

*Skripsi*

**UJI BIODEGRADASI ISOLAT BAKTERI *Bacillus subtilis* TERHADAP  
LOGAM MANGAN (Mn) DARI LIMBAH PERTAMBANGAN EMAS  
POBOYA PALU**

**INDO ESSE**

**H031 17 1018**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**UJI BIODEGRADASI ISOLAT BAKTERI *Bacillus subtilis* TERHADAP  
LOGAM MANGAN (Mn) DARI LIMBAH PERTAMBANGAN EMAS  
POBOYA PALU**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

**Oleh**

**INDO ESSE**

**H031171018**



**MAKASSAR**

**2022**

**SKRIPSI**

**UJI BIODEGRADASI ISOLAT BAKTERI *Bacillus subtilis* TERHADAP  
LOGAM MANGAN (Mn) DARI LIMBAH PERTAMBANGAN EMAS  
POBOYA PALU**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**INDO ESSE**

**H031 17 1018**

**Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:**

**Pembimbing Utama**



**Dr. Syahrudin Kasim, S.Si. M.Si**  
**NIP. 19690705 199703 1 001**

**Pembimbing Pertama**



**Dr. Seniwati Dali, M.Si**  
**NIP. 19581231 198803 1 031**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

UJI BIODEGRADASI ISOLAT BAKTERI *Bacillus subtilis* TERHADAP  
LOGAM MANGAN (Mn) DARI LIMBAH PERTAMBANGAN EMAS  
POBOYA PALU

Disusun dan diajukan oleh

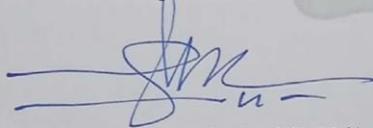
INDO ESSE

H031 17 1018

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi  
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Pada September 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

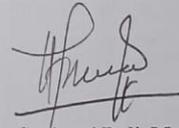
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Syahrudin Kasim. S.Si, M.Si  
NIP.19690705 199703 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. Seniwati Dali, M. Si  
NIP.19581231 18803 2 003



Ketua Program Studi

Dr. Sa. Fanziah, M. Si  
NIP. 19720202 199903 200

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Indo Esse

NIM : H031171018

Program Studi : Kimia

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Uji Biodegradasi Isolat Bakteri *Bacillus subtilis* Terhadap Logam Mangan (Mn) Dari Limbah Pertambangan Emas Poboaya Palu” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 1 November 2022

Yang Menyatakan,

  
Indo Esse

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala anugerah dan nikmat yang tiada tara, juga kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Uji Biodegradasi Isolat Bakteri *Bacillus subtilis* Terhadap Logam Mangan (Mn) Dari Limbah Pertambangan Emas Poboja Palu**” dengan baik sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis hendak menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada orang tua penulis, Ayahanda **Tamrin**, Ibunda **Nurmiah** dan Nenek tercinta **Indo Resse** yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, dan bantuan yang begitu luar biasa baik secara moril, materil, maupun spiritual. Terimakasih kepada kakak saya **Risman** dan Istrinya **Fitriani**, **Riswana** dan Suaminya **Rusdin**, **Riskal** dan Istrinya **Suarni** serta **seluruh Keluarga** besar penulis yang selalu mendukung, memberikan semangat dan yang tiada henti memberikan doa terbaik. Terima kasih saya ucapkan kepada:

1. Ayahanda **Dr. Syahrudin Kasim, M.Si**, selaku dosen pembimbing utama, dan Ibunda **Dr. Seniwati Dali, M.Si**, selaku dosen pembimbing pertama yang telah membimbing saya dengan begitu luar biasa, meluangkan banyak waktu dan memberikan dorongan, masukan dan saran-saran selama penyusunan skripsi ini hingga saya bisa menyelesaikannya dengan baik.
2. Ibunda **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si**, selaku koordinator seminar Proposal dan Hasil selama proses penyusunan skripsi ini.

3. Ayahanda **Dr. Syarifuddin Liong, M.Si** dan Ibunda **Syadza Firdausiah, S.Si., M.Sc**, sebagai tim dosen penguji yang telah memberikan banyak ilmu dan masukan selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh **Staf Departemen Kimia dan Fakultas MIPA** yang senantiasa membantu penulis dalam hal administrasi.
5. Seluruh analis laboratorium Departemen Kimia FMIPA Unhas **Bu Tini, Kak Fibi, Kak Akbar, Bu Anti, Kak Hana, Bu Linda, Pak Iqbal** yang selalu sabar mengarahkan dan membantu penulis.
6. Sahabat tercinta **Rosdiana** yang senantiasa memberikan semangat dan doa dalam penyusunan skripsi ini.
7. **Mohammad Nursalim** yang selalu ada, menemani, memberi semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Teman panel **Fitriyana M.Amin** yang senantiasa menemani, memberikan semangat dan membantu dalam penyusunan skripsi hingga selesai.
9. **Charmelia Asma Sukmastuty, Andi Nur Annisa, Safira Muliani**, sahabat-sahabatku yang telah menemani selama masa-masa kuliah, menjadi teman belajar, teman jalan, dan teman makan. Terima kasih telah memberikan banyak cerita dan kenangan selama masa-masa kuliah.
10. **Winisty dan Moekhaiva**, sahabat-sahabat “**My Girls**” yang telah menemani selama masa-masa kuliah. Terima kasih telah memberikan banyak cerita dan kenangan selama masa-masa kuliah.
11. Teman-teman seperjuangan Biokimia **Wiwinda, Mohammad Fadli Ahmad, dan Farda Nur Ilmi** yang selalu memberikan semangat dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini.
12. Teman-teman “**FRIEND’S SQUAD**” yang selalu memberikan doa dan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.

13. **Mohammad Arfadillah Rustam, Syamsuriadi, Aidul, dan Wahyuddin Rauf**, serta teman-teman dari **BIOCHEMISTRY TEAM**, yang selalu ada dan memberikan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
14. **Hendrianus Layuk Ada, La Ode Ebet, Andrian Nardus Yoel, Yosua Tanzil, Nur Alim dan Abdur Rahman Noval** yang selalu memberikan semangat dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini.
15. Teman-teman **ALIFATIK** dan **KIMIA 2017** yang selalu ada dari awal perkuliahan hingga saat ini.

Semua pihak yang tidak sempat tertulis namanya yang telah memberikan dukungan maupun bantuan kepada penulis. Semoga segala bentuk bantuan, yaitu doa, saran, motivasi dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis dapat bernilai ibadah dan diganjarkan pahala di sisi Allah *Subhanahu wa Ta'ala*. Aamiin.

**Makassar, 24 Mei 2022**

**Indo Esse**  
**NIM. H031171018**

## ABSTRAK

*Bacillus subtilis* merupakan bakteri yang sangat berperan dalam degradasi senyawa pencemar. Mempunyai kemampuan mengimobilisasi dan mengikat logam berat pada limbah industri. Penelitian ini bertujuan menentukan kadar logam mangan dalam limbah dan potensi isolat bakteri *Bacillus subtilis* dalam mendegradasi logam Mn serta penurunan kadar logam Mn hasil biodegradasi. Penelitian ini dilakukan dengan menginokulasikan bakteri ke dalam medium cair *Luria Broth* (LB) yang telah diperkaya dengan  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  dengan konsentrasi masing-masing 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm kemudian diinkubasi selama  $\pm 48$  jam dan diukur nilai OD (Optical Density) pada panjang gelombang 660 nm untuk mengetahui tingkat kepadatan bakteri pada spektrofotometer. Hasil penelitian didapatkan kadar awal logam mangan sebesar 50,1800 mg/kg dan pengukuran *Optical Density* didapatkan pertumbuhan bakteri optimum pada masa inkubasi 24 jam dengan hasil penurunan kadar mangan untuk setiap konsentrasi yaitu 5 ppm sebesar 58%, 10 ppm sebesar 42% dan 15 ppm sebesar 40%. Hasil penurunan yang didapatkan menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* memiliki kemampuan dalam menurunkan kadar logam mangan (Mn).

**Kata Kunci:** Biodegradasi, Mangan, *Bacillus subtilis*, Spektrofotometer, *Optical Density* (OD).

## ABSTRACT

*Bacillus subtilis* is a bacterium that plays a very important role in the degradation of pollutant compounds. Has the ability to immobilize and bind heavy metals in industrial waste. This study aims to determine the levels of manganese in the waste and the potential of *Bacillus subtilis* isolates in degrading Mn metal as well as reducing the levels of Mn metal from biodegradation. This research was carried out by inoculating bacteria into Luria Broth (LB) liquid medium which had been enriched with  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$  with concentrations of 0 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm and 20 ppm respectively, then incubated for  $\pm$  48 hours and measured the value. OD (Optical Density) at a wavelength of 660 nm to determine the level of bacterial density on a spectrophotometer. The results showed that the initial level of manganese was 50,1800 mg/kg and Optical Density measurements obtained optimum bacterial growth during the 24 hour incubation period with the results of decreasing manganese levels for each concentration of 5 ppm by 58%, 10 ppm by 42% and 15 ppm. by 40%. The results of the decrease showed that *Bacillus subtilis* bacteria had the ability to reduce levels of manganese (Mn).

**Keywords:** *Biodegradation, Manganese, Bacillus subtilis, Spectrophotometer, Optical Density (OD).*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Logam Berat.....	6
2.2 Bakteri Pengikat Logam Berat.....	7
2.2.1 <i>Bacillus sp</i> .....	8
2.2.2 <i>Bacillus subtilis</i> .....	9
2.3 Biodegradasi.....	10
2.4 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	14
2.4.1 Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom.....	15
2.4.2 Metode Analisis Spektrofotometer Serapan Atom.....	17

BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Bahan Penelitian.....	18
3.2 Alat Penelitian .....	18
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	18
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1 Pembuatan Larutan Baku Mangan .....	19
3.4.1.1 Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm .....	19
3.4.1.2 Pembuatan Larutan Baku <i>Intermediate</i> .....	19
3.4.1.3 Pembuatan Deret Larutan Baku Kerja .....	19
3.4.2 Analisis Kadar Awal Logam Mangan.....	19
3.4.3 Pembuatan Media.....	20
3.4.3.1 Pembuatan Media <i>Luriah Broth</i> .....	20
3.4.3.2 Peremajaan Bakteri .....	20
3.4.4 Uji Biodegradasi Bakteri Terhadap Logam Mangan .....	20
3.4.5 Analisis Kadar Akhir Logam Mn Hasil Biodegradasi .....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	22
4.1 Analisis Kadar Awal Logam Mn .....	22
4.2 Uji Biodegradasi Isolat Bakteri Terhadap Logam Mn.....	23
4.3 Analisis Kadar Akhir Logam Mn Hasil Biodegradasi .....	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
5.1 Kesimpulan .....	28
5.2 Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA .....	29
LAMPIRAN .....	34

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Pengukuran Kadar Akhir Logam Mangan (Mn) .....	25

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>halaman</b>
1. Proses Biodegradasi Senyawa Logam Oleh Bakteri .....	11
2. Kurva Standar Logam Mangan (Mn).....	22
3. Diagram Pengukuran Aktivitas Bakteri dengan Logam Mn dalam Volume 5 mL, 10 mL dan 25 mL.....	24

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>halaman</b>
1. Skema Kerja Penelitian .....	34
2. Bagan Kerja.....	35
3. Perhitungan Pembuatan Larutan .....	39
4. Perhitungan Kadar Awal Logam Mangan.....	41
5. Perhitungan Pembuatan Variasi Konsentrasi Mn .....	42
6. Hasil Pengukuran Optical Density (OD).....	43
7. Perhitungan Kadar Akhir Logam Mangan.....	44
8. Dokumentasi .....	47

## DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol/Singkatan</b>	<b>Arti</b>
g/cm <sup>3</sup>	gram per senti meter kubik
g/mol	gram per mol
mg	mili gram
mg/L	mili gram per liter
nm	nanometer
OD	<i>Optical Density</i>
Psi	<i>Pounds per Square Inch</i>
SSA	Spektrofotometri Serapan Atom
μm	mikro meter

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia memiliki kandungan sumber daya mineral yang cukup melimpah sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara produsen bahan tambang terbesar di dunia (Satriawan, 2015). Menurut UU Nomor 04 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan paska tambang. Pertambangan terdiri dari dua macam yaitu pertambangan mineral dan pertambangan batu bara. Pertambangan mineral adalah pertambangan kumpulan mineral yang berupa biji atau batuan, di luar panas bumi, minyak dan gas bumi, serta air tanah. Adapun pertambangan batubara merupakan pertambangan endapan karbon yang terdapat di dalam bumi, termasuk gambut, dan batuan aspal (Tangahu dkk., 2011).

Salah satu daerah pertambangan yang ada di Indonesia berada di Kelurahan Poboya yang terletak di Kecamatan Palu Timur Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah. Kelurahan ini terletak sekitar  $\pm 7$  km dari pusat Kecamatan. Kawasan ini merupakan daerah penyangga air untuk Kota Palu dan sekitarnya. Wilayah Poboya Palu sesungguhnya telah menjadi kawasan konsesi milik perusahaan Tambang PT. Citra Palu Mineral (anak perusahaan Bakrie Group) namun belum juga dikelola dan kini menjadi area pertambangan rakyat. Kawasan Poboya Palu bersentuhan dengan empat wilayah yakni Kota Palu, Kabupaten

Donggala, Kabupaten Parigi Moutong dan Kabupaten Sigi. Penambangan dilakukan menggunakan Mesin Tromol. Mesin ini menjadikan proses penambangan berlangsung dengan cepat dan tidak terkendali. Aktivitas penambangan yang tidak terkontrol menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan seperti kerusakan area hutan dan sungai akibat penggalian serta penggunaan bahan kimia berbahaya seperti merkuri dan sianida (Ruslan dan Khairuddin, 2010).

Tambang atau industri selain menghasilkan produk yang bermanfaat, juga menghasilkan produk samping berupa limbah yang berbahaya dan beracun. Limbah beracun yang dihasilkan industri antara lain dapat berupa logam berat. Salah satu permasalahan lingkungan yang menjadi perhatian masyarakat global adalah cemaran logam berat dari limbah pertambangan yang mengkontaminasi alam dan manusia. Logam berat merupakan kontaminan yang terpenting di dalam lingkungan (Tangahu dkk., 2011) dan menjadi permasalahan serius bagi lingkungan sekarang (Fu dan Wang, 2011). Keberadaan logam berat dalam jangka waktu yang lama dapat menjadi ancaman signifikan bagi kesehatan diakibatkan akumulasi pada lingkungan dan sepanjang rantai makanan (Mkumbo, 2012). Salah satu permasalahan lingkungan yang menjadi perhatian masyarakat global pada umumnya adalah cemaran logam berat yang mengkontaminasi alam dan manusia (Verma dan Gupta, 2013).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun, sedangkan logam berat

non esensial adalah logam berat yang keberadaannya di dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya dan bahkan bersifat racun (Fibriarti dkk., 2018).

Salah satu jenis logam berat yang dapat mencemari lingkungan adalah logam berat mangan. Logam Mn merupakan salah satu logam berat esensial yang dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup, akan tetapi dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik bagi organisme hidup termasuk hewan, tanaman dan menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia (Agustina, 2014). Tubuh manusia hanya mengandung 10-20 mg mangan dan berada di dalam tulang dan kelenjar. Mangan berperan sebagai kofaktor berbagai enzim yang membantu bermacam metabolisme dalam tubuh. Keracunan akibat logam mangan terjadi karena lingkungan terkontaminasi oleh mangan dan bisa menyebabkan muntah, demam, kelelahan, anemia dan gangguan reproduksi (Widhyari, 2012).

Kontaminasi logam berat tersebut perlu ditangani dengan baik untuk mereduksi toksisitasnya (Krishnani dan Ayyappan, 2006). Degradasi dan reduksi logam berat dapat dilakukan dengan cara fisik dan kimia melalui pertukaran ion, presipitasi, koagulasi, osmosis dan adsorpsi. Semua metode tersebut cukup efisien tetapi akan sangat merugikan jika digunakan untuk mengelola limbah industri, karena relatif mahal, membutuhkan energi dan bahan kimia yang cukup besar (Zulaika, 2012).

Aktivitas biologis dipercaya mampu menjadi metode alternatif untuk mengurangi cemaran logam berat (Dhokpande dan Kaware, 2013). Pendekatan secara bioteknologi secara teknis maupun ekonomis sangat menguntungkan dan merupakan cara yang ramah lingkungan (Suhendrayatna, 2011). Bioteknologi

menggunakan bakteri disebut biodegradasi, merupakan proses penghilangan logam dengan memanfaatkan aktivitas metabolisme mikroorganisme (Lutfi dkk., 2018). Metode ini merupakan suatu metode dengan melibatkan peran mikroorganisme dalam pereduksian cemaran yang terdapat di alam sehingga kondisi lingkungan dapat dimanfaatkan kembali secara optimal, aman, sehat, dan berkelanjutan (Akhtar dkk., 2013).

Kemampuan biodegradasi dan adaptasi bakteri terhadap logam berat didasarkan pada spesies dan kadar konsentrasi logam berat yang terpapar (Mastang, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Panuntun (2014), menyebutkan bahwa bakteri yang memiliki kemampuan biodegradasi terhadap logam berat yaitu dari genus *Lactobacillus*, *Enterococcus* dan *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Phenyllobacterium*, *Enhydribacter*, *Morrococcus* dan *Bacillus*.

*Bacillus subtilis* merupakan bakteri Gram positif, berbentuk batang dan dapat tumbuh pada kondisi aerob maupun anaerob. Sporangia tahan terhadap panas dan mampu melakukan degradasi, mempunyai daya proteolitik yang tinggi dibandingkan mikroba lainnya. Bakteri tersebut dapat mengakumulasi logam berat dalam sel dengan membentuk ikatan antara logam berat dengan dengan suatu protein dalam sel yang disebut metalotionein (Yani dan Kurniasari, 2008). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Issazadeh dkk (2011) menjelaskan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* mampu mengikat logam berat Pb, Cd, dan Cu. Hasil penelitian tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan Junopia (2015) dengan penurunan kadar logam timbal (Pb) dari 1 ppm menjadi 0,45 ppm. Berdasarkan uraian di atas, maka telah dilakukan penelitian ini untuk mengetahui potensi isolat bakteri *Bacillus subtilis* pada proses degradasi logam mangan dalam limbah pertambangan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapa kandungan logam Mn dalam limbah pertambangan Poboya Palu?
2. bagaimana potensi isolat bakteri *Bacillus subtilis* mendegradasi logam Mn dalam limbah pertambangan Poboya Palu?
3. berapa kadar akhir logam Mn hasil biodegradasi?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui dan melihat potensi pertumbuhan isolat bakteri *Bacillus subtilis* dalam proses pendegradasi limbah logam Mn.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menganalisis kandungan logam mangan dalam limbah pertambangan Poboya Palu.
2. menentukan potensi isolat bakteri *Bacillus subtilis* pada proses degradasi logam Mn dalam limbah pertambangan Poboya Palu.
3. menentukan kandungan akhir logam Mn hasil biodegradasi

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi bagi civitas akademika tentang potensi bakteri *Bacillus subtilis* sebagai agen biodegradasi yang dapat digunakan dalam proses degradasi limbah logam khususnya logam Mn.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Logam Berat**

Logam berat merupakan senyawa yang memiliki toksisitas yang tinggi dapat menyebabkan permasalahan kesehatan bagi manusia dan menjadi ancaman serius bagi keberlangsungan ekosistem (Lubis, 2019). Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari  $5 \text{ gr/cm}^3$ , terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari perioda 4 sampai 7. Sebagian logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) merupakan zat pencemar yang berbahaya (Sari dkk., 2016).

Logam berat mempunyai beberapa sifat yaitu beracun, karsinogen, dapat tertimbun atau terakumulasi dalam tubuh organisme dan sulit terurai. Apabila logam berat sudah masuk ke wilayah perairan, maka logam tersebut akan tertimbun dalam sedimen dan terikat senyawa anorganik maupun organik (Junopia, 2015). Pada konsentrasi berlebih, logam berat memiliki efek toksik bagi organisme hidup, termasuk hewan pertanian dan kemudian menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia (Ahmad, 2018). Beberapa jenis logam berat seperti Cd, Cu, Pb, Ni, Zn, dan lain sebagainya terdeteksi berada di tanah dan lingkungan perairan (Dixit dkk., 2015). Penelitian lain menunjukkan bahwa As, Cu, Pb, Sn, dan Zn berada di tanah dan ditransfer ke tanaman melalui akar, daun, dan bunga (Ashraf dkk., 2011) serta pada beberapa kasus, manusia terpapar logam berat melalui ikan yang tercemar logam berat seperti Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, dan Pb di dalam organ ikan yang dikonsumsinya (Ahmad dan Al-Mahaqeri, 2015).

Unsur-unsur logam berat potensial yang menimbulkan pencemaran pada lingkungan adalah Fe, As, Cd, Pb, Hg, Mn, Ni, Cr, Co, Zn dan Cu, karena unsur ini lebih intensif penggunaannya demikian pula dengan tingkat toksisitasnya yang tinggi. *United States Environment Protection Agency* (US EPA) menganalisa logam berat yang merupakan pencemar utama berbahaya yaitu Sb, Ag, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Sr, As, Ag dan Zn. Namun terdapat pula logam berat seperti Zn, Cu, Fe, Mn dan Mo yang merupakan unsur hara mikro yang esensial bagi tanaman, tetapi bila jumlahnya terlalu besar akan mengganggu tumbuhnya tanaman (Saeni, 2002).

Logam berat masuk kedalam tubuh manusia melalui mulut, yaitu makanan yang terkontaminasi oleh alat masak, wadah (makanan/minuman), melalui pernapasan seperti asap dari pabrik, proses industri dan buangan limbah (Darmono, 1995). Logam berat mangan berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida. Kadar mangan pada perairan alami sekitar 0,2 liter, kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang dalam (Misno dkk., 2016). Tubuh manusia hanya mengandung 10-20 mg mangan dan berada di dalam tulang dan kelenjar. Mangan berperan sebagai kofaktor berbagai enzim yang membantu bermacam metabolisme dalam tubuh. Keracunan akibat logam mangan terjadi karena lingkungan terkontaminasi oleh mangan. Contohnya, pekerja tambang yang mengisap mangan yang ada pada debu tambang untuk jangka waktu lama menunjukkan gejala kelainan otak disertai penampilan dan tingkah laku normal yang menyerupai penyakit parkinson (Murthy, 2009).

## **2.2 Bakteri Pengikat Logam Berat**

Bakteri-bakteri yang dapat menyerap logam berat banyak telah diteliti dan ditemukan di alam setelah seiring banyaknya terjadi pencemaran logam berat di

lingkungan (Clausen, 2000). Secara umum ada beberapa cara mikroba untuk mengurangi bahaya pencemaran logam berat yaitu; detoksifikasi (biopresipitasi), biohidrometalurgi, *bioleaching*, dan bioakumulasi. Pada saat logam berat di suspensikan (*mixing*) dengan suatu isolat mikroba, maka akan terbentuk suatu ligand kompleks yang bervariasi (Hussein dkk., 2001).

Ada dua fase pengikatan logam berat oleh bakteri, yaitu fase pengikatan dan transport aktif. Fase pengikatan terjadi di dinding sel dan fase transport aktif terjadi di bagian internal sel. Beberapa bakteri telah diuji dan telah diketahui bahwa memiliki potensi untuk melakukan bioremediasi terhadap logam berat dengan cara melakukan degradasi logam. Bakteri yang dapat mengikat logam berat diantaranya yaitu *Thiobacillus ferrooxidans*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Oogloea* sp. *Citrobacter* sp, *Corynebacterium*, *Enhydrobacter*, *Flavobacterium* (Wulandari, 2005). Penelitian yang dilakukan oleh Panuntun (2014), menyebutkan bahwa bakteri yang memiliki kemampuan biodegradasi terhadap logam berat yaitu dari genus *Lactobacillus*, *Enterococcus* dan *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Phenylobacterium*, *Enhydribacter*, *Morrococcus*.

### **2.2.1 *Bacillus* sp**

Bakteri *Bacillus* sp dapat diklasifikasikan ke dalam genus *Bacillus* spesies *Bacillus* sp. Bakteri *Bacillus* sp dapat di golongan ke dalam bakteri sel berbentuk batang mempunyai ukuran 0,3-2,2  $\mu\text{m}$  x 1,27-7,0  $\mu\text{m}$ , dapat bergerak (motil), membentuk endospora, tidak lebih dari satu dalam satu sel sporangium, gram positif, aerobik dan anaerobik fakultatif, dan umumnya dijumpai di tanah. (Yulianis, 2013).

### 2.2.2 Bakteri *Bacillus subtilis*

*Bacillus subtilis* merupakan bakteri gram positif, berbentuk batang, dapat tumbuh pada kondisi aerob dan anaerob. Sporangya tahan terhadap panas (suhu tinggi). Mampu melakukan degradasi. *Bacillus subtilis* mempunyai sifat; mampu tumbuh pada suhu lebih dari 50 °C dan suhu kurang dari 5 °C, mampu bertahan terhadap pasteurisasi, mampu tumbuh pada konsentrasi garam tinggi (>10%), mampu menghasilkan spora dan mempunyai daya proteolitik yang tinggi dibandingkan mikroba lainnya (Wongsa dan Werukhamkul, 2007). Penelitian dari beberapa sumber telah berhasil mengisolasi dan memurnikan bakteri *Bacillus* sp (Duc, 2004). Bakteri dari genus *Bacillus* adalah bakteri yang bersifat aerobik atau anaerobik fakultatif, berbentuk batang dan mempunyai endospora refraktil. Dibandingkan dengan sel vegetatifnya, endospora lebih tahan terhadap panas, keadaan kering, desinfektan dan bahan destruktif lainnya (Soeka dkk., 2011). Salah satu genus *Bacillus* sp. yang mampu hidup pada habitat yang tercemar logam berat adalah *Bacillus subtilis* (Inggraini, 2014). Menurut Issazadeh dkk. (2011) *Bacillus subtilis* mampu mengikat logam berat Pb, Cd, Zn, Cu, dan beberapa logam berat lainnya.

Berikut adalah klasifikasi *Bacillus subtilis* menurut Madigan (2005);

Kingdom : Bacteria  
Filum : Firmicutes  
Kelas : Bacilli  
Ordo : Bacillales  
Famili : Bacillaceae  
Genus : *Bacillus*  
Spesies : *Bacillus subtilis*

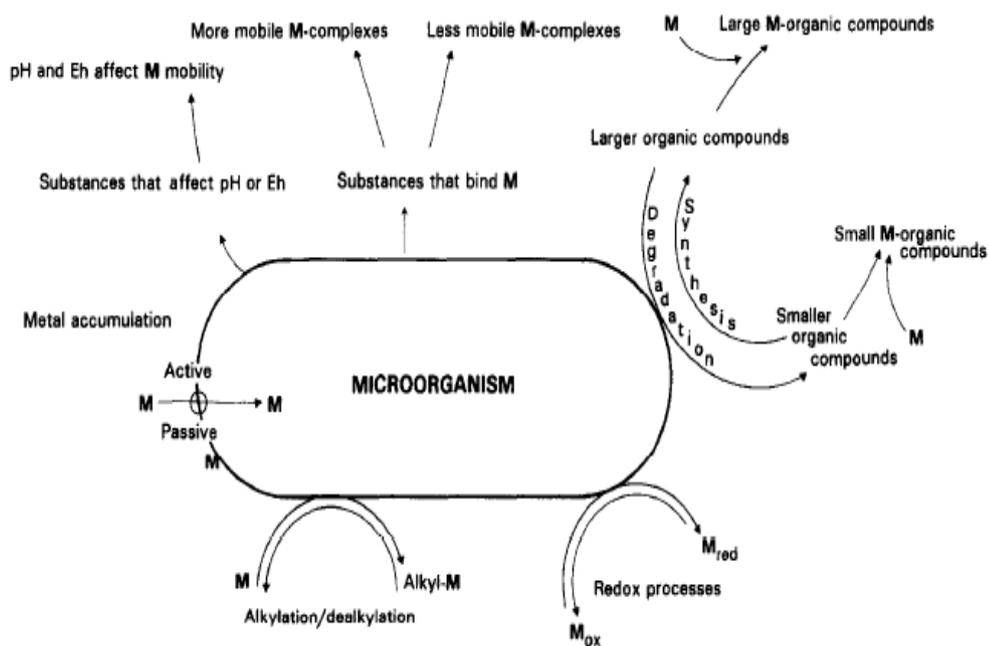
### 2.3 Biodegradasi

Biodegradasi adalah proses dimana bahan organik yang dirombak oleh enzim yang dihasilkan oleh organisme hidup. Biodegradasi adalah istilah yang sering digunakan dalam kaitannya dengan ekologi, pengelolaan sampah dan lingkungan (*bioremediation*). Bahan organik dapat didegradasi secara aerob, maupun anaerob. Biodegradasi umumnya terjadi pada bahan-bahan organik menggunakan mikroorganisme. Beberapa bahan yang dapat didegradasi oleh bakteri adalah komponen hidrokarbon (misalnya minyak), *polychlorinated biphenyls* (PCBs), *polyaromatic hidrokarbon* (PAHs), bahan farmasi dan logam.

Biodegradasi merupakan salah satu cabang dari bioteknologi lingkungan dimana memanfaatkan aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan senyawa besar/kompleks menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih ramah lingkungan. Mikroorganisme yang dapat digunakan dalam biodegradasi adalah mikroorganisme yang memiliki kemampuan memanfaatkan senyawa organik alami sebagai sumber energi serta mampu menghasilkan enzim yang mampu mendegradasi. Proses penguraian yang terjadi umumnya akan menghasilkan karbondioksida, metan, air, dan hasil sampingan yang lebih sederhana dibandingkan dengan senyawa awal yang didegradasi (Eris, 2006).

Proses biodegradasi dapat berjalan optimal dengan beberapa faktor yang mempengaruhinya. Faktor-faktor tersebut antara lain kadar air, suhu, pH tanah dan kadar oksigen. Kadar air sangat penting dalam proses biodegradasi, hal ini dikarenakan untuk mendegradasi mikroorganisme yang digunakan harus berada pada tingkat kelembaban tertentu. Kelembaban optimum untuk melakukan biodegradasi adalah 30-90% kapasitas penyangga air. Kelembaban yang terlalu

rendah menyebabkan kekeringan dan apabila terlalu tinggi akan mengurangi penyediaan oksigen. Dalam proses biodegradasi suhu lingkungan juga mempengaruhi proses dari biodegradasi, hal ini dikarenakan suhu lingkungan mempengaruhi kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi dimana suhu tersebut dapat mempengaruhi reaksi-reaksi biokimia yang terjadi. Hal lain yang mempengaruhi proses biodegradasi yaitu pH tanah. pH tanah mempengaruhi laju biodegradasi baik secara langsung maupun tidak langsung, bakteri umumnya tumbuh dengan baik pada pH 6,0-8,0. Secara tidak langsung akan mempengaruhi naik atau turunnya ketersediaan nutrisi khususnya fosfor. Kadar oksigen juga menjadi salah satu faktor yang berpengaruh pada biodegradasi dikarenakan dalam biodegradasi oksigen dibutuhkan sebagai akseptor elektron hal ini dikarenakan reaksi dasar dari proses biodegradasi adalah reaksi oksidasi. Kekurangan oksigen dapat menyebabkan laju biodegradasi menurun tajam. Mikroorganisme dapat mempengaruhi penyebaran logam dengan cara yang berbeda (Rizki, 2016).



**Gambar 1.** Proses degradasi senyawa logam berat oleh bakteri (Ledin & Pedersen, 1996)

Kemampuan bakteri dalam menurunkan konsentrasi logam berat di lingkungan karena kemampuan bakteri dalam mengakumulasi logam berat tersebut. Bakteri memiliki permukaan sel yang bermuatan negatif karena terbentuk dari berbagai struktur anion sedangkan logam berat adalah ion bermuatan positif sehingga dapat terjadi ikatan antara permukaan sel bakteri dan ion logam berat (Niu dkk., 1993). Bakteri dapat mengakumulasi logam berat di dalam sel dengan membentuk ikatan antara logam berat dengan suatu protein dalam sel yang disebut metalotionein (Adi dan Nana, 2010).

Berbagai penelitian mengenai mekanisme mikroorganisme dalam mendegradasi logam berat telah banyak dikembangkan antara lain serapan atom, penyerapan dan akumulasi endapan ekstraseluler, mineralisasi dan oksidasi atau reduksi enzimatis menjadi bentuk tidak beracun dan penghilangan logam berat dari sel. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Issazadeh dkk. (2011) menjelaskan bahwa bakteri *Bacillus subtilis* mampu mengikat logam berat Pb, Cd, dan Cu. Hasil penelitian tersebut didukung oleh penelitian yang dilakukan Junopria (2015) dengan penurunan kadar logam timbal (Pb) dari 1 ppm menjadi 0,45 ppm. Adapun penelitian yang dilakukan Perdana (2012) menjelaskan presentase penurunan konsentrasi pada tiap logam yang di uji didapatkan logam Pb mengalami penurunan sebesar 31,7%, logam Hg sebesar 37,82% dan logam Zn sebesar 58,17%. Hasil penurunan konsentrasi logam berat lebih besar didapatkan pada penelitian yang dilakukan Anggraini dan Triajie (2021) dalam proses degradasi menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam menurunkan kadar logam timbal dengan penurunan yang didapatkan sebesar 87,5%. Penurunan kadar

logam dikarenakan adanya bakteri yang mampu mengadsorpsi logam berat pada dinding selnya (Adi dan Nana, 2010). Menurut Yina dkk. (2019) mikroorganisme dapat mengikat ion logam berat melalui gugus fungsi yang dimiliki dan dapat mengubah logam berat dari bentuk kompleks menjadi lebih sederhana sehingga toksisitas logam berat dapat berkurang secara efisien.

Kemampuan biosorpsi bakteri dipengaruhi oleh jenis bakteri. Bakteri Gram negatif umumnya lebih toleran karena struktur dinding selnya yang kompleks dimana dapat mengikat sebagian besar ion logam. Logam-logam tersebut terikat pada gugus karboksil pada rantai peptida dan gugus posfat dari lipopolisakarida. Dinding sel pada bakteri Gram positif secara alami membawa muatan negatif karena gugus fosfat yang mengikat dan mengatur pergerakan kation melintasi membran, dengan adanya muatan negatif tersebut, maka sel bakteri dapat menyerap logam kationik bermuatan positif (misalnya Mn). Bakteri yang resisten terhadap logam disebabkan kemampuan untuk mendetoksifikasi pengaruh logam berat dengan adanya protein atau materi granuler seperti polifosfat di dalam sel yang mampu mengikat Mn. Reaksi metabolisme mikrobiologis untuk menguraikan senyawa organik merupakan suatu reaksi oksidasi-reduksi yang dilakukan oleh mikroba. Mekanisme biosorpsi logam berat secara alami mempunyai dua mekanisme yang terjadi secara stimulan dan bolak balik, dimana terjadi pertukaran ion logam yang berada disekitar permukaan sel dengan ion monovalen maupun divalen (misal = Na), dan yang terakhir adalah pembentukan senyawa kompleks antara ion logam dengan gugus fungsional yang terdapat dalam sel, misalnya gugus karbonil (CO) dan gugus hidroksikarbonil (-HCO) (Adi dan Nana, 2010).

## 2.4 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektroskopi yaitu Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada atom logam dalam keadaan bebas (Ansori, 2005).

Prinsip dasar Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom (Khopkar, 1990). Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unturnya. Prinsip dasar spektrofotometri serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah tehnik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorpsi dari uap atom. Komponen kunci pada metode spektrofotometri serapan atom adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel. Cara kerja spektrofotometri serapan atom ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (Hollow Cathode Lamp) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono, 1995).

Bila atom dari suatu unsur Bila atom dari suatu unsur pada keadaan dasar (*ground state*) dikenai radiasi akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi lebih tinggi disebut keadaan tereksitasi (*excited state*). Perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi sama dengan besarnya energi yang diserap (Hayati dan Dewi, 2009). Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari (Day dan Underwood, 2002):

1. Hukum Lambert: Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

#### **2.4.1 Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)**

Alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) terdiri dari rangkaian dalam diagram skematik berikut (Syahputra, 2014):

1. Sumber Sinar

Sumber radiasi Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah *Hollow Cathode Lamp*. Setiap pengukuran dengan SSA harus menggunakan *Hollow Cathode Lamp* khusus, misalnya untuk menentukan konsentrasi merkuri dari suatu cuplikan, maka harus digunakan *Hollow Cathode Lamp*

merkuri. *Hollow Cathode Lamp* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.

Suatu sumber cahaya dalam Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dipilih karena garis pancaran unsur katoda lebih sempit daripada garis absorpsi atom padanannya dalam nyala dan tanur. Lampu katoda yang digunakan mempunyai katoda pemancar yang terbuat dari unsur yang sama. Katoda itu berbentuk silinder dan elektroda ditaruh dalam selubung kaca borosilikat ataupun kuarsa yang berisi gas lamban (neon dan argon) pada tekanan kira-kira 5 torr (Khopkar, 1990).

## 2. Nyala

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrument sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisisnya yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorpsi, dan juga fluoresensi.

## 3. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memencilkan garis resonansi dari semua garis yang tak diserap yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Dalam kebanyakan instrumen komersial digunakan kisi difraksi karena sebarang yang dilakukan oleh kisi lebih seragam daripada yang dilakukan prisma dan akibatnya instrumen kisi dapat memelihara daya pisah yang

lebih tinggi sepanjang jangka panjang gelombang yang lebih lebar (Basset, 1994).

#### 4. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan satu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

#### 5. Amplifier

Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima dari detektor sebelum ke perekam (*recorder*).

#### 6. Perekam (*recorder*)

Perekam (*recorder*) berfungsi untuk mengubah sinyal yang diterima menjadi bentuk digital, yaitu dengan satuan absorbansi. Isyarat dari detektor dalam bentuk tenaga listrik akan diubah oleh *recorder* dalam bentuk nilai bacaan serapan atom.

### **2.4.2 Metode Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

Metode yang biasa digunakan dalam analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) adalah metode kurva standar. Metode Spektroskopi Serapan Atom menghasilkan radiasi dari dalam lampu katoda berongga. Pada penerapan ini terdapat atom sebagai hasil proses atomisasi. Dalam metode kurva standar ini, dibuat seri larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan SSA. Selanjutnya dibuat grafik antara konsentrasi (C) dengan Absorbansi (A) yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol dengan  $slope = \epsilon \cdot B$  atau  $slope = a \cdot b$ , konsentrasi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva standar atau dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier pada kurva standar (Rohman, 2007).