

**RESISTENSI BAKTERI ENDOFIT AKAR KIAMBANG
(*Salvinia molesta* Mitchell.) TERHADAP LOGAM BESI (Fe)**

SKRIPSI

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

Oleh :

RINDANG VIOLIN SABELLA

08041282025022



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

2024

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Resistensi Bakteri Endofit Akar Kiambang (*Salvinia molesta* Mitchell.) Terhadap Logam Besi (Fe)
Nama Mahasiswa : Rindang Violin Sabella
NIM : 08041282025022
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Biologi

Telah disidangkan pada tanggal 21 Mei 2024

Indralaya, Mei 2024

Pembimbing

Prof. Dr. Hary Widjajanti, M. Si.
NIP. 196112121987102001



(.....)

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

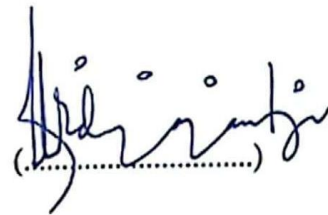
Judul Skripsi : Resistensi Bakteri Endofit Akar Kiambang (*Salvinia molesta* Mitchell.) Terhadap Logam Besi (Fe)
Nama Mahasiswa : Rindang Violin Sabella
NIM : 08041282025022
Fakultas/Jurusan : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam/Biologi

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Mei 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Mei 2024

Pembimbing :

1. Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.
NIP. 196112121987102001



(.....)

Pembahas:

2. Dra. Muharni, M.Si.
NIP. 196306031992032001




(.....)

3. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si.
NIP. 197504272000122001



(.....)

Mengetahui
Ketua Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



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

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Rindang Violin Sabella
NIM : 08041282025022
Fakultas/Jurusan : MIPA/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 (SI) dar Univeritas Sriwijaya maupun perguruan lain.

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

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Indralaya, 27 Mei 2024
Penulis,



Rindang Violin Sabella
NIM.08041282025022

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNIT KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Rindang Violin Sabella
NIM : 08041282025022
Fakultas/Jurusan : MIPA/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:

“Resistensi Bakterio Endofit Akar Kiambang (*Salvinia molesta* Mitchell.) Terhadap Logam Besi (Fe)”

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 penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya

Indralaya, 27 Mei 2024
Penulis,



Rindang Violin Sabella
NIM. 08041282025022

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahillobbilalamin

“Tidak ada impian yang mustahil terwujud, selama kamu masih mengandalkan Allah dalam sujudmu”

Kupersembahkan skripsi dan Gelar ini untuk:

- ♥ Allah SWT dan Nabiyullah Muhammad SAW
- ♥ Ibu dan Alm Ayah ku tersayang, yang selalu memberikan semangat, selalu memberikan do'a terbaik untukku dan selalu menyayangiku hingga saat ini
- ♥ Adik-ku, Muhammad Sadewa Pardiansyah yang selalu menghibur dan memberi semangat
- ♥ Pembimbing tugas akhir, ibu Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si. yang selalu memberikan dukungan, bimbingan, saran dan juga semangat.
- ♥ Seluruh Sahabat-ku Biologi 2020 dan seluruh keluarga besar biologi
- ♥ Almamater-ku Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Resistensi Bakteri Endofit Akar Kiambang (*Salvinia molesta* Mitchell.) Terhadap Logam Besi (Fe)”** 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 sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing tugas akhir, Ibu Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si. atas bimbingan, arahan, saran, nasihat, dan kesabarannya selama pelaksanaan penelitian serta penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, SE., M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Dr. Arum Setiawan, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dra. Nina Tanzerina, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran, arahan, dan bimbingan selama perkuliahan.
5. Ibu Dra. Muharni, M. Si., dan Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen serta Staff Karyawan Jurusan Biologi yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
7. Ibu Rosmania, ST selaku Analis Laboratorium Mikrobiologi dan Kak Agus Wahyudi, S.Si., selaku Analis Laboratorium Genetika dan Bioteknologi yang telah memberikan arahan kepada penulis selama melakukan penelitian.
8. Kedua orang tua yang paling kusayangi, Ibu Evi Chandra dan (Alm) Ayah Pardiman serta adik yang selalu kubanggakan Muhammad Sadewa Pardiansyah yang telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan kepada penulis selama proses menempuh perkuliahan.
9. Tiara Lestari selaku rekan satu topik penelitian yang selalu menemani dan membantu penulis selama penelitian.
10. Teman-teman seperjuangan di lantai 3 *Barudak Tantrum* (Pia, Nisa, Deva, Nabiti, Sabril, dan Kemas), Revina dan Salwa yang telah berbagi canda tawa, memberikan kekuatan, dukungan, dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
11. Sahabatku Kencana Aulia yang telah menjadi *support system* saat perkuliahan, bersedia untuk direpotkan menemani penulis ketika penelitian hingga pemberkasan, memberikan saran, masukan dan menjadi pendengar yang baik untuk penulis disaat masa-masa tersulit.
12. Teman seperjuangan saat masa kuliah *Tarek Sist* (Cesil, Fatma, Elda) dan Heliza Salsabillah yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan, nasihat, dan keceriaan dari awal perkuliahan hingga saat ini.

13. Sahabatku sedari Sekolah Menengah Pertama (Zaid, Latvia, Adelia Daffa, Mesi, Asri, Lala, Ragel, Tewe, dan Dwi) dan Sekolah Menengah Atas WACANA (Nella, Siti, Cipa, Cabel dan Adeliya) yang selalu menghibur dan memberikan semangat untuk penulis dikala fase terberat penulis.
14. Kak Ria Naulia, S.Si yang telah meluangkan waktunya untuk mendengarkan keluh kesah hingga memberikan saran dan semangat kepada penulis.
15. Teman-teman seperjuangan di Laboratorium Mikrobiologi yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penulis melakukan penelitian. Terimakasih atas cerita seru yang diukir selama penelitian di labor.
16. Seluruh teman-teman Biologi Angkatan 2020 serta pihak yang terlibat dalam prosesku yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
17. *Last but not least*, untuk diri saya sendiri. **Rindang Violin Sabella**. *I wanna thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for never quit.* Terimakasih sudah bertahan dan berjuang hingga ditahap ini. *Hope you always happy and healthy*, ayah pasti bangga dengan pencapaian kecilmu.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 27 Mei 2024



Rindang Violin Sabella
08041282025022

RESISTANCE ENDOPHYTIC BACTERIA OF KIAMBANG ROOTS (*Salvinia molesta* Mitchell.) TO IRON METAL (Fe)

Rindang Violin Sabella

08041282025022

SUMMARY

Coal mining is an influential component in supporting energy availability which is generally carried out in an open pit, resulting in the formation of acid mine drainage. One of the heavy metals contained in acid mine drainage is iron (Fe). Fe metal elements that exceed quality standards will threaten environmental cleanliness and can harm humans. One alternative method that can reduce Fe metal in acid mine drainage is by utilizing endophytic bacteria that live in the root tissue of kiambang plants. The resistance mechanism possessed by endophytic bacteria is by degrading complex pollutants into simple compounds.

The aim of this research is to determine the diversity of kiambang root endophytic bacteria, endophytic bacteria that have the potential to be resistant to iron metal at concentrations of 100, 150, 200 and 250 ppm and to determine the genus of endophytic bacteria that have high bacterial numbers at a concentration of 250 ppm. This research was carried out from November 2023 to March 2024 at the Microbiology Laboratory, Genetics and Biotechnology Laboratory, Biology Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University, Indralaya.

The research stages carried out were isolation, purification of kiambang root endophytic bacteria, resistance testing using the pour plate method, as well as characterization and identification of endophytic bacterial isolates that had high bacterial counts at a concentration of 250 ppm. The results of this research were that the five isolates of endophytic bacteria that were successfully isolated were able to grow in a medium containing iron metal up to a test concentration of 250 ppm. Bacterial isolates that had high bacterial counts that grew at a concentration of 250 ppm included KTAL 4 with $1,9 \times 10^8$ CFU/mL, KTAL 1 and KTAL 3 with the same value of $1,6 \times 10^8$ CFU/mL. The characterization results showed that KTAL 1 and KTAL 4 isolates were thought to be similar to the *Lactobacillus* genus, while KTAL 3 was thought to be similar to the *Citrobacter* genus.

Keywords : kiambang roots, *Salvinia molesta* Mitchell., endophytic bacteria, iron metal, *Total Plate Count* (TPC).

RESISTENSI BAKTERI ENDOFIT AKAR KIAMBANG (*Salvinia molesta* Mitchell.) TERHADAP LOGAM BESI (Fe)

**Rindang Violin Sabella
08041282025022**

RINGKASAN

Penambangan batubara merupakan komponen berpengaruh dalam menunjang ketersediaan energi yang umumnya dilakukan secara terbuka (*open pit*) sehingga terbentuknya air asam tambang. Logam berat yang terkandung di dalam air asam tambang salah satunya berupa unsur besi (Fe). Unsur logam Fe yang melebihi standar baku mutu akan mengancam kebersihan lingkungan dapat membahayakan manusia. Metode alternatif yang dapat menurunkan logam Fe pada air asam tambang salah satunya dengan memanfaatkan bakteri endofit yang hidup pada jaringan akar tanaman kiambang. Mekanisme resistensi yang dimiliki bakteri endofit dengan mendegradasi polutan kompleks menjadi senyawa sederhana.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman bakteri endofit akar kiambang, bakteri endofit yang berpotensi resisten terhadap logam besi pada konsentrasi 100, 150, 200 dan 250 ppm serta mengetahui genus bakteri endofit yang memiliki jumlah bakteri tinggi pada konsentrasi 250 ppm. Penelitian ini dilaksanakan pada November 2023 sampai dengan Maret 2024 di Laboratorium Mikrobiologi, Labrotarorium Genetika dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya.

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu isolasi, pemurnian bakteri endofit akar kiambang, uji resistensi dengan metode *pour plate*, serta karakterisasi dan identifikasi isolat bakteri endofit yang memiliki jumlah bakteri tinggi pada konsentrasi 250 ppm. Hasil penelitian ini adalah kelima isolat bakteri endofit yang berhasil diisolasi mampu tumbuh pada medium mengandung logam besi hingga konsentrasi uji 250 ppm. Isolat bakteri yang memiliki jumlah bakteri tinggi yang tumbuh pada konsentrasi 250 ppm diantaranya KTAL 4 $1,9 \times 10^8$ CFU/mL, KTAL 1 dan KTAL 3 dengan nilai yang sama sebesar $1,6 \times 10^8$ CFU/mL. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa isolat KTAL 1 dan KTAL 4 diduga memiliki kemiripan terhadap genus *Lactobacillus* sedangkan KTAL 3 diduga mirip dengan genus *Citrobacter*.

Kata Kunci : akar kiambang, *Salvinia molesta* Mitchell., bakteri endofit, logam besi, *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 TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Air Asam Tambang	6
2.2. Logam Berat Besi (Fe)	7
2.3. Toksisitas Logam Fe	7
2.4. Bioremediasi.....	9
2.5. Tanaman Kiambang (Salvinia molesta Mitchell.).....	10
2.5.1. Morfologi Tanaman Kiambang	11
2.5.2. Klasifikasi Tanaman Kiambang.....	12

2.6. Bakteri Endofit	12
2.7. Bakteri yang Resisten terhadap Logam Berat	14
2.8. Mekanisme Resistensi Bakteri Terhadap Logam Fe	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Cara Kerja	18
3.3.1. Pembuatan Medium	18
3.3.2. Sterilisasi Alat dan Bahan	18
3.3.3. Pengambilan Sampel Tanaman	19
3.3.4. Isolasi Bakteri Endofit Akar Kiambang	19
3.3.5. Pemurnian Bakteri Endofit	20
3.3.6. Uji Resistensi Bakteri Endofit Terhadap Logam Fe	20
3.3.7. Karakterisasi Bakteri Endofit yang Resisten Terhadap Logam Fe	22
3.3.8. Identifikasi Bakteri Endofit	27
3.3.9. Variabel Pengamatan	28
3.3.10. Penyajian Data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Isolasi dan Pemurnian Bakteri Endofit dari Akar Kiambang	29
4.2. Resistensi Bakteri Endofit Akar Kiambang terhadap Logam Besi	30
4.3. Karakterisasi Bakteri Endofit Akar Kiambang	35
4.4. Identifikasi Bakteri Endofit yang Resisten Terhadap Logam Besi	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil pengamatan morfologi bakteri endofit akar kiambang.....	20
Tabel 4.2. Persentase penurunan jumlah koloni bakteri endofit yang tumbuh pada konsentrasi awal dan akhir	32
Tabel 4.3. Karakter morfologi dan fisiologi serta uji biokimia bakteri endofit akar kiambang yang resisten terhadap logam besi	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kiambang	12
Gambar 4.1. Isolat murni bakteri endofit akar kiambang	29
Gambar 4.2. Jumlah bakteri endofit yang tumbuh pada medium mengandung berbagai konsentrasi logam besi.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Medium	56
Lampiran 2. Lokasi pengambilan sampel, pengecekan pH, suhu, dan kadar logam Fe	58
Lampiran 3. Hasil isolasi dan pengamatan morfologi bakteri endofit akar kiambang	59
Lampiran 4. Hasil inkubasi isolat bakteri endofit dalam media <i>Nutrient Broth</i> dengan penambahan logam besi dalam berbagai konsentrasi selama 48 jam	50
Lampiran 5. Hasil <i>plating</i> isolat bakteri endofit akar kiambang dalam media <i>Nutrient Agar</i> dalam berbagai konsentrasi logam besi	62
Lampiran 6. Data jumlah koloni bakteri endofit yang resisten terhadap logam besi dalam berbagai konsentrasi.....	67
Lampiran 7. Data rata-rata jumlah koloni bakteri endofit yang resisten terhadap logam besi dalam berbagai konsentrasi	68
Lampiran 8. Karakter bakteri endofit yang resisten terhadap logam besi secara makroskopis dan mikroskopis	59
Lampiran 9. Karakter bakteri endofit yang resisten terhadap logam besi secara biokimia	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penambangan batubara dapat dikatakan sebagai komponen yang cukup berpengaruh dalam menunjang ketersediaan energi saat ini. Sistem penambangan batubara di Indonesia umumnya dilakukan secara terbuka (*open pit*) sehingga membuat batuan yang ada di dalam tanah tersingkap ke permukaan tanah akibat dari proses pengambilan bahan galian Habibullah *et al.* (2021). Menurut Azwari dan Joko (2019), kegiatan penambangan yang sudah berlangsung dalam waktu lama dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan salah satunya terbentuk air asam tambang.

Air asam tambang (*acid mine drainage*) merupakan suatu fenomena permasalahan lingkungan pada area pertambangan yang diakibatkan oleh proses pengoksidasian batuan mengandung pirit (FeS_2) dan mineral sulfida yang bereaksi dengan oksigen atau air (Saputra dan Tangahu, 2021). Menurut Nugraha *et al.* (2020) logam berat yang terkandung di dalam air asam tambang salah satunya berupa unsur besi (Fe). Kandungan logam Fe pada air asam tambang PT. Bukit Asam berdasarkan penelitian Womal dan Nurkhamim (2019) sebesar 8,2908 mg/l dimana angka ini di atas baku mutu air limbah untuk kegiatan penambangan batubara yang diatur oleh Peraturan Gubernur Sumsel No. 8 Tahun 2012 dan Keputusan Menteri LH No. 113 Tahun 2003 bahwa konsentrasi logam Fe tidak lebih dari 7 mg/l.

Unsur logam Fe dalam kadar rendah memiliki fungsi cukup penting sebagai

unsur hara mikro yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Menurut Saputra dan Tangahu (2021), kandungan unsur logam Fe yang melebihi standar baku mutu akan mengancam kebersihan lingkungan apabila langsung dibuang ke lingkungan dan dapat membahayakan manusia. Sari *et al.* (2023) juga menambahkan bahwa kadar logam Fe yang masuk ke tubuh manusia dalam jumlah tinggi dapat merusak dinding usus serta mengurangi fungsi paru-paru akibat akumulasi Fe dalam alveolus.

Metode alternatif yang dapat menurunkan logam Fe pada air asam tambang salah satunya dengan fitoremediasi. Tanaman yang memiliki potensi dalam menurunkan kandungan toksisitas logam Fe salah satunya kiambang (Habibullah *et al.*, 2021). Kemampuan akar kiambang dalam menyerap logam yang berada di perairan menjadikannya sebagai tanaman hiperakumulator sejalan dengan penelitian George dan Gabriel (2017) bahwa kiambang mampu menurunkan kadar Fe pada air limbah semula 0,775 ppm menjadi 0,01 ppm pada hari ke 10 serta mampu meningkatkan pH semula 5 menjadi 6,5. Putri *et al.* (2018) berpendapat bahwa kemampuan tanaman kiambang yang mampu bertahan hidup pada kondisi air tercemar logam Fe diakibatkan oleh keberadaan bakteri endofit yang menstimulasi tanaman untuk meningkatkan produksi senyawa metabolit yang berperan sebagai pertahanan.

Bakteri endofit berasosiasi dengan sel tumbuhan atau hidup di jaringan tumbuhan tidak memberikan dampak negatif seperti penyakit terhadap tumbuhan inang (Ariyanti dan Arsita, 2023). Hal ini diperkuat dengan pernyataan Sadikin *et al.* (2021), bahwa bakteri endofit dengan tumbuhan inang memiliki simbiosis mutualisme yang ditandai dengan bakteri endofit memproduksi senyawa untuk

melindungi jaringan tumbuhan sedangkan jaringan tumbuhan akan menyediakan nutrisi untuk keberlangsungan hidup bakteri. Bakteri endofit dapat menghasilkan senyawa yang serupa dengan tanaman inang diakibatkan oleh adanya transfer genetik dari tanaman inang ke bakteri endofit (Putri dan Herdyastuti, 2021).

Bakteri endofit dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi dengan memanfaatkan metabolit yang dihasilkan untuk mendegradasi polutan kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana (De Fretes *et al.*, 2019). Menurut Nurmalasari *et al.* (2020), bakteri yang digunakan dalam bioremediasi perlu dilakukan kajian resistensi terlebih dahulu terhadap logam berat sebelum digunakan sebagai agen bioremediasi yang dapat dilihat dari kemampuan tumbuh bakteri terhadap berbagai konsentrasi logam.

Kemampuan bakteri endofit bertahan hidup dalam kondisi tercemar logam berat sejalan dengan penelitian Arifuddin dan Al Banna (2021) yang memperoleh 4 isolat bakteri endofit dari tanaman bambu yang resisten terhadap logam Hg pada konsentrasi 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm ditinjau dari zona bening yang terbentuk. Isolat KL2A Hitam yang diduga jenis *Bacillus cereus* memperoleh rata-rata tertinggi untuk konsentrasi 10 ppm dengan zona bening sebesar 10,6 mm dibanding ke 3 isolat lainnya.

Penggunaan tanaman kiambang sebagai agen fitoremediator telah banyak diterapkan salah satunya pada kolam pengendapan lumpur yang berada di Tambang Air Laya PT Bukit Asam. Kiambang selain digunakan sebagai tanaman fitoremediator karena mampu mengakumulasi logam Fe pada air asam tambang, keberadaan bakteri endofit yang hidup berasosiasi di dalam akar kiambang serta

dapat menghasilkan senyawa serupa dengan tanaman inang diharapkan bakteri endofit yang akan didapatkan mampu tumbuh pada kondisi lingkungan tercemar logam besi sehingga berpotensi sebagai agen bioremediasi karena mampu bertahan hidup pada lingkungan tercemar logam Fe. Oleh karena itu perlu dilakukan isolasi, pengujian resistensi bakteri endofit akar kiambang terhadap logam Fe untuk mengetahui kemampuan resistensi isolat pada lingkungan tercemar logam Fe sehingga harapannya dapat diaplikasikan dalam bioremediasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Apakah ditemukan bakteri endofit pada akar kiambang?
2. Isolat bakteri endofit manakah yang memiliki jumlah koloni bakteri tinggi pada konsentrasi uji 250 ppm?
3. Bagaimana karakter dan identitas isolat bakteri endofit yang memiliki jumlah koloni bakteri tinggi pada konsentrasi uji 250 ppm?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Memperoleh isolat bakteri endofit dari akar kiambang.
2. Mengetahui isolat bakteri endofit akar kiambang yang memiliki jumlah koloni bakteri tinggi pada konsentrasi uji 250 ppm.
3. Menentukan karakter dan identitas isolat bakteri endofit yang memiliki jumlah koloni bakteri tinggi pada konsentrasi uji 250 ppm.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan diperoleh bakteri endofit akar kiambang yang resisten terhadap logam Fe dan menambah informasi tentang pemanfaatan bakteri endofit akar kiambang sebagai agen bioremediasi logam Fe.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah., Hakim, L., Fitriandi, E., dan Rahmawati. (2018). Deteksi Keberadaan Bakteri Resisten Logam Merkuri (Hg) Pada Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) Di Simpi, Sekadau, Kalimantan Barat. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*. 1(2) : 56-61.
- Ainiyah, S. D., Lestri, I., dan Andini, A. (2018). Hubungan Antara Kadar Besi (Fe) Air Tambak Terhadap Kadsar Besi (Fe) pada Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Di Kecamatan Jabon Sidoarjo. *Jurnal SainHealth*. 2(2) : 21-28.
- Alnaimat, S., Shattal, S. A., Althunibat, O., Alsbou, E., and Amasha, R. (2017). Iron (II) and Other Heavy-Metal Tolerance in Bacteria Isolated From Rock Varnish in The Arid Region of Al-Jafer Basin, Jordan. *Biodiversitas*. 18(3) : 1250-1257.
- Aminah, U., dan Nur, F. (2018). Biosorpsi Logam Berat Timbal (Pb) oleh Bakteri. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*. 12(1) : 30-51.
- Arifuddin, W., dan Al Banna, M. Z. (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.
- Ariyanti, D., dan Arsita, N. (2023). Isolasi Dan Uji Daya Hambat Bakteri Endofit Alga Hijau (*Ulva lactuca*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thyphi*. *Jurnal Tambora*. 7(2) : 24-32.
- Aznur, B. S., Nisa, S. K., dan Sepriono, W. A. (2022). Agen Biologis Bioremediasi Logam Berat. *Maiyah*. 1(4) : 186-198.
- Azwari, F., dan Joko, T. (2019). Fitoremediasi Logam Fe dalam Air Asam Tambang Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Buletin Loupe*. 15(2) : 42-45.
- Baby, V., Rajakumar, S., dan Ayyasamy, P. M. (2014). Prevalence and Screening of Potential Fe (III) and Mn (VI) Resistant Microorganisms in Industrial Soil. *Int J Innov Res Sci Eng Technol*. 3 : 14702-14710.
- Brown, A., dan Heidi, S. (2015). *Benson's Microbiological Applications : Laboratory Manual In General Microbiology 13rd Edition*. New York : McGraw-Hill Education.
- Bhat, S. A., Hassan, T., dan Majid, S. (2019). Heavy Metal Toxicity and Their Harmful Effects on Living Organisms. *International Journal of Medical Science And Diagnosis Research*. 3(1) : 106-122.
- Boni, B. P. W., Turnip, M., dan Kurniatuhadi, R. (2022). The Growth of *Bacillus*

- cereus* (IHB B 379) Isolates at Different Temperature and Concentration of Mercury Chloride (HgCl₂). *Biologica Samudra*. 4(2): 136-149.
- Botahala, L. (2019). *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Gali*. Sleman : Deepublish.
- Chandrangsu, P., Rensing, C., dan Helmann, J. D. (2017). Metal Homeostasis and Resistance in Bacteria. *Nature Reviews Microbiology*. 15(6) : 338-350.
- Cappuccino, J. G., dan Welsh, C. T. (2017). *Microbiology: A Laboratory Manual 11th Edition*. England : Pearson Education.
- Damayanti, S. S., Komala, O., dan Effendi, E. M. (2018). Identifikasi Bakteri Dari Pupuk Organik Cair Isi Rumen Sapi. *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*. 18(2) : 63-71.
- De Fretes, C. E., Sutiknowati, L. I., dan Falahudin, D. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Toleran Logam Berat dari Sedimen Mangrove di Pengudang dan Tanjung Uban, Pulau Bintan, Indonesia. *OLDI : Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 4(2) : 71-77.
- Dewi, K., Asih, E. N. N., Fitri, D. A., dan Astutik, S. (2022). Karakterisasi Fisiologis Isolat Bakteri Halofilik Dari Kolam Peminihan Tambak Garam Rakyat di Kabupaten Pamekasan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. 3(3) : 79-84.
- Diliarosta, S. (2018). Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) menggunakan Kiambang (*Salvinia molesta*) pada Ambang Batas, Kualitas Air Irigasi. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*.1(1) : 29-33.
- Endah, R. S. D. (2020). *Bioremediasi: Mikroorganisme sebagai Fungsi Bioremediasi pada Perairan Tercemar*. Semarang : Universitas PGRI Semarang Press.
- Espineli, J. Q., dan Ilagan, Y. A. (2018). Multiple Metal Tolerance Of Bacteria Isolated From Selected Rivers of Cavite, Philippines. *Asia Pacific Higher Education Research Journal (APHERJ)*. 5(2): 15-31.
- Fadhilah, F. R., dan Kodariah, L. (2021). Pengaruh Penambahan Serasah Daun *Muntingia calabura* terhadap Aktivitas Konsorsium Bakteri Kotoran Kambing dalam Bioremediasi Logam Mn pada Limbah Rumah Sakit. *Jurnal Biotek Medisiana Indonesia*. 10(1) : 49-64.
- Farisna, S. T., dan Zulaika, E. (2016). Resistensi Bacillus Endogenik Kalimas Surabaya terhadap Logam Besi (Fe). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2) : 84-87.
- Fevria, R., dan Hartanto, I. (2018). Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria (*Lactobacillus* sp) from Tomato (*Solanum lycopersicum*).

Bioscience. 2(2) : 45-49.

- Fuangthong, M., Herbig, A. F., Bsat, N., dan Helmann, J. D. (2002). Regulation of the *Bacillus subtilis* fur and perR genes by PerR: not all members of the PerR Regulon are Peroxide Inducible. *Journal of Bacteriology*. 184(12) : 3276-3286.
- Gemala, M., Arysawan, A., Ulfah, N., dan Suhandary, E. (2021). Efektivitas Metode Kombinasi Pembubuhan Kaporit dan Filtrasi Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Ibnu Sina (J-KIS)*. 2(2) : 9-16.
- George, G. T., dan Gabriel, J. J. (2017). Phytoremediation of Heavy Metals From Municipal Waste Water By *Salvinia molesta* Mitchell. *Haya: The Saudi Journal of Life Sciences*. 2 : 108-115.
- Habibullah, A., Khamidah, N., dan Saputra, R. A. (2021). Pemanfaatan *Typha angustifolia* dan Fungi Mikoriza Arbuskular Untuk Fitoremediasi Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 17(2) : 95-105.
- Hamidah, M. N., Rianingsih, L., dan Romadhon, R. (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.
- Hasan, A., Yerizam, M., dan Yahya, M. H. (2021). Mekanisme Adsorben Zeolit dan Manganese Zeolit Terhadap Logam Besi (Fe). *Jurnal Kinetika*. 12(1) : 9-17.
- Herlina, N., dan Khairani, A. (2020). Study of Anaerobic Biofilter Tofu Wastewater Treatment with Bioball Media and Phytoremediation By Kiambang (*Salvinia molesta*). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 801(1) : 1-11.
- Hidayat, L. (2017). Pengelolaan Lingkungan Areal Tambang Batubara (Studi Kasus Pengelolaan Air Asam Tambang (Acid Mining Drainage) di PT. bhumi Rantau Energi Kabupaten Tapin Kalimantan Selatan). *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Administrasi dan Humaniora*. 7(1) : 44-52.
- Holifah, S., Supartono, T., dan Harjono, H. (2018). Analisis Penambahan Kotoran Kambing Dan Kuda Pada Proses Bioremediasi *Oil Sludge* Di Pertambangan Desa Wonocolo. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(1) : 35-42.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneat, H. A., Staley, J.T., dan William, S.T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 8th Edition*. Baltimor: William and Wilkinss.
- 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.

- Ikerismawati, S. (2019). Bioremediasi Pb Oleh Bakteri Indigen Limbah Cair Agar. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*. 1(2) : 51-58.
- Irdawati, I., Advinda, L., dan Angraini, F. (2017). Isolasi dan Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Endofit Dari Daun Salam (*Syzygium polyanthum wight*). *Bioscience*. 1(2) : 62.
- Irhamni, I., Pandia, S., Purba, E., dan Hasan, W. (2017). Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*. 1(2) : 75-84.
- Irwanto, R., dan Baroroh, F. (2017). Kemampuan Tumbuhan Akuatik *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes* sebagai Fitoremediator Logam Berat Tembaga. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 3(3) : 138-145.
- Kanamarlapudi, S. L. R. K., dan Muddada, S. (2020). Biosorption of Iron (II) by *Lactobacillus fermentum* From Aqueous Solutions. *Polish Journal of Environmental Studies*. 29(2) : 1659-1670.
- Keputusan MENLH/Nomor 113/2003 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batu Bara.
- Khastini, R. O., Zahranie, L. R., Rozma, R. A., dan Saputri, Y. A. (2022). Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan melalui Proses Bioremediasi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 10(1) : 345-360.
- Kurnia, K., Sadi, N. H., dan Jumianto, S. (2016). Isolasi Bakteri Heterotrof di Situ Cibuntu, Jawa Barat dan Karakterisasi Resistensi Asam dan Logam. *Life Science*. 5(1) : 59-63.
- Kusumawati, D. E., dan Bintang, M. (2023). Uji Antibakteri Bakteri Endofit Jawer Kotok (*Coleus scutellarioides* L. Benth) Terhadap Bakteri *Bacillus cereus* dan *Salmonella enteritidis*. *Current Biochemistry*. 10(1) : 11-16.
- Lestari, A. L. D., dan Permana, A. (2020). Daya Hambat Propolis Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Pro-Life*. 7(3) : 237-250.
- Lubis, S. S. (2019). Bioremediasi Logam Berat Oleh Fungi Laut. *Amina*. 1(2) : 91-102.
- Mangalik, G. C. A., Asmawi, S., dan Sofarini, D. (2023). Analisis Logam Berat Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) Pada Perairan Sungai Negara, Kabupaten Hulu Sungai Selatan, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*. 6(1): 24-45.

- Marzban, A., Zeinali, M., Razavi-Azarkhiavi, K., dan Teymouri, M. (2020). Ameliorative Function of a Probiotic Bacterium, *Lactobacillus rhamnosus* MR1 on Acute Iron Toxicity in Rats. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 11(4) : 11303-11315.
- Mawardika, H., Pertiwi, K. K., Wahyuni, D., dan Aulia, Q. W. (2023). Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Kandidat Probiotik dari Terasi Udang Rebon. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 11(2) : 1216-1226.
- Murraya, M., Taufiq-Spj, N., dan Supriyantini, E. (2018). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Dalam Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo, Semarang. *Journal of Marine Research*. 7(2) : 133-140.
- 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. *Aquatic Toxicology*. 212(1) : 1-10.
- Nayak, A. K., Panda, S. S., Basu, A., and Dhal, N. K. (2018). Enhancement of Toxic Cr (VI), Fe, and Other Heavy Metals Phytoremediation By The Synergistic Combination Of Native *Bacillus cereus* strain and *Vetiveria zizanioides* L. *International journal of phytoremediation*. 20(7) : 682-691.
- Nugraha, F. A., Kirmi, H., Haryanto, B., dan Afiffa, M. (2020). Analisis Penggunaan Media Tandan Sawit dan Kompos dengan Sistem *Aerobic Wetland* dalam Mengolah Air Asam Tambang. *Specta Journal of Technology*. 4(2) : 35-44.
- Nurchayani, N., Mayasari, U., dan Nasution, R. A. (2024). Bioremediasi Timbal (Pb) Menggunakan Bakteri Indigenus Dari Sungai Tercemar Limbah Cair Pertambangan Emas Martabe Batang Toru. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*. 7(1) : 218-224.
- Nurdin, H. (2019). *Metalurgi Logam*. Padang : Penerbit UNP Press.
- Nurfita, A. E., Kurniati, E., dan Haji, A. T. S. (2017). Efisiensi Removal Fosfat (PO₄³⁻) Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Fitoremediasi Kiambang (*Salvinia natans*). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 4(3) : 18-26.
- Nurmalasari, A., Oedjjono, dan Lestari, S. (2020). Isolasi dan Uji Resistensi Bakteri Endofit Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* Mart.) terhadap Krom secara *In-Vitro*. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 2(2) : 266-272.
- Oesman, N. M., dan Sugito, S. (2017). Penurunan Logam Besi Dan Mangan Menggunakan Filtrasi Media Zeolit Dan Manganese Greensand. *WAKTU: Jurnal Teknik Unipa*. 15(2) : 57-69.

- Oktavia, Z., Budiyo, B., dan Dewanti, N. A. Y. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Fitoremediasi Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta*) Terhadap Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Home Industry Batik "X" Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(5) : 238-245.
- Panjaitan, F. J., Bachtar, 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. *CIWAL (Jurnal Ilmu Pertanian dan Lingkungan)*. 1(1) : 9-17.
- Paul, O., Jasu, A., Lahiri, D., Nag, M., and Ray, R. R. (2021). In situ and Ex situ Bioremediation of Heavy Metals: The Present Scenario. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 29 (4) : 454-469.
- Pulungan, A. S. S., dan Tumangger, D. E. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Enzim Katalase dari Daun Buasbuas (*Premna pubescens* Blume). *Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan*. 5(1) : 71-80.
- Purnamawati, N. W. I., Arthana, I. W., dan Saraswati, S. A. (2019). Kandungan Nitrat, Fosfat Dan Pertumbuhan Biomassa Basah Kiambang (*Salvinia molesta*) Di Perairan Danau Buyan, Buleleng. Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 5(1) : 55-63.
- Patang, P. (2018). *Dampak Logam Berat Kadmium dan Timbal Pada Perairan*. Makassar : Badan Penerbit Universitas Negeri Makassar.
- Perala, I., Yani, M., dan Mansur, I. (2022). Bioremediasi Air Asam Tambang Batubara Dengan Pengayaan Bakteri Pereduksi Sulfat Dan Penambahan Substrat Organik. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 18(2) : 81-95.
- Priyadarshane, M., dan Das, S. (2021). Biosorption and Removal of Toxic Heavy Metals by Metal Tolerating Bacteria For Bioremediation of Metal Contamination. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 9(1) : 1-82.
- Puspitasari, S. D., Martino, Y. A., dan Risandiansyah, R. (2023). Uji Sensitivitas *Pseudomonas aeruginosa* Yang Diisolasi Dari Tanah Tpa Daerah Malang Menggunakan Media Selektif Timbal (Pb) Terhadap Ceftazidime Dan Gentamicin. *Journal of Community Medicine*. 11(2) : 1-8.
- Putra, A. Y., dan Fitri, M. (2019). Analisis Warna, Derajat Keasaman dan Kadar Logam Besi Air Tanah Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir, Riau. *Jurnal Katalisator*. 4(1) : 9-14.
- Putri, R. W. P., dan Estuningsih, S. P. (2021). Akumulasi Logam Terserap pada Mendong (*Fimbristylis globulosa* Retz. Kunth) dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang di Wetland PIT 07 Banko Barat. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 1(1) : 29-36.

- Putri, R. D. W., dan Herdyastuti, N. (2021). Potensi Senyawa Antioksidan Yang Dihasilkan Bakteri Endofit Pada Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.). *UNESA Journal of Chemistry*. 10(1) : 55-63.
- Putri, M. F., Fifendy, M., dan Putri, D. H. (2018). Diversitas Bakteri Endofit pada Daun Muda dan Tua Tumbuhan Andaleh (*Morus macroraura* miq.). *Eksakta Berkala Ilmiah Bidang MIPA*. 19(1) : 125-130.
- Rahmawati, A. D., dan Zulaika, E. (2021). Bioaccumulation of Iron (Fe) in *Bacillus* JA1, *Sporosarcina* JA4, and *Lysinibacillus* JB2. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-Bekh)*. 8(2) : 66-70.
- Rijal, M. (2014). Studi Morfologi Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) dan Kiambang (*Salvinia molesta*). *Jurnal Biology Science & Education*. 3(2) : 94-105.
- Rori, C. A., Kandou, F. E. F., dan Tangapo, A. M. (2020). Aktivitas Enzim Ekstraseluler dari Bakteri Endofit Tumbuhan Mangrove *Avicennia marina*. *Jurnal Bios Logos*. 10(2) : 48-55.
- Saadah, H., Supomo, S., dan Musaenah, M. (2020). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Air Kulit Bawang Merah (*Allium cepa* L.) terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*. 2(2) : 80-88.
- Sadikin, N. A. N., Bintari, S. H., Widiatningrum, T., dan Dewi, P. (2021). Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Endofit Daun Kelor (*Moringa oleifera*). *Life Science*. 10(2) : 109-119.
- Safita, A., dan Zulaika, E. (2015). Viabilitas Azotobacter A1a, A5, dan A9 pada Medium Terpapar Logam Berat Cr (VI). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. 4(1) : 302-313.
- Saputra, R. A., dan Tangahu, B. V. (2021). Studi Literatur Kemampuan Tumbuhan *Salvinia molesta* dan *Salvinia natans* terhadap Penyerapan Fe dan Mn pada Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Teknik ITS*. 9(2) : F191-F196.
- Sari, W. E., Darmawi, D., Zamzami, R. S., Vanda, H., Nurliana, N., Etriwati, E., dan Amanda, L. (2023). Isolasi Bakteri Endofit Balakacida (*Chromolaena odorata*) Asal Banda Aceh dan Uji Aktivitas Antimikroba terhadap Bakteri Patogen *Pasteurella multocida* dan *Bacillus subtilis*. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 11(1) : 364-374.
- Sari, R., Gusvita, N., Nizar, U. K., dan Banon, C. (2023). Metode Atomic Absorption Spectrophotometry Untuk Mendeteksi Kandungan Logam Besi (Fe) dan Merkuri (Hg) Dalam Limbah Outlet. *Sainti: Majalah Ilmiah Teknologi Industri*. 20(1) : 10-17.
- Sari, D. K., Kusniawati, E., dan Srimardani, R. (2020). Peningkatan Kualitas Air Asam Tambang Menggunakan Zeolit Dan Bakteri Sebagai Media Adsorpsi

- Dengan Metode Sedimentasi Secara Anaerob Di Pt Bukit Asam, Tbk. Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 11(01) : 13-20.
- Sari, D. P., Rahmawati, R., dan Rusmiyanto, E. P. W. (2019). Deteksi dan Identifikasi Genera Bakteri Coliform Hasil Isolasi dari Minuman Lidah Buaya. *Jurnal Labora Medika*. 3(1) : 29-35.
- Schroder, I., Johnson, E., dan De Vries, S. (2003). Microbial Ferric Iron Reductases. *FEMS Microbiology Reviews*. 27(2): 427-447.
- Seniya, C., Trivedia, S. S., Verma, R., Vijayarti, H. S., Vyas, S., dan Verma, S. K. (2012). Effect of Fe²⁺, Mn²⁺ and Cu²⁺ Ions on Growth and Soluble Protein Production in *Citrobacter freundii* and *Klebsilla pneumoniae*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 4(4) : 1895-1900.
- Sheldon, J. R., Laakso, H. A., dan Heinrichs, D. E. (2016). Iron Acquisition Strategies of Bacterial Pathogens. *Virulence Mechanisms of Bacterial Pathogens*. 5(3): 43-85.
- Silviana, E., Fajarwati, I., Safrida, Y. D., Elfariyanti, E., dan Rinaldi, R. (2020). Analisis Logam Besi (Fe) Dalam Air PDAM Di Kabupaten Pidie Jaya Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. *Jurnal Serambi Engineering*. 5(3) : 1195-2000.
- Sudargo, T., Kusmayanti, N. A., dan Hidayati, N. L. (2018). *Defisiensi Yodium, Zat Besi, dan Kecerdasan*. Sleman : UGM PRESS.
- Syari, J. P., Rudiyanasyah, R., dan Ardiningsih, P. (2018). In Vitro Bacteria Capacity Evaluation of *Pseudomonas putida* and *Staphylococcus aureus* as Bioremediation Agent For Lead Heavy Metal. *Orbital: Jurnal Ilmu dan Terapan Kimia*. 3(1): 16-27.
- Tuhumury, F. D. A., Kaihena, M., dan Seumahu, C. A. (2022). Analisa Total Bakteri Salmonella spp. pada Produk Ikan Cakalang Asap yang Dijual pada Beberapa Pasar di Kota Ambon. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*. 10(2) : 682-694.
- Ulfah, M., Rachmadiarti, F., dan Rahayu, Y. S. (2017). Pengaruh Timbal (Pb) terhadap Kandungan Klorofil Kiambang (*Salvinia molesta*). *LenteraBio*. 6(2) : 44-48.
- USDA (United States Departement of Agriculture). (2014). Taxonomy of *Salvinia molesta* Mitchel. <https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=SAM05> USDA NRCS National Plant Data Team. Diakses pada 18 Agustus 2023.
- Waluyo, L. (2018). *Bioremediasi Limbah: Limbah (Vol. 1)*. Malang : UMMPress.
- Waluyo, L., dan Sarifudin, L. (2020). Analisis Bibliometri Artikel Bioremediasi

- pada platform *Sciencedirect*. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. Malang.
- Womal, A. M., dan Nurkhamim. (2019). Studi Penanganan Air Asam Tambang Dengan Metode Aktif (*Active Treatment*) Pada PT. Bukit Asam Tbk (Studi Kasus KPL Saluran ALP IUP Tambang Air Laya). *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIV (ReTII)*. 70-77.
- Wulan, S. N., Apriadi, T., dan Melani, W. R. (2020). Studi Fitoremediasi Serapan Besi (Fe) dari Kolam Bekas Tambang Bauksit Menggunakan Purun (*Eleocharis sp.*). *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 27(2) : 67-78.
- Yati, J. S., Sumpono, dan Candra, N. I. (2018). Potensi Aktivitas Antioksidan Metabolit Sekunder dari Bakteri Endofit Pada Daun *Moringa oleifera* L. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*. 2(1) : 82–87
- Yuka, R. A., Supono, S., dan Setyawan, A. (2021). Identifikasi Bakteri Bioremediasi Pendegradasi Total Ammonia Nitrogen (TAN). *Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 14(1): 20-29.
- Yuliani, D. E., Sitorus, S., dan Wirawan, T. (2013). Analisis Kemampuan Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk Menurunkan Konsentrasi Ion Logam Cu (II) pada Media Tumbuh Air. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 10(2) : 68-73.
- Zulaika, A., Soesilo, T. E. B., dan Noriko, N. (2017). Penentuan Potensi Kemampuan *Trichoderma*, Sp. dalam Proses Degradasi Sampah Plastik Rumah Tangga. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV*. Depok.