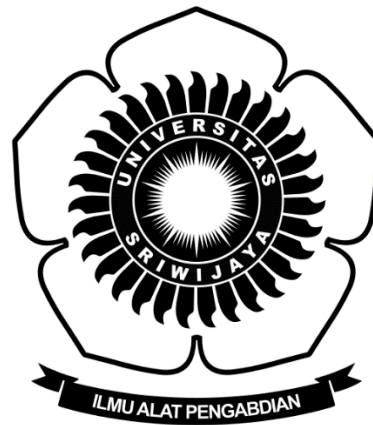


**KEANEKARAGAMAN KOMUNITAS BENTIK DENGAN
MENGUNAKAN METABARCODING eDNA SEDIMEN DI PERAIRAN
PULAU ENGGANO, BENGKULU**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan Fakultas MIPA*



Oleh :
MONICA SERLY
08051282025062

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2024**

**KEANEKARAGAMAN KOMUNITAS BENTIK DENGAN
MENGUNAKAN METABARCODING eDNA SEDIMEN DI PERAIRAN
PULAU ENGGANO, BENGKULU**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan Fakultas MIPA*

**Oleh :
MONICA SERLY
08051282025062**

**JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**KEANEKARAGAMAN KOMUNITAS BENTIK DENGAN
MENGUNAKAN METABARCODING eDNA SEDIMEN DI PERAIRAN
PULAU ENGGANO, BENGKULU**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Bidang
Ilmu Kelautan Fakultas MIPA*

Oleh :

MONICA SERLY

08051282025062


Indralaya, Juli 2024

Pembimbing II

Pembimbing I

 **TT ELEKTRONIK**

Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si
NIP. 197704122005021001


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

Mengetahui,

Ketua Jurusan Ilmu Kelautan


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

Tanggal Pengesahan: 9 Juli 2024



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BSI E, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Monica Serly
NIM : 08051282025062
Jurusan : Ilmu Kelautan
Judul Skripsi : Keanekaragaman Komunitas Bentik Dengan Menggunakan Metabarcoding eDNA Sedimen Di Perairan Pulau Enggano, Bengkulu

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



(.....)

Anggota : Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si
NIP. 197704122005021001




(.....)

Anggota : Dr. Melki, S.Pi., M.Si
NIP. 198002252002121004



(.....)

Anggota : Prof. Dr. Fauziah, S.Pi
NIP. 197512312001122003



(.....)

Ditetapkan di : Indralaya

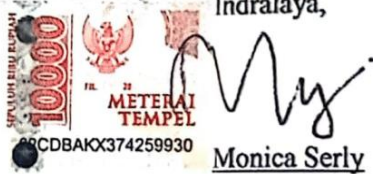
Tanggal : Juli 2024

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya **MONICA SERLY**, **08051282025062** menyatakan bahwa Karya Ilmiah/Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan Karya Ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun Perguruan Tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Karya Ilmiah/Skripsi ini yang berasal dari penulis lain, baik yang dipublikasikan atau 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 2024



Monica Serly
NIM. 08051282025062

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Monica Serly
NIM : 08051282025062
Jurusan : Ilmu Kelautan
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan 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:

**Keanekaragaman Komunitas Benthik Dengan Menggunakan
Metabarcoding eDNA Sedimen Di Perairan Pulau Enggano, Bengkulu**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan 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 2024



Monica Serly
NIM. 08051282025062

ABSTRAK

MONICA SERLY. 08051282025062. Keanekaragaman Komunitas Bentik Dengan Menggunakan Metabarcoding eDNA Sedimen Di Perairan Pulau Enggano, Bengkulu. (Pembimbing: Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc dan Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si)

Pemantauan tradisional memiliki keterbatasan waktu dan sumber daya, dan berpotensi membahayakan organisme serta merusak habitat. Antropogenik menjadi suatu masalah untuk meningkatkan pemahaman tentang keanekaragaman hayati laut. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan seperti metabarcoding. Penelitian ini bertujuan menganalisis metode metabarcoding eDNA sedimen dan menganalisis keanekaragaman komunitas bentik di perairan Pulau Enggano. Identifikasi gen COI menggunakan universal primer forward mCOLintF 5'-GGWACWGGWTGAACWGTWTAYCCYCC-3' dan reverse dgHCO2198 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAARAYCA-3'. Ekstraksi eDNA sedimen pada keenam sampel hanya terdapat dua sampel dengan nilai kemurnian yang optimal pada sampel S2L (Pulau Dua) 1,8 dengan nilai konsentrasi DNA 7,1 ng/ μ l dan pada sampel S4L (Desa Banjarsari) nilai kemurnian 1,95 dengan konsentrasi DNA 13,2 ng/ μ l. Nilai indeks keanekaragaman di Pulau Dua (0,9) kriteria rendah dan Desa Banjarsari (1,2) kriteria sedang. Nilai indeks pemerataan Pulau Dua (0,84) memiliki kriteria pemerataan tinggi, sedangkan Desa Banjarsari 0,57 kriteria pemerataan sedang. Nilai indeks dominansi Pulau Dua (0,54) dan Desa Banjarsari (0,55) memiliki kriteria sedang. Pulau Dua memiliki keanekaragaman kestabilan komunitas rendah. Sedangkan Desa Banjarsari memiliki keanekaragaman kestabilan komunitas sedang.

Keywords: Bentik, eDNA, filogenetik, keanekaragaman, metabarcoding.

Pembimbing II



Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si
NIP. 197704122005021001

Indralaya, Juli 2024
Pembimbing I

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Ilmu Kelautan

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

ABSTRACT

MONICA SERLY. 08051282025062. Benthic Community Diversity Using Sediment eDNA Metabarcoding in Enggano Island Waters, Bengkulu. (Supervisor: Dr Rozirwan, S.Pi., M.Sc and Dr Apon Zaenal Mustopa, M.Si)

Traditional monitoring has time and resource limitations, and can potentially harm organisms and destroy habitats. Anthropogenic is an issue to improve understanding of marine biodiversity. Therefore, alternative methods that are more effective, efficient, and environmentally friendly such as metabarcoding are needed. This study aims to analyze the sediment eDNA metabarcoding method and analyze the diversity of benthic communities in Enggano Island waters. COI gene identification using universal primers forward mlCOIintF 5'-GGWACWGGWTGAACWGTWTAYCCYCC-3' and reverse dgHCO2198 5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAARAAYCA-3'. Sediment eDNA extraction in the six samples there are only two samples with an optimal purity value in sample S2L (Pulau Dua) 1.8 with a DNA concentration value of 7.1 ng/μl and in sample S4L (Banjarsari Village) purity value of 1.95 with a DNA concentration of 13.2 ng/μl. The diversity index value on Pulau Dua (0.9) is low and Banjarsari Village (1.2) is medium. The evenness index value of Pulau Dua (0.84) has high evenness criteria, while Banjarsari Village 0.57 criteria for medium evenness. The dominance index value of Pulau Dua (0.54) and Banjarsari Village (0.55) have medium criteria. Pulau Dua has low community stability diversity. While Banjarsari Village has moderate community stability diversity.

Keywords: Benthic, eDNA, diversity, metabarcodin, phylogenetics.

Supervisor II

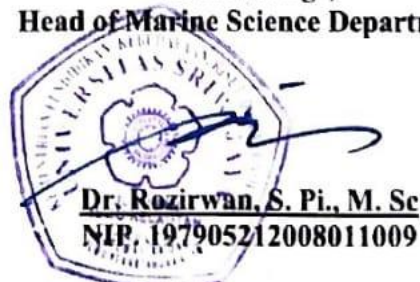


Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si
NIP. 197704122005021001

Indralaya, July 2024
Supervisor I

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

Acknowledge,
Head of Marine Science Department



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

RINGKASAN

MONICA SERLY. 08051282025062. Keanekaragaman Komunitas Bentik Dengan Menggunakan Metabarcoding eDNA Sedimen Di Perairan Pulau Enggano, Bengkulu. (Pembimbing: Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc dan Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si)

Pemantauan tradisional dengan observasi langsung memiliki keterbatasan waktu, sumber daya, berpotensi membahayakan organisme dan merusak habitat. meningkatnya tekanan yang ditimbulkan oleh manusia atau antropogenik menjadi suatu masalah untuk meningkatkan pemahaman tentang keanekaragaman hayati laut, maka diperlukan metode alternatif seperti metabarcoding. Metabarcoding eDNA sebagai metode baru untuk menilai keanekaragaman hayati dengan sampel sedimen. Penelitian ini bertujuan m metode metabarcoding eDNA sedimen dan menganalisis keanekaragaman komunitas bentik di perairan Pulau Enggano.

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Agustus 2023 – April 2024. Pengambilan sampel untuk penelitian ini berlokasi di wilayah Perairan Pulau Enggano, Kabupaten Bengkulu Utara, Bengkulu. Sedangkan pengolahan data analisis keanekaragaman komunitas bentik dilakukan di BRIN dan mengirimkan DNA Genom ke 1st BASE. Ada 2 lokasi yang dikaji untuk mewakili lokasi penelitian. Stasiun 1,2,3 berada di sekitar perairan Pulau Dua dan stasiun 4,5,6 berada di sekitar perairan desa Banjarsari.

Pengukuran parameter perairan diantaranya yaitu suhu, oksigen terlarut, pH, dan salinitas. Pengambilan sampel menggunakan corer pipa sedimen. Ekstraksi DNA menggunakan kit ekstraksi ZymoBIOMICS, kemudian di amplifikasi dengan PCR, visualisasi DNA dilakukan dengan elektroforesis. Setelah itu DNA Genom dikirim ke 1st BASE. Hasil sekuensing dianalisis dengan aplikasi BioEdit dan pohon filogenetik menggunakan aplikasi MEGA 11. Terakhir analisis indeks struktur komunitas bentik.

Kelimpahan relatif pada sampel S4L Pulau Dua terdapat 3 filum yaitu Phaeophyceae, Rhodophyta, Nematoda. Sedangkan S4L berlokasi desa Banjarsari terdapat 6 filum yaitu, Nematoda, Gastrotricha, Annelida, Cnidaria, Phaeophyceae, Rhodophyta. Data profil kelimpahan terbesar sampel S2L Pulau

Dua pada tingkat filum yaitu Nematoda. Data profil dengan kelimpahan terbesar sampel S4L desa Banjarsari pada tingkat filum yaitu Gastrotricha. Data profil dengan kelimpahan paling sedikit diperoleh pada kedua sampel ialah filum Phaeophyceae. Phaeophyceae ialah alga coklat dengan habitat yang sulit dijangkau pada perairan lebih dalam menjadi penyebab minimnya perolehan Phaeophyceae.

Ekstraksi eDNA sedimen pada keenam sampel hanya terdapat dua sampel yang setiap sampel nya mewakili lokasi pengambilan sampel dengan kemurnian yang optimal pada sampel S2L (Pulau Dua) 1,8 dengan nilai konsentrasi DNA 7,1 ng/ μ l dan pada sampel S4L (Desa Banjarsari) nilai kemurnian 1,95 dengan konsentrasi DNA 13,2 ng/ μ l.

Nilai indeks keanekaragaman di Pulau Dua (0,9) kriteria rendah dan Desa Banjarsari (1,2) kriteria sedang. Nilai indeks kemerataan Pulau Dua (0,84) memiliki kriteria kemerataan tinggi, sedangkan Desa Banjarsari 0,57 kriteria kemerataan sedang. Nilai indeks dominansi Pulau Dua (0,54) dan Desa Banjarsari (0,55) memiliki kriteria sedang. Pulau Dua memiliki keanekaragaman kestabilan komunitas rendah. Sedangkan Desa Banjarsari memiliki keanekaragaman kestabilan komunitas sedang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **"Keanekaragaman Komunitas Bentik Dengan Menggunakan Metabarcoding eDNA Sedimen Di Perairan Pulau Enggano, Bengkulu"**. Penelitian ini didanai oleh Hibah Riset Inovasi Indonesia Maju (RIIM) Badan Riset dan Inovasi Nasional Gelombang 3 Tahun 2023. Shalawat serta salam senantiasa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc dan Bapak Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si, atas didikan, bimbingan, masukan dan arahan selama proses penelitian sehingga penulisan skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk melakukan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Melki, S.Pi., M. Si. dan Prof. Dr. Fauziyah, S.Pi. selaku penguji yang telah serta dalam membantu memberikan bimbingan dan masukkan dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Universitas Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi perbaikan skripsi ini di masa depan. Proses skripsi ini banyak memberikan pengalaman baru yang bermanfaat bagi peneliti. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya bagi mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan.

Indralaya, Juli 2024

Monica Serly

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Terimakasih kepada semua orang yang telah membantu dalam menyelesaikan lika liku per-skripsian ini

-KELUARGA-

1. **AYAH**, terimakasih kepada ayah yang telah menemani dunia pendidikan ku dari SD sampai kuliah semester 6. Terimakasih atas segalanya. Biasanya ayah yang melihat ku maju atas prestasi tapi kali ini tidak seperti biasanya. Tidak apa yang penting ayah tenang ya disana.
2. **IBU**, terimakasih donatur kuliah ku, ibu hebat bisa menguliahkan anaknya sampai lulus. Aku harap untuk dunia pendidikan formal ku yang terakhir ini walau ku tidak bisa membawa ibu maju bersama tapi setidaknya ibu masih bisa melihat ku maju karena prestasi. Terimakasih yang banyak banyak banyak. Penyemangat ku pasti bisa sarjana saat ku minta berhenti kuliah. Tapi memang benar kata seorang bapak yang saya temui di pasca sarjana Bukit “kuliah bukan hanya tentang teori tapi tentang mental yang di bentuk”.
3. **ADIK**, terimakasih kepada adikku Novia Ardila telah menyaksikan dan kebersamai semua lika-liku hidup terutama per-skripsian ini. Dan maaf belum bisa menjadi kk yang terbaik seperti yang lainnya. Terimakasih selalu ada niatan untuk membuat *good mood* saat ku *bad mood*. Semangat ya! Terwujud atau tidak tetaplah sujud karena kerja hanya selingan menunggu waktu sholat.
4. **KAKAK, ABANG KEPONAKAN**, terimakasih untuk keluarga ku yang satu ini kepada kk ku Putri Yuliani, Am. Keb. Abangku Efra Proditus Samitua, S.Pd. dan keponakan ku Talia Meizi Puvanea T. Terimakasih atas motivasi dan semangat nya dan terimakasih atas solusi yang sudah diberikan selama ini. Aiya terimakasih juga telah kebersamai kuliah ku ini secara tidak langsung. semoga suatu saat kita bertemu dalam versi ke sukseskan. Amiin.

-DOSEN-

1. **PEMBIMBING I**, terimakasih sebanyak banyaknya kepada pembimbing I Dr. Rozirwan, S.Pi., M.Sc. yang selalu memberi kata semangat dan motivasi. Terimakasih telah menjadi donatur penelitian ini. Terimakasih kepada bapak telah banyak membantu sampai mendapat gelar S. Kel. Maaf jika saya tidak bisa menjadi mahasiswa terbaik bapak.
2. **PEMBIMBING II**, terimakasih kepada Dr. Apon Zaenal Mustopa, M.Si yang telah sabar membimbing, baik di laboratorium BRIN maupun secara *online*. Terimakasih telah banyak memberikan pelajaran diluar teori dan praktek yang tidak didapatkan di kampus Unsri.
3. **PENGUJI I DAN PENGUJI II**, terimakasih kepada Dr. Melki, S.Pi., M.Si dan Prof. Dr. Fauziah, S.Pi yang telah memberikan masukan dan saran untuk skripsi ini. Terimakasih telah memberikan kemudahan pada proses skripsi ku dan terimakasih tiap kata-kata yang menyentuh hati ini sehingga terharu.

-PENELITIAN ENGGANO-

Ekspedisi Enggano, Seru banget!

1. Terimakasih banyak kepada bang Redho, Angeline, Abil, Ajay, Qintar, Yunus, Raja, Kipe, Syifa, Attar, Ceri, Lalak, Vivi, Nopri. Telah kebersamai lika-liku pengambilan sampel di Bengkulu Utara. Keberangkatan 21 jam di kapal, setiap hari di Enggano naik kapal, dan pulang 18 jam di kapal. Sangat berkesan karena 2 hari setelah pulang dari Enggano langsung ke Cibinong, Bogor. Beberapa hari di BRIN perasaan masih di dalam kapal itu tetap ada :v. Terimakasih kepada teman-teman ku ini saat kita tidak punya sinyal internet disana yang kita lakukan adalah bercerita horor. Tidak boleh bergadang karena pagi nya kita akan berlayar. “Naik kapal menguras air”

- KELUARGA MENWA -

Widya Castrena Darma Siddha, Menwa!
Prawira Satya Aditama, Sriwijaya!

1. Terimakasih kepada keluarga besar ku letting (55-62). Kepada senior ku 55 terimakasih telah mengenalkan Unsri kepada ku sebelum yang lainnya, terimakasih motivasinya untuk ku masih bisa menuntaskan gelar sarjana ini. banyak hal baru yang tidak pernah ku lakukan akhirnya bisa dilakukan dan banyak bertemu orang penting baik di dalam atau pun di luar Unsri. Di jurusan ku menjelajahi lautan, di menwa ku menjelajahi daratan. Terimakasih kepada senior 58 terutama bang Feb telah membersamai dunia perkuliahan ku terimakasih kepada abang ku satu ini atas segala bentuk solusi yang telah di berikan. Terimakasih kepada senior ku 59 atas segala bentuk yang telah diberikan. Terimakasih banyak banyak kepada letting ku 60 (Yamdo dan Muti) telah membersamai masa jabatanku dan perkuliahan ku. Terimakasih kepada adik letting ku 62 telah menjalankan tugasnya saat diriku dinas luar ke Bengkulu dan Cibinong (Penelitian). Terimakasih tidak lupa di ucapkan kepada kak David Mandela (pelatih harian Menwa dan Admin jurusan fisika MIPA) telah membantu di akhir perkuliahan ku ini. Kalian keluarga kedua ku yang sangat mempengaruhi dunia perkuliahan ku ini <3.

- ILMU KELAUTAN -

Jalesveva Jayamahe, Di laut kita jaya di darat kita Juara !

1. Dosen, **Babe** dan Pak Min. Terimakasih kepada bapak/ibu dosen untuk segala kebaikan dan membantu dalam proses kuliah ini. Terimakasih kepada Babe sebagai bapak kelautan kami, kebanggaan kami. Sehat sehat yo be semoga bisa menemui babe sebagai versi sukses ku nanti ya be. Mungkin kali ni babe yang banyak bantu, tapi suatu saat nanti ku harap ku bisa bantu babe. Semangat babe ☺
2. **POLLUX**, terimakasih juga kepada warga Pollux yang telah membersamai 4 tahun lika liku perkuliahan ini. Terimakasih kepada Ket-ang yang banyak perhatiannya kepada kami dan terimakasih kepada Sekr-ang yang banyak

memberikan informasi membangun. Semangat berlayar, jika di perjalanan mu bertemu harta karun, jangan lupa teman mu saat bertemu di pelabuhan. Kita pernah satu kapal sampai pada akhirnya dengan jam berlayar yang berbeda. “emot api”

3. **Muti**, Terimakasih kepada *partner* dinas ku di darat dan di laut. di darat *Prawira Satya Aditama* di laut *Jalesveva Jayamahe* menjelajahi lautan atau daratan nanti semoga kita semangat menuju sukses. Terimakasih segala bentuk yang telah diberikan. Jangan lupa ilmu survival (bertahan hidup) ☺
4. **Inda & Nugi**. Terimakasih segala bentuk suport yang telah di berikan. Jujur kita memang tidak sering bersama tidak pernah nongki bersama, pada intinya tidak pernah keluar bersama dalam rangka menyengkan pikiran untuk tali silaturahmi persahabatan. Tapi dak apalah ya yang terpenting di momet penting kita saling melengkapi. Mari *Meet up* dengan uang sendiri !
5. **Angeline**, Terimakasih kepada teman ku yang 1 kelas, 1 bimbingan dosen pembimbing akademik, 1 bimbingan dosen skripsi, 1 kosan saat penelitian di BRIN. Terimakasih dari sempro, semhas, sampai sidang pun bersama dengan jadwal dan ruangan yang sama. *Limited edition* sidang 1 ruangan berdua :) dan selamat untuk kita atas pencapaian yang telah kita lalui dari suka dan duka saling memberi semangat.
6. **Karmila**, Terimakasih kepada *fav* kating ku yang hanya satu ini, terimakasih telah banyak membantu dan memberi segala bentuk suport, semangat, dukungan, saran, dll.

- BRIN -

1. **RGTDP** (kak Sheila, kak Alda, kak Rizna, kak Zubaidi, kak Lulu, kak Tatenda, kek Dicky, Ilma, Febri, Neta, Corina, kak Chindy, Pak Herman, Pak Baso, mbak Icha, Ibu Ai, Ibu Arizah, Ibu Thika, Ibu Kiki, Ibu Nur) terimakasih telah membantu ku saat di lab BRIN dan terimakasih telah membersamai ku saat *meeting online*. Terimakasih telah memberikan banyak ilmu yang belum pernah ku dapatkan di kampus. Terimakasih kepada kak zubet yang membersamai saat ekstraksi DNA, terimakasih kepada ilma dan febri yang sudah bersedia di repotkan. Semangatttttttttt ☺

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHANiii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
HALAMAN PERSEMBAHAN	xii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xiv
I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Keanekaragaman Komunitas Bentik	5
2.2 Metabarcoding eDNA menggunakan gen COI	5
2.3 Prinsip Kerja PCR	6
2.4 Elektroforesis.....	7
2.5 <i>Next Generation Sequencing</i> (NGS)	8
III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Metode Penelitian.....	12
3.3.1 Penentuan Stasiun	13
3.3.2 Pengambilan Sampel	13
3.3.3 Pengukuran Parameter Lingkungan	13
3.3.4 Ekstraksi DNA	14
3.3.5 Uji Kuantitatif	15
3.3.6 Amplifikasi DNA	15
3.3.7 Elektroforesis	15
3.3.8 Sekuensing	16
3.3.9 Analisis Data	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Parameter Kualitas Perairan	19
4.2 Hasil Uji Kuantitatif dan Kualitatif	21
4.3 Sekuensing DNA	23
4.4 Pohon Filogenetik.....	24
4.5 Kelimpahan Relatif Komunitas Bentik	26
4.6 Keanekaragaman Komunitas Bentik	28
V KESIMPULAN DAN SARAN	31

5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Penelitian	3
2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Sedimen Di Perairan Pulau Enggano	9
3. Skema Penelitian.....	12
4. Hasil Elektroforesis Sampel di Pulau Dua (S2L) dan Desa Banjarsari (S4L) Menggunakan DNA Ladder 100bp.....	20
5. Konstruksi Pohon Filogenetik Komunitas Benthik	23

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat Yang Digunakan Di Lapangan.....	10
2. Alat Yang Digunakan Di Laboratorium	10
3. BahanYang Digunakan Di Lapangan	11
4. Bahan Yang Digunakan Di Laboratorium	11
5. Stasiun Pengambilan Sampel Sedimen	13
6. Parameter Kualitas Perairan Pulau Enggano	19
7. Hasil Uji Kuantitatif Menggunakan Spektrofotometer Nanodrop	21
8. Hasil Identifikasi Spesies Bagi Komunitas Benthik	23
9. Kelimpahan Relatif Komunitas Benthik Perairan Pulau Dua dan Desa Banjarsari	26
10. Keanekaragaman Komunitas Benthik.....	28

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komunitas bentik adalah organisme penghuni dasar perairan dan hidup di sedimen dasar (*infauna*) serta di permukaan sedimen laut (*epifauna*). Komunitas bentik sangat beragam dan dapat hidup di berbagai habitat dimana jenis substratnya yaitu substrat berpasir dan substrat berlumpur (Irham *et al.* 2020). Organisme hidup di dasar perairan, baik di permukaan maupun di dalam sedimen, dikenal sebagai zona bentik. Tumbuhan (fitobentos) maupun hewan (zoobentos) yang hidup di dasar perairan disebut organisme bentos (Suharno, 2022).

Pemantauan tradisional dilakukan dengan observasi langsung, dimana identifikasi spesies didasarkan pada ciri-ciri fisiknya. Metode ini memiliki keterbatasan waktu dan sumber daya, serta berpotensi membahayakan organisme dan merusak habitat. Oleh karena itu, diperlukan metode pemantauan inovatif dengan mengoptimalkan kinerja dan minim dampak lingkungan (Bae *et al.* 2023). Menurut Sinniger *et al.* (2016) meningkatnya tekanan yang ditimbulkan oleh manusia atau antropogenik menjadi suatu masalah untuk meningkatkan pemahaman tentang keanekaragaman hayati laut.

Lingkungan perairan pada sedimen laut memainkan peran penting dalam siklus biogeokimia dan proses bentik (Pawlowski *et al.* 2022). Dasar sedimen memiliki keanekaragaman yang luar biasa dan ukuran kecil dari sebagian besar penghuninya, lapisan sedimen sangat sulit dipelajari dengan metode morfologi standar. Kemajuan dalam penggunaan DNA lingkungan (eDNA) dan teknik pengurutan metabarcoding telah memungkinkan untuk mempelajari komunitas dengan mengumpulkan sampel lingkungan seperti air dan sedimen. Keuntungan dari pendekatan berbasis eDNA meliputi kemudahan penggunaan, skala spasial yang luas, dan efektivitas biaya (Pratomo *et al.* 2022).

Metabarcoding eDNA sebagai metode baru untuk menilai keanekaragaman hayati dengan menggunakan sampel sedimen, air, udara dimana DNA diekstraksi, diamplifikasi dengan primer universal ataupun umum menggunakan PCR, diurutkan menggunakan teknologi canggih dan menghasilkan ribuan hingga jutaan bacaan dari data DNA (Ruppert *et al.* 2019).

Salah satu teknik yang digunakan dalam mengidentifikasi keberadaan organisme berdasarkan komposisi, struktur komunitas maupun keanekaragaman berupa eDNA (Nhat *et al.* 2024). eDNA digunakan untuk mengkarakterisasi dengan cepat kumpulan takson komunitas bentik dalam sedimen dengan demikian memiliki potensi tinggi untuk melengkapi pemantauan peraturan rutin dampak bentik (He *et al.* 2021).

Metabarcoding DNA sebagai pemantauan bentik pernah diteliti (Pawlowski *et al.* 2022; Guardiola *et al.* 2016; Cubillos *et al.* 2022) dengan lokasi pengambilan sampel di luar Indonesia. Penelitian Ariasari *et al.* (2022) mengenai karakteristik habitat bentik perairan dangkal di Desa Banjarsari Kabupaten Bengkulu Utara menggunakan metode survei lapangan langsung. Aprira *et al.* (2022) penelitian habitat bentik di pulau Enggano pernah dilakukan pemetaan daerah asal organisme bentik dengan citra satelit Sentinel-dua. Namun demikian belum ada penelitian terkait keanekaragaman komunitas bentik menggunakan metabarcoding eDNA sedimen di perairan pulau Enggano, menyebabkan belum banyaknya informasi terkait komunitas bentik di perairan pulau Enggano.

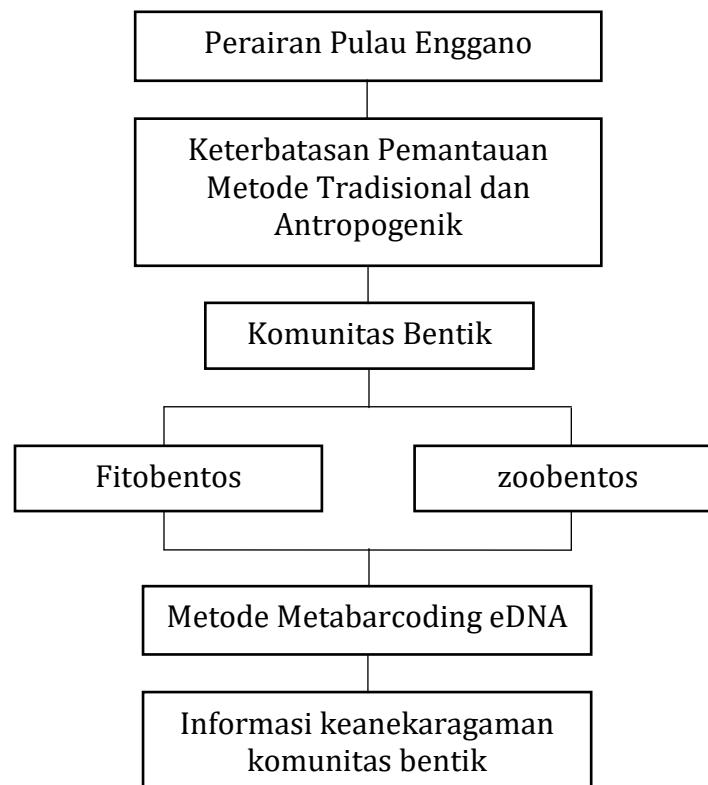
Zamdial *et al.* (2019) menyatakan bahwa lingkungan Pulau Enggano mempunyai keanekaragaman hayati. Pulau Enggano ialah bagian dari Kabupaten Bengkulu Utara pada Provinsi Bengkulu. Pulau Enggano terdapat 6 permukiman dimana diantaranya Desa Kahyapu, Malakoni, Kaana, Meok, Apoho, dan Banjarsari (Wilopo *et al.* 2023). Di sekitar Kawasan Enggano terdapat beberapa pulau kecil yang mengelilinginya, yaitu Pulau Satu, Pulau Dua, Pulau Merbau dan Pulau Bangkai (Hendrastiti *et al.* 2021). Desa Banjarsari terletak di Pulau Enggano, pulau paling terpencil di lepas pantai barat Indonesia di Samudera Hindia. Letak Pulau Enggano di Samudera Hindia mempengaruhi dinamika habitat pesisir (Ariasari *et al.* 2022).

1.2 Rumusan Masalah

Menilai keanekaragaman laut dalam merupakan tugas yang sangat sulit karena lokasinya yang terpencil dan kurangnya ahli taksonomi. Metabarcoding DNA lingkungan menawarkan alat yang ampuh untuk melengkapi studi morfo-

taksonomi. Keanekaragaman komunitas sedimen dan ukuran kecil dari banyak organisme yang terlibat mewakili masalah penting untuk studi tradisional, dan metabarcoding adalah alat yang ampuh untuk profil komunitas dan analisis pola distribusi dalam komunitas ini (Sinniger *et al.* 2016). Sebab itu penelitian ini diperlukan dalam keanekaragaman komunitas bentik dengan menggunakan metabarcoding eDNA sedimen untuk melihat keanekaragaman komunitas bentik yang ada di perairan pulau Enggano.

1. Apakah sampel sedimen dapat menghasilkan nilai kemurnian yang optimal dari hasil ekstraksi eDNA sedimen perairan Pulau Enggano?
2. Bagaimana keanekaragaman komunitas komunitas bentik yang ada di perairan pulau Enggano?



Gambar 1. Kerangka Penelitian

1.3 Tujuan

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini, yaitu :

1. Memurnikan DNA lingkungan yang berasal dari hasil ekstraksi sampel sedimen perairan Pulau Enggano dengan menggunakan spektrofotometer nanodrop.
2. Menganalisis keanekaragaman komunitas bentik yang ada di perairan Pulau Enggano.

1.4 Manfaat

Manfaat pada penelitian ini diharapkan bisa memberi tambahan informasi komunitas bentik bagi masyarakat kepebisiran yang tinggal di sekitar Pulau Enggano, Bengkulu. Informasi komunitas bentik bisa dijadikan acuan dalam pengembangan program pengelolaan wilayah pesisir, khususnya di Pulau Enggano, Bengkulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi G, Tarighat MA, Jain M. 2024. Revolutionizing genomics: exploring the potential of next-generation sequencing. *advances in bioinformatics*, 1–33. Springer.
- Adawiyah A, Shofwaturrohmani F, Suryani Y. 2023. Detection of rat DNA content in snacks of public elementary school children in Bandung city with PCR (Polymerase Chain Reaction) technique. *AIP Publishing Vol. 2646(1)*.
- Al-Shayeb B, Schoelmerich MC, West-Roberts J. 2022. Borgs are giant genetic elements with potential to expand metabolic capacity. *Nature Vol. 610(7933) : 731–736*.
- Ananta S, Harahap A. 2022. Distribusi dan keanekaragaman makrozoobentos. *BIOEDUSAINS Vol. 5(1) : 286-294*.
- An YQ, Huang SL, Xi BC. 2023. Ultrafast microfluidic PCR thermocycler for nucleic acid amplification. *Micromachines Vol. 14(3) : 658*.
- Anwar A, Sutanto A. 2021. Optimization of annealing cycle and temperature snap t12 primer distinguishing markers for male, female and hermaphrodite plants in papaya (*Carica papaya L*). *IOP Conference Series Vol. 715(1): 12040*
- Aplin FP, Fridman GY. 2019. Implantable direct current neural modulation: theory, feasibility, and efficacy. *Frontiers in neuroscience Vol. 13: 379*.
- Aprira KN, Hartono D, Anggoro A. 2022. Pemanfaatan citra satelit sentinel-2 untuk pemetaan habitat bentik perairan dangkal (Studi Kasus: Pulau Dua, Kecamatan Enggano, Kabupaten Bengkulu Utara) Di dalam: *Inovasi Pengelolaan Sumber Daya dan Teknologi dalam Mendukung Program Pembangunan Kelautan dan Perikanan*; Bengkulu, 12 Oktober 2022. Bengkulu: Seminar Nasional KP. hlm 39–45.
- Ariani ND, Swasta IJ, Adnyana PB. 2019. Studi tentang keanekaragaman dan kelimpahan mollusca bentik serta faktor-faktor ekologis yang mempengaruhinya di Pantai Mengening, Kabupaten Badung, Bali. *Pendidikan Biologi Undiksha Vol. 6(3) : 146-157*.
- Ariasari A, Sugara A, Nabiu NLM. 2022. Karakteristik habitat bentik perairan dangkal di Desa Banjarsari, Kabupaten Bengkulu Utara. *Aceh Aquatic Sciences Vol. 6(2) : 62–68*.
- Arita M, Karsch-Mizrachi I, Cochrane G. 2021. The international nucleotide sequence database collaboration. *Nucleic Acids Research Vol. 49(1) : 121–124*.

- Artati D. 2016. Sensitivitas gel red sebagai pewarna DNA pada gel elektroforesis. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur* Vol. 11(1) : 11–14.
- Aryanti NA, Wibowo FAC, Mahidi M. 2021. Hubungan faktor biotik dan abiotik terhadap keanekaragaman makrobentos di hutan mangrove Kabupaten Lombok Barat. *Kelautan Tropis* Vol. 24(2) : 185-194.
- Basmi J. 1999. *Planktonolgi: bioekologi plankton algae*. Tidak dipublikasikan Fakultas Perikanan dan kelautan IPB. Bogor. 10 hlm
- Bae S, Kim P, Yi CH. 2023. Biodiversity and spatial distribution of ascidian using environmental DNA metabarcoding. *Marine Environmental Research* Vol. 185: 105893.
- Battista JD, Reimer JD, Stat M. 2020. Environmental DNA can act as a biodiversity barometer of anthropogenic pressures in coastal ecosystems. *Scientific reports* Vol. 10(1) : 8365.
- Bone AH, Failu I, Sirza LMJ. 2023. Studi kelimpahan fitoplankton di perairan desa Baruta Analalaki Kecamatan Sangia Wambulu Kabupaten Buton Tengah. *Indonesian Journal of Aquaculture Medium* Vol. 3(1) : 1–12.
- Cubillos CML, Taylor JD, Mastretta-Yanes A. 2022. Monitoring of benthic eukaryotic communities in two tropical coastal lagoons through eDNA metabarcoding: a spatial and temporal approximation. *Scientific Reports* Vol. 12(1) : 10089.
- Cermakova E, Lencova S, Mukherjee S. 2023. Identification of fish species and targeted genetic modifications based on dna analysis: State of the Art. *Foods* Vol. 12(1) : 228.
- Chowdhury AJK, John A, Aqilah NS. 2024. Macrobenthic community towards sustainable aquatic ecosystem: a systematic review along the coastal waters of Malaysia. *Geology, Ecology, and Landscapes* Vol. 8(1) : 57–70.
- Claver C, Canals O, de Amézaga LG. 2023. An automated workflow to assess completeness and curate GenBank for environmental DNA metabarcoding: The marine fish assemblage as case study. *Environmental DNA* Vol. 5(4) : 634-647
- Delacuvellerie A., Benali S, Cyriaque V. 2021. Microbial biofilm composition and polymer degradation of compostable and non-compostable plastics immersed in the marine environment. *Journal of hazardous materials* Vol. 419 : 1-11
- Dendani Chadi Z, Arcangioli M-A. 2023. Pulsed-Field gel electrophoresis analysis of bovine associated staphylococcus aureus: A Review. *Pathogens* Vol. 12(7) : 966.

- Dwiyitno D, Hoffman S, Parmentier K. 2018. Method comparison of DNA isolation and quantification for fish and seafood authenticity determination. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* Vol. 13(3) : 115–124.
- Faidha M, Massi MN, Djahruddin I. 2023. Detection of aspergillus sp fungus in tuberculosis patients with a treatment length of 2 months using the polymerase chain reaction (PCR) Method. *Journal of Advanced Zoology* Vol. 44(4) : 197–203.
- Fuziyah I, Suhadi. 2021. Variasi Sekuen dan Filogenetik *Leptocorisa oratorius* (Fabricius) di Jawa Timur Berdasarkan Gen COX2. *Ilmu Hayat*. Vol. 5(2) : 71-79
- Fernández-Mateo R, Calero V, Morgan H. 2022. Wall repulsion of charged colloidal particles during electrophoresis in microfluidic channels. *Physical Review Letters* Vol. 128(7) : 74501.
- Fernández A, Segura-Alabart N, Serratos F. 2023. The multifurcating neighbor-joining algorithm for reconstructing polytomic phylogenetic trees. *Molecular Evolution* Vol. 91(6) : 773–779.
- Ferreira de Oliveira N, Sachetto ATA, Santoro ML. 2022. Two-dimensional blue native/SDS polyacrylamide gel electrophoresis for analysis of Brazilian Bothrops snake venoms. *Toxins* Vol. 14(10) : 661.
- Fitrah A, Sada M, Sani YSYM. 2024. Analisis kualitas air laut DNA indeks pencemaran berdasarkan parameter kimia di Kampung Wuring Kabupaten Sikka. *Pendidikan biologi, Biologi dan Ilmu Serumpun*. Vol. 11(1) : 1-15
- Gaffar S, Sumarlin, Haryono MG. 2021. Penentuan jenis dan status konservasi pari layang-layang yang didaratkan di TPI Gunung Lingkas Kota Tarakan dengan pendekatan molekuler. *Tropical Biology* Vol. 9(1) : 80-87
- Gelis ERE, Kamal MM, Subhan B. 2021. Environmental biomonitoring of reef fish community structure with eDNA metabarcoding in the Coral Triangle. *Environmental Biology of Fishes* Vol. 104: 887–903.
- Godbole S, Sachdev DP. 2024. *Basic Concepts and Recent Advances in Microbial Diversity, Taxonomy, Speciation and Evolution*. Inggris: Cambridge Scholars Publis. 214 hlm
- Guardiola M, Wangenstein OS, Taberlet P. 2016. Spatio-temporal monitoring of deep-sea communities using metabarcoding of sediment DNA and RNA. *PeerJ* Vol. 4: 2807.
- Hanz U, Wienberg C, Hebbeln D. 2019. Environmental factors influencing benthic communities in the oxygen minimum zones on the Angolan and

- Namibian margins. *Biogeosciences* Vol. 16(22) : 4337–4356.
- Handychang H, Indriaty F. 2017. Sistem Pengukur Kecepatan Arus Air Menggunakan Current Meter Tipe “1210 AA”. *TESLA* Vol. 19(1) : 81-95.
- Hasnidar Y, Dewi P, Deddy B. 2014. Studi jenis dan kelimpahan gastropoda di ekosistem padang lamun perairan desa Kahyapu Enggano Kabupaten Bengkulu Utara. *Universitas Bengkulu*.
- He X, Sutherland TF, Abbott CL. 2021. Improved efficiency in eDNA metabarcoding of benthic metazoans by sieving sediments prior to DNA extraction. *Environmental DNA* Vol. 3(4) : 716–726.
- Hendrastiti TK, Yamani M, Widiastuti W. 2021. *Tersembunyi di Antara Harapan Tumbuh Demokrasi Reflesia*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia. 111 hlm.
- Hermawan I, Amin M, Suhadi S. 2022. Genetic diversity of springtails (collembola subclass) based on cytochrome oxidase subunit I (COI) genes in malang. *Biotropika* Vol. 10(1) : 67–77.
- Hilario HO, Mendes IS, Guimaraes S. 2023. DNA metabarcoding of mock communities highlights potential biases when assessing Neotropical fish diversity. *Environmental DNA* Vol. 5(6) : 1351-1361.
- Ihsan YN, Fellatami K, Permana RM. 2020. Analisis bakteri pereduksi konsentrasi logam timbal Pb (CH₃COO)₂ menggunakan gen 16S rRNA. *Kelautan* Vol. 13(2) :151-162.
- Irham M, Ihsan M, Octavina C. 2020. The abundance and diversity of benthic community in Krueng Cut estuary, Banda Aceh, Indonesia. *Biharean Biologist* Vol. 14(2) : 85–89.
- Jain C, Rodriguez-R LM, Phillippy AM. 2018. High throughput ANI analysis of 90K prokaryotic genomes reveals clear species boundaries. *Nature communications* Vol. 9(1) : 5114.
- Joshi VC, Bisht D, Sundriyal RC, 2023. Species richness, diversity, structure, and distribution patterns across dominating forest communities of low and mid-hills in the Central Himalaya. *Geology, Ecology, and Landscapes* Vol. 7(4): 329-339.
- Junitasari A, Rosahdi TD, Lestari YS. 2023. Isolation and identification of lactic acid bacteria from chinese cabbage waste by 16s rna amplification using the Polymerase Chain Reaction (PCR) Method. *Kimia Valensi* Vol. 9(1) : 136–144.
- Kainama J, Louraine T, Wijayanti DP. 2023. DNA Barcoding and morphological

characters of two trevally fish species (*Caranx spp.*) collected from Youtefa Bay, Papua, Indonesia. *Indonesian Journal of Marine Sciences/Ilmu Kelautan* Vol. 28(1) .

- Kawuwung FR, Paat M, Mokalau YB. 2023. *Pembelajaran Ekologi Vegetasi*. Mafy Media Literasi Indonesia.
- Kemalaputri DW, Jannah SN, Budiharjo A. 2017. Deteksi MRSA (Methicillin Resistant Staphylococcus aureus) pada pasien rumah sakit dengan metode Maldi-Tof MS dan Multiplex PCR. *Akademika Biologi* Vol. 6(4) : 51–61.
- Kismiyati K, Hidayat Yt, Amin M. 2024. Morphological and molecular identifications of ectoparasites infesting the gills of scalloped spiny lobster *Panulirus homarus* Linnaeus, 1758. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* Vol. 25(1) .
- Kumar U, Banerjee S, Murthy AVR. 2022. Bit error rate performance of underwater optical wireless communication test bed simulating the seawater conditions. *Optik* Vol. 251: 1-8.
- Kusumah RYM, Hartanto T, Kurniawati F. 2022. Identifikasi berbasis karakter molekuler Nucleopolyhedrovirus pada larva *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) asal Bogor, Jawa Barat. *Entomologi Indonesia*, 19(2) : 127-127.
- Lamba T, Ambeng A, Andriani I. 2023. Habitat and food habits of the endemic fish *Oryzias eversi* in Tana Toraja, South Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* Vol. 24(9) .
- Latiyan S, Kumar TSS, Doble M. 2023. Fabrication and evaluation of agarose-curdlan blend derived multifunctional nanofibrous mats for diabetic wounds. *International Journal of Biological Macromolecules* Vol. 235: 123904.
- Lenzo D, Pezzolesi L, Samorì C. 2022. Allelopathic interactions between phytobenthos and meiofaunal community in an Adriatic benthic ecosystem: Understanding the role of aldehydes and macroalgal structural complexity. *Science of The Total Environment* Vol. 807(2): 150827.
- Lesiani BR, Abror YK, Merdekawati F, Djuminar A. 2023. Analysis of purity and concentration escherichia coli dna by boiling method isolation with addition of proteinase-k and RNase. *Indonesian Journal of Medical Laboratory Science and Technology* Vol. 5(2) : 160–171.
- Li Y, Yang B, Wang H. 2009. Mitochondrial DNA analysis reveals a low nucleotide diversity of *Caligula japonica* in China. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8(12).
- Liu W, Lu G, Wang Y. 2023. A novel loop-mediated isothermal amplification-

- lateral flow dipstick method for *Helicobacter pylori* detection. *Frontiers in Microbiology* Vol. 14: 1094600.
- Mahjabin M, Tasnim Z, Datta SK. 2023. DNA Barcoding and phylogenetic analysis of some gastropod molluscs (class-gastropoda) from three ecological habitats of Bangladesh. *BioResearch Communications-(BRC)* Vol. 9(2) : 1305–1309.
- Maria TF, Silva Filho MG, Souza TP. 2018. Is the vertical distribution of meiofauna similar in two contrasting microhabitats? A case study of a macrotidal sandy beach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* Vol. 502: 39–51.
- Meera Krishna B, Khan MA, Khan ST. 2019. Next-generation sequencing (NGS) platforms: an exciting era of genome sequence analysis. *Microbial Genomics in Sustainable Agroecosystems* Vol 2 : 89–109.
- Mohammad N, Katkam SS, Wei Q. 2022. A Sensitive and nonoptical CRISPR detection mechanism by sizing double-stranded λ DNA reporter. *Angewandte Chemie International Edition* Vol. 61(50) : 1-10
- Muhaimin FI, Isnawati I. 2024. Phylogenetic relationship of indigenous bacteria fermetodege based on Next-Generation Sequencing (NGS) Molecular analysis. *E3S Web of Conferences* Vol. 483: 1004.
- Nasri A, Aïssa P, Beyrem H. 2022. *New approach for the evaluation of ecological quality in the Mediterranean coastal ecosystems, case study of Bizerte lagoon: Marine nematodes functional traits assessment. Nematodes-Recent Advances, Management and New Perspectives.* London: IntechOpen.
- Nelson WA, Zuccarello GC. 2024. Bangiales (Rhodophyta) in New Zealand: current state of knowledge and future directions. *New Zealand Journal of Botany* : 1–19.
- Notanubun J, Thenu IM, Ngamel YA. 2024. Analisis keanekaragaman spesies pada jaring insang dasar menurut waktu penangkapan di perairan Desa Labetawi Kota Tual. *Perikanan Unram* Vol. 14(1) : 203-214.
- Nhat NH, Saito M, Hamada M. 2024. Evaluation of the Effects of environmental factors on seasonal variations in fish diversity on a coastal island in Western Japan. *Environments* Vol. 11(3) : 60.
- Odum EP. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi. Edisi ketiga.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Oosthuizen D, Seymour M, Atkinson LJ. 2023. Extending deep-sea benthic biodiversity inventories with environmental DNA metabarcoding. *Marine Biology* Vol. 170(5) : 60.

- Pelealu GVE, Koneri R., Butarbutar RR. 2018. Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrozoobentos di Sungai Air Terjun Tunan, Talawaan, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. *Ilmiah Sains* Vol. 18(2) : 97-102.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of theoretical biology* Vol.13 :131-144.
- Pawlowski J, Bruce K, Panksep K. 2022. Environmental DNA metabarcoding for benthic monitoring: A review of sediment sampling and DNA extraction methods. *Science of the Total Environment* Vol. 818: 151783.
- Prakrongrak N, Boonsoong B, Monthatong M. 2023. Genetic diversity and phylogenetic analysis of mayfly *Caenis* (Insecta: Ephemeroptera) using Cytochrome C Oxidase I (COI) and 12s rRNA genes from Thailand. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* Vol. 24(4) .
- Pranata B, Kusuma AB, Sabariah V. 2022. Environmental DNA metabarcoding reveals biodiversity marine fish diversity of a small island at Manokwari District, West Papua, Indonesia.
- Pratomo A, Bengen DG, Zamani NP. 2022. Diversity and distribution of Symbiodiniaceae detected on coral reefs of Lombok, Indonesia using environmental DNA metabarcoding. *PeerJ* Vol. 10: 14006.
- Purba IR. 2022. *Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Air*. Sumatera Barat: Azka Pustaka.
- Purbani DC, Noerdjito DR, Purnaningsih I. 2021. Analisis morfologi dan filogenetik molekuler alga hijau coccoid yang diisolasi dari Pulau Enggano. *Berita Biologi* Vol. 21(3) : 301-312.
- Purwanto, Kusumastuti I. 2021 *Terminologi Biomedis Entri Bahasa Indonesia*. Jawa Tengah: Nasya Expanding Management. 654 hlm.
- Putra ILL, Setiawan H, Suprihatini N. 2021. Keanekaragaman jenis semut (Hymenoptera: Formicidae) di sekitar kampus 4 Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. *Biospecies* Vol. 14(2) : 20–30.
- Radulovici AE, Archambault P, Dufresne F. 2010. DNA barcodes for marine biodiversity: moving fast forward. *Diversity* Vol. 2(4) : 450–472.
- Rahmatiyah R, Nuryanneti I, Nur MDM. 2024. *Buku Ajar Ilmu Alamiah Dasar*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Rozirwan RYN, Wulandari PI, Aryawati R. 2022. Bacillariophyceae distribution and water quality in estuarine-mangrove environments: the commonest phytoplankton in Musi Estuary, Indonesia. *Hunan University Natural Sciences* Vol. 49(12) .

- Ruppert KM, Kline RJ, Rahman MS. 2019. Past, present, and future perspectives of environmental DNA (eDNA) metabarcoding: A systematic review in methods, monitoring, and applications of global eDNA. *Global Ecology and Conservation* Vol. 17: 00547.
- Sari PM, Lisa O, Lisdayani L. 2022. Identification of Morphology and Molecular PCR-RAPD *Bactrocera spp.* in the location of Red Guava Crops, Deli Serdang District. *Agrotechnology Research Journal* Vol. 6(2) : 134–140.
- Sinaga EC, Restu IW, Ekawaty R. 2020. Kajian kualitas air, potensi karang dan ikan karang untuk pengembangan wisata selam di Desa Bondalem, Buleleng, Bali. *Current Trends in Aquatic Science* Vol. 3(1) : 39-46.
- Shakoor S, Nadeem A, Hayee S. 2023. Biodiversity of rotifers recorded from the littoral zone of a flood plain. *Pakistan Journal of Emerging Science and Technologies* Vol. 4(2) : 1–10.
- Sinniger F, Pawlowski J, Harii S. 2016. Worldwide analysis of sedimentary DNA reveals major gaps in taxonomic knowledge of deep-sea benthos. *Frontiers in Marine Science* Vol. 3: 92.
- Sogandi S, Mustopa AZ, Artika IM. 2019. The characterization of bacteriocins produced by *Lactobacillus plantarum* strains isolated from traditional fermented foods in Indonesia and the detection of its plantaricin-encoding genes. *Indonesian Journal of Biotechnology* Vol. 24(1) : 1–7.
- Specchia V, Saccomanno B, Zangaro F. 2022. Exploring the biodiversity of a European NATURA 2000 mediterranean lagoon through eDNA metabarcoding. *Diversity* Vol. 14(11) : 991.
- Sudarmo AP, Ali M, Anggraeni DP. 2023. Assessing benthic community and water quality as the bioindicator of environment in Semayang Lake East Kalimantan, Indonesia. *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 32(5) : 4281–4290.
- Subari A, Razak A, Sumarmin R. 2021. Phylogenetic analysis of *Rasbora spp.* based on the mitochondrial DNA COI gene in Harapan Forest. *Biologi Tropis* Vol. 21(1) : 89-94.
- Suharno S. 2022. Diversity of benthos in Fresh water and branches water in the Kambu River, Lalolara District. *Biological Science and Education* Vol. 4(2) : 71–75.
- Sukardi LDA, Arisandi A. 2020. Analisa Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Bangkalan Madura. *Juvenil* Vol. 1(1) : 111–121.
- Supiyati S, Johan S, Suwarsono S. 2024. Microzonasi Perubahan Garis pantai Akibat Pengaruh Rip Current di Pantai Kota Bani Bengkulu. *Kelautan Tropis*

Vol. 27(2) : 236-246.

- Syahrani NN. 2022. DNA barcoding horseshoe crab asal perairan Kuala Tungkal, Jambi Dan Pesisir Banyuasin, Sumatera Selatan [Skripsi]. Indralaya: Universitas Sriwijaya. 14 hlm.
- Todaro MA, Sibaja-Cordero JA, Segura-Bermúdez OA. 2019. An introduction to the study of Gastrotricha, with a taxonomic key to families and genera of the group. *Diversity* Vol. 11(7) : 117.
- Widiastuti A, Zahidah Z, Herawati H. 2023. Macrozoobenthos community structure as an indicator of water quality in the mangrove area of Bojong Salawe, Pangandaran, West Java, Indonesia. *World News of Natural Sciences* Vol. 46: 101–112.
- Wilner OI, Yesodi D, Weizmann Y. 2023. Point-of-care nucleic acid tests: assays and devices. *Nanoscale* Vol. 15(3) : 942–952.
- Wilopo MD, Sari YP, Utami MAF. 2023. The diversity of coral reefs in Kaana Waters Enggano Island, Bengkulu. *E3S Web of Conferences* Vol. 373 (11):1-11 .
- Xu X, Yuan Y, Wang Z. 2023. Environmental DNA metabarcoding reveals the impacts of anthropogenic pollution on multitrophic aquatic communities across an urban river of western China. *Environmental Research* Vol. 216: 114512.
- Xu Z, Li R, Dou W. 2024. Plant diversity response to environmental factors in yellow river delta, China. *Land* Vol. 13(3) : 264.
- Yudasmaru GA. 2011. Analisis komunitas makroalga di perairan Pulau Menjangan Kawasan Taman Nasional Bali Barat. *Sains dan Teknologi* Vol. 11(1) : 90–99.
- Zamdial DB, Bakhtiar D, Anggoro A. 2020. Rencana pengelolaan dan zonasi kawasan konservasi perairan Pulau Enggano Provinsi Bengkulu. *Enggano* Vol. 5(1) : 23–39.
- Zhang M, Zou Y, Xiao S. 2023. Environmental DNA metabarcoding serves as a promising method for aquatic species monitoring and management: A review focused on its workflow, applications, challenges and prospects. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 194: 115430.
- Zhong Y, Xu F, Wu J. 2021. Application of next generation sequencing in laboratory medicine. *Annals of laboratory medicine* Vol. 41(1) : 25.