

TESIS
BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK DARI PERAIRAN
SUNGAI MUSI KOTA PALEMBANG

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Magister Sains



OLEH
ANNISA KEMALA TASYA
08082622327004

PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK DARI PERAIRAN
SUNGAI MUSI KOTA PALEMBANG**

TESIS

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Magister Sains

OLEH

ANNISA KEMALA TASYA

08082622327004

Telah diperiksa dan disetujui

Palembang, Maret 2025

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Dr. Laila Hanum, M.Si
NIP. 197308311998022001

Mengetahui

**Koordinator Program Studi
Magister (S2) Biologi FMIPA,**



Prof. Dr. rer.nat. Indra Yustian, M.Si
NIP. 197307261997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Plastik Dari Perairan Sungai Musi Kota Palembang” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Pascasarjana Univeritas Sriwijaya pada tanggal

Palembang, Maret 2025

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Tesis

Ketua:

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



(.....)

Anggota:

2. Dr. Laila Hanum, M.Si
NIP. 197308311998022001




(.....)

3. Prof. Dr. Salni, M.Si
NIP. 196608231993031002



(.....)

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



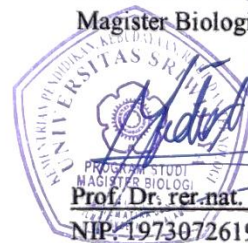
(.....)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan
Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

Koordinator Program Studi
Magister Biologi



Prof. Dr. rer.nat. Indra Yustian, M.Si
NIP. 197307261997021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annisa Kemala Tasya
NIM : 08082622327004
Judul : Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Plastik Dari Perairan Sungai Musi
Kota Palembang

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya tulis sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwiaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.

Palembang, Maret 2025



Annisa Kemala Tasya

NIM. 08082622327004

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annisa Kemala Tasya

NIM : 08082622327004

Judul : Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Plastik Dari Perairan Sungai Musi
Kota Palembang

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik. Apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini, saya setuju menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Maret 2025



Annisa Kemala Tasya

NIM. 08082622327004

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Dengan ilmu, manusia mengenali kebenaran, dengan kerja keras, manusia mewujudkan impian, dan dengan keikhlasan manusia mendapatkan keberkahan. Seperti yang dikatakan oleh Imam Syafi’i: Barang siapa yang menghendaki dunia, maka harus dengan ilmu. Barang siapa yang menghendaki akhirat, maka harus dengan ilmu. Dan barang siapa yang menghendaki keduanya, maka harus dengan ilmu. Maka, biarlah langkah ini menjadi ikhtiar untuk mencari ilmu yang bermanfaat, bukan hanya untuk diri sendiri, tetapi juga bagi umat dan kemanusiaan.”

Seperti arti dalam Q.S Al Mujadilah:11

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”

Kupersembahkan karya ini untuk:

- ❖ Almamaterku, Universitas Sriwijaya
- ❖ Papa “Dwi Riyanto” dan Mama “Dra. Nurhelma”
- ❖ Kakakku “Dewi Amalia Zahara, S.Ak” dan Adikku “Arryyan Aulia Abrar”
- ❖ Teman-teman Magister Biologi Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat, karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis ini yang berjudul **“Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Plastik Dari Perairan Sungai Musi Kota Palembang”**. Sholawat serta salam tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat serta pengikutnya hingga akhir zaman. Tesis ini dibuat sebagai syarat untuk menyelesaikan gelar Magister Sains di Program Studi Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Ribuan terima kasih saya sampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Dwi Riyanto dan Ibu Dra. Nurhelma, yang telah menjadi sumber kekuatan, semangat, kasih sayang, serta inspirasi dalam setiap langkah yang saya tempuh. Di setiap perjalanan hidup, mereka selalu hadir dengan doa yang tulus dan motivasi yang tak pernah habis. Terimakasih juga kepada Kak Mia, Kak Arif, Ari, dan Khalid yang selalu menemani dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Ucapan terimakasih yang begitu besar dan tulus kepad Ibu Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Dr. Laila Hanum, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu sabar membimbing, mengingatkan membantu, meluangkan waktu, dan memberikan saran yang sangat membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian hingga penyusunan Tesis ini. Ucapan terima kasih juga penulis tunjukkan kepada:

1. Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
3. Prof. Dr. rer.nat. Indra Yustian, M.Si, selaku Koordinator Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
4. Prof. Dr. Salni, M.Si., dan Dr. Elisa Nurnawati, M.Si., selaku Dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan Tesis.

5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
6. Kak Yulianto beserta seluruh karyawan di Program Studi Magister Biologi, yang telah membantu proses teknis dan administrasi selama masa penelitian.
7. Kak Agus Wahyudi, S.Si. dan Kak Rosmania, S.T., M.Si yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian yang dilakukan.
8. Teman-teman Magister Biologi atas dukungan, bantuan, kenangan, dan semua moment yang luar biasa.
9. Seluruh pihak yang membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal budi serta kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tesis ini dan semoga dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

RINGKASAN

EKSPLORASI BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK DARI PERAIRAN SUNGAI MUSI KOTA PALEMBANG.

Karya ilmiah berupa Tesis, Maret 2025

Annisa Kemala Tasya, dibimbing oleh Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si dan Dr. Laila Hanum, M.Si

Exploration of Plastic Degrading Bacteria From the Musi River waters in Palembang City

XVII + 96 Halaman, 8 Tabel + 7 Gambar + 11 Lampiran

RINGKASAN

Plastik jenis polietilen memiliki sifat yang sulit terdegradasi di lingkungan dan mencemari ekosistem. Biodegradasi oleh bakteri menjadi solusi potensial dengan memanfaatkan enzim yang memecah polimer plastik. Proses degradasi ini diamati melalui *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat perubahan struktur plastik seperti lubang dan keretakan. Untuk mengetahui jenis bakteri pendegradasi, dilakukan pengamatan secara mikroskopis dan makroskopis. Pengamatan mikroskopis mencakup analisis morfologi sel bakteri, sedangkan pengamatan makroskopis meliputi karakterisasi koloni, seperti warna, bentuk, dan tekstur serta diperkuat dengan identifikasi molekuler untuk mengetahui spesies bakteri yang berperan dalam degradasi plastik. Tujuan penelitian ini untuk memperoleh bakteri pendegradasi plastik yang terdapat pada Sungai Musi Kota Palembang, mengkaji potensi bakteri pendegradasi plastik di perairan Sungai Musi Kota Palembang, dan menganalisis karakter dan identitas bakteri pendegradasi plastik dari perairan Sungai Musi Kota Palembang berdasarkan fenotipik dan molekuler.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2023 – Oktober 2024 di Laboratorium Mikrobiologi UIN Raden Fatah Palembang dan Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya. Metode penelitian yang digunakan yaitu, pengambilan sampel, isolasi dan pemurnian bakteri, uji degradasi plastik, karakterisasi dan identifikasi secara fenotipik dan molekuler pada bakteri yang memiliki persentase degradasi yang tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 33 isolat bakteri yang diperoleh, 6 isolat dipilih untuk uji degradasi plastik selama 60 hari. Uji degradasi menunjukkan persentase degradasi berturut-turut sebesar 38,03%, 34,73%,

30,46%, 23,97%, 23,80%, dan 20,90% pada kode sampel S2I1, S1I5, S1I3, S1I2, S3I1, dan S3I5. Pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan adanya lubang dan retakan pada permukaan plastik, yang mengindikasikan bahwa bakteri tersebut memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik. Karakterisasi fenotipik terhadap isolat yang memiliki kemampuan degradasi tinggi menunjukkan bahwa sedangkan isolat S1I3, S1I5, dan S2I1 mengarah pada genus *Bacillus*. Hasil ini diperkuat oleh identifikasi molekuler, di mana tiga isolat dengan tingkat degradasi tertinggi menunjukkan bahwa isolat S1I3 memiliki kemiripan dengan *Bacillus proteolyticus* dengan percent identity 99,9%, sedangkan isolat S1I5 dan S2I1 memiliki kemiripan dengan *Bacillus cereus* dengan percent identity 100%.

Kata Kunci: Biodegradasi, bakteri pendegradasi plastik, identifikasi molekuler, karakteristik fenotipik, *scanning electron microscope* (SEM)

SUMMARY

EXPLORATION OF PLASTIC DEGRADING BACTERIA FROM THE MUSI RIVER WATERS IN PALEMBANG CITY.

Scientific work in the form of a Thesis, March 2025

Annisa Kemala Tasya, supervised by Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si and Dr. Laila Hanum, M.Si

Exploration of Plastic Degrading Bacteria From the Musi River waters in Palembang City

XVII + 96 Pages, 8 Tables + 7 Figures + 11 Attachments

SUMMARY

Polyethylene plastic has properties that are difficult to degrade in the environment and pollute the ecosystem. Biodegradation by bacteria is a potential solution by utilizing enzymes that break down plastic polymers. This degradation process is observed using Scanning Electron Microscopy (SEM) to see changes in the plastic structure such as holes and cracks. To determine the type of degrading bacteria, microscopic and macroscopic observations were carried out. Microscopic observations include analysis of bacterial cell morphology, while macroscopic observations include colony characterization, such as color, shape, and texture and are reinforced with molecular identification to determine the bacterial species that play a role in plastic degradation. The purpose of this study was to obtain plastic degrading bacteria found in the Musi River, Palembang City, to examine the potential of plastic degrading bacteria in the waters of the Musi River, Palembang City, and to analyze the characteristics and identities of plastic degrading bacteria from the waters of the Musi River, Palembang City based on phenotype and molecular.

This research was conducted in October 2023 - October 2024 at the Microbiology Laboratory of UIN Raden Fatah Palembang and the Microbiology Laboratory of the Biology Department, FMIPA, Sriwijaya University. The research methods used were sampling, isolation and purification of bacteria, plastic degradation tests, phenotypic and molecular characterization and identification of bacteria that had a high percentage of degradation.

The results showed that of the 33 bacterial isolates obtained, 6 isolates were selected for the plastic degradation test for 60 days. The degradation test showed the percentage of degradation respectively 38.03%, 34.73%, 30.46%, 23.97%,

23.80%, and 20.90% in sample codes S2I1, S1I5, S1I3, S1I2, S3I1, and S3I5. Observations using a Scanning Electron Microscope (SEM) showed holes and cracks on the plastic surface, indicating that the bacteria have the ability to degrade plastic. Phenotypic characterization of isolates with high degradation ability showed that isolates S1I3, S1I5, and S2I1 were related to the genus *Bacillus*. These results were supported by molecular identification, where the three isolates with the highest degradation rate showed that isolate S1I3 had similarities with *Bacillus proteolyticus* with a percent identity of 99.9%, while isolates S1I5 and S2I1 had similarities with *Bacillus cereus* with a percent identity of 100%.

Keywords: Biodegradation, plastic degrading bacteria, molecular identification, phenotypic characteristics, scanning electron microscope (SEM)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kerangka Pemikiran	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Plastik	7
2.2 Jenis-Jenis Plastik	9
2.2.1 <i>Polyethylene</i> (PE).....	9
2.2.2 <i>Polyethylene Terephthlate</i> (PET).....	9
2.2.3 <i>Polystyrene</i> (PS).....	10
2.2.4 <i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC).....	11
2.2.5 <i>Polypropilene</i> (PP).....	12
2.3 Dampak Negatif Penggunaan Plastik	12
2.4 Bakteri Pendegradasi Plastik	14
2.5 Mekanisme Kerja Bakteri Pendegradasi Plastik	15
2.6 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	17
2.7 Identifikasi Molekuler Bakteri Gen 16S <i>ribosomal Ribonucleid Acid</i> (rRNA).....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat.....	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Cara Kerja	22
3.3.1 Pengambilan Sampel	22
3.3.2 Isolasi Bakteri	24

3.3.3 Pemurnian Bakteri	24
3.3.4 Pengujian Bakteri Pendegradasi Plastik	25
3.3.5 Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik	26
3.3.6 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik Secara Fenotipik	28
3.3.7 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Secara Molekuler	28
3.4 Penyajian dan Analisis Data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Isolasi dan Pemurnian Bakteri Pendegradasi Plastik	31
4.2 Uji Degradasi Plastik	32
4.2.1 Visualisasi <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	37
4.3 Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik	39
4.3.1 Karakteristik Bakteri Sungai Musi Kota Palembang	39
4.3.2 Identifikasi Bakteri Secara Fenotipik	41
4.3.3 Identifikasi Molekuler Bakteri Pendegradasi Plastik Menggunakan Gen 16S rRNA	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Titik Koordinat Wilayah Pengambilan Sampel.....	24
Tabel 4.1. Hasil Isolasi Bakteri Dari Sungai Musi Kota Palembang	31
Tabel 4.2. Hasil Presentase Uji Degradasi	32
Tabel 4.3. Jumlah Total Bakteri pada Sampel Setelah 60 Hari Proses Degradasi.....	37
Tabel 4.4. Karakterisasi Dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik	39
Tabel 4.5. Hasil BLAST Bakteri Pendegradasi Plastik Isolat S1I3	43
Tabel 4.6. Hasil BLAST Bakteri Penderadasi Plastik Isolat S1I5	44
Tabel 4.7. Hasil BLAST Bakteri Penderadasi Plastik Isolat S2I1	45
Tabel 4.8. Ukuran Fragmen DNA Isolat Bakteri Pendegradasi Plastik Menggunakan Gen 16S rRNA.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mekanisme Umum Biodegradasi Plastik	15
Gambar 2.2. Prinsip Kerja SEM.....	18
Gambar 2.3. Skema Kompleks Ribosom dan Gen 16S rRNA	21
Gambar 2.4. Ilustrasi Daerah yang Terkonservasi, Variabel dan Hipervariabel dalam Gen 16S rRNA dan Berbagai Pasangan Primer.....	21
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	23
Gambar 4.1. Grafik Persen Degradasi Plastik	34
Gambar 4.2. Morfologi Plastik Polietilen Setelah 30 dan 60 Hari Degradasi.....	35
Gambar 4.3. Visualisasi SEM	38
Gambar 4.4. Elektroforegram hasil PCR menggunakan gen 16S rRNA.....	42
Gambar 4.5. Pohon Filogenetik Bakteri Pendegradasi Plastik Isolat S1I3	47
Gambar 4.6. Pohon Filogenetik Bakteri Pendegradasi Plastik Isolat S1I5	48
Gambar 4.7. Pohon Filogenetik Bakteri Pendegradasi Plastik Isolat S2I1	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Media Yang Digunakan	64
Lampiran 2. Komposisi Reagen Yang Digunakan	67
Lampiran 3. Pengambilan Sampel.....	70
Lampiran 4. Pengukuran pH dan Suhu	71
Lampiran 5. Isolasi Bakteri Dari Perairan Sungai Musi Kota Palembang.....	73
Lampiran 6. Pemurnian Bakteri Dari Perairan Sungai Musi Kota Palembang	77
Lampiran 7. Degradasi Plastik dan <i>Total Plate Count</i> (TPC).....	83
Lampiran 8. Karakterisasi Secara Makroskopis Bakteri Pendegradasi Plastik	85
Lampiran 9. Karakter Morfologi Bakteri yang Berpotensi Mendegradasi Plastik.....	87
Lampiran 10. Identifikasi secara fenotipik.....	89
Lampiran 11. Hasil Analisis Molekuler Bakteri Pendegradasi Plastik	95

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan bahan yang paling banyak digunakan sebagai pembungkus makanan, yang pada dasarnya terbuat dari bahan polietilen (PE). Degradasi polietilen dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu abiotik dan biotik. Pada degradasi abiotik, semua faktor lingkungan seperti suhu dan sinar ultraviolet dapat menyebabkan degradasi PE, sedangkan pada degradasi biotik, mikroorganisme berperan dengan mengonsumsi plastik dan mengubah sifat-sifatnya (Kotova *et al.*, 2021). Berdasarkan polimer penyusunnya, plastik dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis, seperti PE (*polyethylene*), PP (*polypropilen*), PVC (*polyvinylidene chloride*), PS (*polystrien*), PET (*polyethylene terephthalate*), dan PA (*polyamide*) (Sianturi *et al.*, 2021).

Polietilen didefinisikan sebagai polimer etilen dengan rumus struktur tertentu dan rumus empiris spesifik, yang diproduksi pada suhu dan tekanan tinggi sesuai sifat produk akhir yang diinginkan. Polietilen juga dikenal tahan terhadap asam, air, alkali, dan sebagian besar pelarut organik (Evode *et al.*, 2021). Polietilen merupakan material yang tahan terhadap penguraian dan bersifat stabil sehingga sulit terdegradasi di lingkungan. Biodegradasi polietilen melibatkan penggunaan mikroba atau komunitas mikroba yang memodifikasi dan mengonsumsi polimer sebagai sumber energi yang menyebabkan perubahan pada sifat fisika kimianya seperti penurunan berat dan kerusakan struktural (Ghatge *et al.*, 2020).

Keberadaan plastik pada ekosistem dapat menimbulkan dampak negatif pada berbagai tingkat kehidupan. Pada tingkat populasi, plastik dapat mengurangi jumlah spesies atau biomasnya. Pada tingkat individu, plastik dapat mempengaruhi kelangsungan hidup, reproduksi, pertumbuhan, pola makan, perkembangan embrionik, mobilitas dan efisiensi fotosintesis. Pada tingkat sub-organisme, plastik dapat menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen, penurunan stabilitas lisosom pada kelenjar pencernaan, penurunan

kapasitas antioksidan, disbiosis usus, serta kerusakan oksidatif (Supit *et al.*, 2022).

Sumber utama sampah plastik di sistem air tawar umumnya berkaitan dengan aktivitas manusia. Sampah plastik masuk ke sistem sungai melalui proses pengangkutan alami atau pembuangan langsung, yang menunjukkan korelasi tinggi dengan kepadatan penduduk, urbanisasi, pengolahan air limbah, dan pengelolaan sampah (Van emmerik *et al.*, 2020). Plastik yang tertelan oleh hewan dapat menimbulkan dampak seperti penyumbatan usus, berkurangnya kebugaran, perubahan perilaku, serta mempengaruhi reproduksi dan pertumbuhan. Selain itu, plastik yang mengandung kontaminan beracun, dapat berpindah ke rantai makanan (Macali *et al.*, 2018).

Biodegradasi merupakan metode pengolahan sampah plastik yang efektif. Kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan polimer plastik merupakan keunggulan yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi masalah sampah plastik. Mikroorganisme menghasilkan berbagai enzim intraseluler maupun ekstraseluler yang dapat mengkatalis degradasi polimer plastik menjadi fragmen kecil yang lebih aman (Agrawal *et al.*, 2016).

Mekanisme degradasi polietilen oleh bakteri terjadi atas empat tahap, yaitu biodeteriorasi, yaitu pembentukan gugus karbonil melalui aksi enzim oksidatif yang dilepaskan oleh mikroorganisme atau diinduksi oleh agen eksternal, seperti sinar matahari. Biofragmentasi, yaitu hidrolisis atau fragmentasi rantai karbon polimer menjadi produk antara yang dimediasi oleh enzim mikroorganisme. Bioasimilasi, yaitu pemanfaatan fragmen hidrokarbon kecil oleh bakteri atau jamur. Mineralisasi, yaitu konversi produk hidrolisis menjadi biomassa mikroba, karbon dioksida dan air (Mohanani *et al.*, 2020). Proses biodegradasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk struktur kimia polimer, berat molekul, kelarutan, ikatan polimer, serta tingkat kekasaran permukaan plastik. Faktor lain seperti sifat hidrofilik atau hidrofobik bahan permukaan plastik juga berpengaruh pada efektifitas interaksi dengan mikroorganisme (Asiandu *et al.*, 2020).

Adapun salah satu cara untuk mengamati perubahan morfologi bakteri

secara detail adalah dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Keunggulan dari visualisasi ini ialah untuk melihat struktur permukaan dengan resolusi tinggi, kedalaman fokus yang besar, dan kemampuan menghasilkan gambar tiga dimensi sehingga dapat menunjukkan adanya perubahan seperti pembentukan lubang, retakan, atau degradasi permukaan plastik yang mengindikasikan aktivitas degradasi oleh bakteri. Berdasarkan penelitian Harshvardhan dan Jha (2013), pengamatan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan perubahan signifikan pada permukaan plastik polietilen berdensitas rendah setelah perlakuan oleh bakteri laut. SEM memperlihatkan bahwa permukaan plastik menjadi kasar dan berlubang, yang mengindikasikan proses biodegradasi yang terjadi akibat aktivitas enzimatik dari bakteri. Selain itu, SEM menunjukkan perubahan bentuk pada bagian plastik polietilen, akibat interaksi antara bakteri dan plastik.

Dalam upaya mengatasi masalah pencemaran plastik, isolasi bakteri pendegradasi plastik didukung dengan karakterisasi fenotipik dan identifikasi molekuler menjadi langkah penting. Karakterisasi fenotipik untuk memberikan gambaran awal mengenai sifat fisik dan biokimia bakteri. Namun, untuk identifikasi yang lebih akurat, terutama dalam membedakan spesies yang serupa secara morfologi, identifikasi molekuler melalui analisis genetik seperti sekuensing gen 16S rRNA diperlukan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pangestu *et al.* (2016), mengisolasi bakteri pendegradasi plastik polietilen (PE) dari tanah yang terkontaminasi plastik. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi fenotipik dan identifikasi molekuler menggunakan sekuensing gen 16S rRNA. Hasilnya menunjukkan bahwa isolat bakteri yang diperoleh termasuk dalam genus *Bacillus*, yang dikenal memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik. Dalam hal ini menunjukkan bahwa pentingnya karakterisasi fenotipik dan identifikasi molekuler untuk menentukan jenis bakteri yang memiliki potensi bakteri dalam proses biodegradasi plastik.

Penelitian tentang bakteri pendegradasi plastik di Sungai Musi saat ini masih sangat terbatas, sehingga eksplorasi lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui potensi bakteri yang ditemukan di perairan Sungai Musi,

Kota Palembang. Dalam penelitian ini digunakan pendekatan yang meliputi identifikasi fenotipik dan molekuler guna memperoleh hasil yang lebih akurat dan mendalam.

1.2 Rumusan Masalah

Perairan Sungai Musi di Kota Palembang telah tercemar, salah satunya akibat sampah plastik yang dibuang sembarangan. Sampah plastik memiliki dampak yang serius bagi biota perairan dan manusia, terutama jika plastik masuk ke rantai makanan. Oleh karena itu, diperlukan peran mikroorganisme dalam mendegradasi plastik di perairan ini. Berdasarkan permasalahan tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

- 1.1.1 Apakah ditemukan bakteri pendegradasi plastik dari perairan Sungai Musi Kota Palembang?
- 1.1.2 Bagaimana potensi bakteri pendegradasi plastik dari perairan Sungai Musi Kota Palembang?
- 1.1.3 Bagaimana karakter dan identitas bakteri pendegradasi plastik dari perairan Sungai Musi Kota Palembang dilihat dari fenotipik dan molekuler?

1.3 Tujuan Penelitian

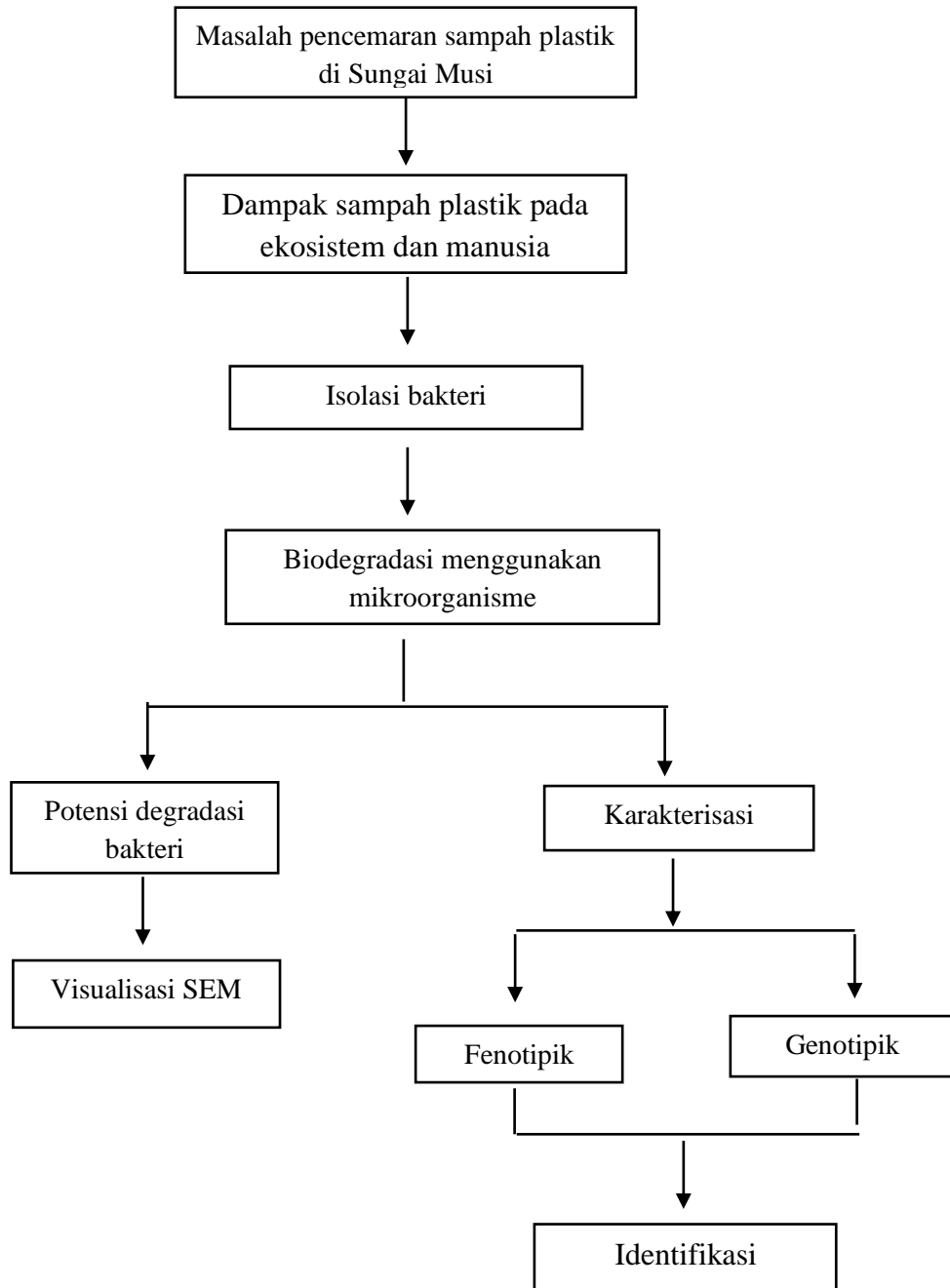
Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan. Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- 1.1.1 Memperoleh bakteri pendegradasi plastik yang terdapat pada Sungai Musi Kota Palembang.
- 1.1.2 Mengkaji potensi bakteri pendegradasi plastik dari perairan Sungai Musi Kota Palembang.
- 1.1.3 Menganalisis karakter dan identitas bakteri pendegradasi plastik dari perairan Sungai Musi Kota Palembang berdasarkan fenotipik dan molekuler.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat memberikan informasi dan wawasan mengenai keanekaragaman mikroorganisme dan potensi biologisnya dalam mengatasi polusi plastik, khususnya di ekosistem perairan. Data yang diperoleh dapat menjadi dasar untuk pengembangan teknologi ramah lingkungan, sehingga membantu mengurangi dampak pencemaran plastik terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat.

1.5 Kerangka Pemikiran



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, N., Wahdaniar, Febrianti, N., & Syarifah, S. M. (2023). Pengurai Sampah Plastik Ramah Lingkungan. *Bincang Sains Dan Teknologi*, 2(02), 63–71. <https://doi.org/10.56741/bst.v2i02.339>
- Afreen, B., Nouman Rasoo, N. R., & Saima, I. (2020). Characterization of plastic degrading bacteria isolated from landfill sites. *International Journal of Clinical Microbiology and Biochemical Technology*, 4(1), 30–35. <https://doi.org/10.29328/journal.ijcmbt.1001013>
- Agrawal, P., & Kumar Singh, R. (2016). Breaking Down Of Polyethylene By Pseudomonas Species. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume, 7(3), 124–127. <https://www.ijser.org/researchpaper/breaking-down-of-polyethylene-by-pseudomonas-species.pdf>
- Aisha, N. W. (2023). Pengaruh Bank Sampah Terhadap Jumlah Sampah Plastik di Indonesia. *Jurnal Alternatif - Jurnal Ilmu Hubungan Internasional*, 14(1), 68–73. <https://doi.org/10.31479/jualter.v14i1.57>
- Akihary, C. V., & Kolondam, B. J. (2020). Pemanfaatan Gen 16s Rrna Sebagai Perangkat Identifikasi Bakteri Untuk Penelitian-Penelitian Di Indonesia. *Pharmacon*, 9(1), 16. <https://doi.org/10.35799/pha.9.2020.27405>
- Anafarida, O., & Badruzsaufari, B. (2020). Analisis Filogenetik Mangga (Mangifera Spp.) Berdasarkan Gen 5,8S Rrna. *Ziraa'Ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 45(2), 120. <https://doi.org/10.31602/zmip.v45i2.3001>
- Anam, K., Cahyadi, W., Azmi, I., Senjarini, K., & Oktarianti, R. (2021). Analisis Hasil Elektroforesis DNA dengan Image Processing Menggunakan Metode Gaussian Filter. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 11(1), 37. <https://doi.org/10.22146/ijeis.58268>
- Andrianto, M., Laili, A., Agustin, D., Makassar, U. N., & Sumbawa, H. (2024). *Identifikasi Bacillus sp . Yang Diisolasi Dari Madu Liar*. 4(2), 1–6.
- Anggiani, M. (2020). Potensi Mikroorganisme Sebagai Agen Bioremediasi Mikroplastik Di Laut. *Oseana*, 45(2), 40–49. <https://doi.org/10.14203/oseana.2020.vol.45no.2.92>
- Anindita, S., Anwar, M., Taufiq, T., & Wahyuningsih, T. D. (2017). Ketahanan Isolat Bakteri Asal Feses Bayi Terhadap Variasi Suhu dan pH. *Proceeding Health Architecture*, 1(1), 978–602.
- Anokhe, A., & Kalia, V. (2021). Determination of Fermentation Pathway by Methyl

Red and Voges Proskauer. *AgriCos e-Newsletter*. 2(11) 13

- Anwariani, D. (2019). Pengaruh Air Limbah Domestik Terhadap Kualitas Sungai. *Journal Teknik Lingkungan*, 9(6), 1–6.
- Asiandu, A. P., Wahyudi, A., & Sari, S. W. (2020). A Review: Plastics Waste Biodegradation Using Plastics-Degrading Bacteria. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, 9(1), 148–157. [https://doi.org/10.47277/jett/9\(1\)157](https://doi.org/10.47277/jett/9(1)157)
- Bhagwat, G., O'Connor, W., Grainge, I., & Palanisami, T. (2021). Understanding the Fundamental Basis for Biofilm Formation on Plastic Surfaces: Role of Conditioning Films. *Frontiers in Microbiology*, 12(June), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.687118>
- Chang, J. J. M. Huang, D. (2024). Skimming the skaters: genome skimming improves phylogenetic resolution of Halobatinae (Hemiptera: Gerridae). *Insect Systematics and Diversity*, 8(4). <https://doi.org/10.1093/isd/ixae015>
- Chen, J., Miao, X., Xu, M., He, J., Xie, Y., Wu, X., Chen, G., Yu, L., & Zhang, W. (2015). Intra-genomic heterogeneity in 16S rRNA genes in strictly anaerobic clinical isolates from periodontal abscesses. *PLoS ONE*, 10(6), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130265>
- Choudhary, O. P., & ka, P. (2017). Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 1877–1882. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.605.207>
- Danso, D., Chow, J., & Streita, W. R. (2019). Plastics: Environmental and biotechnological perspectives on microbial degradation. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(19). <https://doi.org/10.1128/AEM.01095-19>
- Das, M. P., & Kumar, S. (2013). *Formation on Ldpe Biodegradation*. 5(4), 3–7.
- Decy Arwini, N. P. (2022). Sampah Plastik Dan Upaya Pengurangan Timbulan Sampah Plastik. *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 5(1), 72–82. <https://doi.org/10.47532/jiv.v5i1.412>
- Deglas, W. (2023). Pengaruh Jenis Plastik Polyethylene (Pe), Polypropylene (Pp), High Density Polyethylene (Hdpe), Dan Overheated Polypropylene (Opp) Terhadap Kualitas Buah Pisang Mas. *Jurnal Pertanian Dan Pangan*, 5(1), 33–42.
- Dewi, R., & Sari, D. P., & Suryani, N. (2017). Karakteristik fenotipik dan uji koagulase pada isolat bakteri genus Staphylococcus dari kulit mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Udayana. *Jurnal Biomedik*, 9(2), 85–90.

- Dwiyanti Suryono, D. (2019). Sampah Plastik di Perairan Pesisir dan Laut: Implikasi Kepada Ekosistem Pesisir Dki Jakarta. *Jurnal Riset Jakarta*, 12(1), 17–23. <https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v12i1.2>
- Elyza, F., Gofar, N., & Munawar, M. (2016). Identifikasi Dan Uji Potensi Bakteri Lipolitik Dari Limbah Sbe (Spent Bleaching Earth) Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13(1), 12. <https://doi.org/10.14710/jil.13.1.12-18>
- Emmanuel-Akerele, H. A., Akinyemi, P. O., & Igbogbo-Ekpunobi, O. E. (2022). Isolation and identification of plastic degrading bacteria from dumpsites Lagos. *Advances in Environmental Technology*, 8(1), 59–71. <https://doi.org/10.22104/AET.2022.5268.1428>
- Evode, N., Qamar, S. A., Bilal, M., Barceló, D., & Iqbal, H. M. N. (2021). Plastic waste and its management strategies for environmental sustainability. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 4(August). <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100142>
- Fadli, D. A., Utami, A., & Yudono, A. R. A. (2021). Pengaruh Karakteristik Limbah Cair Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Di Desa Siraman, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Gunungkidul, DIY. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Satu Bumi*, 3(1), 130–138. <https://doi.org/10.31315/psb.v3i1.6243>
- Fajar, I., Yudha Perwira, I., & Made Ernawati, N. (2022). Pengaruh Derajat Keasaman (pH) terhadap Pertumbuhan Bakteri Toleran Kromium Heksavalen dari Sedimen Mangrove di Muara Tukad Mati, Bali. *Current Trends in Aquatic Science V*, 6(1), 1–6.
- Fietri, W. A., Rajak, A., & Sumarmin, R. (2021). Analisis Filogenetik Familia Ikan Kerapu Serranidae Berdasarkan Penandaan Chytocrome Oxydase I (COI) dari Pasar Ikan Lokal di Indonesia. *Jurnal Biologi Papua*, 13(2), 129–136. <https://doi.org/10.31957/jbp.1471>
- Firmansyah, Y. W., Fuadi, M. F., Ramadhansyah, M. F., Sugiester S, F., Widyantoro, W., Lewinsca, M. Y., Diyana, S., Marlina, N. I. V., Arumdani, I. S., Pratama, A. Y., Azhari, D., Sukaningtyas, R., & Hardiyanto, A. (2021). Keberadaan Plastik di Lingkungan, Bahaya terhadap Kesehatan Manusia, dan Upaya Mitigasi: Studi Literatur. *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4), 2279–2285. <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3471>
- Fukuda, K., Ogawa, M., Taniguchi, H., & Saito, M. (2016). Molecular approaches to studying microbial communities: Targeting the 16S ribosomal RNA gene. *Journal of UOEH*, 38(3), 223–232. <https://doi.org/10.7888/juoeh.38.223>

- Gemilang, P. S. (2023). Gangguan Kesehatan pada Masyarakat yang Disebabkan oleh Bakteri Mesofilik. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Biologi Dan Sains*, 2(2), 56–61. <https://doi.org/10.30998/jpmbio.v2i2.2376>
- Gergonius, F., & Yuni, S. (2016). Isolasi Dan Uji Biokimia Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes Spp.*). *Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(2), 27–29.
- Ghatge, S., Yang, Y., Ahn, J. H., & Hur, H. G. (2020). Biodegradation of polyethylene: a brief review. *Applied Biological Chemistry*, 63(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3>
- Gunadi, R. A. A., Iswan, I., & Ansharullah, A. (2020). Minimalisasi Penggunaan Produk Kemasan Plastik Makanan Jajanan Siswa Sekolah Dasar. *ABDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 183–199. <https://doi.org/10.35568/abdimas.v3i1.540>
- Gupta, N. (2019). DNA extraction and polymerase chain reaction. *Journal of Cytology*, 36(2), 116–117. https://doi.org/10.4103/JOC.JOC_110_18
- Guzman, A., Gnutek, N., & Janik, H. (2011). Biodegradable Polymers for Food Packing – Factors Influencing their Degradation and Certification Types – a Comprehensive Review. *Chemistry & Chemical Technology*, 5(1), 115–122. <https://doi.org/10.23939/chcht05.01.115>
- Haas, B. J., Gevers, D., Earl, A. M., Feldgarden, M., Ward, D. V., Giannoukos, G., Ciulla, D., Tabbaa, D., Highlander, S. K., Sodergren, E., Methé, B., DeSantis, T. Z., Petrosino, J. F., Knight, R., & Birren, B. W. (2011). Chimeric 16S rRNA sequence formation and detection in Sanger and 454-pyrosequenced PCR amplicons. *Genome Research*, 21(3), 494–504. <https://doi.org/10.1101/gr.112730.110>
- Hardianti, N., & Sayuti, I. (2015). *Isolation and Identification of Bacteria Market Organic Waste Pekanbaru City and Potential As Student Worksheet Design Biology Sma*. 1–15.
- Harsh Bhardwaj, Meenakshi Gupta, & Anurag Tiwari. (2013). Communities of Microbial Enzymes Associated with Biodegradation of Plastics. *Journal of Polymers and the Environment*, 21, 183–194.
- Hidayat, A. D. S., Farid, M., & Wibisono, A. T. (2017). Karakterisasi Morfologi Sifat Akustik Dan Sifat Fisik Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Dendrocalamus Asper Untuk Otomotif. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 2–7. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25275>
- Iman Mujiarto, ST., M. (2023). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan

Aditif. *Repository.Uin-Suska.Ac.Id*. <http://repository.uin-suska.ac.id/26740/1/>

- Irawati, W., Lucky, E., Tumakaka, Y. P. ., Immanuel, C., & Marvella, E. B. (2022). Karakterisasi *Bacillus cereus* strain IrN yang memiliki sifat multiresistensi terhadap tembaga dan pewarna. *Jurnal Biologi Udayana*, 26(2), 248. <https://doi.org/10.24843/jbiounud.2022.v26.i02.p10>
- Jabeen, R., Javed, E., Habiba, U., Choochan, M. A., Asim, M., Alatawi, F. S., Ishfaq, H., & Nisar, J. (2024). Medicinal potential of antimicrobial peptides from two plants against *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus*. *Italian Journal of Medicine*, 18(1). <https://doi.org/10.4081/itjm.2024.1670>
- Kearse, M., Moir, R., Wilson, A., Stones-Havas, S., Cheung, M., Sturrock, S., Buxton, S., Cooper, A., Markowitz, S., Duran, C., Thierer, T., Ashton, B., Meintjes, P., & Drummond, A. (2012). Geneious Basic: An integrated and extendable desktop software platform for the organization and analysis of sequence data. *Bioinformatics*, 28(12), 1647–1649. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts199>
- Khastini, R. O., Sukarno, N., Suharsono†, U. W., & Hashidoko, Y. (2022). Isolasi dan Respons Tumbuh Cendawan Mutualistik Akar pada Beberapa Tanaman Pangan dan Kehutanan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 85–94. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.85>
- Kotova, I. B., Taktarova, Y. V., Tsavkelova, E. A., Egorova, M. A., Bubnov, I. A., Malakhova, D. V., Shirinkina, L. I., Sokolova, T. G., & Bonch-Osmolovskaya, E. A. (2021). Microbial Degradation of Plastics and Approaches to Make it More Efficient. *Microbiology (Russian Federation)*, 90(6), 671–701. <https://doi.org/10.1134/S0026261721060084>
- Kumar Sen, S., & Raut, S. (2015). Microbial degradation of low density polyethylene (LDPE): A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(1), 462–473. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.01.003>
- Kurnia, M., Amir, H., & Handayani, D. (2020). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Dari Makanan Tradisional Suku Rejang Di Provinsi Bengkulu: “Lemea.” *Alotrop*, 4(1). <https://doi.org/10.33369/atp.v4i1.13705>
- Lawniczak, L., Woniak-Karczewska, M., Loibner, A. P., Heipieper, H. J., & Chrzanowski, Ł. (2020). Microbial degradation of hydrocarbons—basic principles for bioremediation: A review. *Molecules*, 25(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/molecules25040856>
- Liu, X. Y., Hu, Q., Xu, F., Ding, S. Y., & Zhu, K. (2020). Characterization of *Bacillus cereus* in dairy products in China. *Toxins*, 12(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/toxins12070454>

- Lizayana, Mudatsir, & Iswandi. (2016). Densitas Bakteri Pada Limbah Cair Pasar Tradisional. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 1(1), 95–106.
- Maatoke, C. D., Dewani, Z., & Suciati, F. (2024). Karakterisasi Morfologi Dan Fisiologi Mikrob Pelarut Fosfat Dan Mikrob Penambat N₂ (Azotobacter) Dari Rhizosfer Tanaman Padi Dan Tanah Hutan Cifor Dramaga Bogor. *Bio-Lectura : Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(1), 113–121. <https://doi.org/10.31849/bl.v11i1.19518>
- Macali, A., Semenov, A., Venuti, V., Crupi, V., D'Amico, F., Rossi, B., Corsi, I., & Bergami, E. (2018). Episodic records of jellyfish ingestion of plastic items reveal a novel pathway for trophic transference of marine litter. *Scientific Reports*, 8(1), 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24427-7>
- Megawati, M., Ananda, M., & Suwastika, I. N. (2019). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri yang Bersimbiosis dengan Spons. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 8(3). <https://doi.org/10.22487/25411969.2019.v8.i3.14957>
- Mohan, K., & srivastava, T. (2011). Microbial deterioration and degradation of Polymeric materials. *Journal of Biochemical Technology*, 2(4), 210–215.
- Mohanan, N., Montazer, Z., Sharma, P. K., & Levin, D. B. (2020). Microbial and Enzymatic Degradation of Synthetic Plastics. *Frontiers in Microbiology*, 11(November). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.580709>
- Montazer, Z., Najafi, M. B. H., & Levin, D. B. (2020). Challenges with verifying microbial degradation of polyethylene. *Polymers*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/polym12010123>
- Muflih, G. Z., Cahyani, A. D., Permatasari, I. O., Khulasoh, K., Luktiandi, W., Semarang, U. N., & Jember, U. (2024). *Pelatihan Canva Sebagai Implementasi Program Adaptasi Teknologi Pada Kurikulum Merdeka Untuk Siswa Smp Pgr 1. 5*, 427–432.
- Mukadam, H., Gaikwad, S. V., Kutty, N. N., & Gaikwad, V. D. (2024). Bioformulation of *Bacillus proteolyticus* MITWPUB1 and its biosurfactant to control the growth of phytopathogen *Sclerotium rolfsii* for the crop *Brassica juncea* var local, as a sustainable approach. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 12(April), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1362679>
- Nayan, A., & Hafli, T. (2022). Analisa Struktur Mikro Material Komposit Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, 6(1), 15. <https://doi.org/10.29103/mjmst.v6i1.8184>
- Noer, S. (2021). Identifikasi Bakteri secara Molekular Menggunakan 16S rRNA. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 1(1), 1.

<https://doi.org/10.30998/edubiologia.v1i1.8596>

Nofiyanti, E., Lazuardi, R. D., Mellyanawaty, M., & Wardani, G. A. (2023). Uji Efektivitas Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L.) dalam Degradasi Sampah Plastik Oriented Polypropylene. *Rekayasa*, 16(2), 189–194. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i2.19321>

Novitasari, A. R., Satyantini, W. H., Andriyono, S., & Sa'adah, N. (2023). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pengurai Mikroplastik Polyethylene Terephthalate dari Sedimen Ekosistem Mangrove Pasir Putih. *Journal of Marine Research*, 12(1), 52–60. <https://doi.org/10.14710/jmr.v12i1.37503>

Nuryanti, S., Fitriana, F., & Pratiwi, A. R. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Penghasil Selulosa Dari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*, 13(1), 71–79. <https://doi.org/10.33096/jifa.v13i1.768>

Octavianda, F. T., Asri, M. T., & Lisdiana, L. (2016). Potensi Isolat Bakteri Pendegradasi Plastik Jenis Polietilen Oxo-Degradable dari Tanah TPA Benowo Surabaya Potential of Oxo-Degradable Polyethylene-Degrading Bacteria of Benowo Landfill Soil Surabaya. *Lentera Bio*, 5(1), 32–35. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>

Oktavia Asriza, R., Nur Azizah, Q., Narulita, A., & Kunci, K. (2023). Analisis Sifat Mekanik dan Permukaan pada Degradasi Plastik Konvensional. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 4(1), 25–29. <https://journal.ubb.ac.id/jrfi/article/view/4645>

Pangastuti, A. (2006). Review: Species definition of procaryotes based on 16S rRNA and protein coding genes sequence. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 7(3), 292–296. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d070319>

Pangestu, N. S., Budiharjo, A., & Rukmi, M. I. (2016). Isolasi, Identifikasi 16s rRNA dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilen (PE). *Jurnal Biologi*, 5(1), 24–29.

Pitanova, T., & Alva, S. (2023). Karakteristik Mekanikal Material Polimer PVC dengan Variasi Konsentrasi Vco (Virgin Coconut Oil). *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 5(1), 4422–4435.

Pratiwi, N., Pramila, C., Safitri, F., Namidya, S. K., Putri, D. H., & Metode, B. (2023). *The Effect of Micro Radiation on Microbial DNA Pengaruh Radiasi Mikro Terhadap DNA Mikroba Abstrak Pendahuluan*. 8(1), 74–78.

Pratiwi, W. M., & Asri, M. T. (2022). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Pestisida Profenofos dan Klorantraniliprol di Jombang Jawa Timur. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 300–309. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v11n2.p300-309>

- Pulungan, A. S. S., & 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), 71–80. <https://doi.org/10.31289/biolink.v5i1.1665>
- Purba, A. K. R., Luz, C. F., Wulandari, R. R., van der Gun, I., Dik, J. W., Friedrich, A. W., & Postma, M. J. (2020). The impacts of deep surgical site infections on readmissions, length of stay, and costs: A matched case–control study conducted in an academic hospital in the netherlands. *Infection and Drug Resistance*, 13, 3365–3374. <https://doi.org/10.2147/IDR.S264068>
- Purnama, D., Hermansyah, S., Elvia, R., Kimia, P., Pmipa, J., & Bengkulu, U. (2020). Isolasi Bakteri Dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Sebakul Sebagai Agen Biodegradasi Limbah Plastik Polyethylene. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 4(2), 98–106.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *The Journal of Immunology*, 159(10), 5053–5062. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.159.10.5053>
- Ramdhini, D. W., & Jannah, M. (2019). Analisis Filogenetik Anggrek *Dendrobium* Berdasarkan Sekuen Its Rdna Phylogenetic Analysis Of *Dendrobium* Based On ITS rDNA Sequence. *Bio-Sains: Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(1), 8–12. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>.
- Rastimesina, I., Postolachi, O., Vorona, V., Mamaliga, V., & Voinescu, A. (2022). *Identification of Mixed Microbial Consortia Isolated From Polyethylene Films Surface. September 2022*, 89–90. <https://doi.org/10.21698/simi.2022.ab35>
- Rau, C. H., Yudistira, A., & Simbala, H. E. I. (2018). Isolasi, Identifikasi Secara Molekuler Menggunakan Gen 16s Rrna, Dan Uji Aktivitas Antibakteri Bakteri Symbion Endofit Yang Diisolasi Dari Alga *Halimeda opuntia*. *Pharmacon*, 7(2), 53–61. <https://doi.org/10.35799/pha.7.2018.19509>
- Restrepo-Florez, J. M., Restrepo, A., & Sirohi, R. (2014). Microbial degradation and deterioration of polyethylene – A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 13969–13983.
- Riandi, M., Kawuri, R., & Sudirga, S. (2017). Dalam mendegradasi limbah polimer plastik berbahan dasar high density polyethelene (HDPE) dan low density polyethelene (LDPE). *Jurnal Simbiosis (2017) 5(2) 58-63, September*, 58–63. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/simbiosis/article/view/34827>
- Rizki, S. A., Latief, M., & Rahman, H. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-Heksan, Etil Asetat Dan Etanol Daun Durian (*Durio zibethinus* Linn.) Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus epidermidis*.

Jurnal Mahasiswa Farmasi, 442–457.

Rizkianto, T., Setyawan, A., & Sarwono, D. (2015). Pengaruh Pengisian rongga pada campuran aspal porous menggunakan aspal polimer starbite-55 terhadap kuat tekan dan kuat tarik. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 479–484. <https://jurnal.uns.ac.id/matriks/article/view/37203>

Rosmania, R., & Yanti, F. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan pengembangan metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76. <https://doi.org/10.56064/jps.v22i2.564>

Sa'adah, N. (2020). Bakteri Symbion Akar Mangrove *Avicennia* Sp. Sebagai Pendegradasi Pewarna Tekstil. *Barakuda 45: Jurnal Ilmu Perikanan Dan Kelautan*, 2(2), 50–55. <https://doi.org/10.47685/barakuda45.v2i2.91>

Salsabila Zahrotul 'Izzah, A., & Muhammad Iqbal Filayani. (2022). Karakterisasi Bakteri Potensial Pengurai Plastik di Kawasan Bakau Sine Tulungagung. *Jurnal Biotek*, 10(2), 212–223. <https://doi.org/10.24252/jb.v10i2.32699>

Sari, D. P., Rahmawati, & W, E. R. P. (2019). Deteksi dan Identifikasi Genera Bakteri Coliform Hasil Isolasi dari Minuman Lidah Buaya. *Jurnal Labora Medika*, 3(1), 29–35. <http://jurnal.unimus.ac.id/index.php/JLabMed>

Sari, R., & Apridamayanti, P. (2015). Cemaran *Eshericia coli* dalam makanan laut yang beredar di pasar tradisional Kota Pontian. *Jurnal Kesehatan Khatulistiwa*, 1(1), 44. <https://doi.org/10.26418/jurkeswa.v1i1.42974>

Sendjaya, D. A., Kardila, I. R., Lestari, S., & Kusumawaty, D. (2021). Review: Potensi Bakteri Dari Saluran Pencernaan Ikan Sidat (*Anguilla* sp.) Sebagai Pendegradasi Sampah Plastik. *Indobiosains*, 3(2), 18. <https://doi.org/10.31851/indobiosains.v3i2.5848>

Setyawati, R., & Zubaidah, S. (2021). Optimasi Konsentrasi Primer dan Suhu Annealing dalam Mendeteksi Gen Leptin pada Sapi Peranakan Ongole (PO) Menggunakan Polymerase Chain Reaction (PCR). *Indonesian Journal of Laboratory*, 4(1), 36. <https://doi.org/10.22146/ijl.v4i1.65550>

Shahi, S. K., Freedman, S. N., & Mangalam, A. K. (2017). Gut microbiome in multiple sclerosis: The players involved and the roles they play. *Gut Microbes*, 8(6), 607–615. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1349041>

Shovitri, M., & Marjayandari, L. (2015). Potensi Bakteri *Bacillus* sp. dalam Mendegradasi Plastik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 2337–3520.

Sianturi, K. P. T., Amin, B., & Galib, M. (2021). Microplastic Distribution in Sediments in Coastal of Pariaman City, West Sumatera Province. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 4(1), 73–79.

<https://doi.org/10.31258/ajoas.4.1.73-79>

Sihotang, M. A. E. D., Erwinda, Y. E., Suwarni, E., & Lusianti, E. (2021). Desain Primer dan Analisis in Silico untuk Amplifikasi Gen mt-Co1 pada Tikus got (*Rattus norvegicus*). *Eruditio : Indonesia Journal of Food and Drug Safety*, *1*(2), 20–29. <https://doi.org/10.54384/eruditio.v1i2.82>

Suminto, S. (2017). Ecobrick: solusi cerdas dan kreatif untuk mengatasi sampah plastik. *Productum Jurnal Desain Produk (Pengetahuan Dan Perancangan Produk)*, *3*(1), 26. <https://doi.org/10.24821/productum.v3i1.1735>

Supit, A., Tompodung, L., & Kumaat, S. (2022). Mikroplastik sebagai Kontaminan Anyar dan Efek Toksiknya terhadap Kesehatan Microplastic as an Emerging Contaminant and its Toxic Effects on Health. *Jurnal Kesehatan*, *13*, 199–208.

Sutrisna, R., Ekowati, C., Farisi, S., & Setyawan, H. (2017). The Viability Test of Lactic Acid Bacteria from Intestine in Preparation on Poultry Ration. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, *5*(3), 53–57.

Syah, M. A., Yaddi, Y., & Ulfa, N. I. (2024). Identifikasi Molekuler Bakteri Lipolitik Yang Diisolasi Dari Sedimen Mangrove Teluk Kendari. *11*(1), 68–77.

Troisi, M., Del Prete, S., Troisi, S., Marasco, D., Rinaldi, M., & Costagliola, C. (2024). Scanning Electron Microscopy (SEM) Evaluation of the Ultrastructural Effects on Conjunctival Epithelial Cells of a New Multiple-Action Artificial Tear Containing Cross-Linked Hyaluronic Acid, Cationic Liposomes and Trehalose. *Biomedicines*, *12*(9), 1945. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12091945>

van Emmerik, T., & Schwarz, A. (2020). Plastic debris in rivers. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, *7*(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/wat2.1398>

Veerappapillai, S., & Muthukumar, A. (2015). Biodegradation of Plastics-A Brief Review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, *31*(2), 204–209.

Webb, H. K., Arnott, J., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2013). Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly(ethylene terephthalate). *Polymers*, *5*(1), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym5010001>

Wichatham, K., Piyaviriyakul, P., Boontanon, N., Surinkul, N., Visvanathan, C., Fujii, S., & Boontanon, S. K. (2024). Biodegradation of polypropylene plastics in vitro and natural condition by *Streptomyces* sp. isolated from plastic-contaminated sites. *Environmental Technology and Innovation*, *35*(January),

103681. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103681>

Widyadnyana, D. G. A., Sukrama, I. D. M., & Suardana, I. W. (2017). Identifikasi Bakteri Asam Laktat Isolat 9A dari Kolon Sapi Bali sebagai Probiotik melalui Analisis Gen 16S rRNA. *Jurnal Sain Veteriner*, 33(2), 56–61. <https://doi.org/10.22146/jsv.17923>

Yamashita, A. ... Imamizu, H. (2019). Harmonization of resting-state functional MRI data across multiple imaging sites via the separation of site differences into sampling bias and measurement bias. In *PLoS Biology* (Vol. 17, Issue 4). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000042>