

**EFEK MIKROPLASTIK TUNGGAL DAN KOMBINASI
LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) TERHADAP AKTIVITAS
ENZIM AMILASE KERANG DARAH (*Anadara granosa*)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*



**OLEH
RISMA AMELIA
08051382126099**

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDERALAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEK MIKROPLASTIK TUNGGAL DAN KOMBINASI LOGAM BERAT
KADMIUM (Cd) TERHADAP AKTIVITAS ENZIM AMILASE KERANG
DARAH (*Anadara granosa*)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

Oleh:

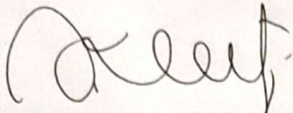
Risma Amelia

08051382126099

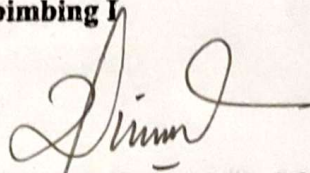
Indralaya, 2025

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si
NIP. 197601052001122001



Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D.
NIP. 198802222015041002

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Ilmu Kelautan**



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M. Sc
NIP. 197905212008011009

Tanggal Pengesahan:

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Risma Amelia

NIM : 08051382126099

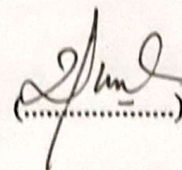
Jurusan : Ilmu Kelautan

Judul Skripsi : Efek Mikroplastik Tunggal dan Kombinasi Logam Berat
Kadmium (Cd) terhadap Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah
(*Anadara granosa*)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

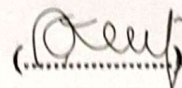
DEWAN PENGUJI

Ketua : Beta Susanto Barus, S.Pi., M. Si., Ph.D
NIP. 198802222015041002



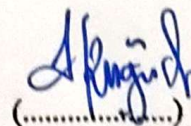
(.....)

Anggota : Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si
NIP. 197601052001122001



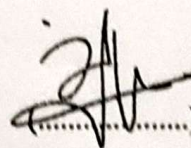
(.....)

Anggota : Dr. Fitri Agustriani, S.Pi., M.Si
NIP. 197808312001122003



(.....)

Anggota : Dr. Wike Ayu Eka Putri, S.Pi., M.Si
NIP. 197905122008012017



(.....)

Ditetapkan di : Indralaya

Tanggal :

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya Risma Amelia, 08051382126099 menyatakan bahwa Karya Ilmiah/Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan Karya Ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun Perguruan Tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Karya Ilmiah/Skripsi ini yang berasal dari penulis lain, baik yang dipublikasikan ataupun tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua Karya Ilmiah/Skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Indralaya, Juli 2025



Risma Amelia

NIM. 08051382126099

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Risma Amelia
NIM : 08051382126099
Jurusan : Ilmu Kelautan
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengeathuan Alam
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Efek Mikroplastik Tunggal dan Kombinasi Logam Berat Kadmium (Cd) terhadap Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpsn, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis pertama/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Juli 2025

Yang Menyatakan,


Risma Amelia
NIP. 08051382126099

ABSTRAK

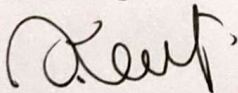
Risma Amelia. 08051382126099. Efek Mikroplastik Tunggal dan Kombinasi Logam Berat Kadmium (Cd) terhadap Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (*Anadara granosa*)

(Pembimbing : Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D. dan Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si.)

Pencemaran perairan oleh mikroplastik dan logam berat merupakan isu lingkungan yang semakin mengkhawatirkan. Mikroplastik, selain bersifat persisten, juga berpotensi sebagai vektor bagi logam berat seperti kadmium (Cd), yang bersifat toksik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mikroplastik polipropilen (PP) secara tunggal maupun dalam kombinasi dengan logam berat Cd terhadap aktivitas enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*). Penelitian dilakukan melalui pemberian tiga perlakuan berbeda, yakni mikroplastik PP, logam berat Cd, dan kombinasi keduanya, selama 1, 3, 5, dan 7 hari. Aktivitas enzim diukur menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 540 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi PP dan Cd secara konsisten menghasilkan peningkatan aktivitas enzim amilase tertinggi dibandingkan perlakuan tunggal. Hal ini menunjukkan adanya efek sinergis antara kedua jenis kontaminan terhadap sistem metabolisme kerang darah. Sebaliknya, mikroplastik PP tunggal memberikan pengaruh paling rendah terhadap aktivitas enzim. Fluktuasi aktivitas enzim menunjukkan respons adaptif kerang terhadap stres lingkungan akibat paparan zat toksik. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa kombinasi mikroplastik dan logam berat Cd berpotensi menimbulkan dampak fisiologis yang lebih besar dibandingkan paparan tunggal, dan aktivitas enzim amilase dapat dijadikan indikator awal dalam mendeteksi gangguan akibat pencemaran kimiawi di lingkungan laut.

Kata kunci: Mikroplastik, Kadmium, *Anadara granosa*, Enzim amilase, Pencemaran perairan

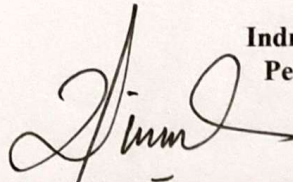
Pembimbing II



Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si
NIP. 197601052001122001

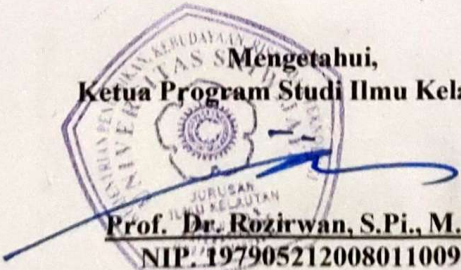
Indralaya, 2025

Pembimbing I



Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D.
NIP. 198802222015041002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M. Sc
NIP. 197905212008011009

ABSTRACT

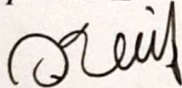
Risma Amelia. 08051382126099. *The Effect of Single Microplastic and Combination of Cadmium (Cd) Heavy Metal on Amylase Enzyme Activity of Blood Clams (Anadara granosa)*

(Supervisor: Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D. and Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si.)

Marine pollution caused by microplastics and heavy metals has emerged as a critical environmental issue. Microplastics, known for their persistence, can act as vectors for toxic substances such as cadmium (Cd), thereby increasing their bioavailability and potential harm to marine organisms. This study aimed to examine the effects of polypropylene (PP) microplastics, both individually and in combination with Cd, on the activity of the digestive enzyme amylase in blood cockles (*Anadara granosa*). Experimental treatments included exposure to PP microplastics, Cd, and a combination of both contaminants for 1, 3, 5, and 7 days. Amylase activity was measured using spectrophotometry at a wavelength of 540 nm. The results indicated that the combined exposure of microplastics and Cd consistently produced the highest increase in amylase activity compared to single exposures, suggesting a synergistic toxic effect on the metabolic functions of the organism. In contrast, PP microplastics alone exhibited the least impact on enzyme activity. The observed fluctuations in enzymatic activity reflect an adaptive physiological response of the cockles to environmental stress. These findings highlight the significant influence of combined pollutants on digestive enzyme performance and suggest that amylase activity can serve as an early biochemical indicator for assessing sublethal stress in marine bivalves caused by chemical contaminants.

Keywords: Microplastic, Cadmium, *Anadara granosa*, Amylase enzyme, Marine pollution

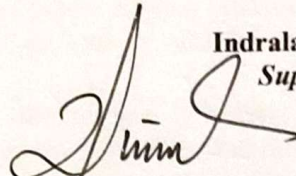
Supervisor II



Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si
NIP. 197601052001122001

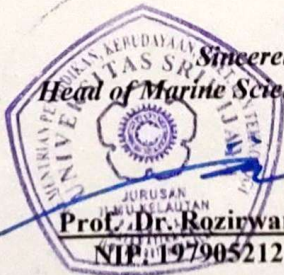
Indralaya, 2025

Supervisor I



Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D.
NIP. 198802222015041002

Sincerely,
Head of Marine Science Department



Prof. Dr. Rozirwan, S.Pi., M. Sc
NIP. 197905212008011009

RINGKASAN

Risma Amelia. 08051382126099. Efek Mikroplastik Tunggal dan Kombinasi Logam Berat Kadmium (Cd) terhadap Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (*Anadara granosa*) (Pembimbing : Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D. dan Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si.)

Pencemaran lingkungan perairan oleh partikel mikroplastik dan logam berat merupakan permasalahan ekologis yang terus meningkat dan menjadi perhatian global. Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm yang terbentuk akibat degradasi plastik berukuran lebih besar dan bersifat persisten, sehingga mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama di lingkungan perairan. Sifatnya yang ringan, tahan terhadap degradasi, dan memiliki luas permukaan yang tinggi menjadikan mikroplastik tidak hanya bersifat mencemari, tetapi juga berfungsi sebagai media pengadsorpsi berbagai bahan toksik, termasuk logam berat seperti kadmium (Cd).

Logam berat Cd merupakan salah satu kontaminan yang umum ditemukan di perairan dan dikenal bersifat toksik, genotoksik, serta karsinogenik. Kedua jenis polutan ini mikroplastik dan logam berat Cd dapat memasuki tubuh organisme akuatik, terutama organisme yang memiliki sifat filter feeder seperti kerang darah (*Anadara granosa*). Sebagai organisme benthik yang menyaring partikel tersuspensi dari lingkungan, kerang darah sangat rentan mengalami bioakumulasi kontaminan melalui proses makan dan filtrasi, yang pada akhirnya dapat mengganggu fungsi fisiologis, termasuk sistem pencernaan dan aktivitas enzim.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek paparan mikroplastik polipropilen (PP), logam berat kadmium (Cd), serta kombinasi keduanya terhadap aktivitas enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*). Enzim amilase dipilih sebagai parameter biologis karena berperan penting dalam proses pencernaan karbohidrat dan merupakan indikator yang sensitif terhadap perubahan fisiologis akibat stres lingkungan.

Penelitian dilaksanakan pada Oktober 2024 hingga Februari 2025 di Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Sampel kerang darah diambil dari perairan Muara Banyuasin, kemudian diaklimatisasi dan dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan: (1) mikroplastik PP tunggal (0,035 g/L), (2) logam berat Cd tunggal (0,1 mg/L), dan (3) kombinasi mikroplastik PP dan logam berat Cd. Masing-masing perlakuan dilakukan selama 1, 3, 5, dan 7 hari. Aktivitas enzim amilase diukur menggunakan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 540 nm setelah reaksi dengan larutan asam DNS.

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan perangkat lunak SPSS. Uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji homogenitas (*Levene's Test*) dilakukan terlebih dahulu. Karena data tidak homogen, digunakan uji Welch ANOVA yang dilanjutkan dengan uji post hoc Games-Howell untuk mengidentifikasi perbedaan antar kelompok perlakuan secara lebih mendalam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa paparan kombinasi mikroplastik dan logam berat Cd memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap peningkatan

aktivitas enzim amilase dibandingkan dengan perlakuan tunggal. Nilai aktivitas enzim amilase tertinggi tercatat pada hari ke-7 perlakuan kombinasi, yaitu sebesar 0,637 mg/mL/menit. Sementara itu, perlakuan mikroplastik PP tunggal menghasilkan peningkatan yang lebih rendah dan tidak signifikan secara statistik dibandingkan kontrol. Perlakuan logam berat Cd tunggal memberikan pengaruh sedang, namun lebih tinggi dibanding mikroplastik PP tunggal.

Fluktuasi aktivitas enzim amilase selama periode perlakuan menunjukkan adanya respons fisiologis dari kerang darah terhadap tekanan lingkungan yang diinduksi oleh kontaminan. Pada hari ke-5, seluruh perlakuan mengalami penurunan aktivitas enzim, yang diduga sebagai akibat dari akumulasi stres oksidatif. Namun, peningkatan kembali pada hari ke-7 mengindikasikan adanya mekanisme adaptasi atau pemulihan fisiologis. Respons ini sejalan dengan hipotesis bahwa organisme yang terpapar stres lingkungan cenderung meningkatkan metabolisme energi dan enzim pencernaan sebagai kompensasi terhadap gangguan nutrisi atau kerusakan jaringan.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi antara mikroplastik dan logam berat Cd memberikan efek sinergis yang lebih besar terhadap peningkatan aktivitas enzim amilase dibandingkan dengan paparan tunggal. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara dua jenis polutan dapat memperparah gangguan fisiologis pada organisme laut. Enzim amilase terbukti sebagai indikator biokimia yang sensitif dan relevan dalam mengukur dampak subletal dari pencemaran perairan.

Implikasi dari hasil penelitian ini penting dalam konteks manajemen lingkungan dan konservasi ekosistem perairan pesisir. Informasi mengenai respons biokimia kerang terhadap kontaminan dapat digunakan sebagai dasar dalam pemantauan kualitas lingkungan laut dan sebagai acuan dalam studi toksikologi lingkungan lebih lanjut. Penelitian ini juga memperkuat urgensi pengendalian limbah plastik dan logam berat di wilayah pesisir sebagai upaya mitigasi dampak pencemaran terhadap biota laut.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, Segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang, yang telah menganugerahkan nikmat kesehatan, kekuatan, serta keteguhan hati sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan segala proses panjang yang menyertainya.

Skripsi ini bukan hanya lembar demi lembar tulisan ilmiah, tetapi merupakan hasil dari perjuangan, pengorbanan, keikhlasan, keteguhan hati, dan keberanian untuk terus melangkah, bahkan ketika langkah terasa berat. Dalam proses yang panjang ini, penulis belajar bahwa keberhasilan bukan semata hasil akhir, tetapi juga tentang bagaimana seseorang bertahan dan bertumbuh dalam prosesnya.

Dengan penuh cinta dan penghormatan, karya ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua Orang Tua Tercinta

Mama dan Papa, sumber kehidupan dan inspirasi yang tiada henti. Terima kasih atas kasih sayang, doa, kerja keras, serta pengorbanan yang tak pernah lelah diberikan selama ini. Terima kasih karena telah memperjuangkan pendidikan penulis, meskipun harus menyingkirkan lelah dan menahan banyak hal untuk melihat penulis sampai di titik ini. Cinta dan ketulusan kalian adalah bahan bakar utama dalam setiap langkahku. Semoga keberhasilan kecil ini dapat menjadi awal dari banyak hal yang bisa dibanggakan oleh Mama dan Papa kelak.

2. Bapak dan Ibu Dosen Pembimbing

Terima kasih kepada Bapak Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D. selaku Pembimbing I dan Ibu Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si. selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, waktu, ilmu, serta kesabaran dalam mendampingi penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Bimbingan kalian tidak hanya membentuk kualitas tulisan ini, tetapi juga menumbuhkan cara berpikir ilmiah dan tanggung jawab akademik dalam diri penulis. Terima kasih karena telah mengingatkan

bahwa belajar adalah proses yang memerlukan kerendahan hati dan semangat untuk terus memperbaiki diri.

3. Kedua Dosen Penguji

Terima kasih kepada Ibu Dr. Fitri Agustriani, S.Pi., M.Si selaku penguji I dan Ibu Dr. Wike Ayu Eka Putri, S.Pi., M.Si selaku penguji II, yang telah memberikan kritik dan masukan yang sangat berarti demi kesempurnaan skripsi ini. Terima kasih karena telah mengajarkan penulis untuk melihat lebih dalam, berpikir lebih kritis, dan tidak cepat puas dengan apa yang ada. Saran dan koreksi dari Ibu tidak hanya memperkaya skripsi ini secara ilmiah, tetapi juga memperluas sudut pandang penulis sebagai seorang pembelajar.

4. Saudara-saudaraku Tercinta (Kakak dan kedua adikku)

Yang kehadirannya selalu menjadi penghibur dalam setiap masa sulit. Tawa dan canda kalian menjadi pelipur ketika semangat mulai memudar. Terima kasih karena selalu menciptakan rumah yang hangat dan penuh semangat, meskipun dalam bentuk sederhana.

5. Sahabat Terdekat dan Orang yang tidak bisa disebutkan

Yang telah menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, dan tawa. Terima kasih karena telah mendengarkan tanpa menghakimi, menemani tanpa diminta, dan percaya ketika penulis mulai meragukan diri sendiri. Kalian adalah pelita dalam malam-malam penuh tekanan, dan kekuatan yang sering kali tidak disadari hadirnya, namun sangat berarti.

6. Untuk Diriku Sendiri (Riris)

Yang telah memilih untuk bertahan, ketika jalan terasa panjang dan penuh tantangan. Terima kasih karena tidak menyerah ketika semua terasa sulit, karena terus mencoba meski sering gagal, dan karena tetap melangkah ketika segala sesuatunya terasa tidak pasti. Skripsi ini adalah bukti bahwa kamu mampu, bahwa air mata, lelah, dan ragu yang pernah kamu rasakan bukanlah sia-sia. Ini adalah hadiah atas ketekunan, dan kesabaran yang kamu pupuk meski tidak selalu terlihat oleh orang lain. *Self love* itu penting, karena saat kamu sendirian dan bersedih, siapa

yang ada untukmu? Hanya dirimu sendiri! Jadi cintai dirimu melebihi apapun, setelah itu bangkit untuk lanjutkan semuanya 😊

Akhir kata, semoga karya ini tidak hanya menjadi syarat kelulusan semata, tetapi juga menjadi batu loncatan untuk proses belajar yang lebih luas dan bermakna. Terima kasih kepada setiap pribadi yang telah menjadi bagian dari proses ini, secara langsung maupun tidak langsung. Semoga segala kebaikan dan dukungan yang diberikan dibalas berlipat ganda oleh Allah SWT.

Dengan segala kerendahan hati, Penulis mempersembahkan skripsi ini sebagai bentuk penghargaan atas cinta, perjuangan, dan harapan.

MOTTO

“Gagal berasal dari rasa takut yang tidak dilawan”

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya Dia mendapat (pahala) dari (kebijakan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya"

(Q.S Al-Baqarah:286)

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan"

(Q.S Al-Insyirah: 5-6)

“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”

(B.J Habibie)

"Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan"

(Boy Candra)

"Orang lain gak akan paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories* nya saja. Jadi berjuanglah untuk diri sendiri meskipun gak akan ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini.

Jadi tetap berjuang ya.. 😊



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Efek Mikroplastik Tunggal dan Kombinasi Logam Berat Kadmium (Cd) terhadap Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (Anadara granosa)*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Bapak Beta Susanto Barus, S.Pi., M.Si., Ph.D. selaku Pembimbing I dan Ibu Dr. Riris Aryawati, S.T., M.Si. selaku Pembimbing II atas bimbingan dan arahan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada keluarga dan semua pihak yang telah memberikan dukungan moral dan material.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang kelautan dan lingkungan perairan.

Inderalaya, Juni 2025

Risma Amelia

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Mikroplastik	6
2.2 Logam Berat Kadmium (Cd).....	7
2.3 Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	9
2.4 Enzim Amilase	10
III. METODOLOGI	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Metode Penelitian	13
3.3.1 Persiapan Sampel	13
3.3.2 Prosedur Penelitian	13
3.3.3 Uji Aktivitas Enzim	15
3.3.4 Quality Control.....	16
3.3.5 Analisa Data SPSS	16
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Aktivitas Enzim Amilase	18
4.2 Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) pada Perlakuan 1 Hari	19
4.3 Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) pada Perlakuan 3 Hari	21
4.4 Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) pada Perlakuan 5 Hari	22
4.5 Aktivitas Enzim Amilase Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) pada Perlakuan 7 Hari	24
4.6 Fluktuasi Aktivitas Enzim Amilase Pada Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>) Selama Perlakuan	25
V. KESIMPULAN	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30

LAMPIRAN.....	38
---------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian	5
2. Lokasi pengambilan sampel kerang darah (anadara granosa).....	12
3. Perlakuan sampel	14
4. Aktivitas enzim amilase kerang darah pada hari ke-1 perlakuan. Tanda (a, dan b) pada grafik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$) antar perlakuan.	20
5. Aktivitas enzim amilase kerang darah pada hari ke-3 perlakuan. Tanda (a dan b) pada grafik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan.	21
6. Aktivitas enzim amilase kerang darah pada hari ke-5 perlakuan. Tanda (a dan b) pada grafik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan.	23
7. Aktivitas enzim amilase kerang darah pada hari ke-7 perlakuan. Tanda (a, dan b) pada grafik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan.	24
8. Fluktuasi aktivitas enzim amilase pada kerang darah (anadara granosa) selama perlakuan. Tanda (a, dan b) pada grafik menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) antar perlakuan dan tanda (x) pada grafik menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan ($p > 0,05$) pada perlakuan yang sama namun hari yang berbeda.	26

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang Digunakan.....	12
2. Bahan yang Digunakan	13
3. Aktivitas Enzim Amilase (mg/mL/menit).....	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur Penelitian.....	38
2. Hasil Nilai Absorbansi pada Alat Spektrofotometer Uv-Vis.....	43
3. Hasil Analisis Perangkat Lunak SPSS	52
4. Dokumentasi Anatomi Kerang Darah.....	68

I. PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Pencemaran laut adalah dampak buruk yang disebabkan masuknya bahan kimia atau partikel berbahaya ke dalam laut (Verma *et al.* 2020). Pencemaran yang sering terjadi pada perairan salah satunya disebabkan oleh plastik. Ariyunita *et al.* (2022) mengatakan plastik adalah polimer yang memiliki sifat sulit terdegradasi dan persisten di kawasan perairan. Menurut Labibah dan Triajie (2020) Negara Indonesia adalah negara kontributor polutan plastik di laut terbesar kedua setelah China, dimana jumlah tersebut mencapai kisaran 0,48 – 1,29 juta metrik ton/tahun.

Plastik yang masuk ke perairan dan terdekomposisi akan hancur menjadi potongan-potongan kecil, salah satunya disebut mikroplastik (Hanif *et al.* 2021). Mikroplastik menjadi permasalahan yang mendunia dikarenakan sulit terlihat oleh mata secara langsung (Yulia dan Dewata, 2023). Mikroplastik memiliki toksisitas intrinsik dan dapat menyerap logam berat yang ada di perairan (Chen *et al.* 2023).

Mikroplastik mampu menyerap kontaminan organik, logam, dan patogen dari lingkungan ke dalam organisme (Alimba dan Faggio, 2019). Menurut Sugandi *et al.* (2021) mikroplastik juga mampu menyerap logam berat yang berada di sekitar lingkungannya, kemampuan mikroplastik dalam menyerap logam berat bergantung pada sifat fisik mikroplastik seperti pori, jenis dan luas permukaan dari mikroplastik.

Barus *et al.* (2021) dalam hasil penelitiannya menunjukkan bahwa mikroplastik yang berukuran lebih besar dapat menyerap lebih banyak logam berat meskipun membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai keseimbangan adsorpsi. Penelitian lain yang dilakukan oleh Barus *et al.* (2023) mengatakan bahwa partikel mikroplastik jenis polipropilen (PP) dapat menyerap logam berat lebih baik dibandingkan dengan partikel mikroplastik lainnya.

Selain mikroplastik, logam berat merupakan bahan pencemar mayor yang sering ditemukan di lingkungan perairan. Logam berat yang masuk ke perairan sulit untuk terdegradasi dan akan mengendap di dasar perairan serta dapat teradsorpsi ke dalam tubuh biota (Fernandes *et al.* 2023). Logam berat Cd (kadmium) adalah logam berat yang mengakibatkan efek toksis, genotoksik, dan efek karsinogenik (Wulandari *et al.* 2021).

Mikroplastik yang terserap dalam jumlah besar dapat menimbulkan penyumbatan saluran pencernaan (Sahetapy dan Loilatu, 2023). Menurut Wiyarno *et al.* (2023) efek kesehatan dan toksisitas yang ditimbulkan mikroplastik bergantung pada ukuran, bentuk, jenis polimer densitas, dan kinetika absorpsi pada mikroplastik. Kerang darah (*Anadara granosa*) sering ditemukan terpapar mikroplastik yang berasal dari pencemaran mikroplastik di habitatnya (Arifin *et al.* 2023). Kerang darah (*Anadara granosa*) termasuk ke dalam jenis biota *filter feeder*, dimana mikroplastik dapat terakumulasi pada tubuh kerang. Adanya mikroplastik yang tersebar pada air dan sedimen akan ikut masuk ke dalam tubuh kerang darah (Tuhumury dan Ritonga, 2020). Menurut Lutfi *et al.* (2023) sistem pergerakan kerang darah yang lambat membuat kerang mengalami proses akumulasi dari lingkungan sekitarnya.

Mikroplastik masuk ke perairan dan dimakan oleh biota laut dapat menyebabkan sejumlah kerusakan pada fungsi organ biota salah satunya adalah menghambat produksi dan kinerja enzim (Tuhumury dan Ritonga, 2020). Menurut Supriyatna *et al.* (2015) enzim adalah sekelompok kandungan protein yang berfungsi sebagai katalisator untuk mengatur dan menjalankan serangkaian perubahan dalam berbagai reaksi biokimia. Ada dua jenis utama enzim, a dan b. Tipe a ditemukan pada hewan dan tipe b ditemukan pada tumbuhan (Moran dan Rey, 1996). Enzim amilase adalah salah satu enzim yang berperan dalam proses pencernaan makanan, tanpa enzim amilase, maka karbohidrat yang masuk kedalam tubuh tidak dapat diubah menjadi gula dan dapat mempengaruhi metabolisme makhluk hidup (Syaputri dan Salirawati, 2024).

Enzim amilase yang tidak berfungsi dengan semestinya dapat menyebabkan terjadinya perut kembung akibat gas yang berlebihan pada usus, penurunan berat badan, diare, dan malnutrisi (Amatulhaq *et al.* 2023). Amilase juga berperan sebagai anti bakteri dalam rongga mulut, sehingga gangguan pada enzim amilase dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dalam rongga mulut (Dawood dan samarra, 2018). Selain itu amilase memiliki banyak aplikasi potensial dan banyak digunakan di bidang industri. Di berbagai sektor industri, metode kimia yang digunakan untuk hidrolisis telah digantikan oleh enzim dan membuat prosesnya lebih mudah dan ramah lingkungan (Suriya *et al.* 2016).

Berdasarkan penelitian, saat ini belum banyak informasi mengenai aktivitas enzim amilase untuk melihat efek dari mikroplastik tunggal dan kombinasi dengan logam berat pada kerang darah (*Anadara granosa*). Pemilihan mikroplastik jenis polipropilen (PP) disebabkan karena jenisnya yang umum ditemukan dalam pencemaran mikroplastik di perairan (Victoria, 2017). Pemilihan logam Cd (Kadmium) dikarenakan merupakan salah satu logam berat yang umum memasuki perairan yang bersifat toksik dan tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) (Utami *et al.* 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Pencemaran laut merupakan salah satu masalah yang terjadi di wilayah perairan, salah satunya adalah pencemaran yang diakibatkan adanya sampah plastik. Menurut Hanif *et al.* (2021) sampah yang masuk ke badan perairan akan hancur menjadi potongan-potongan kecil yang terbagi menjadi 4 tingkatan, yaitu nanoplastik ($<1\mu\text{m}$), mikroplastik (1-5mm), mesoplastik (5-25 mm), dan makroplastik ($>25\text{mm}$). Selain cemaran mikroplastik adanya cemaran logam berat juga dapat mengakibatkan pencemaran di wilayah perairan.

Mikroplastik dan logam berat yang masuk ke wilayah perairan dengan tidak sengaja dimakan oleh biota laut dapat menyebabkan sejumlah kerusakan pada fungsi organ biota salah satunya adalah menghambat produksi dan kinerja enzim. Dalam hal ini kerang darah (*Anadara granosa*) yang merupakan biota *filter feeder* akan memakan mikroplastik dan logam berat yang ada di perairan.

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, peneliti merumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh mikroplastik polipropilen (PP) terhadap aktivitas enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*)?
2. Bagaimana pengaruh logam berat kadmium (Cd) terhadap aktivitas enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*)?
3. Bagaimana pengaruh kombinasi mikroplastik polipropilen (PP) dan logam berat kadmium (Cd) terhadap aktivitas enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*)?

1.3 Tujuan

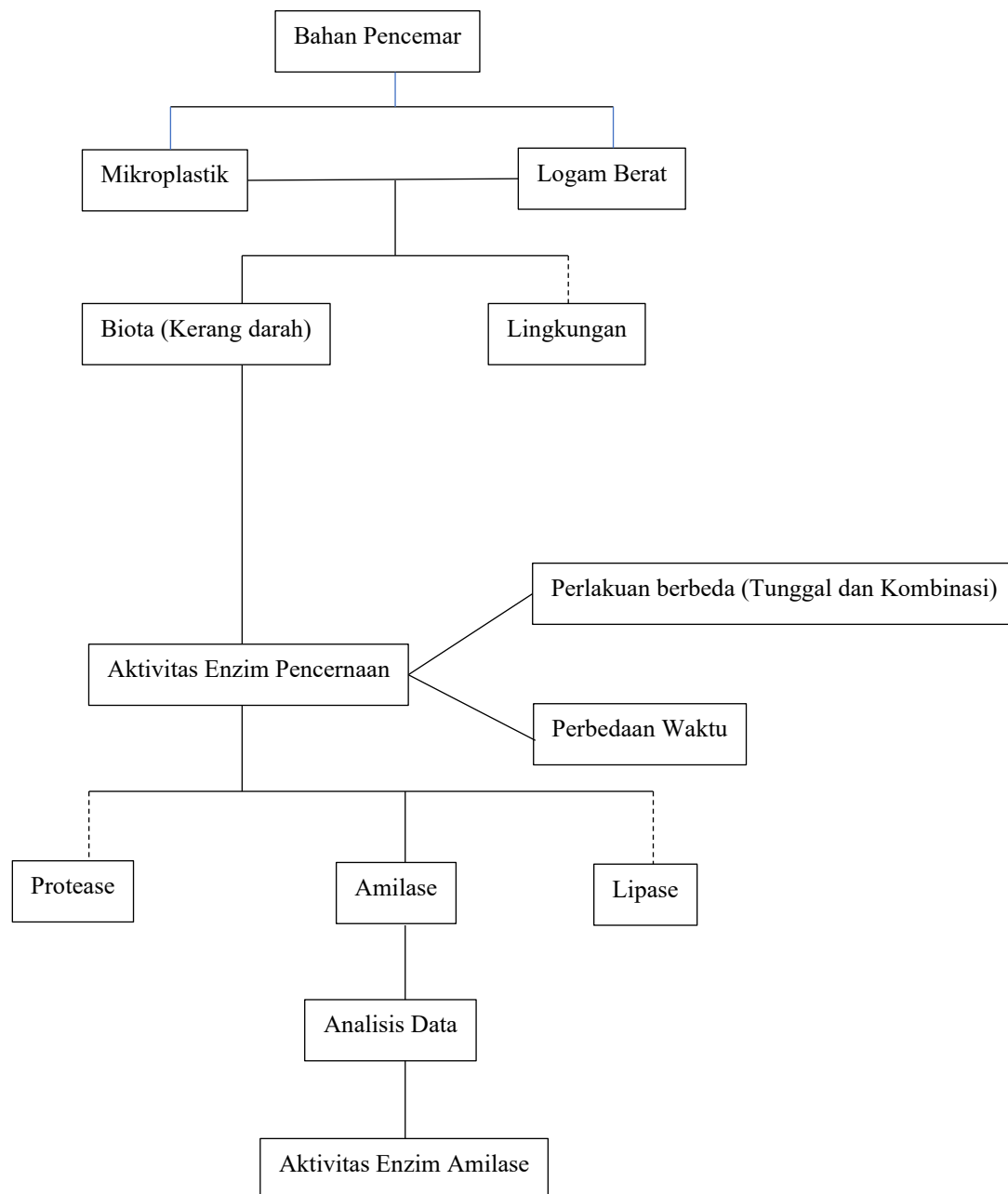
Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis efek mikroplastik polipropilen (PP) tunggal dengan waktu berbeda terhadap enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*)
2. Menganalisis efek logam berat kadmium (Cd) dengan waktu berbeda terhadap aktivitas enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*)?
3. Menganalisis efek mikroplastik polipropilen (PP) kombinasi logam berat Cd dengan waktu berbeda terhadap enzim amilase pada kerang darah (*Anadara granosa*)

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai uji aktivitas enzim serta memberikan informasi mengenai efek yang terjadi terhadap enzim amilase kerang darah (*Anadara granosa*) yang terpapar mikroplastik, logam berat Cd dan kombinasi antara mikroplastik dan logam berat Cd dengan menggunakan metode spektrofotometri, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber acuan dari penelitian di masa depan.

Skema kerangka pemikiran dari penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir berikut.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian

— : Kajian peneliti (batas penelitian)

----- : Bukan kajian penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi JA, Deaton LE. 2012. *The effect of cadmium exposure on digestive enzymes in the eastern oyster Crassostrea virginica*. *Journal of Shellfish Research*, Vol.31(3) : 631-634.
- Ahmad B, Tidore MFH, Tata A, Umar SH. 2023. Kelimpahan mikroplastik pada ekosistem perairan di Maluku Utara: Sebuah Tinjauan. *Sipil Sains* Vol. 13(1).
- Akbar SA, Rahayu HK. 2023. Tinjauan literatur: bioakumulasi logam berat pada ikan di perairan indonesia. *Lantanida Journal*, Vol. 11(1) : 51-66.
- Alburhana LS, Setyati WA, Redjeki S. 2023. Hubungan panjang berat kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Berahan Kulon, Demak. *Journal of Marine Research* Vol. 12(4) : 746-753.
- Alimba CG, Faggio C. 2019. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environmental toxicology and pharmacology* Vol. 68 : 61-74.
- Amatulhaq S, Milvita D, Adrial R. 2023. Pengaruh paparan radiasi dental panoramik digital terhadap aktivitas kerja enzim amilase pada air liur. *Fisika Unand* Vol. 12(1) : 63-69.
- Amqam H, Afifah N, Al Muktadir MI, Devana AT, Pradana U, Yusriani ZF. 2022. Kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada produk garam tradisional di Kabupaten Jeneponto. *Kesehatan Masyarakat* Vol. 12(2) : 147-154.
- Arifin MS, Suprijanto J, Ridlo A. 2023. Keberadaan mikroplastik pada kerang darah (*Anadara granosa*) dari TPI Tambak Lorok, Semarang. *Journal of Marine Research* Vol. 12(3) : 447-454.
- Ariyunita S, Subchan W, Alfath A, Nabilla NW, Nafar SA. 2022. analisis kelimpahan mikroplastik pada air dan gastropoda di sungai bedadung segmen Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember. *Biosense* Vol. 5(2) : 47-51.
- Ayuingtyas WC, Yona D, Julinda SH, Iranawati F. 2019. Kelimpahan mikroplastik pada perairan di banyuurip, Gresik, Jawa Timur. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)* Vol. 3(1) : 41-45.
- Azizah P, Ridlo A, Suryono CA. 2020. Mikroplastik pada sedimen di pantai kartini Kabupaten Jepara Jawa Tengah. *Journal of marine Research* Vol. 9(3) : 326-332.

- Barus BS, Chen K, Cai M, Li R, Chen H, Li C, Cheng SY. 2021. Heavy metal adsorption and release on polystyrene particles at various salinities. *Frontiers in marine Science* Vol. 8, 671802.
- Barus BS, Cheuch CY, Cheng SY. 2023. Microplastics as a vector for heavy metals in hard clam *meretrix lusoria* under various salinities. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)* Vol. 22(2).
- Barus BS, Purwiyanto AIS, Suteja Y, Dwinanti SH. 2023. The effect of single and combined microplastics with heavy metals Cu and Pb on digestive enzymes in *Paphia undulata*.
- Cantika RM, Sasongko AS, Cahyadi FD. 2023. Kandungan logam berat di perairan pulau merak kecil. *Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology* Vol. 16(3) : 281-290.
- Chen Q, Zhao H, Liu Y, Jin L, Peng R. 2023. Factors affecting the adsorption of heavy metals by microplastics and their toxic effects on fish. *Toxics*. Vol. 11(6) : 490.
- Connor KM, Sung A, Garcia NS, Gracey AY, German DP. 2016. Modulation of digestive physiology and biochemistry in *Mytilus californianus* in response to feeding level acclimation and microhabitat. *Biology Open* Vol. 5(9) : 1200-1210.
- Dawood MI, Sammarai. 2018. Saliva and Oral Health. *Internasional Journal of Advanced Research in Biological Sciences* Vol.5(7) : 1-45.
- Dewi IS, Budiarsa AA, Ritonga IR. 2015. Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik* Vol. 4(3).
- Dominika K, Berata IK, Setiasih NLE. 2023. Histopatologi ginjal tikus yang terpapar logam berat timbal. *Buletin Veteriner Udayana* Vol. 15(1) : 45-53.
- Dong R, Liu R, Xu Y, Liu W, Wang L, Liang X, Sun Y. 2022. Single and joint toxicity of polymethyl methacrylate microplastics and As (V) on rapeseed (*Brassia campestris* L.). *Chemosphere* Vol. 291, 133066.
- Elhany NA, Husnudin UB. 2023 Isolasi dan karakterisasi bakteri tahan logam berat pada perairan sungai driyorejo Gresik. *Biogenic* Vol. 1(1) : 28-33.
- Fadhilah W, Sofiana MSJ, Safitri I, Kushadiwijayanto AA. 2023. Kelimpahan mikroplastik di perairan pulau temajo mempawah Kalimantan Barat. *Laut Khatulistiwa* Vol. 6(3) : 134-144.
- Febriani IS, Amin B, Fauzi M. 2020. Distribusi mikroplastik di perairan Pulau Bengkalis Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. *Depik* Vol. 9(3) : 386-392.
- Febrianti N, Ilham M, Hazzah NA, Andriana A, Erwing E, Irfandi R, Ruslang R. 2023. Fitoremediasi tanaman jarak pagar (*jatropha curcas*) pada tanah

tercemar logam berat timbal (pb) dari limbah batubara. *Pendidikan Biologi dan Sains* Vol. 6(1) : 300-305.

Fernandes A, Santoso A, Widowati I. 2023. Kandungan logam (Pb) pada air, sedimen, dan jaringan lunak kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Bandengan, Kabupaten Kendal serta batas aman konsumsi untuk manusia. *Journal of Marine Research* Vol. 12(1) : 27-36.

Gaspersz, N., Fransina, E. G., & Ngarbingan, A. R. (2022). Uji aktivitas penghambatan enzim α -amilase dan glukamilase dari ekstrak etanol daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 19(2), 51-57.

Hanif KH, Suprijanto J, Pratikto I. 2021. Identifikasi mikroplastik di muara sungai kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, Vol. 10(1) : 1-6.

Hanifa NI, Deccati RF, Muliasari H. 2021. Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase dari Rumen Sapi (*Bibos javanicus*). *Journal of Science, Technology and Entrepreneur*, Vol. 3(1).

Harahap AAF, Khairunnisa K, Novalia V. 2022. Analisis Unsur Logam Berat Kadmium pada Kerang Darah di Pasar Tradisional Kota Lhokseumawe. *Sains Global Indonesia* Vol. 3(2) : 79-86.

Hasanuddin, Leonard, F. 2023. Konsentrasi Logam Berat Besi (Fe), Mangan (Mn), Tembaga (Cu) pada Perairan Sungai Radda. *Penelitian Multidisiplin Ilmu* Vol. 2(4) : 2167-2172.

Hutasuhut AR, Susanto A, Kusdianto H. 2024. Pengaruh perbedaan dosis minyak ikan dan minyak jagung terhadap aktivitas enzim pencernaan dan pertumbuhan ikan kelabau (*Osteochilus melanopleurus*). *Akuakultur Sungai dan Danau* Vo. 9(1) : 97-104.

Julaeha E, Rustiyaty S, Fajri NN, Ramdani F, Tantra R. 2016. Pemanfaatan Tepung Gadung (*Dioscorea Hispida* Dennst.) Pada Produksi Amilase Menggunakan *Bacillus* sp. *Edufortech*, Vol. 1(1) : 45-52.

Kabangnga A, Heriansah H, Nursida NF. 2024. Analisis laju filtrasi dan morfometrik kerang darah (*Anadara granosa*) pada budidaya sistem kokultur dengan berbagai kombinasi biota. *Journal of Marine Research* Vol. 13(2) : 185-194.

Kawung NR, Adnyana IWS, Hendrawan IG. 2022. Analisis kelimpahan mikroplastik pada bivalvia di perairan tuminting dan malalayang Kota Manado. *Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)* Vol. 16(2) : 220.

Kharisma RN, Yulianto B, Nuraini RAT. 2023. Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara Granosa*) di Muara Sungai Loji dan

- Perairan Pantai Sekitarnya, Kota Pekalongan. *Journal of Marine Research*, 12(2), 330-335.
- Labibah W, Triajie H. 2020. Keberadaan mikroplastik pada ikan swanggi (*priacanthus tayenus*), sedimen dan air laut di perairan pesisir brondong, Kabupaten Lamongan. *Juvenil: Ilmiah Kelautan Dan Perikanan* Vol. 1(3) : 351-358.
- Layn AA, Emiyarti I. 2020. Distribusi mikroplastik pada sedimen di perairan Teluk Kendari. *Sapa Laut (Jurnal Ilmu Kelautan)* Vol. 5(2) : 115-122.
- Leal E, Fernández-Durán B, Guillot R, Ríos D, Cerdá-Reverter JM. 2011. Stress-induced effects on feeding behavior and growth performance of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*): a self-feeding approach. *Journal of Comparative Physiology B* Vol. 181, 1035-1044.
- Lee J, Jeon MJ, Won EJ, Yoo JW, Lee YM. 2023. Effect of heavy metals on the energy metabolism in the brackish water flea *Diaphanosoma celebensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* Vol. 262, 115189.
- Lestari DP. 2018. Aktivitas enzim pencernaan udang vaname (*Penaeus vannamei*) yang diberikan pakan berbahan baku tepung skeletonema costatum. *Jurnal Perikanan Unram* Vol. 8(1) : 71-75.
- Li J, Yang D, Li L, Jabeen K, Shi H. 2015. Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental pollution* Vol. 207 : 190-195.
- Lutfi M, Asih AYP, Wijaya S. Ibad M. 2023. *Literature Review*: mikroplastik pada berbagai jenis kerang serta dampak terhadap kesehatan. *Journal of Comprehensive Science (JCS)* Vol. 2(5) : 1325-1334.
- Maulana JI. 2023. Identifikasi karakteristik dan kelimpahan mikroplastik pada sampel sedimen kali pelayaran Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. *Environmental Pollution Journal* Vol. 3(1) : 600-610.
- Morán R, Rey F. 1996. *Digestive enzymes in marine species. II. Amylase activities in gut from seabream (Sparus aurata), turbot (Scophthalmus maximus) and redfish (Sebastes mentella)*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* Vol. 113(4) : 827-834.
- Mujahidurrasyid F, Isa M, Vanda H. 2023. Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) Di Muara Alue Naga Kota Banda Aceh. *Ilmiah mahasiswa veteriner*, 8(1).
- Nahak O, Santoso P, Turupadang WL. 2023. studi hubungan morfometrik kerang darah (*Anadara granosa*) yang dibudidayakan di daerah sedimentasi desa fahiluka, Kabupaten Malaka. *Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (JVIP)* Vol. 4(1) : 49-57.

- O'Brien CJ, Hong HC, Bryant EE, Connor KM. 2021. The observation of starch digestion in blue mussel *Mytilus galloprovincialis* exposed to microplastic particles under varied food conditions. *PLoS One* Vol. 16(7).
- Padmiswari AAIM, Wulansari NT, Indrawan GS. 2023. Pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai adsorben logam Pb pada perairan serangan Bali. *Pendidikan Biologi* Vol. 8(1) : 80-87.
- Pratiwi AN, Pratiwi DF, Kurniawan A. 2023. Kelimpahan mikroplastik pada kerang kepah (*polymesoda sp.*) di perairan sungai Jada Bahrin, Bangka dan kerang tebelan (*lingula sp.*) di perairan Pantai Pekapor, Bangka Selatan. *Sumberdaya Perairan* Vol. 17(1) : 52-57.
- Prinz N, Korez Š. 2020. Understanding how microplastics affect marine biota on the cellular level is important for assessing ecosystem function: a review. *In youmares 9-The Oceans: Our Research, Our Future: Proceedings of the 2018 conference for young marine researcher in Oldenburg, Germany* : 101-120
- Pungut P, Widyastuti S, Wiyarno Y. 2021. Identifikasi mikroplastik pada cangkang kerang darah (*Anadara granosa* Liin) dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). *SNHRP* Vol. 3 : 109-120.
- Putri RR, Abida IW, Putri FNDF, Innaya A, Juanda SJ. 2023. Studi fenotipe dan morfometrik pada teripang dan kerang asal perairan socah, Bangkalan, Madura. *Ilmiah Kelautan dan Perikanan* Vol. 4(4) : 402-410.
- Razi NM, Fildzah F, Dhani DN, Nasir M, Rizki A, Firdus F. 2023. Literatur Review: Pencemaran Logam Berat di Pelabuhan Indonesia. *Laot Ilmu Kelautan*, Vol. 5(1) : 48-61.
- Ricciardi A, Bourget E. 1998. Weight-to-weight conversion factors for marine benthic macroinvertebrates. *Marine ecology progress series* Vol. 163 : 245-251.
- Roy R, Hossain A, Sultana S, Deb B, Ahmod MM, Sarker T. 2024. Microplastics increase cadmium absorption and impair nutrient uptake and growth in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) in the presence of cadmium and biochar. *BMC Plant Biology* Vol. 24(1), 608.
- Sahetapy JM, Tuhumury SF, Loilatu YR. 2023. Identifikasi keberadaan mikroplastik pada biota budidaya (ikan dan bivalvia) di perairan teluk ambon dalam. *Ilmu Perikanan dan Masyarakat Pesisir* Vol. 9(2) : 7-17.
- Salsabila N, Suprijanto J, Ridlo A. 2024. Analisis kadar Pb dan Cu pada kerang hijau budidaya di tambak lorok serta analisis risiko kesehatan konsumsi untuk manusia. *Journal of Marine Research* Vol. 13(2) : 347-354.

- Shafani RH, Nuraini RAT, Endrawati H. 2022. Identifikasi dan kepadatan mikroplastik di sekitar muara sungai banjir kanal barat dan banjir kanal timur, Kota Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, Vol. 11(2) : 245-254.
- Silalahi FRW, Zainuri M, Wulandari SY. 2023. Studi kandungan logam berat timbal (Pb) dan seng (Zn) di perairan muara sungai Cisadane Kabupaten Tangerang. *Indonesian Journal of Oceanography* Vol. 5(1) : 01-06.
- Solomon O, Palanisami T. 2016. Microplastics in the marine environment: current status, assessment methodologies, impacts and solutions. *Journal of Pollution Effects & Control* Vol. 4(161) : 2.
- Sugandi D, Agustiawan D, Febriyanti SV, Yudi Y, Wahyuni N. 2021. Identifikasi jenis mikroplastik dan logam berat di air sungai Kapuas Kota Pontianak. *Positron* Vol. 11(2) : 112-120.
- Sun A, Xu L, Zhou G, Yin E, Chen T, Wang Y, Li X. 2022. Roles of polystyrene micro/nano-plastics as carriers on the toxicity of Pb²⁺ to *Chlamydomonas reinhardtii*. *Chemosphere*, Vol. 309, 136676.
- Sun J, Su F, Chen Y, Wang T, Ali W, Jin H, Zou H. 2024. Co-exposure to PVC microplastics and cadmium induces oxidative stress and fibrosis in duck pancreas. *Science of the total environment* Vol. 927, 172395.
- Supriyatna A, Jauhari AA, Holydaziah D. 2015. Aktivitas enzim amilase, lipase, dan protease dari larva *Hermetia illucens* yang diberi pakan jerami padi. *Istek* Vol. 9(2).
- Suriya J, Bharathiraja S, Krishnan M, Manivasagan P, Kim SK. 2016. *Marine microbial amylases: properties and applications. Advances in food and nutrition research* Vol. 79 : 161-177.
- Susanti S, Akhrianti I, Utami E. 2023. Status kontaminasi logam berat Zn pada sedimen di perairan pesisir tanjung gunung Tangka Tengah. *Ilmiah Kelautan dan Perikanan* Vol. 4(4) : 311-321.
- Sutyawan S, Chintia W, Aurelia D, Destriana AH, Ragilia P. 2023. Analisis sensoris dan kandungan zat gizi pada coklat yang ditambahkan kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dan tepung kerang darah (*Anadara granosa*). *Journal of Food and Culinary* : 22-32.
- Syafrizayanti S, Putri A, Salim M, Kusnanda AJ. 2023. Simulasi inhibisi aktivitas enzim α -Amilase dan α -Glukosidase oleh senyawa bioaktif mikroalga *Spirulina platensis*. *Penelitian Kimia* Vol. 19(2) : 223-233.
- Syaputri FP, Salirawati D. 2024. Pengaruh ion logam zn²⁺ dalam bentuk senyawa znso₄ terhadap aktivitas enzim α -amilase. *Elemen Kimia* Vol. 8(1): 1-7.

- Tuhumury N, Ritonga A. 2020. Identifikasi keberadaan dan jenis mikroplastik pada kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Tanjung Tiram, Teluk Ambon. *Manajemen Sumberdaya Perairan* Vol. 16(1) : 1-7.
- Tuncelli G, Tuncelli IC, Dagsuyu E, Turkeyilmaz IB, Yanardag R, Erkan N. 2024. The effect of different types of microplastic and acute cadmium exposure on the *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). *Science of The Total Environment*, Vol. 936, 173505.
- Utami R, Rismawati W, Sapanli K. 2018. Pemanfaatan mangrove untuk mengurangi logam berat di perairan. In *seminar nasional hari air sedunia* Vol. 1(1) : 141-153.
- Verma J, Pant H, Sign S, Tiwari A. 2020. Marine pollution, sources, effect and management. *Three Major Dimensions of Life: Environment, Agriculture and Health; Society of Biological Sciences and Rural Development: Prayagraj, India*, 270-276.
- Victoria AV. 2017. Kontaminasi mikroplastik di perairan tawar. *Teknik Kimia ITB* : 1-10.
- Von Moos N, Burkhardt-Holm P, Köhler A. 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental science & technology* Vol. 46(20) : 11327-11335.
- Wahjuni S, Suarya P, Saputra IMA. 2017. Isolasi enzim amilase dari kecambah biji jagung lokal seraya (*Zea mays* L.) untuk hidrolisis pati. *Kimia* Vol. 11(2) : 122-128.
- Wang WX, Pan K, Tan Q, Guo L, Simpson SL. 2014. *Estuarine pollution of metals in China: science and mitigation*.
- Wang X, Huang W, Wei S, Shang Y, Gu H, Wu F, Wang Y. 2020. *Microplastics impair digestive performance but show little effects on antioxidant activity in mussels under low pH conditions*. *Environmental Pollution*, Vol. 258, 113691.
- Wardana MT, Kuntjoro S. 2023. Analisis kadar logam berat timbal (Pb) di perairan pelabuhan teluk lamong dan korelasinya terhadap kadar Pb kerang darah (*Tegillarca granosa*). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi* Vol. 12(1) : 41-49.
- Wiyarno Y, Widyastuti S, Gunawan W, Ratnawati R. 2024. Isolation and identification of microplastic on the cockleshell of blood clam (*Anadara Granosa* Linn). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1311(1).
- Wu D, Hu Y, Cheng H, Ye X. 2023. Detection techniques for lead ions in water: a review. *Molecules* Vol. 28(8) : 3601.

- Wulandari DD, Izzatunnisa S, Herzhaputra DD, Wuryaningrum A. 2021. Literatur Review: Akumulasi Dan Toksisitas Logam Berat: Kadmium (Cd), Kromium (Cr) Dan Nikel (Ni). *Kesehatan Lingkungan* Vol. 11(2) : 93-98.
- Yulia P, Dewata I. 2023. Optimasi suhu pemanasan pada metode ekstraksi dengan *Wet Peroxide Oxidation* (WPO) untuk identifikasi mikroplastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET). *Pendidikan Tambusai* Vol. 7(3) : 23719-23727.