

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) YANG
RESISTEN TERHADAP LOGAM KADMIUM (Cd) SECARA
*IN-VITRO***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di
Jurusan Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya**

OLEH :

DEWI PERMATA SARI

08041181924003



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

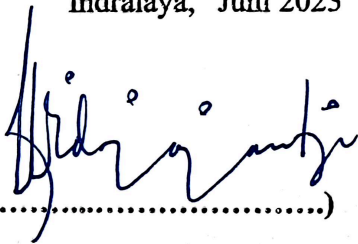
Judul Skripsi : Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Eceng Gondok
(*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) Yang Resisten
Terhadap Logam Kadmium (Cd) Secara *In-Vitro*
Nama Mahasiswa : Dewi Permata Sari
NIM : 08041181924003
Fakultas/Jurusan : Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 20 Juni 2023.

Indralaya, Juni 2023

Pembimbing :

1. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.
NIP. 19611212987102001


(.....)

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

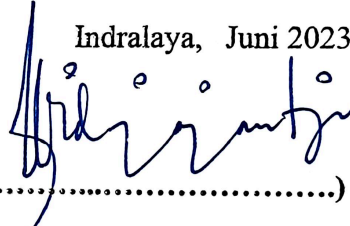
Judul Skripsi : Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Eceng Gondok
(*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) Yang Resisten
Terhadap Logam Kadmium (Cd) Secara *In-Vitro*

Nama Mahasiswa: : Dewi Permata Sari
NIM : 08041181924003
Fakultas/Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang Ujian Skripsi Jurusan Biologi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya pada
tanggal 20 Juni 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan
saran dan masukan Panitia Sidang Ujian Skripsi.


Ketua :


1. **Dr. Hary Widjajanti, M.Si.**
NIP. 19611212987102001

Indralaya, Juni 2023

(.....)

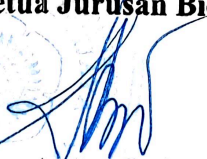
Anggota :

1. **Dra. Muharni, M.Si.**
NIP. 196306031992032001
2. **Dr. Salni, M.Si.**
NIP. 196608231993031002


(.....)


(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi


Prof. Dr. Arum Setiawan, M.Si.
NIP. 197211221998031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Judul Skripsi : Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Eceng Gondok
(*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) Yang Resisten
Terhadap Logam Kadmium (Cd) Secara *In-Vitro*

Nama Mahasiswa : Dewi Permata Sari

NIM : 08041181924003

Fakultas/Jurusan : Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Indralaya, Juni 2023



Dewi Permata Sari
08041181924003

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Dewi Permata Sari
NIM : 08041181924003
Fakultas/Jurusan : Biologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hak bebas royalti non eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) Yang Resisten Terhadap Logam Kadmium (Cd) Secara *In-Vitro*”.

Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Juni 2023



Dewi Permata Sari
08041181924003

HALAMAN PERSEMBAHAN

لَا تَحْزَنُ إِنَّ اللَّهَ مَعَنَا

“Jangan engkau bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita”

Karya ini kupersembahkan sebagai bentuk syukur ku kepada Sang Maha Pencipta Ilmu Pengetahuan, Allah SWT., untuk kedua orang tua hebatku, adikku tercinta, dan kudedikasikan untuk almamater sebagai bentuk pengabdianku.

MOTTO:

Being thankful and giving thanks is the one keys to be happy.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) Yang Resisten Terhadap Logam Kadmium (Cd) Secara *In-Vitro*”** sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing tugas akhir, Ibu Dr. Hary Widjajanti, M.Si. atas bimbingan, arahan, saran, nasehat, dan kesabarannya selama pelaksanaan penelitian serta penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, M.S.C.E. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Hemansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Dr. Arum Setiawan, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan, dan semangat kepada penulis dari awal perkuliahan hingga semester akhir.
5. Bapak Dr. Salni, M.Si., dan Ibu Dra. Muharni, M.Si., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.

6. Bapak/Ibu Dosen beserta seluruh staff pengajar Jurusan Biologi, yang telah memberikan ilmu yang berharga bagi penulis.
7. Rosmania, S.T. selaku analis Laboratorium Mikrobiologi dan Agus Wahyudi, S.Si. selaku analis Laboratorium Genetika dan Bioteknologi Jurusan Biologi yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium.
8. Orang tua ku tercinta, Bapak Rohidin Rosim dan Ibu Rossa Indah, serta adik yang selalu aku banggakan, Denny Nofriansyah. Terima kasih karena selalu memberikan do'a, kasih sayang, perhatian, dan dukungannya kepada penulis selama proses perkuliahan hingga saat ini. Aku sayang kalian.
9. Seluruh keluarga besar yang selalu memberikan perhatian, dukungan, dan mendo'akan yang terbaik untuk penulis.
10. Perempuan cantik yang penuh semangat, Dewi Permata Sari. Terima kasih karena kamu telah sabar, kuat, dan mampu bertahan hingga sejauh ini. Terima kasih karena kamu selalu ingin berjuang. Kamu hebat, aku bangga padamu. Ayo lebih kuat lagi karena masih banyak mimpi yang belum dicapai. *Hope you always happy and healthy.*
11. Rekan penelitian bakteri endofit eceng gondok, Fadhilah Eka Maharani. Terima kasih karena telah kebersamai, membantu, dan selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Sahabatku *Blekring* (Anggun, Rahma, dan Shinta), sahabatku *Ugheea* (Aldila, Dhila, Fifi, Hanin, Jojo, Nana, Sabel, dan Uni Anggi), dan tim *Anak Didik Eonni* (Eonni Achan, Eonni Machan, Dongsaeng Shinchon, Dwi

Joseph, Echa, Jeje, dan Haris) yang telah memberikan dukungan, keceriaan, dan suka cita dari awal perkuliahan hingga saat ini.

13. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Mikrobiologi yang telah memberikan dukungan selama penulis melakukan penelitian. Terima kasih atas cerita serunya selama penelitian di laboratorium.
14. Teman-teman ku tersayang, Jurusan Biologi Angkatan 2019 dan keluarga besar Jurusan Biologi.
15. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat menjadi referensi bagi seluruh civitas akademik dan masyarakat umum, serta dapat dilakukannya penelitian lebih lanjut sehingga didapatkan data yang lebih lengkap. Penulis menyadari jika masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, diperlukan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan skripsi ini dimasa yang akan datang.

Indralaya, Juni 2023

Dewi Permata Sari
08041181924003

**IN-VITRO ISOLATION AND CHARACTERIZATION ENDOPHYTIC
BACTERIA OF WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.)
RESISTANT TO HEAVY METAL CADMIUM (Cd)**

**DEWI PERMATA SARI
08041181924003**

SUMMARY

Waste is a pollutant that can damage the ecosystem. One of the contents of the waste is the heavy metal cadmium (Cd). The existence of cadmium waste can be dangerous so it is necessary to control environmental pollution. An alternative solution in efforts to control cadmium waste pollution is to carry out bioremediation using endophytic bacteria isolated from the roots of the water hyacinth plant (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.). Resistance mechanisms possessed by endophytic bacteria are in the form of biosorption and bioaccumulation which will help the process of restoring polluted environments by reducing heavy metal toxicity. The purpose of this study was to determine endophytic bacteria that are potentially resistant to cadmium so that they can be used as bioremediation agents for environments polluted by cadmium waste.

This research was conducted from December 2022 to March 2023 at the Microbiology Laboratory, Genetics and Biotechnology Laboratory, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University. The stages of this research consisted of isolating endophytic bacteria from water hyacinth roots, purifying endophytic bacteria, macroscopic observations, microscopic observations with gram and endospore staining, resistance testing using the pour plate method and calculating the number of bacterial colonies using the TPC method in media containing cadmium with a concentration of 30, 40, 50, and 60 ppm, as well as characterization and identification of endophytic bacterial isolates that are resistant to cadmium.

The results of this study were 4 isolates of water hyacinth root endophytic bacteria that were resistant to cadmium. Isolate EG. 2 had the best resistance to cadmium with a colony count of 7.8×10^9 CFU/mL at a concentration of 60 ppm. Isolate EG. 7 had good resistance to cadmium with a colony count of 4.6×10^9 CFU/mL at a concentration of 60 ppm. Isolate EG. 9 and EG. 4 had poor resistance to cadmium with the number of colonies respectively 9.0×10^6 CFU/mL and 3.4×10^6 CFU/mL. Isolate EG. 2 was suspected from the genus *Corynebacterium*, isolate EG. 4 was suspected from the genus *Staphylococcus*, while isolate EG. 7 and EG. 9 were suspected from the genus *Neisseria*.

Keywords: water hyacinth roots, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms., endophytic bacteria, cadmium, *Total Plate Count* (TPC).

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT ECENG
GONDOK (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) YANG RESISTEN
TERHADAP LOGAM KADMIUM (Cd) SECARA *IN-VITRO***

**DEWI PERMATA SARI
08041181924003**

RINGKASAN

Limbah merupakan bahan pencemar yang dapat merusak ekosistem. Salah satu kandungan limbah adalah logam berat kadmium (Cd). Keberadaan limbah kadmium dapat menjadi berbahaya sehingga diperlukan pengendalian pencemaran lingkungan. Solusi alternatif dalam upaya pengendalian pencemaran limbah kadmium adalah dengan melakukan bioremediasi menggunakan bakteri endofit yang diisolasi dari akar tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.). Mekanisme resistensi yang dimiliki bakteri endofit berupa biosorpsi dan bioakumulasi yang akan membantu proses pemulihan lingkungan tercemar dengan cara menurunkan toksisitas logam berat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bakteri endofit yang berpotensi resisten terhadap kadmium sehingga dapat dijadikan agen bioremediasi lingkungan yang tercemar limbah kadmium.

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2022 sampai dengan Maret 2023 di Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Genetika dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Tahapan penelitian ini terdiri dari isolasi bakteri endofit akar eceng gondok, pemurnian bakteri endofit, pengamatan makroskopis, pengamatan mikroskopis dengan pewarnaan gram dan endospora, uji resistensi dengan metode *pour plate* dan melakukan perhitungan jumlah koloni bakteri menggunakan metode TPC dalam media mengandung kadmium dengan konsentrasi 30, 40, 50, dan 60 ppm, serta karakterisasi dan identifikasi isolat bakteri endofit yang resisten terhadap kadmium.

Hasil dari penelitian ini adalah diperoleh 4 isolat bakteri endofit akar eceng gondok yang resisten terhadap kadmium. Isolat EG. 2 memiliki resistensi terhadap kadmium yang paling baik dengan jumlah koloni sebanyak $7,8 \times 10^9$ CFU/mL pada konsentrasi 60 ppm. Isolat EG. 7 memiliki resistensi terhadap kadmium yang cukup baik dengan jumlah koloni sebanyak $4,6 \times 10^9$ CFU/mL pada konsentrasi 60 ppm. Isolat EG. 9 dan EG. 4 memiliki resistensi terhadap kadmium yang kurang baik dengan jumlah koloni berturut-turut yaitu $9,0 \times 10^6$ CFU/mL dan $3,4 \times 10^6$ CFU/mL. Isolat EG. 2 diduga termasuk genus *Corynebacterium*, isolat EG. 4 diduga termasuk genus *Staphylococcus*, sedangkan isolat EG. 7 dan EG. 9 diduga termasuk genus *Neisseria*.

Kata kunci: akar eceng gondok, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms., bakteri endofit, kadmium, *Total Plate Count* (TPC).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Logam Berat.....	5
2.1.1. Kadmium (Cd)	6
2.1.2. Toksisitas Kadmium	6
2.2. Bioremediasi.....	8
2.3. Prinsip Bioremediasi	8
2.4. Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms.)	10
2.4.1. Klasifikasi Eceng Gondok	11
2.4.2. Morfologi Eceng Gondok	12
2.5. Bakteri Endofit	13
2.5.1. Manfaat Bakteri Endofit.....	14
2.5.2. Bakteri Endofit Resisten Logam Berat	15

BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Cara Kerja	18
3.3.1. Pembuatan Media Uji	18
3.3.2. Sterilisasi Alat dan Bahan.....	18
3.3.3. Pengambilan Sampel	19
3.3.4. Isolasi Bakteri Endofit Akar Eceng Gondok	19
3.3.5. Pemurnian Bakteri Endofit	20
3.3.6. Uji Resistensi Bakteri Endofit Terhadap Logam Berat Kadmium (Cd).....	20
3.3.7. Karakterisasi Isolat Bakteri Endofit Yang Resisten Kadmium (Cd).....	23
3.3.7.1. Pengamatan Morfologi Koloni Secara Makroskopis...23	
3.3.7.2. Pengamatan Kebutuhan Bakteri Terhadap Oksigen....23	
3.3.7.3. Pengamatan Morfologi Sel Secara Mikroskopis	24
3.3.7.3.1. Pewarnaan Gram.....	24
3.3.7.3.2. Pengamatan Endospora.....	24
3.3.8. Uji Biokimia Isolat Bakteri Endofit yang Resisten Terhadap Kadmium (Cd)	25
3.3.8.1. Uji Motilitas.....	25
3.3.8.2. Uji Katalase	26
3.3.8.3. Uji Indol.....	26
3.3.8.4. Uji <i>Methyl Red</i>	26
3.3.8.5. Uji <i>Voges Proskauer</i>	26
3.3.8.6. Uji Sitrat	27
3.3.8.7. Uji Fermentasi Karbohidrat	27
3.3.8.8. Uji Pengaruh Suhu.....	27
3.3.8.9. Uji Pengaruh pH	28
3.3.9. Identifikasi Bakteri	28
3.3.10. Penyajian Data.....	28
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	 29
4.1. Isolasi dan Pemurnian Bakteri Endofit Akar Eceng Gondok.....	29
4.2. Uji Resistensi Bakteri Endofit Akar Eceng Gondok Terhadap Kadmium (Cd).....	31
4.3. Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Endofit Resisten Logam Kadmium (Cd) Secara Mikroskopis.....	37
4.4. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Resisten Logam Kadmium (Cd).....	39
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	 43
5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran	43

DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tumbuhan Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms.) di Sungai Musi, Musi 2, Palembang	13
Gambar 2.2. Morfologi Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solms.).....	13
Gambar 4.1. Hasil Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Endofit Akar Eceng Gondok Menggunakan Mikroskop Stereo Perbesaran 4x	29
Gambar 4.2. Hasil Pewarnaan Endospora dan Pewarnaan Gram Isolat Bakteri Endofit dengan Perbesaran 1000x	37

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Pengamatan Karakter Makroskopis Isolat Bakteri Endofit	29
Tabel 4.2. Jumlah Rata-rata Koloni Bakteri Endofit pada Berbagai Konsentrasi Kadmium.....	31
Tabel 4.3. Persentase Penurunan Jumlah Rata-rata Koloni Bakteri	32
Tabel 4.4. Karakter Morfologi dan Fisiologi Isolat Bakteri Endofit.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Media Uji.....	54
Lampiran 2. Hasil Pemurnian Isolat Bakteri Endofit Eceng Gondok yang Diinkubasi Selama 24 Jam	57
Lampiran 3. Hasil Inkubasi Isolat Bakteri dalam Media <i>Nutrient Broth</i> dengan Penambahan Logam Kadmium dalam Berbagai Konsentrasi Selama 24 Jam.....	58
Lampiran 4. Hasil <i>Plating</i> Isolat Bakteri Endofit dalam Media <i>Nutrient Agar</i> yang Resisten Terhadap Kadmium dengan Berbagai Konsentrasi	60
Lampiran 5. Data Perhitungan Jumlah Koloni Hasil <i>Plating</i> Isolat Bakteri Endofit Resisten Terhadap Kadmium dengan Berbagai Konsentrasi	63
Lampiran 6. Data Hasil Rata-Rata Jumlah Koloni Bakteri Endofit Resisten Logam Kadmium dengan Berbagai Konsentrasi	64
Lampiran 7. Hasil Pengamatan Morfologi Sel Isolat Bakteri Endofit Resisten Logam Kadmium.....	65
Lampiran 8. Hasil Pengamatan Uji Biokimia Bakteri Endofit Resisten Logam Kadmium	67

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah merupakan bahan pencemar yang dapat merusak ekosistem. Salah satu kandungan limbah adalah logam berat. Logam berat biasanya terkontaminasi pada perairan yang berhubungan secara intensif dengan kegiatan industri dan aktivitas manusia (Indrawan dan Putra, 2021). Kadmium merupakan salah satu logam berat yang tidak memiliki fungsi fisiologis dan sering dianggap sebagai zat toksik. Kadmium yang tercemar di lingkungan dapat terjadi karena aktivitas manusia dan kegiatan industri (Genchi *et al.*, 2020).

Keberadaan limbah kadmium dapat menjadi berbahaya sehingga diperlukan pengendalian. Pengendalian limbah secara biologis adalah dengan melakukan bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses biologis untuk memulihkan lingkungan yang tercemar dengan cara menurunkan toksisitas di lingkungan menggunakan mikroorganisme (Wulandari dan Vincentia, 2021). Mikroorganisme yang dapat digunakan dalam proses bioremediasi contohnya bakteri endofit (Woźniak *et al.*, 2019).

Bakteri endofit hidup di bawah lapisan sel epidermis pada jaringan tumbuhan dan dapat menciptakan hubungan simbiosis dengan inangnya. Mayoritas endofit berasal dari populasi bakteri epifit pada sistem perakaran dan akan menyebar ke seluruh bagian tanaman (Dong *et al.*, 2019). Bakteri endofit menggunakan berbagai mekanisme untuk melawan toksisitas logam seperti biotransformasi, penggunaan enzim, produksi eksopolisakarida (EPS), dan sintesis protein metallothionein.

Struktur anionik pada dinding sel bakteri memungkinkan terjadinya pengikatan kation logam (Sharma dan Sunil, 2021).

Penelitian mengenai kemampuan bakteri endofit dalam bertahan hidup di lingkungan dengan cekaman kadmium dilakukan oleh Wang *et al.*, (2021), yang menyatakan bahwa 10 isolat bakteri endofit akar tembakau (*Nicotiana tabacum*) resisten pada tanah yang tercekaman kadmium dengan konsentrasi 20 ppm. Bakteri tersebut berasal dari genera *Steroidobacter*, *Streptomyces*, *Acidibacter*, *Massilia*, *Sphingopyxis*, *Ralstonia*, *Devosia*, *Lechevalieria*, *Sphingomonas*, dan *Cellvibrio*. Haider *et al.* (2022), juga menyatakan bakteri endofit pada padi (*Oryza sativa*) mampu meningkatkan pertumbuhan padi pada keadaan yang tercekam kadmium.

Uji resistensi bakteri endofit terhadap logam berat kadmium pada penelitian ini menggunakan konsentrasi yaitu 30, 40, 50, dan 60 ppm. Penentuan konsentrasi kadmium yang digunakan didasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Verdian dan Zulaika (2015) mengenai uji resistensi bakteri *Bacillus* terhadap kadmium. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus* resisten terhadap kadmium dari konsentrasi 10 hingga 30 ppm. Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian sebelumnya adalah konsentrasi kadmium yang digunakan lebih tinggi. Hal ini dilakukan untuk melihat kemampuan resistensi bakteri endofit terhadap kadmium.

Isolat bakteri yang digunakan pada penelitian ini didapatkan dengan isolasi bagian akar tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) yang berada disekitar kawasan padat penduduk dan industri di wilayah Sungai Musi, Musi 2, Gandus, Palembang. Pengambilan sampel eceng gondok dilakukan di

wilayah tersebut dikarenakan lokasinya berdekatan dengan industri karet. Menurut Ningsih *et al.* (2014), limbah cair pabrik pengolahan karet dapat menyebabkan terjadinya pengendapan logam berat kadmium.

1.2. Rumusan Masalah

Pencemaran logam berat kadmium (Cd) di lingkungan dapat menjadi berbahaya karena kadmium termasuk salah satu logam yang memiliki toksisitas tinggi. Pencemaran ini dapat diatasi dengan cara bioremediasi menggunakan bakteri endofit yang diisolasi dari akar tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.). Penggunaan bakteri endofit sebagai agen bioremediasi dinilai lebih efektif dan efisien, namun perlu dilakukan riset terlebih dahulu untuk menentukan jenis bakteri yang memiliki sifat resistensi terhadap kadmium lebih unggul. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Apakah terdapat bakteri endofit pada tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) yang resisten terhadap logam berat kadmium?
2. Bagaimana tingkat resistensi bakteri endofit eceng gondok terhadap logam kadmium?
3. Bagaimana identitas bakteri endofit eceng gondok yang berpotensi resisten terhadap logam kadmium?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan isolat bakteri endofit dari tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) yang resisten terhadap logam kadmium.
2. Mengetahui tingkat resistensi bakteri endofit eceng gondok terhadap logam kadmium.
3. Menentukan identitas bakteri endofit eceng gondok yang resisten terhadap logam kadmium.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai potensi, karakteristik, dan identitas bakteri endofit pada bagian akar tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solms.) yang resisten terhadap logam berat kadmium yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi lingkungan yang tercemar limbah kadmium.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahman, G. N. 2022. Heavy Metals, Definition, Sources of Food Contamination, Incidence, Impacts and Remediation: A Literature Review with Recent Updates. *Egyptian Journal of Chemistry*. 65(1): 419–437.
- Abdullah, Hakim, L., Fitriandi, E., dan Rahmawati. 2018. Deteksi Keberadaan Bakteri Resisten Logam Merkuri (Hg) Pada Penambangan Emas Tanpa Izin (Peti) Di Simpji, Sekadau, Kalimantan Barat. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*. 1(2): 56–61.
- Ahmad, R. Z. 2018. Mikoremediasi Menghilangkan Polusi Logam Berat pada Lahan Bekas Tambang untuk Lahan Peternakan. *Jurnal Wartazoa*. 28(1): 41-50.
- Alan, I., Mark, S., dan Khondaker, M. R. 2018. Role of Bacterial Efflux Pump in Biofilm Formation. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 73: 2003-2020.
- Antriana, N. 2014. Isolasi Bakteri Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes* spp.). *Jurnal Saintika*. 16(1): 18-28.
- Apriyanthi, D. P. V., Ayu, S. L. W., dan Ni, P. W. 2022. Identifikasi Bakteri Kontaminan Pada Gelang Tri Datu. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*. 7(2): 24-33.
- Arifuddin, W., Zahra, M., dan Banna, A. 2021. Uji Resistensi Bakteri Endofit Bambu terhadap Logam Merkuri dan Identifikasi Secara Molekuler dengan Analisis Gen 16S rRNA. *Agro Bali: Agricultural Journal*. 4(1): 42–50.
- Armaida, E. dan Siti, K. 2016. Karakterisasi *Actinomycetes* yang Berasosiasi dengan Porifera (*Axinella* spp.) dari Perairan Pulau Lemukutan Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*. 5(1): 68-73.
- Biswas, R., Urmi, H., Ashutosh, K., Amit, M., dan Rajib, B. 2021. Overview on The Role of Heavy Metals Tolerance on Developing Antibiotic Resistance in Both Gram-Negative and Gram-Positive Bacteria. *Archives of Microbiology*. 203: 2761-2770.
- Bravo, D. dan Braissant, O. 2021. Cadmium-Tolerant Bacteria: Current Trends and Applications in Agriculture. *Letters in Applied Microbiology*. 1-24.
- Buchanan, R. E. dan Gibbons, N. E. 1974. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8th Edition*. Baltimor: Weverly Press.

- Dewantara, E. F., Purwanto, Y. J., dan Setiawan, Y. 2021. Management Strategy of Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) Injatiluhur Reservoir, West Java. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*. 18(1): 63–74.
- Ditjen PPKL dan KLHK. 2019. *Statistik Kualitas Air, Udara, dan Tutupan Lahan*. Sekretariat Direktorat Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan.
- Dixit, R., Wasiullah, Malaviya, D., Pandiyan, K., Singh, U. B., Sahu, A., Shukla, R., Singh, B. P., Rai, J. P., Sharma, P. K., Lade, H., dan Paul, D. 2015. Bioremediation of Heavy Metals from Soil and Aquatic Environment: An Overview of Principles and Criteria of Fundamental Processes. *Sustainability*. 7(2): 2189–2212.
- Dong, C. J., Wang, L. L., Li, Q., Shang, Q. M. 2019. Bacterial Communities in The Plant Protection. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 57: 621-629.
- El-Deeb, B., Gherbawy, Y., dan Hassan, S. 2012. Molecular Characterization of Endophytic Bacteria from Metal Hyperaccumulator Aquatic Plant (*Eichhornia crassipes*) and Its Role in Heavy Metal Removal. *Geomicrobiology Journal*. 29(10): 906-915.
- Emenike, C.U., Jayanthi, B., Agamuthu, P., dan Fauziah, S.H. 2018. Biotransformation and Removal of Heavy Metals: A Review of Phytoremediation and Microbial Remediation Assessment on Contaminated Soil. *Environ Review*. 00: 1-13.
- Fallo, G. dan Sine, Y. 2016. Isolasi dan Uji Biokimia Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes* spp.). *Bio-Edu: Jurnal Pendidikan Biologi*. 1(22): 27-29.
- Fallo, G., Sine, Y., dan Tael, O. 2021. Isolasi dan karakterisasi Bakteri Asam Laktat pada air rendaman kacang tunggak (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) berpotensi sebagai penghasil antibiotik. *Jurnal Pendidikan Undhiksa*. 8(3): 161–169.
- Farisna, S. T., dan Zulaika, E. 2015. Resistensi Bacillus Endogenik Kalimas Surabaya terhadap Logam Besi (Fe). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 4(2): 84–87.
- Genchi, G., Sinicropi, M.S., Lauria, G., Carocci, A., dan Catalano, A. 2020. The Effects of Cadmium Toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(11).
- Ginting, L., Wijanarka, dan Kusdiyantini, E. 2020. Isolasi Bakteri Endofit Tanaman Pepaya (*Carica Papaya* L.) dan Uji Aktivitas Enzim Amilase. *Berkala Bioteknologi*. 3(2): 1–7.

- Gouda, S., Das, G., Sen, S. K., Shin, H. S., dan Patra, J. K. 2016. Endophytes: A Treasure House of Bioactive Compounds of Medicinal Importance. *Frontiers in Microbiology*. 7.
- Hadi, S. N., Dewi, P. S., dan Kartini. 2019. Identification of The Ultisol Land Indigenus Bacteria from Banyumas Regency Based on The Characteristics of Morphology, Physiology and Biochemistry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 250(1).
- Haider, I., Ullah, I., Khan, S.U., Munir, I., Mateen, A., Al-Kenani, N., Al-Johny, B.O., Anwar, Y., Al-Solami, H.M., Alahmadi, T.M., Alsulami, N., Zari, A., Alghamdi, K.M.S., Alharbi, A.O.M., Siddiqui, M.F., dan Naeem, I. 2022. *Journal of King Saud University*. 34: 101992.
- Hamidah, M. N., Laras, R., dan Romadhon. 2019. Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat dari Peda dengan Jenis Ikan Berbeda terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan*. 1(2): 11-21.
- Hamzah, A., dan Priyadarshini, R. 2019. *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat* (R. M. Putri, Ed.). Malang: Unitri Press.
- Harlyan, L. I., dan Sari, S. H. J. 2015. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn Pada Air dan Sedimen Permukaan Ekosistem Mangrove di Muara Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*. 20(1).
- Hasyim, N. A. 2016. *Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo. Thesis*. Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Hernández-Hernández, L., Coutiño-Megchun, J. T., Rincón-Molina, C. I., Ruíz-Valdiviezo, V. M., Culebro-Ricaldi, J. M., Cruz-Rodríguez, R. I., Palomeque-Dominguez, H. H., dan Rincón-Rosales, R. 2018. Endophytic Bacteria from Root Nodules of *Ormosia acrocalyx* with Potential as Plant Growth Promoters and Antifungal Activity. *Journal of Environmental Biology*. 39(6): 997–1005.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneat, H. A., Staley, J. T., dan William, S. T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Edition*. Baltimor: William and Wilkinss.
- Indirawati, S. M. 2017. Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan Pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal Jumantik*. 2(2): 54–60.
- Indrawan, G. S., dan Putra, I. N. G. 2021. Heavy Metal Concentration (Pb, Cu, Cd, Zn) In Water and Sediments in Serangan Waters, Bali. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*. 8(1): 115.

- Inga, M. A., Perez, A. R. G., Diaz, E. H., Checan, B. C., Jalk, A. C., Gomez, K. J. L., Espinoza, S. T. L., Cruz, S. M. O., dan Velasquez, L. M. C. 2022. Bioremediation Potential of Native *Bacillus* sp. Starins as a Sustainable Strategy for Cadmium Accumulation of *Theobroma cacao* in Amazonas Region. *Journal Microorganism*. 10(2108): 1-19.
- Jannah, R., Safika, Jalaluddin, M., Darmawi, Farida, dan Aliza, D. 2017. Jumlah Koloni Bakteri Selulolitik Pada Sekum Ayam Kampung (*Gallus domesticus*). *Jurnal JIMVET*. 1(3): 558-565.
- Jebril, N., Boden, R., dan Braungardt, C. 2022. Cadmium Resistant Bacteria Mediated Cadmium Removal: A Systematic Review on Resistance, Mechanism and Bioremediation Approaches. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Series*.
- Karimela, E. J., Frans, G. I., dan Henny, A. D. 2017. Karakteristik *Staphylococcus aureus* Yang Diisolasi dari Ikan Asap Pinekuhe Hasil Olahan Tradisional Kabupaten Sangihe. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 188-198.
- Kensa, V. M. 2011. Bioremediation - An Overview. *Journal of Industrial Pollution Control*. 27(2): 161–168.
- Laskar, R. dan Harlis, H. 2013. Identifikasi Bakteri pada Anak Ikan Patin (*Pangasius pangasius* Ham. Bunch) yang Sakit di Balai Benih Ikan Simpang Karmio Kabupaten Batanghari. *Sainmatika: Jurnal Sains dan Matematika Universitas Jambi*. 6(1): 221180.
- Liang, S., Yue, Z., dan Bingjian, C. 2021. Insight Into the Effect of Cadmium Stress on Endophytic Bacterial Community in The Hyperaccumulating Plant Ryegrass. *Environmental Pollutants and Bioavailability Journal*. 33(1): 460-468.
- Lumantouw, S. F., Febby, E. F. K., Sendy, B. R., dan Mariana, F. O. S. 2013. Isolasi dan Identifikasi Bakteri yang Toleran terhadap Fungisida Mankozeb pada Lahan Pertanian Tomat di Desa Tempok, Kecamatan Tompasso, Sulawesi Utara. *Jurnal Bios Logos*. 3(2): 73-77.
- Magharaniq, U., Purwanto, S., Pasaribu, F. H., dan Bintang. 2014. Isolasi Bakteri Endofit dari Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle* L.) dan Potensinya sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Current Biochemistry*. 1(1): 2355–7877.
- Marwah, R. A., Supriharyono, dan Haeruddin. 2015. Analisis Konsentrasi Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Pada Air dan Ikan dari Perairan Sungai Wakak Kendal. *Diponegoro Journal of Maquares*. 4(3): 37–41.

- Massinai, A., Akbar, T., Jamaluddin, J., Alexander, R. 2017. Bakteri Asosiasi di Karang Ratu (*Sklerectinian*) yang Terinfeksi Penyakit Tumor (*Growth Anomalies*) yang Berasal dari Pulau Salemo Kabupaten Pangkep. *Jurnal Spermonde*. 3(1): 7-12.
- Miranti, I., Rahmad, L., dan Very, A.F. 2021. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Resisten Timbal dari Sedimen Laut Terdampak Penambangan Timah Inkonvensional di Pantai Sampur, Bangka Tengah. *JBIO Jurnal Biosains*. 7(2): 66-74.
- Mohamad, F. 2017. Karakterisasi Molekuler Mikroba Endofit Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Penghasil Senyawa Antimikroba. *Tesis*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Munif, A., Wibowo, A. R., dan Herliyana. 2015. Bakteri Endofit dari Tanaman Kehutanan Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Tomat dan Agen Pengendali *Meloidogyne* sp. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 11(6): 170-179.
- Nanda, M., Kumar, V., dan Sharma, D. K. 2019. Multimetal Tolerance Mechanisms in Bacteria: The Resistance Strategies Acquired by Bacteria that Can be Exploited to Clean-up Heavy Metal Contaminants from Water. *Aqua Toxicol*. 212:1-10.
- Nata, I. F., Niawati, H., dan Choir Muizliana, dan. 2013. Pemanfaatan Serat Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia srassipes*) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas: Isolasi dan Karakterisasi. *Jurnal Konversi*. 2(2): 9–16.
- Natsir, N. A., Hanike, Y., Rijal, M., dan Bachtiar, S. 2019. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Air, Sedimen dan Organ Mangrove di Perairan Tulehu. *Jurnal Biology Science and Education*. 8(2): 149–159.
- Ngwewa, F., George, K., Ernatus, M. M., Abdul, A. S. K. 2022. Effect of Heavy Metals on Bacterial Growth, Biochemical Properties and Antimicrobial Susceptibility. *Journal of Applied and Environment Microbiology*. 10(1): 9-16.
- Ningsih, I. S. R., Wahyu, L., dan Yelmida, A. 2014. Fitoremediasi Zn dari Limbah Cair Pabrik Pengolahan Karet dengan Pemanfaatan *Pistia stratiotes* L. *Jom FMIPA*. 1(2): 1–9.
- Nurmalasari, A., Lestari, S., dan Oedjjono. 2020. Isolasi dan Uji Resistensi Bakteri Endofit Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Mart.) terhadap Krom secara In-Vitro. *Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 2(2): 266-272.

- Nurhidayati, S., Faturrahman, Mursal, G. 2015. Deteksi Bakteri Patogen yang Berasosiasi dengan *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Bergejala Penyakit Ice-Ice. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*. 1(2): 24-30.
- Onyango, J. P., dan Ondeng, M. A. 2015. The Contribution of the Multiple Usage of Water Hyacinth on the Economic Development of Reparian Communities in Dunga and Kichinjio of Kisumu Central Sub County, Kenya. *American Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 1(3): 128-132.
- Panjaitan, F. J., Bachtiar, T., Arsyad, I., Lele, O. K., dan Indriyani, W. 2020. Karakterisasi Mikroskopis dan Uji Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Lingkungan*. 1(1): 9-17.
- Parsons, C., Sangmi, L., dan Sophia, K. 2019. Dissemination and Conservation of Cadmium and Arsenic Resistance Determinants in *Listeria* and Other Gram-Positive Bacteria. *Molecular Microbiology*. 113: 560-569.
- Patricia, dan Irawati, W. 2017. Profil Protein Isolat Bakteri Merkuri dari Pertambangan Emas Rakyat di Desa Pongkor, Bogor-Jawa Barat, Indonesia. *Biota*. 2(1): 21-28.
- Pourret, O., dan Hursthouse, A. 2019. When Reporting Environmental Research. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(22): 4446.
- Pratiwi, D. Y. 2020. Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*. 1(1): 59-65.
- Pratiwi, D. R., Sri, W., Erwin, N., dan Yurna, Y. 2021. Penggunaan Alkohol dan Sodium Hipoklorit Sebagai Sterilan Tunggal Untuk Sterilisasi Eksplan Kelapa Sawit. *Jurnal Pengetahuan Kelapa Sawit*. 29(1): 1-10.
- Pulungan, A. S. S., dan Tumangger, D. E. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Enzim Katalase dari Daun Buasbuas (*Premna Pubescens* Blume). *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan)*. 5(1): 71.
- Purwaningsih, D. dan Destik, W. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Bakteri Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta* L.) terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 3(5): 750-759.
- Putri, D. M. 2017. Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibiotik Bakteri Endofit dari Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.)) di Danau Maninjau, Sumatera Barat. *Skripsi*. Universitas Andalas Padang.

- Prasetya, Y.A. 2017. Identifikasi Gen CTX-M pada *Escherichia coli* Penghasil *Extended Spectrum Beta Lactamase* (ESBLs) di RSUD Dr. Soetomo Surabaya. *Jurnal Teknologi Laboratorium*. 6(2): 56-60.
- Prasidya, D. A., dan Zulaika, E. 2015. Viabilitas *Azotobacter* A1a, A3, dan A9 pada Medium yang Terpapar Logam Cadmium (Cd). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 4(2). 91–95.
- Rahayu, D.R. dan Sarwoko, M. 2022. Kajian Bioaugmentasi Untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Perairan Menggunakan Bakteri (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Sungai Krueng Sabee, Aceh Jaya). *Jurnal Teknik ITS*. 11(1): 15-22.
- Rahman, Z. dan Ved, P. S. 2018. Assesment of Heavy Metal Contamination and Hg-resistant Bacteria in Surface Water from Different Regions of Delhi, India. *Saudi Journal of Biological Science*. 25: 1687-1695.
- Rahmatullah, W., Novianti, E., dan Sari, A. D. L. 2021. Identifikasi Bakteri Udara Menggunakan Teknik Pewarnaan Gram Air Bacteria Identification by Using Gram Staining DIII. *Jurnal Ilmu Kesehatan Satya Bhakti Medika*. 6(2): 83–91.
- Rahmawati, A. dan Evy, Y. 2015. Bioprospeksi Bakteri Termofilik Pasca Erupsi Merapi Untuk Bioremediasi Limbah Logam Berat. *Laporan Penelitian Unggulan*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rehan, M., Ahmed, A., Ahmed, M. S., Hasna, B., Petar, P., dan Philippe, N. 2022. The CadCA and CadB/DX Operons are Possibly Induced in Cadmium Resistance Mechanism by *Frankia alni* ACN14a. *Electronic Journal of Biotechnology*. 60: 86-96.
- Reynolds, J., Moyes, R., dan Breakwell, D. P. 2009. Differential Staining of Bacteria: Endospore Stain. *Current Protocols in Microbiology*. 15(1).
- Saleh, H. M. 2016. Biological Remediation of Hazardous Pollutants Using Water Hyacinth-A review Radioactive Waste Management: Sustainable Materials and Innovative Techniques View Project Biological Remediation of Hazardous Pollutants Using Water Hyacinth-A Review. *Journal of Biotechnology Research*. 2(11): 80–91.
- Simarmata, R., Widowati, T., Dewi, T. K., Lekatompessy, S. J. R., dan Antonius, S. 2020. Isolation, Screening, and Identification of Plant Growth-Promoting Endophytic Bacteria from *Theobroma cacao*. *Biosaintifika: Journal of Biology dan Biology Education*. 12(2): 155–162.

- Soesetyaningsih, E. 2020. Akurasi Perhitungan Bakteri pada Daging Sapi Menggunakan Metode Hitung Cawan. *Berkala Saintek*. 8(3): 75–79.
- Suhani, I., Sahab, S., Srivastava, V., dan Singh, R. P. 2021. Impact of Cadmium Pollution on Food Safety and Human Health. *Current Opinion in Toxicology*. 27: 1–7.
- Sulaiman, F. R., dan Hamzah, H. A. 2018. Heavy Metals Accumulation in Suburban Roadside Plants of a Tropical Area (Jengka, Malaysia). *Ecological Processes*. 7(1).
- Tegene, B. G., dan Tenkegna, T. A. 2020. Mode of Action, Mechanism and Role of Microbes in Bioremediation Service for Environmental Pollution Management. *Journal of Biotechnology dan Bioinformatics Research*. 2(3): 1–18.
- The Royal Botanic Gardens, Kew. 2021. The World Checklist of Vascular Plants (WCVP). In O. Bánki, Y. Roskov, M. Döring, G. Ower, L. Vandepitte, D. Hobern, D. Remsen, P. Schalk, R. E. DeWalt, M. Keping, J. Miller, T. Orrell, R. Aalbu, R. Adlard, E. M. Adriaenssens, C. Aedo, E. Aesch, N. Akkari, S. Alexander, *et al.* *Catalogue of Life Checklist* (4.0).
- Tille, P. M. 2014. *Bailey dan Scott's Diagnostic Microbiology*. In *Basic Medical Microbiology (Thirteenth)*. Mosby.
- Tonjum, T. dan Jos, V. P. 2017. Infection Diseases (Fourth Edition): *Neisseria*. 2: 1553-1564. Elsevier.
- Tyagi, B., dan Kumar, N. 2020. Bioremediation: Principles and Applications in Environmental Management. *Bioremediation for Environmental Sustainability: Toxicity, Mechanisms of Contaminants Degradation, Detoxification and Challenges*. 3–28.
- UK Standards for Microbiology Investigations. 2015. Identification of *Neisseria* Species. 3: 1-29. Public Health England.
- Ulfa, A., Endang, S., dan Mimien H. I. 2016. Isolasi dan Uji Sensitivitas Merkuri pada Bakteri dari Limbah Penambangan Emas di Sekotong Barat Kabupaten Lombok Barat: Penelitian Pendahuluan. *Proceeding Biology Education Conference*. 13(1): 793-799.
- Verdian, T. 2015. *Resistance and Potency Bacillus as Bioremoval Cadmium (Cd)*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Noverber.

- Verdian, T., dan Zulaika, E. 2015. Resistensi dan Viabilitas *Bacillus* S1, SS19 dan DA11 pada Medium yang Terpapar Logam Kadmium (Cd). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 4(2). 88–90.
- Wang, G., Yang, D., Wang, W., Ji, J., Jin, C., dan Guan, C. 2021. Endophytic Bacteria Associated with The Enhanced Cadmium Resistance in *NHX1* – Overexpressing Tobacco Plants. *Environmental and Experimental Botany*. 188: 104524.
- Woźniak, M., Gałazka, A., Tyśkiewicz, R., dan Jaroszuk-ściseł, J. 2019. Endophytic Bacteria Potentially Promote Plant Growth by Synthesizing Different Metabolites and Their Phenotypic/Physiological Profiles in The Biolog Gen III Microplate™ Test. *International Journal of Molecular Sciences*. 20(21).
- Wulandari, A. D., dan Vincentia, I. M. 2021. Bioremediation of Pb and Cd Contaminated Soil Using Microorganism: A review. *Journal of Science and Science Education*. 5(1): 1–11.
- Wulandari, D. dan Desi, P. 2019. Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Amilolitik Pada Umbi *Colocasia esculenta* L. secara Morfologi, Biokimia, dan Molekuler. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 6(2): 247-258.
- Yandila, S., Hilda Putri, D., dan Fifendy, M. 2018. Kolonisasi Bakteri Endofit Pada Akar Tumbuhan Andaleh (*Morus macroura* Miq.). *Bio-Site*. 4(2): 61–67.
- Yu, X., Zundan, D., Yangyang, J., Jintong, Z., Xiaoqing, L., Jian, T., Ningfeng, W., dan Yunliu, F. 2020. An Operator Consisting of a P-type ATPase Gene and a Transcriptional Regulator Gene Responsible for Cadmium Resistances in *Bacillus vietnamensis* 151-6 and *Bacillus marisflavi* 151-25. *Biotechnology Research Institute: Chinese Academy of Agricultural Sciences*. 20(18): 1-13.
- Yuka, R. A., Setyawan, A., dan Supono, S. 2021. Identifikasi Bakteri Bioremediasi Pendegradasi Total Amonia (TAN). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 14(1): 20–29.
- Zuraidah, Dessri, W., dan Eka, A. 2020. Karakteristik Morfologi dan Uji Aktivitas Bakteri Termofilik dari Kawasan Wisata Ie Seuum (Air Panas). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 11(2): 40-47.