacillus plantarum</i> pada Media Susu Skim dengan Penambahan Logam Timbal (Pb)	20
IV.2 Pertumbuhan Bakteri <i>Lactobacillus plantarum</i> pada Media Susu Skim dengan Berbagai Macam Konsentrasi Timbal (Pb).....	22
IV. 3 Perubahan pH pada Media Susu Skim Selama Proses Fermentasi	24
IV. 4 Analisis Kadar Timbal Menggunakan AAS (<i>Authomic Absorbtion</i> <i>Spectrofotometri</i>) dengan Metode Kering Beku (<i>Dry Ice</i>).	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	30
V.1 Kesimpulan	30
V.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur unsur timbal (Pb).....	5
Gambar 2. Metabolisme logam berat di lingkungan.....	7
Gambar 3. Fermentasi bakteri <i>Lactobacillus plantarum</i> pada media susu skim dengan penambahan berbagai konsentrasi timbal (Pb).....	21
Gambar 4. Diagram pertumbuhan bakteri <i>Lactobacillus plantarum</i> yang ditumbuhkan di media susu skim.....	22
Gambar 5. Diagram perubahan pH pada media susu skim selama masa fermentasi.....	25
Gambar 6. Diagram penurunan kadar timbal (Pb) oleh bakteri probiotik <i>Lactobacillus plantarum</i> yang dianalisis menggunakan AAS (<i>Atomic Absorbtion Spectrofotometri</i>)	26
Gambar 7. Tabel Persentase Logam yang tereduksi	27



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Efektifitas Bakteri Probiotik <i>L. plantarum</i> dalam Mereduksi Logam Timbal (Pb) pada Media Susu Skim	37
Lampiran 2. Skema Kerja Analisis Kadar Timbal (Pb) dengan AAS (Authomic Absorbsi Spectrofotometri)	38
Lampiran 3. Gambar Proses Pembuatan Media Pertumbuhan.....	39
Lampiran 4. Gambar Proses Pembuatan Media Fermentasi	40
Lampiran 5. Gambar Proses Pembuatan Starter	41
Lampiran 6. Gambar Fermentasi Bakteri Probiotik <i>L. plantarum</i> pada Media Susu Skim.....	42
Lampiran 7. Gambar Hasil Perhitungan Jumlah Bakteri Probiotik <i>L. plantarum</i> pada Media MRSA (Man Ragosa Sharpe Agar) dengan Penambahan 1% CaCO ₃	43
Lampiran 8. Tabel Hasil Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri dengan Metode SPC (Standart Plate Count)	44
Lampiran 9. Tabel Hasil Pengukuran pH Media Selama Proses Fermentasi	45
Lampiran 10. Gambar Proses Pengerjaan Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan AAS (Authomic Absorbtion Spectrofotometri).....	46
Lampiran 11. Tabel Hasil Analisis Kadar Timbal (Pb) dengan Menggunakan AAS (Authomic Absorbtion Spectrofotometri)	47



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang berpotensi menjadi bahan toksik yang dapat merusak organ tubuh. Logam timbal (Pb) dapat dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor dan kegiatan industri. Timbal (Pb) dapat dibedakan menjadi dua yaitu timbal (Pb) organik dan timbal (Pb) anorganik. Jenis timbal (Pb) terdapat dalam kegiatan industri seperti baterai, aki, cat, plastik, kosmetik, pabrik gel, perhiasan, dan bahan konstruksi (Effendy *et al.*, 2012).

Logam timbal (Pb) yang terdapat di alam tidak dapat didegradasi atau biasa disebut dengan *nonessential trace element* sehingga sangat berbahaya apabila terakumulasi pada tubuh dalam jumlah yang banyak (Gusnita, 2012). Logam timbal (Pb) dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan, saluran pencernaan, dan penetrasi melalui kulit. Apabila logam timbal masuk ke dalam tubuh manusia, maka tidak bisa dieksresikan lagi ke luar tubuh (Nindyapuspa dan Ni'am, 2017).

Timbal (Pb) yang terdapat di dalam tubuh tidak dibutuhkan, tetapi sebagian akan dikeluarkan melalui saluran kemih, feses, dan terakumulasi di dalam hati, ginjal, jaringan lemak, dan kuku (Effendy *et al.*, 2012). Dampak yang timbul dari aktivitas logam timbal (Pb) seperti mengganggu fungsi sistem pencernaan, sistem saraf, sistem pernapasan, sistem reproduksi, dan lain-lain. Selain itu, logam timbal (Pb) dapat mencegah enzim dalam melakukan aktivitasnya, mengganggu proses

si DNA normal dan dapat menyebabkan kecacatan pada tulang. Logam



timbal (Pb) tidak memiliki peran fisiologis dalam tubuh dan bahkan kadar logam timbal (Pb) yang kurang dapat menyebabkan keracunan (Wani *et al.*, 2015).

Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam menanggulangi logam berat yaitu secara fisika, kimia, dan biologi. Metode yang paling banyak diaplikasikan adalah metode fisika dan kimia (Bhakta *et al.*, 2012). Metode yang dapat menanggulangi logam berat seperti proses oksidasi kimiawi, pertukaran ion, adsorpsi, elektrokimia, reverse osmosis dan biosorpsi (Said, 2010). Kekurangan dari metode ini adalah biaya yang tinggi dan tidak efektif untuk logam berat dengan konsentrasi yang rendah (Renu *et al.*, 2017).

Pengolahan limbah pencemaran logam berat melalui metode biologi dapat terjadi hanya melalui adsorpsi oleh jasad hidup, dan logam berat tersebut akan terakumulasi di dalam sel jasad hidup tersebut. Beberapa mikroorganisme dari jenis bakteri yang dapat mengakumulasi ion-ion logam berat dalam selnya, sehingga dapat berkurang konsentrasi ion logam dalam lingkungan. Dengan melalui limbah cair yang mengandung logam berat pada kumpulan sel mikroba yang diimobilisasi, atau suatu lumpur aktif (*activated sludge*) yang diinokulasikan mikroorganisme pengakumulasi logam berat (Fahrudin, 2010). Selain itu dalam mengatasi logam berat secara biologi memiliki kelebihan seperti ramah lingkungan, biaya rendah, meminimalkan bahan kimia dan lumpur secara biologis, regenerasi adsorben dan mempunyai efisiensi yang tinggi dalam penyerapannya (Renu *et al.*, 2017).

Probiotik memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi logam berat seperti timbal (Pb) yang terakumulasi dalam tubuh manusia terutama yang sudah terlihat

nya terhadap tubuh. Ada beberapa strain probiotik seperti *illus* spp. mampu menghilangkan logam berat dari makanan, air, dan tanah



khususnya pada logam timbal (Pb) (Kargar dan Hadizadeh, 2020). *Lactobacillus* spp. termasuk bakteri gram positif yang memiliki daya serap tinggi dan kandungan asam peptidoglikan yang tinggi sehingga berpotensi mengikat logam berat yang masuk ke dalam tubuh. Bakteri *Lactobacillus* juga mempunyai peranan yang sangat penting yaitu memfermentasi susu menjadi yoghurt (Monachese *et al.*, 2012).

Lactobacillus plantarum belum diketahui kemampuannya dalam mengadsorpsi logam berat seperti timbal (Pb), tidak sama seperti halnya pada bakteri *Pediococcus pentosaceus* yang memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi logam timbal (Pb) dengan baik (Jaafar, 2020). Oleh karena itu penelitian ini akan dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri probiotik dalam mereduksi logam timbal (Pb) dengan baik. Berdasarkan hal tersebut maka telah dilakukan penelitian mengenai potensi bakteri probiotik *Lactobacillus plantarum* dalam mereduksi logam berat timbal (Pb) secara in vitro.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengetahui kemampuan bakteri probiotik *Lactobacillus plantarum* dalam mereduksi logam timbal (Pb) pada media susu skim secara in vitro.

I.3 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang bakteri probiotik yang mampu mereduksi logam Timbal (Pb) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk detoxifikasi Timbal (Pb).



I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2021 di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar.

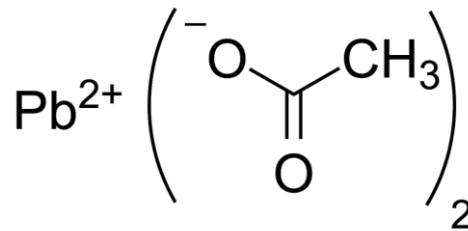


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Umum Tentang Timbal (Pb)

Timbal (Pb) termasuk dalam kelompok golongan IV-A dalam Sistem Periodik Unsur Kimia dan mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2. Timbal (Pb) bersifat lunak, anorganik, umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air (Gusnita, 2012).



Gambar 1. Struktur Unsur Timbal (Pb)

Logam timbal (Pb) dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Kandungan logam timbal (Pb) yang terdapat di dalam tanah adalah 16 ppm tetapi pada daerah tertentu dapat mencapai ribuan ppm. Sedangkan kandungan logam timbal (Pb) di dalam udara lebih rendah karena nilai tekanan udaranya rendah. Untuk mencapai tekanan uap 1 torr, komponen timbal dapat membutuhkan suhu lebih dari 800 °C (Fardiaz, 2015).

Menurut Palar (2012), biji-bijih logam timbal diperoleh dari hasil penambangan sekitar 3% sampai 10% timbal. Hasil tersebut akan dipekatkan lagi hingga 40% sehingga didapatkan logam timbal murni. Penyebaran logam timbal (Pb) di bumi sangat sedikit hanyalah sekitar 0,0002%.

Logam timbal (Pb) mempunyai sifat-sifat yang khusus yaitu sebagai berikut:



1. Merupakan logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau/tangan dan dapat dibentuk dengan mudah.
2. Logam timbal tahan terhadap korosi/karat.
3. Mempunyai titik lebur rendah yaitu 327,5 °C.
4. Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan logam biasa kecuali emas dan merkuri.
5. Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

Timbal banyak digunakan dalam berbagai industri. Timbal oksida (PbO_4) dan logam timbal industri baterai digunakan sebagai bahan aktif dalam pengaliran arus elektron. Timbal yang digunakan sebagai *grid* merupakan *alloy* (suatu persenyawaan) dengan logam bismut (Pb-Bi) (Palar, 2012). Penggunaan timbal lainnya adalah untuk produk logam seperti pelapis kabel, pipa dan solder, amunisi, pewarna, bahan kimia, dan lain-lain. Timbal juga dapat digunakan sebagai campuran dalam pembuatan pelapis keramik seperti *glaze* (Fardiaz, 2015).

Manusia dapat menyerap timbal (Pb) melalui udara, debu, air, dan makanan. Emisi logam timbal (Pb) ke udara dapat berupa gas atau partikel sebagai hasil pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor. Semakin sedikit proses pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor, maka semakin banyak jumlah logam (Pb) yang akan diemisikan ke udara. Senyawa ini berbahaya bagi kesehatan. Timbal (Pb) organik diabsorpsi melalui saluran pencernaan dan pernafasan dan merupakan sumber timbal (Pb) utama dari dalam tubuh (Gusnita, 2012).

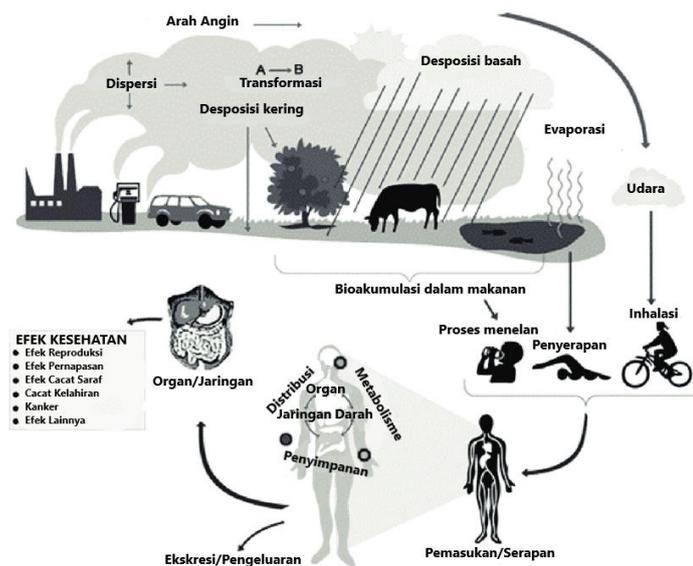
Penyerapan logam timbal (Pb) melalui saluran pencernaan bergantung pada

okimia dari bahan tersebut. Persenyawaan logam timbal (Pb) dapat terjadi masuknya ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman, udara, dan



perembesan atau melalui lapisan kulit. Senyawa Pb organik relatif lebih mudah untuk diserap tubuh melalui selaput lendir atau lapisan kulit dibandingkan dengan senyawa Pb non-organik. Senyawa timbal (Pb) dapat diserap oleh tubuh hanya sekitar 5-10% dari jumlah timbal (Pb) yang masuk melalui makanan dan minuman sekitar 30%. Dari jumlah seperti itu, hanya 15% yang akan mengendap pada jaringan tubuh dan sisanya akan terbuang melalui sisa metabolisme tubuh seperti urin dan feses (Palar, 2012).

Timbal dalam jumlah kecil dapat disekresikan dalam keringat, susu dan air liur atau dapat menumpuk di rambut dan kuku. Setelah penyerapan, konsentrasi timbal dalam darah menjadi seimbang sekitar tiga bulan setelah terpapar. Setelah terpapar, waktu eliminasi timbal dari darah dan jaringan lunak adalah sekitar 30 hari dan dari tulang sekitar 10 sampai 20 tahun. Akibatnya timbal dapat bertahan di tubuh selama beberapa dekade (Charkiewicz dan Backstrand, 2020).



Gambar 2. Metabolisme logam berat di lingkungan (Wani et al., 2015).



Metabolisme atau transformasi biologis merupakan suatu proses yang berkaitan dengan fisiologis tubuh organisme untuk dapat bertahan hidup dan berkembang biak. Pada peristiwa ini bahan-bahan toksik yang masuk ke dalam

tubuh akan mengalami peningkatan atau penurunan daya toksik karena setiap zat atau material yang masuk akan diolah dan diubah menjadi bentuk yang lebih sederhana. Proses biotransformasi ini terbagi menjadi tiga kelompok yaitu transformasi bersifat destruksi, transformasi bersifat sintesis, dan transformasi bersifat induksi enzim (Palar, 2012).

Proses masuknya senyawa hidrokarbon dan logam berat melalui media minyak dan limbah cair yang mengandung logam berat dibuang ke laut, membentuk emulsi pada permukaan air kemudian akan mengalami agregasi oleh pembentukan emulsi secara kontinyu sehingga berat molekulnya akan menjadi besar dan akhirnya jatuh ke dalam air dan sebagian masuk ke dalam sedimen (Siaka, 2008; Fiskanita *et al.*, 2015).

Menurut Charkiewicz dan Backstrand (2020), toksisitas timbal menjadi potensi resiko utama bagi kesehatan manusia. Pada orang dewasa, paparan timbal dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah, kelelahan, konduksi saraf lambat, gangguan kesuburan, sakit kepala, penyakit kardiovaskular dan ensefalopati atau kematian. Sedangkan pada anak-anak, peningkatan kadar timbal dalam darah berbanding terbalik dengan penurunan skor *Intelligence Quotient* (IQ), gangguan sintesis hemoglobin, penurunan fungsi kognitif hingga usia tujuh tahun, dan kematian.

Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA) (2020), kadar timbal (Pb) alami yang terdapat dalam tanah berkisar antara 50 bagian per juta (ppm) dan 400 ppm. Pada kegiatan penambangan, peleburan dan pemurnian akan mengalami

peningkatan substansial dalam tingkat timbal di lingkungan, terutama di dekat penambangan dan peleburan. Selain itu, partikel timbal di lingkungan dapat



menempel pada debu dan terbawa oleh udara. Debu yang mengandung timbal tersebut dapat dihilangkan dari udara melalui hujan dan disimpan di permukaan tanah, yang dimana timbal tersebut dapat bertahan selama bertahun-tahun. Selain itu, hujan lebat dapat menyebabkan timbal di permukaan tanah berpindah ke air tanah dan akhirnya ke air.

II.2 Probiotik

Mikroflora saluran pencernaan memiliki peranan penting dalam proses pencernaan karena dapat menghasilkan enzim pencerna nutrisi tertentu dalam saluran pencernaan. Oleh karena itu perkembangan bakteri utama dalam saluran pencernaan dapat memperlancar metabolisme dalam tubuh (Sahara *et al.*, 2018). Probiotik merupakan mikroorganisme yang memiliki banyak manfaat bagi kesehatan makhluk hidup seperti memperlancar metabolisme tubuh. Probiotik umumnya berasal dari golongan bakteri asam laktat (BAL) (Aqil *et al.*, 2016). Beberapa syarat utama bakteri dapat dijadikan sebagai bakteri probiotik antara lain yaitu tahan terhadap pH rendah, mampu berkoloni, mampu tumbuh pada garam empedu, dan memiliki aktivitas antimikroba (Sunaryanto *et al.*, 2014).

Mekanisme kerja utama dari probiotik adalah mengurai karbohidrat rantai panjang serta protein dan lemak karena memiliki enzim khusus dalam memecah ikatan tersebut. Genus yang biasa digunakan pada probiotik adalah *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*. Bakteri probiotik bermanfaat bagi kesehatan manusia seperti meningkatkan sistem kekebalan tubuh, membantu penyerapan nutrisi, dan membantu pencernaan laktosa bagi penderita (Widiyaningsih, 2011).

Bakteri asam laktat merupakan bakteri gram positif yang memiliki dinding sel yang tebal. Salah satu komponen struktural utamanya adalah peptidoglikan dan komponen



kecil lainnya yang terdiri dari asam organik (asam teikoat dan asam lipoteikoat), protein lapisan S dan beberapa polisakarida netral. Asam teikoat adalah polimer anionik pada lapisan peptidoglikan. Adesi dan pengikatan makromolekul adalah fungsi dari jaringan fibril pada asam teikoat dan polisakarida. Polisakarida dinding sel umumnya diproduksi oleh bakteri asam laktat dengan variasi antara bakteri berbeda, struktur bercabang, dan tanpa muatan yang mengandung rhamosa (gula detoksi alami yang terdapat pada beberapa bakteri). Eksopolisakarida diekskresikan ke dalam media ekstraseluler untuk membentuk sebuah kapsul polisakarida (Zoghi *et al.*, 2014; Delcour *et al.*, 1999).

Bakteri asam laktat adalah bakteri bersel tunggal dan termasuk ke dalam bakteri gram positif serta anaerob fakultatif. Bakteri asam laktat (BAL) tidak membentuk spora, berbentuk kokus dan basil, mampu dalam memproduksi asam laktat sebagai hasil metabolisme selnya. Secara generatif bakteri asam laktat tidak bersifat patogen (Urnemi *et al.*, 2012; Marteau, 2002). Bakteri asam laktat umumnya dibudidayakan dengan cara diperkaya media misalnya produk susu, daging, dan produk sereal karena merupakan kebutuhan nutrisi dari bakteri asam laktat (Zoghi *et al.*, 2014).

Lactobacillus merupakan genus terbesar dalam kelompok bakteri asam laktat (BAL) dengan hampir 80 spesies yang berbeda. Jenis *Lactobacillus* dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu bersifat homofermentatif dan heterofermentatif. Spesies bakteri yang bersifat homofermentatif seperti *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus thermophilus*, sedangkan spesies



bakteri yang bersifat heterofermentatif seperti *Lactobacillus fermentum* (Sya'baniar *et al.*, 2017; Adams dan Moss, 2008).

Lactobacillus merupakan kelompok bakteri gram positif yang berpotensi sebagai probiotik dan tahan terhadap logam berat. Beberapa bakteri *Lactobacillus* dapat digunakan dalam aplikasi makanan yang dapat berpotensi aditif untuk mengurangi toksisitas logam di dalam tubuh manusia karena memiliki mekanisme resistensi dalam mencegah kerusakan pada selnya serta dapat mengikat dan menyerap logam berat lalu sel akan keluar melalui kotoran. Gen resistensi logam berat ini sering dikodekan bersama plasmid yang sama sehingga tekanan selektif dapat ditekan di saluran usus (Monachese *et al.*, 2012).

Bakteri *Lactobacillus* memiliki peranan dalam memfermentasi susu menjadi yogurt. Keadaan ini baik untuk mendukung pertumbuhan strain *Lactobacillus* yang umumnya memiliki enzim laktase yang mampu mengubah laktosa menjadi glukosa. Strain probiotik yang diinokulasi pada media susu skim diharapkan mampu menunjukkan pertumbuhan yang cepat. Pertumbuhan yang cepat adalah mampu tumbuh minimal mencapai 10⁸ dalam waktu 24 jam inkubasi (Guarner dan Scaafsma, 1998; Triana *et al.*, 2006). Menurut Umam *et al.*, (2012), beberapa contoh strain *S. thermophilus* dan *L. bulgaricus* dapat menghambat bakteri probiotik tertentu selama proses fermentasi dan penyimpanan produk.

Lactobacillus plantarum merupakan salah satu bakteri gram positif yang memiliki bentuk batang dengan susunan rantai atau tunggal dan non motil (tidak bergerak). *Lactobacillus plantarum* memiliki sifat katalase negatif, aerob,

mencairkan gelatin, tidak mereduksi nitrat, cepat mencerna protein, toleran asam dan mampu memproduksi asam laktat. Selain itu juga bakteri ini



mampu memproduksi bakteriosin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen (Lestariningsih dan Azis, 2018).

Lactobacillus plantarum 70810 dapat digunakan sebagai kultur starter untuk produksi beberapa makanan fermentasi (misalnya, yogurt atau susu kedelai fermentasi) dan produk EPS yang dapat memenuhi permintaan konsumen untuk produk dengan tingkat aditif rendah. EPS dapat digunakan sebagai biosorben potensial untuk menghilangkan logam berat dari lingkungan fermentasi makanan ini mungkin memiliki efek potensial untuk mengeluarkan timbal dari dalam tubuh manusia (Feng *et al.*, 2012).

II.3 Probiotik Sebagai Agen Bioabsorpsi Logam Timbal (Pb)

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar konsentrasi ion logam dalam limbah cair yaitu pengendapan, penukar ion dengan menggunakan resin, filtrasi, dan adsorpsi (Tangio, 2013). Biosorpsi merupakan cara untuk menghilangkan/menyisihkan logam berat yang bersifat racun. Proses biosorpsi terjadi karena adanya material biologis yang disebut biosorben seperti bakteri, fungi, algae dan biopolimer (Ratnawati *et al.*, 2010).

Mikroorganisme memiliki peranan penting dalam bioremediasi logam berat dari tanah yang terkontaminasi dengan limbah. Pendekatan berbasis mikroorganisme untuk menghilangkan dan memulihkan logam beracun dari limbah industri dapat bernilai ekonomis dan efisien daripada melalui metode fisikokimia (Fretes *et al.*, 2019). Proses pengikatan logam berat oleh bakteri dapat dipisahkan

menjadi fase pengikatan dan transpor aktif. Fase pengikatan bergantung pada mekanisme sel yaitu absorpsi melalui dinding sel atau permukaan eksternal yang



diikuti dengan transpor aktif. Pada proses metabolisme, logam berat dapat terakumulasi pada membran sel dan sitoplasma (Arrizal dan Rachmadiarti, 2013).

Bahan polimer ekstraseluler (EPS) dibentuk oleh polisakarida, mukopolisakarida, dan protein juga berperan penting dalam adsorpsi ion logam berat. Pada spesies bakteri gram positif dan gram negatif, peptidoglikan dan gugus fosfat merupakan ikatan kationik dan anionik yang utama dalam adsorpsi. Selain itu biosorpsi dapat dilakukan dengan memilih mikroorganisme yang bergantung pada konsentrasi ion logam didalamnya. Biosorben mikroorganisme dapat diinkubasi dengan media yang terkontaminasi dengan logam berat di tangki pencampuran dalam interval waktu tertentu (bergantung pada siklus pertumbuhan mikroorganisme) (Pratish *et.al.*, 2018).

Dalam penyerapan ion logam yang berlebihan akan memberikan dampak bagi mikroorganisme seperti kerusakan membran sel, menghambat aktivitas enzim, merusak DNA, dan merusak fungsi seluler. Kebanyakan ion logam berat seperti timbal, perak, dan merkuri berpotensi beracun bagi mikroorganisme. Namun banyak mikroorganisme yang menunjukkan resistensi spesifik untuk beberapa ion logam berat. Strain mikroba yang sensitif dapat berkurang jika di bawah tekanan logam berat dan akan tergantikan oleh strain yang dapat beradaptasi lebih baik dan dapat mentolerir toksisitas logam berat (Yin *et al.*, 2019).

Menurut Ahmed *et al.*, (2017) isolat *Lactobacillus* mudah bertahan dalam konsentrasi logam berat yang tinggi sehingga memiliki manfaat dalam proses bioremediasi. Namun jika konsentrasi dari isolat bakteri menurun, maka

illus akan menghabiskan lebih banyak energi dalam melakukan smenya yang dapat memungkinkan toleransi terhadap logam berat.



Selain sebagai probiotik, bakteri *Lactobacillus* memiliki kemampuan untuk mengurangi tekanan oksidatif yang disebabkan oleh keracunan logam in vitro dan kemampuan detoksifikasi terhadap logam. Kemampuan bakteri *Lactobacillus* untuk mengikat dan menyerap logam tergantung pada mekanisme resistensi strainnya. Dalam mengatasi logam arsenik dan merkuri, mekanisme utamanya adalah melalui pengeluaran (expulsion) toksik logam dari sitosol (Monachese *et al.*, 2012; Osborn *et al.*, 1997).

Menurut Yi *et al.*, (2017) dalam penelitiannya, bakteri asam laktat tahan terhadap logam timbal (Pb) yang diisolasi dari makanan kimchi. Total dari 96 strain bakteri asam laktat yang berbeda diisolasi dan terdapat 52 strain yang menunjukkan resistensi terhadap logam timbal (Pb). Bakteri ini menunjukkan aktivitas penyerapan dengan mengikat logam ke permukaan selnya. Dalam uji in vivo pada tikus, L-96 efisien mendetoksifikasi pada tikus sehingga membuat keracunan dalam fungsi pencernaan dan melampiaskan akumulasi timbal dalam organ. Sperma epididimis dari tikus yang keracunan timbal menunjukkan penurunan motilitas sperma dan ATP. Sehingga perubahan ini menyarankan untuk mengkonsumsi bakteri dengan cara alternatif untuk melindungi lingkungan dan kesehatan manusia dari polusi timbal.

Selain itu terdapat bakteri *Bacillus coagulans* yang merupakan probiotik yang dapat menyerap air kontaminan timbal secara langsung atau tidak langsung. Bakteri *Bacillus coagulans* cenderung membentuk sistem flagela dan kemotaksis untuk menghindari ion timbal daripada mengeksponnya yang dapat menunjukkan

perlawanan baru. Penurunan konsentrasi timbal yang tinggi dan perubahan fisiologi dapat menurunkan efektivitas pembuangan timbal. Gen dan



jalur deoksidasi dan sekresi senyawa yang teridentifikasi pada bakteri ini juga ditemukan calon rekayasa genetika potensial untuk sintesis glutathione, cysteine, methionine, dan selenocompounds (Xing *et al.*, 2019).

