ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA AIR, SEDIMEN DAN MAKROALGA *Sargassum polycystum* DI PERAIRAN PULAU PANJANG, BANTEN

(Skripsi)

Oleh

DWI NUR ALIFAH
NPM 2114201004

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA AIR, SEDIMEN DAN MAKROALGA *Sargassum polycystum* DI PERAIRAN PULAU PANJANG, BANTEN

Oleh

DWI NUR ALIFAH

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN

Pada

Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA AIR, SEDIMEN DAN MAKROALGA *Sargassum polycystum* DI PERAIRAN PULAU PANJANG, BANTEN

Oleh

DWI NUR ALIFAH

Pulau Panjang, yang berdekatan dengan kawasan industri galangan kapal di Pulo Ampel dan Bojonegara, Banten, berpotensi tercemar logam berat, salah satunya merkuri. Merkuri dapat terakumulasi pada air, sedimen, dan organisme air seperti makroalga *Sargassum polycystum*, yang banyak ditemukan di perairan tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan mengkaji kandungan merkuri pada air, sedimen, dan *Sargassum polycystum*. Sampel penelitian mencakup air, sedimen, dan makroalga yang diuji kandungan merkurinya dengan metode spektrofotometri serapan atom (SSA)-*cold vapor*. Pengujian mengacu pada SNI 19-6964.2-2003, SNI 06-6992.2-2004, dan SNI 2354.6:2016. Hasilnya menunjukkan rata-rata konsentrasi merkuri pada air sebesar > 0,003 µg/l atau melebihi baku mutu yang diatur PP RI No. 22 Tahun 2021, pada sedimen rata-rata konsentrasi merkuri sebesar > 150 ng/g atau berada di atas ambang batas rendah namun di bawah ambang batas tinggi berdasarkan ANZECC & ARMCANZ (2000), sementara itu rata-rata konsentrasi merkuri pada *Sargassum polycystum* bernilai > 0,003 mg/kg atau melebihi batas maksimum cemaran menurut SNI 7387:2009. Hubungan konsentrasi merkuri pada air dan *Sargassum Polycystum* menunjukkan korelasi negatif. Sebaliknya, pada sedimen dan *Sargassum polycystum* menunjukkan korelasi positif.

Kata kunci: air, merkuri, Pulau Panjang, *Sargassum polycystum*, sedimen,

ABSTRACT

ANALYSIS OF HEAVY METAL MERCURY (Hg) CONTENT IN WATER, SEDIMENT, AND MACROALGAE *Sargassum polycystum* IN THE WATERS OF PANJANG ISLAND, BANTEN

By

DWI NUR ALIFAH

Panjang Island, located near the shipyard industrial area in Pulo Ampel and Bojonegara, Banten, has the potential to be contaminated by heavy metal, one of which is mercury. Mercury can accumulate in water, sediment, and aquatic organisms such as the macroalga *Sargassum polycystum*, which is abundant in these waters. This study aimed to analyze and to examine mercury content in water, sediment, and *Sargassum polycystum*. The study samples include water, sediment, and macroalgae, with mercury content tested using the atomic absorption spectrophotometry (AAS) cold vapor method. The analysis follows SNI 19-6964.2-2003, SNI 06-6992.2-2004, and SNI 2354.6:2016 standards. The results showed that the average mercury concentration in water was greater than 0.003 µg/L, exceeding the quality standard set by PP RI No. 22 of 2021. In sediment, the average mercury concentration was more than 150 ng/g, which was above the lower threshold but below the upper threshold according to ANZECC & ARMCANZ (2000). Meanwhile, the average mercury concentration in *Sargassum polycystum* was greater than 0.003 mg/kg, exceeding the maximum contamination limit based on SNI 7387:2009. The relationship between mercury concentration in water and *Sargassum polycystum* showed a negative correlation. In contrast, the relationship between mercury concentration in sediment and *Sargassum polycystum* showed a positive correlation.

Keywords: water, mercury, Panjang Island, *Sargassum polycystum*, sediment,

Judul Skripsi	: ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg) PADA AIR, SEDIMEN DAN MAKROALGA *Sargassum polycystum* DI PERAIRAN PULAU PANJANG, BANTEN
Nama Mahasiswa	: Dwi Nur Alifah
NPM	: 2114201004
Program Studi	: Sumberdaya Akuatik
Fakultas	: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si.	Sofian Ansori, S.Si., M.Si.
NIP. 197412122000031002	NIP. 199101042015031001

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si.

Sekertaris : Sofian Ansori, S.Si., M.Si.

Penguji bukan Pembimbing : Dr. Qadar Hasani, S.Pi., M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi : 03 Februari 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dwi Nur Alifah

NPM : 2114201004

Judul Skripsi : Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air, Sedimen dan Makroalga *Sargassum polycystum* di Perairan Pulau Panjang, Banten

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis adalah murni hasil karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan data yang saya dapatkan. Karya ini belum pernah dipublikasikan sebelumnya dan bukan plagiat dari hasil karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan dalam karya ini, maka saya siap bertanggung jawab.

Bandarlampung, 07 Maret 2025

Yang membuat pernyataan

Dwi Nur Alifah

NPM. 2114201004

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sri Budaya, Kecamatan Way Seputih pada 12 April 2003. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Salim dan Ibu Paryatin. Penulis memulai pendidikan kanak-kanak di Raudlatul Athfal (RA) Muslimat NU 10 Sri Budaya (2007-2009), pendidikan dasar di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Sri Budaya (2009-2015). Penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 1 Way Seputih (2015-2018). Penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di Sekolah Menengah Atas (SMA) Paramarta 1 Seputih Banyak dengan jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (2018-2021) dan sejak tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN dan merupakan *awardee Bright Scholarship Batch* 7 YBM BriLian.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum Kimia Dasar, Mikrobiologi dan Limnologi. Penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Penelitian sebagai bendahara departemen informasi dan komunikasi periode 2023. Selain itu, penulis juga pernah memperoleh pendanaan Program Pembinaan Mahasiswa Wirausaha (P2MW) tahun 2023 dari Kemdikbud Ristek dan medali perak pada lomba International Science and Invention Fair 2023 dari IYSA. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Dwi Mulyo, Kecamatan Penawartama, Kabupaten Tulang Bawang pada bulan Januari 2024, mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) tahun 2024 dan Praktik Umum (PU) di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang pada (2024).

PERSEMBAHAN

Bismillahirahmanirrahim

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha penyayang.

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan sebagaimana syarat bagi seorang mahasiswa untuk memperoleh gelar sarjana.

Skripsi ini saya persembahkan sangat spesial untuk kedua orang tua saya, Bapak Salim dan Ibu Paryatin yang dengan sabar dan bangga membesarkan putri keduanya dengan kasih sayang dan telah melangitkan doa-doa serta segala bentuk dukungan maupun pengorbanan yang tiada henti. Setiap langkah dan pencapaianku adalah wujud dari cinta dan baktiku untuk Bapak dan Ibu.

Sebagai tanda terima kasih kupersembahkan karya tulis sederhana ini untuk adikku (Egy Achmad El Fathan) yang telah memberikan semangat dan kebahagiaan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi, serta kepada teman-teman dan sahabat yang selalu memberikan bantuan dan dukungan.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul "*Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air, Sedimen dan Makroalga Sargassum polycystum di Perairan Pulau Panjang, Banten*" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan saran dari berbagai pihak, maka penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Henni Wijayanti Maharani, S.Pi., M.Si., Selaku Ketua Program Studi Sumberdaya Akuatik, Pembimbing Akademik serta Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan, kritik dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Sofian Ansori, S.Pi., M.Si., selaku Pembimbing Kedua atas ketersediaannya untuk memberikan bimbingan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
5. Dr. Qadar Hasani, S.Pi., M.Si selaku Penguji Skripsi yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. drh. Toha Tushiadi, selaku Kepala Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan mengikuti semua program kegiatan.
7. Segenap pengawai BPKIL Serang, atas kesempatan yang diberikan dan

pengalaman bekerja sampai menyelesaikan skripsi ini.

8. Bapak Salim, Ibu Paryatin dan Egy Achmad El fathan, selaku keluarga kecil yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, doa dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Nasywa, Riris, Kak Ibnu, Agung, Kak Ta'al, Ilham, Taufik, A' Jaja yang telah membantu penulis dalam melakukan pengambilan sampel sebagai salah satu tahap dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Yayasan Baitul Maal (YBM) BRILiaN, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menjadi *awardee Bright Scholarship* Unila.
11. Keluarga *Bright Scholarsip Batch* 7 Universitas Lampung yang telah dianggap oleh penulis sebagai keluarga dan sudah mendengarkan keluh kesah penulis dalam menyelesaikan skripsi. Semoga dapat selalu menebar kebermanfaatan dengan sesama.
12. Teman-teman Prodi Sumberdaya Akuatik Angkatan 2021 yang tidak dapat disebutkan satu-persatu atas kebersamaan, bantuan serta dukungan selama menuntut ilmu.

Bandarlampung, 07 Maret 2025

Dwi Nur Alifah

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL iv

DAFTAR GAMBAR v

DAFTAR LAMPIRAN vi

I. PENDAHULUAN 1
- 1.1 Latar Belakang 1
- 1.2 Rumusan Masalah 2
- 1.3 Tujuan Penelitian 3
- 1.4 Manfaat Penelitian 3
- 1.5 Kerangka Pikir Penelitian 3

II. TINJAUAN PUSTAKA 5
- 2.1 Logam Berat 5
- 2.2 Merkuri (Hg) 6
- 2.3 Sedimen 7
- 2.4 *Sargassum polycystum*. 7
- 2.5 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) 10
  - 2.5.1 Spektrofotmetri Serapan Atom (SSA) *Cold Vapor* 10
  - 2.5.2 Proses Perubahan Senyawa Merkuri dalam SSA-*Cold Vapor* 11
- 2.6 Parameter Kualitas Air 12
  - 2.6.1 Oksigen Terlarut 12
  - 2.6.2 Suhu 13
  - 2.6.3 Salinitas 13
  - 2.6.4 pH 14
  - 2.6.5 Arus 15

III. METODOLOGI PENELITIAN 16
- 3.1 Waktu dan Tempat 16
- 3.2 Alat dan Bahan 17
- 3.3 Metode Penelitian 19
  - 3.3.1 Penentuan Titik Penelitian 19
  - 3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel 20

3.3.3 Pengukuran Parameter *In-situ* 21
3.3.4 Pengujian Merkuri (Hg) 22
3.3.4.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi 22
3.3.4.2 Pengujian Kandungan Logam Merkuri (Hg) pada Air 23
3.3.4.3 Pengujian Kandungan Logam Merkuri (Hg) pada Sedimen 23
3.3.4.4 Pengujian Kandungan Logam Merkuri (Hg) pada (*Sargassum polycystum*) 24
3.4 Analisis Data 24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian 25
4.2 Arus dan Pola Arus Perairan Pulau Panjang 26
4.3 Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Pulau Panjang 28
4.4 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Air di Perairan Pulau Panjang 30
4.5 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Sedimen di Perairan Pulau Panjang 32
4.6 Konsentrasi Merkuri (Hg) pada *Sargassum polycystum* di Perairan Pulau Panjang 34
4.7 Hubungan Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Air, Sedimen, *Sargassum polycystum* dengan Parameter Fisika dan Kimia Perairan 36

V. KESIMPULAN DAN SARAN 43
5.1 Kesimpulan 43
5.2 Saran 43

DAFTAR PUSTAKA 44
LAMPIRAN 59

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Alat pengambilan sampel 17
2. Alat pengujian sampel 18
3. Bahan yang digunakan untuk analisis kualitas air 19
4. Rata-rata kecepatan dan arah arus perairan Pulau Panjang 27
5. Rata-rata hasil parameter fisika dan kimia Pulau Panjang 28
6. Matriks korelasi merkuri (Hg) dengan parameter fisika dan kima 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Kerangka pikir penelitian 4
2. *Sargassum polycystum*. 8
3. Proses eksitasi dan peluruhan logam berat 10
4. Instrumen spektrofotometri serapan atom (SSA)-*cold vapor* 11
5. Peta lokasi penelitian 16
6. Peta stasiun penelitian 17
7. Kondisi lokasi stasiun penelitian: (a) Stasiun 1, (b) Stasiun 2, (c) Stasiun 3, (d) Stasiun 4, (e) Stasiun 5, dan (f) Stasiun 6 26
8. (a) Pola arus pada 27 Juli 2024, (b) pola arus pada 10 Agustus 2024, (c) pola arus pada 24 Agustus 2024, dan (d) pola arus pada 7 September 2024, berdasarkan data Ventusky.com 28
9. Grafik konsentrasi merkuri (Hg) pada air 31
10. Grafik konsentrasi merkuri (Hg) pada sedimen 33
11. Grafik konsentrasi merkuri (Hg) pada *Sargassum polycystum* 34
12. Hubungan konsentrasi merkuri dengan parameter fisika dan kimia 37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

1. Dokumentasi 59
2. Prosedur pengujian 60
3. Tabel matriks korelasi merkuri (Hg) dengan parameter fisika dan kimia 65

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Panjang terletak di Teluk Banten, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang dengan koordinat geografis 6°25'18"–6°28'12" LS dan 106°22'9"–106°25'36" BT (Pratiwy *et al.,* 2023). Pulau ini berdekatan dengan wilayah industri di Pulo Ampel dan Bojonegara, Provinsi Banten, seperti industri galangan kapal yang terletak di Bojonegara, Serang. Industri tersebut bergerak pada bidang perbaikan kapal ukuran sedang, pembuatan kapal tunda, tongkang dan tanker serta pelayanan kelautan dari Indonesia dan Asia Tenggara (Julyanto *et al.,* 2022). Aktivitas tersebut dapat mempercepat peningkatan kelarutan logam berat air karena campuran logam berat sering dimanfaatkan dalam industri, baik sebagai zat alami maupun zat tambahan (Kristianto *et al.,* 2021; Silalahi *et al.,* 2023). Peningkatan kandungan logam berat tersebut akan masuk ke dalam ekosistem akuatik melalui udara (Pangestu *et al.,* 2017; Hananingtyas, 2017).

Logam berat dapat didefinisikan sebagai unsur logam dengan densitas lebih dari 5 gr/m^3 dan dikategorikan sebagai zat pencemar karena bersifat toksik dan tidak dapat dihancurkan (Milasari *et al.,* 2020; Juniardi *et al.,* 2021). Peningkatan konsentrasi logam berat di perairan dapat mengubah logam yang awalnya diperlukan dalam proses metabolisme menjadi zat beracun bagi organisme perairan (Yudo, 2006), oleh sebab itu pencemaran logam berat dapat menimbulkan dampak buruk bagi berbagai organisme apabila konsentrasinya melebihi batas toleransi dari organisme tersebut (Rumoey *et al*., 2022). Logam berat yang dapat mencemari perairan salah satunya yaitu merkuri (Hg) (Ramadhan *et al.,* 2024).

Merkuri (Hg) merupakan bahan pencemar logam yang memiliki toksisitas tinggi walaupun konsentrasinya rendah (Ramadhan *et al.,* 2024). Menurut Natsir *et al.*

(2019), merkuri dianggap sebagai logam berat paling beracun dibandingkan logam berat lainnya yang terdapat di lingkungan. Pencemaran merkuri tidak berdampak langsung pada manusia, tetapi pada jangka waktu tertentu dapat menyebabkan toksisitas yang tinggi (Bernadus *et al.,* 2021). Merkuri mempunyai laju bioakumulasi lebih tinggi dibandingkan logam berat lainnya yang dapat terakumulasi di air, mengendap pada sedimen dan terakumulasi dalam tubuh organisme melalui rantai makanan (Baker dan Denyes, 2004; Brushett *et al.,* 2017). Organisme air yang mengalami bioakumulasi merkuri salah satunya adalah makroalga (Cordova dan Muhtadi, 2017).

Makroalga merupakan alga berukuran makroskopis yang mampu menyerap berbagai zat di perairan, termasuk merkuri (Cordova dan Muhtadi, 2017). Hal ini disebabkan karena makroalga termasuk organisme yang mampu bertahan hidup dalam kondisi lingkungan tercemar, salah satunya adalah *Sargassum* sp. *Sargassum* sp. tergolong dalam alga coklat yang tumbuh pada substrat berbatu dan mengapung di lepas pantai dalam jumlah besar (Utami dan Sayogo, 2021). Gugus fungsi pada *thallus Sargassum* sp. masih dapat berfungsi sebagai ligan terhadap ion logam sehingga *Sargassum* sp. mampu mengikat logam berat, meskipun dalam bentuk sel mati (Harris *et al.,* 1990; Nigro *et al.,* 2002). *Sargassum* sp. sendiri termasuk makroalga yang tersebar di hampir seluruh perairan Indonesia (Atmadja *et al.,* 1996; Kadi, 2005).

Perairan Indonesia memiliki lebih dari 15 jenis *Sargassum*, termasuk *Sargassum polycystum* (Atmadja *et al.,* 1996; Kadi, 2005) yang juga dapat ditemukan di perairan Pulau Panjang, Banten (Jayanudin *et al.,* 2014). Kemampuan *Sargassum polycystum* dalam mengikat logam berat maka makroalga jenis ini dapat dijadikan sebagai indikator di suatu perairan (Harris *et al.,* 1990; Nigro *et al.,* 2002), oleh sebab itu untuk mengetahui konsentrasi merkuri pada air, sedimen dan *Sargassum polycystum* di perairan Pulau Panjang maka dilakukan penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Berapa konsentrasi merkuri (Hg) pada air, sedimen dan makroalga

(*Sargassum polycystum*) di Perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten.

2. Bagaimana hubungan antara konsentrasi merkuri (Hg) pada air, sedimen dan makroalga (*Sargassum polycystum*) di Perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis kandungan merkuri (Hg) pada air, sedimen dan makroalga (*Sargassum polycystum*) di Perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten.
2. Mengkaji hubungan antara konsentrasi merkuri (Hg) pada air, sedimen dan makroalga (*Sargassum polycystum*) di Perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten.

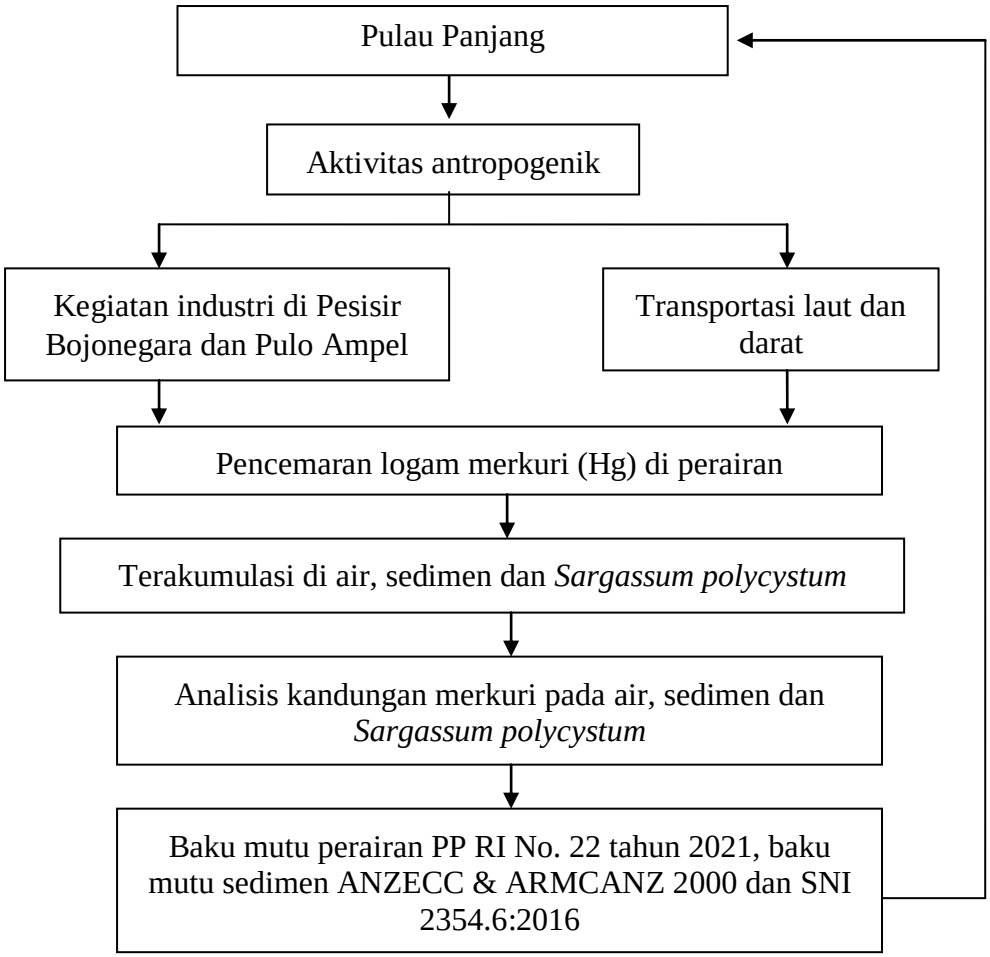
1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi mengenai kandungan merkuri (Hg) dan hubungan antara konsentrasi merkuri (Hg) pada air, sedimen dan makroalga (*Sargassum polycystum*) di Perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang bagi pemerintah kota dan daerah, industri serta masyarakat dalam mengelola perairan.

1.5 Kerangka Pikir Penelitian

Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten merupakan pulau yang terletak di Teluk Banten dan berdekatan dengan pesisir Pulo Ampel dan Bojonegara. Terdapat berbagai aktivitas antropogenik di sekitar perairan Pulau Panjang, baik di pulau itu sendiri maupun di pesisir Pulo Ampel dan pesisir Bojonegara. Aktivitas antropogenik tersebut berupa aktivitas industri dan kegiatan transportasi darat serta laut. Berbagai aktivitas tersebut berpotensi menyebabkan pencemaran yang kemudian akan masuk ke perairan dan ekosistem akuatik. Pencemaran ini salah satunya adalah pencemaran merkuri (Hg). Merkuri (Hg) yang mencemari perairan dapat terakumulasi dalam air, sedimen dan makroalga, seperti makroalga *Sargassum polycystum* sebagai tanaman air yang cenderung menetap di

perairan, oleh karena itu, untuk menganalisis kandungan merkuri (Hg) dalam air, sedimen dan *Sargassum polycystum* maka perlu dilakukan penelitian ini. Kerangka pemikiran penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat merupakan salah satu kontaminan yang dapat menyebabkan pencemaran dengan massa jenis lebih dari 5 gr/cm^3 (Supriyantini dan Soenardjo, 2015; Juharna *et al.* 2022). Logam berat cenderung terakumulasi dalam tanah dan sedimen karena termasuk unsur alami dari kerak bumi yang bersifat stabil dan sulit terurai (Wandi *et al.*, 2021). Karakteristik dari kelompok logam berat ini diantaranya adalah memiliki nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur lantanida dan aktinida. Logam berat mempunyai respon biokimia yang spesifik terhadap organisme hidup (Putranto, 2011). Menurut Utami *et al.* (2018), tingginya kandungan logam berat di perairan dapat mengakibatkan kontaminasi, akumulasi bahkan pencemaran lingkungan. Sifat toksik pada logam berat ini dikategorikan menjadi tiga, yaitu bersifat toksik tinggi, sedang dan rendah.

Logam berat masuk ke lingkungan secara alamiah dan antropogenik melalui beberapa tahapan/alur. Sumber tersebut diantaranya pertambangan, erosi tanah, pelapukan kerak bumi, pembuangan industri, limpasan kota, polusi udara, limbah cair dan sebagainya (Harmesa *et al.,* 2020). Jalur masuknya logam berat ke dalam jaringan tubuh organisme umumnya melalui penetrasi melalui kulit, saluran pencernaan dan saluran pernafasan. Logam berat mampu berpindah dari lingkungan ke organisme melalui rantai makanan, demikian pula pada organisme ke organisme lain. Semakin tinggi posisi suatu organisme dalam rantai makanan maka akumulasi logam berat dalam tubuh juga semakin meningkat (Jais *et al.*, 2020).

Sejumlah logam berat dapat mengontaminasi sistem perairan melalui akumulasi dalam air, sedimen, ikan dan rantai makanan perairan, oleh sebab itu logam berat akan berdampak buruk pada keseimbangan ekologis lingkungan penerima dan pa-

da berbagai organisme perairan (Hananingtyas, 2017). Perairan yang terkontaminasi oleh limbah pencemar logam berat maka akan terjadi kerusakan lingkungan. Logam berat tersebut kemudian akan masuk ke dalam tubuh organisme. Jika di dalam tubuh organisme mengandung logam berat melebihi batas maksimum yang telah ditentukan, maka dapat disimpulkan bahwa lingkungan tersebut telah mengalami pencemaran (Jais *et al.,* 2020).

2.2 Merkuri (Hg)

Merkuri atau *hydragyrum* merupakan logam murni berwarna putih keabu-abuan, mengkilap, berbentuk cair tidak berbau, dilambangkan dengan Hg, mempunyai nomor atom 80 dengan berat atom 2000,59 dan konfigurasi elektron [Xe] $4f^{14}$ $5d^{10}$ $6s^2$ (Palar, 2012). Bentuk fisik dan kimia dari merkuri sangat menguntungkan dalam bidang industri dan penelitian. Merkuri mempunyai titik beku yang rendah yaitu sekitar -39^oC dan mudah menguap jika dibandingkan dengan logam lainnya. Logam ini mempunyai ketahanan listrik yang sangat rendah sehingga mudah mengalirkan arus listrik dan baik digunakan sebagai konduktor (Darmono, 1995; Hadi, 2013).

Merkuri bersifat toksik dalam berbagai bentuk, baik sebagai gas, unsur maupun dalam bentuk senyawa yang mempunyai tingkatan berbeda-beda pada tubuh manusia sesuai dengan komposisinya. Merkuri (II) klorida atau $HgCl_2$ bersifat lebih toksik dibandingkan dengan bentuk HgCl karena bentuk divalen lebih mudah larut daripada monovalen. Merkuri (II) klorida atau $HgCl_2$ juga lebih mudah di absorpsi sehingga tingkat toksisitasnya lebih tinggi (Alfian, 1998). Merkuri dapat menyebabkan kerusakan paru-paru, otak dan sistem saraf lainnya. Kasus keracunan merkuri pernaah terjadi di bantaran sungai Kalimantan Tengah akibat penambangan emas tanpa ijin (PETI) dan di teluk Buyat akibat pencemaran dari penambangan emas PT. Newmont (Andri *et al.,* 2011).

Merkuri mampu masuk ke perairan melalui aliran air. Merkuri yang terbawa oleh air sungai dapat mengalami absorpsi dan transportasi. Absorpsi merupakan salah satu kemampuan suatu zat menempel pada permukaan, sedangkan transportasi merupakan salah satu pergerakan zat yang dengan cepat memasuki suatu kompar-

temen yang berada di lingkungan dan kemudian terdistribusi ke kompartemen tersebut (Soemirat dan Ariesyady, 2015). Menurut Arifin dan Goang (2018), merkuri dalam air dapat mengalami biotransformasi menjadi senyawa organik seperti metil merkuri atau fenil merkuri melalui proses dekomposisi oleh bakteri. Senyawa ini kemudian diserap oleh jasad renik, masuk ke dalam rantai makanan dan mengalami akumulasi serta biomagnifikasi dalam tubuh.

2.3 Sedimen

Sedimen merupakan pecahan material yang terdiri atas uraian batuan secara kimia dan fisis. Sedimen juga dapat didefinisikan sebagai pecahan, mineral atau material organik yang diangkut dari berbagai sumber dan diendapkan melalui udara, angin, es ataupun air. Material yang mengendap dari zat yang terlarut dalam air atau dalam bentuk larutan kimia juga termasuk dalam sedimen. Sedimen memiliki ukuran dan bentuk yang bermacam-macam, mulai dari yang besar/bongkahan (*boulder*) hingga yang sangat halus (*koloid*) dengan bentuk bulat, lonjong hingga persegi. Ukuran dari sedimen ini dapat mempengaruhi proses sedimentasi di suatu perairan (Usman, 2014).

Sedimen dapat digunakan sebagai indikator pencemaran lingkungan. Sedimen memiliki kemampuan untuk mengikat senyawa organik dan anorganik dalam konsentrasi tinggi. Sedimen pada sebagian besar ekosistem perairan mengandung kontaminan dengan konsentrasi tinggi. Hal ini tergantung pada sifat adsorpsi dan desorpsi pada sedimen. Akumulasi kontaminan seperti logam berat di dalam sedimen ini dapat mengancam kelestarian berbagai spesies organisme perairan dan kesehatan manusia yang mengonsumsi organisme tercemar tersebut. Logam berat di perairan mengalami pengendapan dan terakumulasi dalam sedimen melalui proses adsorpsi (Ahmad *et al.*, 2021).

2.4 *Sargassum polycystum*

Sargassum polycystum merupakan genus dari alga coklat dan rumput laut dalam ordo Fucales yang terdistribusi di seluruh iklim dan lautan tropis dunia. Spesies ini pada umumnya tumbuh di perairan dangkal dan terumbu karang (Soekendarsi *et al.*, 2004), oleh sebab itu *Sargassum polycystum* terdapat hampir di seluruh wi-

layah laut Indonesia. Menurut Pakidi dan Suwono (2016), klasifikasi *Sargassum polycystum* (Gambar 2) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Thallophyta
Kelas : Fucales
Famili : Sargassaceae
Genus : *Sargassum*
Spesies : *Sargassum polycystum*

Gambar 2. *Sargassum polycystum* (Tuiyo, 2013)

Thallus Sargassum polycystum berbentuk silindris, cabang-cabangnya rimbun seperti pohon di darat, daunnya melebar dan berbentuk lonjong, serta dilengkapi dengan gelembung udara (*bladder*). *Sargassum polycystum* biasanya memiliki ciri utama yaitu berpigmen coklat yang menutupi warna hijau, menyimpan hasil foto-sintesis dalam bentuk laminaran dan algin serta memiliki flagel (Dawes, 1981; Tjitrosoepomo, 2001). Karakteristik khusus dari *Sargassum polycystum* ini yaitu mempunyai batang utama berbentuk bulat agak kasar dan mempunyai *holdfast* berbentuk cakram yang digunakan untuk melekat. Cabang pertama timbul di bagian pangkal sekitar 1 cm dari *holdfast*. Bentuk daun *Sargassum polycystum* oval dan memanjang dengan pinggiran daun yang bergerigi jarang serta ujung yang meruncing atau melengkung. *Sargassum polycystum* mampu hidup pada substrat batu karang di daerah ombak (Soekendarsi *et al.*, 2004).

Sargassum polycystum menjadi makroalga yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi melalui dua mekanisme utama yaitu proses metabolisme ke dalam sel dan melalui biosorpsi (Chekroun dan Baghour, 2013). Kedua mekanisme

tersebut termasuk dalam strategi remediasi berupa fitoekstraksi/fitoakumulasi. Fitoekstraksi/fitoakumulasi adalah penyerapan dan penyimpanan polutan oleh tumbuhan dalam batang, daun dan akar ataupun melalui *thallus* pada rumput laut (Vaidya *et al.,* 2005). *Sargassum polycystum* mengandung alginat atau senyawa penting yang terdapat dalam dinding sel makroalga yang termasuk dalam kelas *Phaeophyceae*. Alginat memiliki sifat yang mudah terurai dan diurai serta banyak digunakan sebagai bahan penyerap biologis bagi berbagai polutan anorganik dan organik (Qamar *et al.,* 2022).

Penyerapan logam berat pada makroalga sebagai agen fitoremediasi dapat terjadi pada sel hidup maupun sel mati, terutama terjadi di bagian terluar dinding sel atau permukaan alga. Penyerapan ini melibatkan proses kimia dan fisika diantaranya penyerapan secara adsorpsi, pertukaran ion dan penyusunan senyawa kompleks (Wang dan Chen, 2006). Penyerapan logam berat secara terus-menerus dapat memengaruhi kondisi fisiologis makroalga menyebabkan gangguan metabolisme dan akhirnya dapat merusak anatomi makroalga (Dinik dan Purnomo, 2022). Adanya akumulasi merkuri dalam makroalga mengakibatkan perubahan konsentrasi pigmen fitoeritrin (Dwiyanti, 2023).

Mekanisme penyerapan ion logam berat pada alga memiliki dua fase, yaitu *passive uptake* dan *active uptake. Passive uptake* atau adsorpsi terjadi pada dinding alga (Kaplan, 1988; Mishra *et al*., 2011) dan komponen sel lainnya. Komponen ini berupa gugus karboksil, hidroksil, sulfat dan fosfat (Naja dan Volesky, 2011). Penyerapan ion logam berat dimulai saat terdapat interaksi antara ion logam berat dan dinding sel alga. Diikuti oleh pertukaran ion logam berat di sekeliling sel dengan ion natrium pada sel. Senyawa kompleks tersebut kemudian dibentuk antara ion logam dengan gugus fungsi pada sel (Adi dan Dyah, 2010).

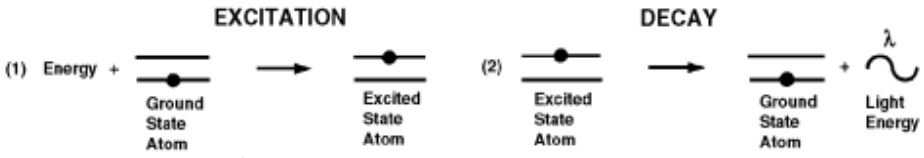
Active uptake merupakan proses penyerapan secara aktif (absorbsi). Proses yang terjadi pada fase ini yaitu proses penyerapan, detoksifikasi konsentrasi logam berat dan akumulasi di dalam sel alga. Penyerapan tersebut mengalami transpor aktif melewati membran sel, adanya pengikatan protein dan komponen intrasel lain. Proses ini berlangsung lambat dan hanya terjadi pada sel hidup (Wilde dan

Benemann, 1993).

2.5 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri serapan atom (SSA) merupakan metode analisis yang didasarkan pada proses dimana atom-atom dalam tingkat energi dasar (*ground state*) menyerap energi radiasi. Prinsip kerja dari spektrofotometri serapan atom (SSA) didasarkan pada penyerapan energi panas dari nyala api yang mengubah molekul menjadi atom. Energi yang diserap kemudian diukur oleh lampu katoda berongga dalam bentuk panjang gelombang. Pembacaannya diperoleh dari perbedaan antara energi yang dipancarkan oleh lampu katoda dengan energi yang diterima oleh detektor. Penyerapan energi ini berbanding lurus dengan konsentrasi (Nielsen, 2017).

Atom bebas pada pengujian menggunakan SSA akan berinteraksi dengan berbagai bentuk energi, seperti energi elektromagnetik, energi panas, energi listrik dan energi kimia. Interaksi tersebut menimbulkan proses dalam atom bebas yang menghasilkan absorpsi, emisi radiasi dan panas. Radiasi yang dihasilkan bersifat spesifik karena memiliki panjang gelombang sesuai dengan karakteristik masing-masing atom bebas. Absorpsi atau emisi radiasi akibat transisi elektronik yaitu perpindahan elektron dalam atom dari satu tingkat energi ke tingkat energi lainnya. Eksitasi dan peluruhan logam berat tersebut terjadi di instrumen SSA selama proses pengujian berlangsung (Gambar 3). Spektrofotometri serapan atom (SSA) merupakan teknik analisis kuantitatif unsur yang banyak digunakan di berbagai bidang karena memiliki biaya analisis yang relatif rendah, selektif, spesifik dan memiliki sensitivitas tinggi (Lisna *et al*., 2021).



Gambar 3. Proses eksitasi dan peluruhan logam berat (Beaty dan Kerber, 1993)

2.5.1 Spektrofotmetri Serapan Atom (SSA) *Cold Vapor*

Spektrofotometri serapan atom (SSA) dibagi menjadi beberapa macam, salah satunya adalah spektrofotometri serapan atom (SSA) *cold vapor.* SSA jenis ini

menggunakan teknik uap dingin dalam menganalisa merkuri di suatu sampel. Merkuri ionik dalam larutan asam akan direduksi oleh ion stannois yang menghasilkan merkuri atomik dalam keadaan dasar. Uap merkuri akan disapu dari bejana reaksi dengan udara nitrogen/argon setelah mencapai kesetimbangan. Proses tersebut terjadi melalui sel penyerapan yang berada di jalur optik instrumen SSA, setelah itu atomik dan sinyal transien terekam (Shrader dan Hobbins, 2010).

Spektrofotometri serapan atom (SSA) *cold vapor* memiliki teknik berupa mereduksi merkuri secara kimia menjadi atom bebas dengan mereaksikan sampel bersama dengan agen pereduksi kuat dalam sistem reaksi tertutup (Gambar 4). Merkuri bebas yang mudah menguap dikeluarkan dari tabung reaksi dengan menggelembungkan udara melalui larutan. Atom merkuri ini dibawa oleh aliran gas menuju sel serapan yang berada di jalur cahaya spektrofotometer. Ketika atom merkuri memasuki sel sampel maka absorbansi meningkat yang menandakan peningkatan konsentrasi atom merkuri. Sistem lain menggunakan sirkulasi tertutup yaitu uap merkuri dikembalikan melalui larutan hingga konsentrasi seimbang tercapai. Absorbansi yang dihasilkan tersebut digunakan untuk kuantisasi. Proses ini dapat diatomisasi dengan teknik injeksi aliran yang memungkinkan analisis berlangsung cepat yaitu sekitar satu menit per sampel (Beaty dan Kerber, 1993).

Gambar 4. Instrumen spektrofotometri serapan atom (SSA)-*cold vapor*

2.5.2 Proses Perubahan Senyawa Merkuri dalam SSA-*Cold Vapor*

Metode spektrofotmetri serapan atom (SSA)-*cold vapor* merupakan salah satu metode yang efektif untuk mendeteksi konsentrasi merkuri dalam sampel. Prinsip dasar dari teknik ini adalah pengukuran absorbansi cahaya oleh atom-atom merkuri dalam sampel setelah proses reduksi dan pembentukan uap merkuri. Senyawa merkuri dalam berbagai bentuk pada sampel akan direduksi menjadi unsur merku-

ri (Hg^0) yang lebih stabil dan mudah dianalisis. Proses tersebut melibatkan agen reduktor, seperti stannum(II) klorida ($SNCl_2$) atau natrium borohidrit ($NaBH_4$). Reduksi merkuri(II) menjadi Hg^0 memungkinkan terbentuknya atom-atom merkuri bebas dalam bentuk uap yang dapat diserap oleh cahaya pada panjang gelombang tertentu (Kopysc *et al.*, 2000).

Uap merkuri yang cenderung sensitif terhadap radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang 253,7 nm kemudian disalurkan ke dalam instrumen SSA. Uap merkuri yang terbentuk akan disinari dengan cahaya dari lampu katoda sesuai dengan panjang gelombangnya. Atom merkuri dalam uap akan menyerap sebagian dari cahaya ini dapat dideteksi oleh detektor SSA untuk diukur tingkat absorbansi cahaya. Nilai absorbansi inilah yang kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi merkuri dalam sampel berdasakan hubungan antara absorbansi dan konsentrasi (Bendl *et al.*, 2006).

2.6 Parameter Kualitas Air

2.6.1 Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut merupakan kandungan oksigen yang terlarut dalam air, dinyatakan dalam miligram oksigen per liter atau ppm (*part per million*). Sumber oksigen terlarut di permukaan air berasal dari proses fotosintesis tumbuhan air dan difusi udara bebas ke dalam air dengan kecepatan yang rendah. Sumber utama oksigen di perairan yaitu dari proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan. Oksigen terlarut berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Kadar oksigen terlarut menunjukkan kemampuan air dalam membersihkan suatu pencemaran yang terdapat di dalam air (Aruan dan Siahaan, 2017).

Konsentrasi oksigen terlarut merupakan salah satu parameter utama yang sering dianalisa untuk menilai kualitas air (Sugianti dan Astuti, 2018). Penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air dapat menjadi indikator adanya pencemaran. Oksigen terlarut merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kadar logam berat dalam organisme air. Rendahnya kandungan oksigen terlarut di suatu perairan akan meningkatkan laju respirasi organisme air. Hal ini

menyebabkan toksisitas logam berat yang masuk ke dalam tubuh organisme semakin meningkat. Nilai oksigen terlarut yang rendah berpengaruh terhadap toksisitas logam berat (Budiastuti *et al.,* 2016).

2.6.2 Suhu

Suhu merupakan suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan dengan satuan derajat *celcius* (di Indonesia). Nilai suhu di perairan dipengaruhi oleh kedalaman, musim, lintang dan tutupan awan (Novita *et al.,* 2019). Suhu berperan dalam mengatur proses alamiah di suatu perairan. Hal tersebut dikarenakan suhu mempengaruhi komponen abiotik dan biotik. Suhu juga mempengaruhi toksisitas logam berat terhadap organisme. Peningkatan suhu akan mempercepat proses masuknya logam berat ke dalam tubuh. Reaksi pembentukan ikatan antara logam berat dengan protein dalam tubuh juga akan berlangsung lebih cepat (Budiastuti *et al.,* 2016).

Suhu berpengaruh terhadap akumulasi logam berat dalam sedimen. Peningkatan suhu akan meningkatkan tingkat akumulasi logam berat di sedimen (Supriyantini dan Endrawati, 2015). Peningkatan suhu perairan dapat mengurangi kemampuan adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat sehingga menghambat proses pengendapannya ke dasar perairan. Suhu perairan memengaruhi daya larut logam berat dalam air. Pembentukan ion logam berat akan meningkat pada suhu tinggi, oleh sebab itu pengendapan logam berat meningkat melalui adsorpsi logam oleh sedimen (Wahidah *et al.,* 2019).

2.6.3 Salinitas

Salinitas merupakan parameter fisika yang memengaruhi kualitas perairan sehingga salinitas yang melebihi baku mutu dapat berdampak buruk bagi distribusi biota (Dean, 2008). Salinitas mencerminkan jumlah total padatan yang terlarut dalam air, setelah seluruh karbonat dikonversi menjadi oksida, seluruh bromida dan iodida digantikan oleh klorida dan seluruh bahan organik teroksidasi. Alat yang biasa digunakan untuk mengukur salinitas adalah refraktometer. Alat ini mengukur indeks pembiasan pada cairan yang digunakan untuk mengukur kadar garam (Bella *et al.,* 2021). Salinitas memiliki keterkaitan dengan parameter lain di

perairan, seperti suhu dan pH. Suhu yang rendah cenderung menyebabkan penurunan pada nilai salinitasnya. Kondisi tersebut diakibatkan adanya air dingin yang hanya mampu menampung sedikit garam, sedangkan hubungan antara salinitas dan pH menunjukkan bahwa air dengan salinitas tinggi cenderung mempunyai pH yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan garam dapat berperan sebagai penyangga atau *buffer* yang membantu menetralkan larutan asam atau basa (Yolanda *et al.*, 2023).

Salinitas merupakan tingkat konsentrasi garam yang terlarut dalam air (Hakimi *et al.*, 2021). Satuan salinitas adalah *part per thousand* (ppt) atau didefinisikan sebagai representasi dari perbandingan garam yang terlarut dengan air (Juniarti *et al.*, 2017). Distribusi salinitas di perairan dipengaruhi oleh pola sirkulasi air, evaporasi, curah hujan dan aliran sungai (Fendjalang *et al.*, 2022). Salinitas berpengaruh terhadap tingkat akumulasi logam berat di perairan. Semakin tinggi salinitas di perairan maka tingkat akumulasi logam berat akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan adanya proses desalinasi yang dapat meningkatkan toksisitas serta tingkat bioakumulasi logam berat dalam perairan (Wardani *et al.*, 2014; Budiastuti *et al.*, 2016).

2.6.4 pH

pH perairan merupakan suatu parameter tingkat keasaman atau kebasaan yang terdapat dalam suatu zat, larutan atau benda. pH juga dapat didefinisikan sebagai negatif logaritma dari aktivitas ion hidrogen (Astria *et al.*, 2014). Perubahan nilai pH air memengaruhi ekosistem perairan karena berperan dalam mengatur proses dan kecepatan reaksi kimia serta kecepatan reaksi biokimia di dalam air. pH juga berperan dalam proses adsorpsi ion logam dalam larutan. Hal ini disebabkan karena ion H+ dalam larutan akan berkompetisi dengan kation dalam proses pengikatan pada situs aktif (Fatmi dan Putra, 2018).

pH merupakan faktor pembatas bagi organisme akuatik karena mencerminkan aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Konsentrasi logam berat berbanding lurus dengan besarnya nilai pH. Nilai pH yang semakin meningkat akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan logam berat di perairan (Zhou *et al.*, 2016). Perubahan

tingkat stabilitas kelarutan logam ditandai dengan pergeseran persenyawaan. pH yang semakin tinggi maka kestabilan akan bergeser dari karbonat-karbonat ke hidroksida-hidroksida. Kondisi tersebut mempermudah pembentukan ikatan permukaan dengan partikel-partikel yang terdapat pada badan air (Zhang *et al.*, 2018).

2.6.5 Arus

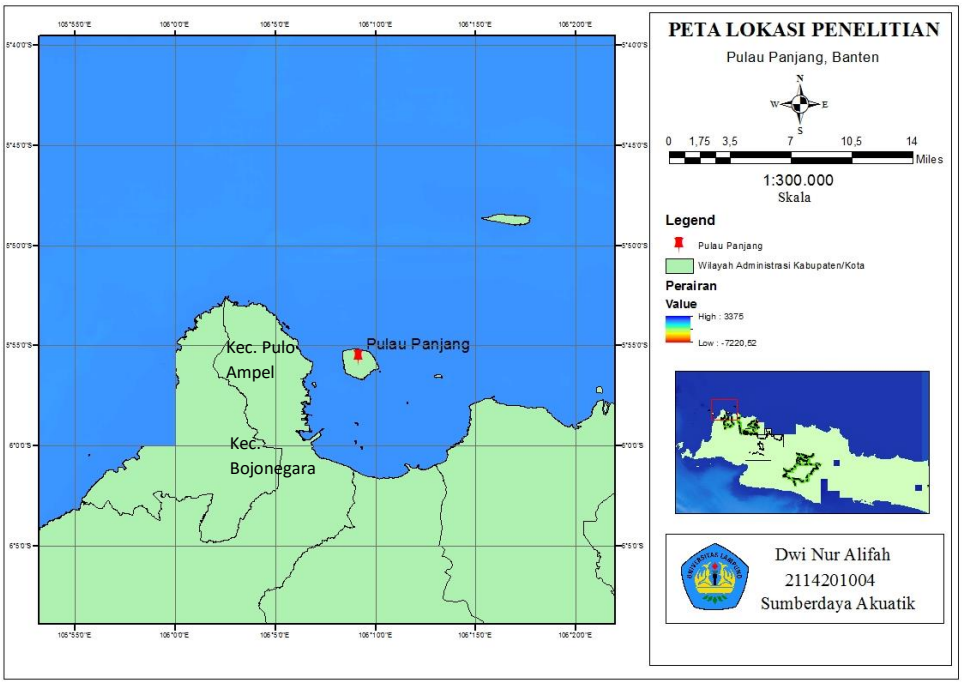
Arus merupakan pergerakan massa air dari satu tempat ke tempat lain yang disebabkan oleh hembusan angin, perbedaan densitas dan pasang surut (Pariwono, 1989). Arus laut di kawasan pantai yang tergolong perairan dangkal dipengaruhi oleh gelombang laut, pasang surut air laut serta angin. Kecepatan arus ketika air pasang berkecepatan lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan arus ketika air bergerak surut. Kecepatan arus pasang surut paling tinggi terjadi ketika permukaan air rendah atau tinggi atau disebut dengan *mean sea level* (MSL) (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005). Secara umum, arus laut diklasifikasikan menjadi empat tipe yaitu arus yang diperbedaan densitas, arus pasang surut, arus akibat gelombang laut dan arus akibat adanya angin (Ippen, 1966).

Arus merupakan faktor kekuatan utama yang memengaruhi arah dan distribusi sedimen sehingga logam berat dapat terakumulasi di kolom air, terbawa oleh arus, lalu tenggelam ke dasar perairan dan terakumulasi dalam sedimen (Putri, 2014). Arus permukaan memengaruhi tingkat akumulasi logam berat, dimana semakin tinggi kecepatan arus maka konsentrasi logam berat dalam sedimen bernilai lebih rendah. Arus permukaan yang cepat dapat mengangkut partikel sedimen yang mengandung logam berat dan menyebarkannya ke seluruh perairan. Peningkatan akumulasi logam berat terutama merkuri pada sedimen disebabkan oleh lemahnya arus perairan. Kondisi tersebut berbeda dengan akumulasi logam berat yang terjadi pada perairan dengan arus yang lebih kuat (Sagala *et al.*, 2014).

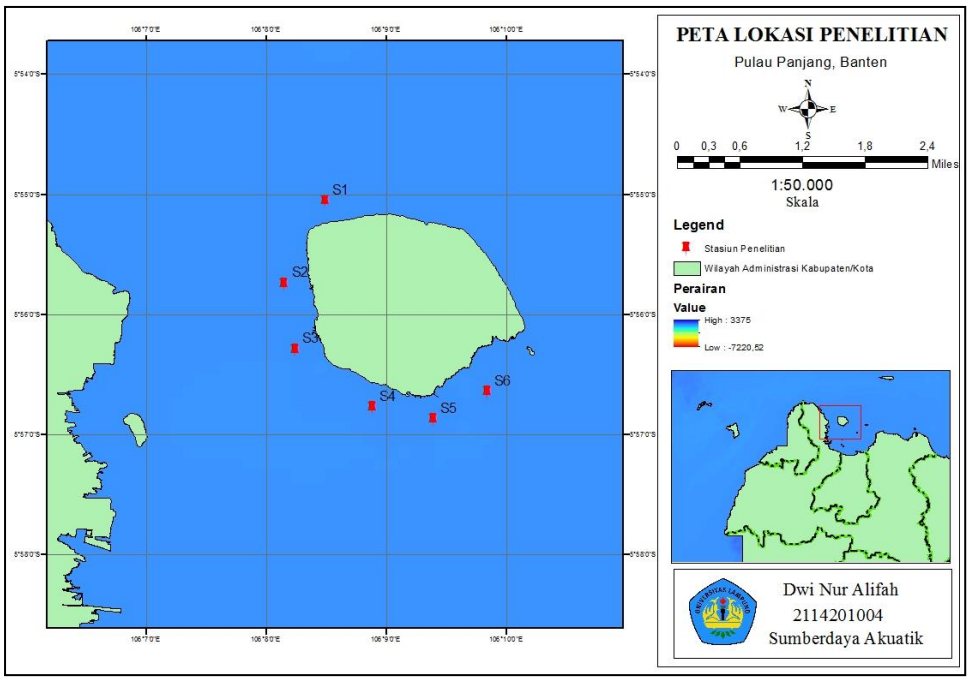
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Juli 2024 s.d September 2024. Pengambilan sampel air, sedimen dan makroalga (*Sargassum polycystum*) dilakukan di perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten, sedangkan analisis merkuri (Hg) dilaksanakan di Laboratorium Residu dan Laboratorium Kualitas Air, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan, Serang, Provinsi Banten. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Peta lokasi penelitian



Gambar 6. Peta stasiun penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu alat yang digunakan saat pengambilan sampel (Tabel 1) dan alat yang digunakan dalam pengujian sampel (Tabel 2) di Laboratorium Residu dan Laboratorium Kualitas Air, Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan, Serang, Provinsi Banten sebagai berikut:

Tabel 1. Alat pengambilan sampel

No	Nama Alat	Merk/Ukuran	Kegunaan
1.	Refraktometer	ATC 0-100%	Mengukur salinitas air
2.	Termometer	Changzhou KB	Mengukur suhu perairan
3.	pH meter	Apluste	Mengukur derajat keasaman perairan
4.	GPS	-	Mengetahui lokasi penelitian
5.	*Ekman grab*	Wildco	Mengambil sampel sedimen
6.	Label	37 x 75 mm	Untuk menandai sampel
7.	*Cool box*	Lion Star 33 liter	Tempat untuk menyimpan sampel
8.	Botol sampel	500 ml	Tempat menyimpan sampel air
9.	DO meter	Lutron DO-5510	Mengukur oksigen terlarut
10.	Pipet tetes	2,5 ml	Mengambil aquades

Tabel 1. Alat pengambilan sampel (lanjutan)

No	Nama Alat	Merk/Ukuran	Kegunaan
11.	Alat tulis	-	Mencatat hasil pengukuran
12.	Plastik	8,7 x 13 cm	Sebagai wadah sampel makroalga dan sedimen
13.	Kamera	-	Sebagai alat dokumentasi

Tabel 2. Alat pengujian sampel

No	Nama Alat	Merk/Ukuran	Kegunaan
1	Timbangan analitik	Kern-Jerman ADB 200-4	Untuk mengukur berat/bobot sampel
2	Wadah *polypropylene*	Cellprobio	Wadah sampel makroalga (*Sargassum polycystum*) setelah dipreparasi
3	Blender/*homogenizer*	BL-102 GS	Untuk menghaluskan makroalga (*Sargassum polycystum*)
4	*Vessel liner*	CEM marsxpress	Sebagai wadah sampel pada destruksi basah menggunakan *microwave digestion*
5	Mikropipet	Eppendorf	Untuk mengambil larutan pereaksi
6	Labu ukur	Iwaki	Sebagai wadah larutan sampel uji
7	*Microwave digestion*	Ethos UP	Untuk mendestruksi sampel
8	Batu didih	2-3 mm	Membantu mendidihkan sampel
10.	*Hotplate*	Wiggens	Untuk memanaskan sampel
11.	Corong	Onemed	Untuk menyaring larutan sampel sedimen
12.	Erlenmeyer	Iwaki	Sebagai wadah sampel yang akan diuji
13.	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-*Cold Vapor*	Agilent Technologies 200 Series AA	Instrumen pengujian merkuri (Hg)

Bahan pengujian yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 3. Bahan yang digunakan untuk analisis kualitas air

No	Nama Bahan	Kemurnian	Kegunaan
1.	Makroalga (*Sargassum polycystum*)	-	Sampel uji
2.	Sedimen	-	Sampel uji
3.	Air	-	Sampel uji
4.	Asam nitrat (HNO_3)	65%	Sebagai pelarut logam
5.	Asam sulfat (H_2SO_4)	Pekat	Sebagai katalis pada proses destruksi sampel air
6.	Hidrogen peroksida (H_2O_2)	30%	Sebagai pengikat logam pada proses destruksi
7.	HNO_3 : $HClO_4$	(1:1)	Sebagai pengikat logam pada proses destruksi sedimen
8.	Larutan standar	-	Larutan acuan uji logam berat pada SSA
9.	Larutan HNO_3-H_2SO_4	(1+1) 20%	Larutan pengencer pada larutan standar (sampel makroalga *Sargassum polycystum*)

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Penentuan Titik Penelitian

Penentuan titik penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling*, dimana peneliti menentukan lokasi penelitian dengan pengamatan dan penilaian tertentu berdasarkan ciri-ciri dan karakteristik lokasi penelitian (Sugiyono, 2017). Lokasi pengambilan sampel terbagi menjadi 6 stasiun. Setiap stasiun pengambilan sampel memiliki karakteristik yang berbeda-beda, antara lain sebagai berikut:

1. Stasiun 1 berada pada koordinat 5°55'3.81" LS dan 106° 8'29.36" BT yang merupakan daerah pantai yang berdekatan dengan aktivitas industri dan pelabuhan di pesisir Pulo Ampel.
2. Stasiun 2 berada pada koordinat 5°55'45.13" LS dan 106° 8'9.10" BT yang merupakan daerah permukiman, tempat bersandar kapal-kapal nelayan dan berdekatan dengan aktivitas industri di Pesisir Pulo Ampel.
3. Stasiun 3 berada pada koordinat 5°56'18.14" LS dan 106° 8'14.49" BT yang

merupakan Dermaga Pelabuhan Pasir Putih sebagai tempat berlabuhnya kapal dari Dermaga Pelabuhan Grenyang (Pulo Ampel) dan kapal-kapal nelayan serta berdekatan dengan aktivitas antropogenik di pesisir Bojonegara dan Pulo Ampel.

4. Stasiun 4 berada pada koordinat 5°56'46.99" LS dan 106° 8'53.00" BT yang merupakan daerah budidaya KJA kerapu yang berdekatan dengan aktivitas antropogenik di pesisir Bojonegara.
5. Stasiun 5 berada pada koordinat 5°56'53.06" LS dan 106° 9'23.34" BT yang merupakan Dermaga Pelabuhan Peres sebagai tempat berlabuhnya kapal nelayan dan terdapat beberapa KJA kerapu serta berdekatan dengan aktivitas antropogenik di pesisir Bojonegara.
6. Stasiun 6 berada pada koordinat 5°56'39.40" LS dan 106° 9'50.32" BT yang merupakan daerah budidaya KJA kerapu yang dekat dengan mangrove.

Masing-masing stasiun penelitian terdiri atas 3 titik dengan 3 pengulangan pada setiap titiknya. Frekuensi pengambilan sampel dilakukan sebanyak empat kali dengan selang waktu pengambilan selama dua minggu.

3.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Sampel yang akan diuji merkuri pada penelitian ini terdiri atas sampel air, sedimen dan makroalga (*Sargassum polycystum*). Pengambilan sampel air laut dilakukan dengan cara diambil sebanyak 500 ml pada kedalaman kurang lebih 5 meter dari permukaan laut menggunakan *water sampler*. Sampel yang diambil kemudian dimasukkan ke dalam botol *polyethylene* lalu ditambahkan HNO_3 5% hingga pH-nya kurang dari 2 untuk mencegah logam teroksidasi (Wahab dan Armid, 2022). Botol ditutup rapat, diberi label dan dimasukkan ke dalam *cool box* agar suhu sampel uji tetap stabil dan tetap terjaga. Pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada masing-masing titik (Hutagalung *et al.*, 1994).

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan *ekman grap*. Sampel sedimen diambil pada tiap titik dengan 3 kali pengulangan. Sampel dimasukkan ke dalam plastik zip. Selanjutnya, plastik zip diberi label lalu dibawa ke laboratorium untuk dianalisis (Supriyantini dan Soenardjo, 2015).

Pengambilan sampel makroalga (*Sargassum polycystum*) diambil dari perairan kemudian dimasukkan ke dalam plastik. Selanjutnya, plastik diikat dan diberi label. Sampel tersebut disimpan dalam *cool box* lalu dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

3.3.3 Pengukuran Parameter *In-situ*

Parameter *in-situ* merupakan parameter yang pengujiannya dilakukan secara langsung di lapangan atau tempat pengambilan sampel (Fadzry *et al.*, 2020). Pengukuran parameter air dilakukan secara *in-situ* diantaranya adalah salinitas, suhu, derajat keasaman (pH), kecepatan arus dan oksigen terlarut dalam air. Prosedur pengukuran parameter tersebut antara lain, sebagai berikut:

1. Salinitas

Pengukuran salinitas air dilakukan menggunakan refraktometer, yaitu dengan cara diambil 1 tetes sampel air laut dengan pipet tetes. Sampel tersebut diteteskan pada kaca refraktometer kemudian ditutup. Skala dibaca melalui lubang pengintai dan diarahkan ke sumber cahaya matahari (Mulyanto, 1992).

2. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer. Prosedur penggunaan termometer yaitu dengan cara termometer dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Ujung sensor termometer dimasukkan ke dalam perairan, ditunggu selama 2-5 menit hingga termometer menunjukkan nilai yang stabil. Skala yang tertera pada termometer dalam kondisi stabil diamati dan dicatat tanpa mengangkat termometer dari air (SNI 06-6989.23-2005).

3. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Prosedur penggunaan pH meter yaitu dengan cara pH meter dikalibrasi terlebih dahulu sebelum dilakukan pengukuran. Sensor pada pH meter dicelupkan ke dalam perairan lalu ditunggu selama 2 menit. pH meter diangkat dan dilihat hasil pada *display* (SNI 06-6989.11-2004).

4. Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur dengan menggunakan metode apung (*floating method*) yaitu dengan benda yang tidak dapat tenggelam diikat dengan tali sepanjang 1 m dan ditempatkan di atas permukaan air. Waktu yang dibutuhkan untuk tali meregang diukur dengan stopwatch lalu dicatat. Pengukuran kecepatan arus ini kemudian dihitung hasil perbandingan jarak atau panjang tali dengan waktu yang diperlukan tali untuk meregang sekaligus arah perpindahan benda apung. Pengukuran arah arus juga memanfaatkan data *online* yang tersedia melalui *website* Ventusky.com untuk melengkapi dan mendukung hasil pengukuran dengan metode apung (*floating method*). *Website* ini menyediakan data berupa arah arus yang telah tervisualisasi secara jelas sesuai dengan periode waktu yang ditentukan (Prismayuda *et al.,* 2020).

5. Oksigen Terlarut

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan dengan menggunakan DO meter dengan cara DO meter dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Ujung sensor DO meter dicelupkan ke dalam perairan selama kurang lebih 5 menit hingga nilai tersebut konstan kemudian dicatat (Prima *et al.,* 2016).

3.3.4 Pengujian Merkuri (Hg)

3.3.4.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi atau kurva standar didefinisikan sebagai hubungan konsentrasi larutan kerja dengan hasil pembacaan serapan yang merupakan garis lurus (SNI 6989.8:2009). Kurva kalibrasi tersebut kemudian akan memperoleh persamaan garis yang menyatakan hubungan antara konsentrasi dan absorbansi. Fungsi dari kurva kalibrasi ini yaitu untuk menentukan konsentrasi zat dalam sampel yang tidak diketahui dengan cara membandingkannya ke dalam serangkaian larutan standar dari konsentrasi yang telah diketahui/diuji (Nisah dan Nadhifa, 2020). Kelayakan suatu kurva kalibrasi dapat diketahui dengan uji kelinieran kurva, sedangkan nilai koefisien korelasi (r) digunakan sebagai parameter adanya hubungan linier pada analisis regresi linier y=a+bx. Nilai r yang baik dalam suatu analisis yaitu > 0,99 (Miller dan Miller, 1991).

Pembuatan kurva kalibrasi merkuri (Hg) pada sampel air dilakukan dibuat larutan standar kerja dengan cara dipipet (0, 1, 2, 3, 4, 5) ml larutan baku merkuri (Hg) 100 µg/l masing-masing ke dalam labu ukur 50 ml. HNO_3 pekat sebanyak 1 ml ditambahkan ke dalam labu ukur lalu ditambahkan dengan air suling bebas merkuri hingga batas tera pada labu ukur sehingga diperoleh konsentrasi merkuri (Hg) (0, 2, 4, 6, 8, 10) µg/l (SNI 19-6964.2-2003).

Pembuatan kurva kalibrasi merkuri (Hg) pada sampel sedimen dilakukan dengan cara dipipet larutan stok ke dalam 6 labu ukur 50 ml, kemudian ditambahkan dengan 2 ml larutan HNO_3 : $HClO_4$ (1:1) ke dalam masing-masing labu ukur. Larutan H_2SO_4 [5] ml ditambahkan ke dalam masing-masing labu ukur, lalu ditambahkan 1 ml air suling bebas merkuri. Batu didih ditambahkan ke dalam masing-masing labu ukur, lalu dipanaskan di atas penangas listrik pada suhu 250^oC selama 20 menit, setelah itu didinginkan. air suling bebas merkuri ditambahkan kembali hingga tanda tera pada labu ukur (SNI 06-6992.2-2004).

Pembuatan kurva kalibrasi merkuri (Hg) pada sampel makroalga (*Sargassum polycystum*) menggunakan larutan standar dengan konsentrasi sebesar (1, 2, 4, 8, 16, 30) µg/l. Larutan standar dibuat dengan mengencerkan larutan stok 1 mg/l dengan cara larutan stok dipipet sebanyak (0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,0) ml ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian diencerkan dengan larutan HNO_3-H_2SO_4 (1+1) 20%. Larutan standar ini dibuat ketika akan melakukan analisa (SNI 2354.6:2016).

3.3.4.2 Pengujian Kandungan Merkuri (Hg) pada Air

Pengujian kandungan merkuri (Hg) pada air mengacu pada SNI 19-6964.2-2003 terdiri atas preparasi sampel dan pengujian sampel dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)-*cold vapor*.

3.3.4.3 Pengujian Kandungan Merkuri (Hg) pada Sedimen

Pengujian kandungan merkuri (Hg) pada sedimen mengacu pada SNI 06-6992.2-2004 yang terdiri atas preparasi sampel, penentuan konsentrasi merkuri (Hg), penentuan kadar air, pengujian sampel dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)-*cold vapor* dan perhitungan konsentrasi merkuri (Hg).

3.3.4.4 Pengujian Kandungan Merkuri (Hg) pada *Sargassum polycystum*

Pengujian kandungan merkuri (Hg) pada makroalga (*Sargassum polycystum*) mengacu pada SNI 2354.6:2016 yang terdiri atas preparasi sampel, destruksi basah, pengujian konsentrasi merkuri (Hg) dengan spektrofotometri serapan atom (SSA)-*cold vapor* dan perhitungan konsentrasi merkuri.

3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis secara statistik dan dibahas secara deskriptif. Konsentrasi merkuri (Hg) yang diperoleh pada sampel air, sedimen dan makroalga *Sargassum polycystum* masing-masing dibandingkan dengan PP RI nomor 22 tahun 2021, ANZECC & ARMCANZ tahun 2000 dari Australia dan New Zealand dan SNI 7387:2009, sedangkan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi merkuri (Hg) pada air, sedimen, *Sargassum polycystum,* parameter fisika dan kimia di perairan Pulau Panjang dianalisis dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Menurut Lestari *et al.* (2022), PCA merupakan teknik statistik multivarian yang secara linier mengonversi sekumpulan variabel asli menjadi sejumlah variabel baru yang lebih sedikit yang tidak berkorelasi dan mampu merepresentasikan informasi dari variabel asli.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh pada penelitian ini antara lain:

1. Konsentrasi rata-rata merkuri (Hg) pada air melebihi baku mutu berdasarkan PP RI nomor 22 tahun 2021, sedangkan konsentrasi merkuri (Hg) pada sedimen berada di atas batas baku mutu rendah/*low* namun masih berada di bawah batas baku mutu tinggi/*high* (1000 ng/g) yang mengacu pada ANZECC & ARMCANZ (2000) dari Australia dan New Zealand, sementara konsentrasi merkuri (Hg) pada makroalga (*Sargassum polycystum*) melebihi batas maksimum cemaran merkuri menurut SNI 7387:2009.
2. Konsentrasi merkuri pada air berkorelasi negatif dengan konsentrasi merkuri pada *Sargassum polycystum* di Perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten, sedangkan konsentrasi merkuri pada sedimen di Perairan Pulau Panjang, Kecamatan Pulo Ampel, Kabupaten Serang, Banten berkorelasi positif dengan konsentrasi merkuri pada *Sargassum polycystum.*

5.2 Saran

Pemerintah dan masyarakat di sekitar Pulau Panjang disarankan untuk mengelola perairan guna mengurangi pencemaran, termasuk pencemaran perairan terhadap merkuri. Penelitian lanjutan juga diperlukan untuk mengkaji dampak polutan tersebut terhadap ekosistem perairan, terutama akumulasi logam berat pada biota seperti ikan, kerang dan organisme lain yang menjadi sumber pangan bagi masyarakat sekitar untuk memastikan keberlanjutan ekosistem dan kesehatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Achmad. R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi. Yogyakarta. 171 hlm.

Adi, S. E., & Dyah, N. S. 2010. Pengurangan konsentrasi ion Pb dalam limbah air elektroplating dengan proses biosorpsi dan pengadukan. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(1): 373–379.

Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand. 2000. *Australian and New Zealand Environment and Conservation Concil* (ANZECC), *Interim Sediment Quality Guidelines Report For The Environmental Research Institute of the Supervising Scientits Sydney, Australia*. NZ Water & Wastes Association. New Zealand. 314 hlm.

Ahmad, A., Rahman., & Hidayat. 2021. Studi kandungan logam berat timbal (Pb) pada sedimen dan air di sungai Jeneberang Kota Makasar 2020. *Window of Public Health Journal*, 2(5): 844–851.

Ahmad, F., Azman, S., Said, M.I.M., & Baloo, L. 2015. Tropical seagrass as a bioindicator of metal accumulation. *Sains Malaysiana*, 44(2): 203–210.

Alfian, Z. 1998. Analisis logam raksa di dalam beberapa alat kosmetik menggunakan metode cold hydride accessories (CVHA) varian techtron MGS. *Media Farmasi*, 6: 21–27.

Andri, D. H., Anies., & Suharyo, H. 2011. Kadar merkuri pada rambut masyarakat di sekitar penambangan emas tanpa ijin. *Media Medika Indonesiana*, 45(3): 181–187.

Arifin, M. Y., & Goang, M. A. 2018. Penyerapan senyawa merkuri (Hg) di Karamba jaring apung oleh tanaman azolla dengan kepadatan berbeda. *Jurnal Akuakultur Sungai dan Danau*, 3(1): 35–42.

Aruan, D. G. R., & Siahaan, M. A. 2017. Penentuan kadar dissolved oxygen (DO) pada air sungai sidoras di Daerah Butar Kecamatan Pagaran Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Analisis Laboratorium Medik USMIndonesia*, 2(1): 422–433.

Astria, F., Subito, M., & Nugraha, D. W. 2014. Rancang bangun alat ukur pH dan suhu berbasis *short message service* (SMS) *gateway*. *Jurnal Metrik*, 1(1): 47–55.

Atmadja, W. S., Sulistijo, A. K., & Satari, R. 1996. *Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia.* Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta. 191 hlm.

Badan Pusat Statistik. 2021. Jumlah Perusahan Industri Besar dan Sedang Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Banten, 2019-2021. https://cilegonkota.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzAyIzI=/jumlah-perusahaan-industri-besar-dan-sedang-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-banten.html. (Diakses pada 28 November 2024).

Baker, L., & Denyes, M. J. 2004. Prediktor perawatan diri pada remaja dengan cystic fibrosis: Tes teori orem tentang perawatan diri dan defisit perawatan diri. *Jurnal Keperawatan Anak*, 23(1): 37–48.

Beaty, R. D., & Kerber, J. D. 1993. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*. The Perkin-Elmer Corporation. United States of America. 96 hlm.

Bella, A., Putri, D. R. P. S., & Mandang, I. 2021. Rancang bangun sistem monitoring suhu dn salinitas pada air laut. *Progressive Physics Journal*, 2(1): 37–48.

Bendl, R. F., Madden, J. T., Regan, A. L., & Fitzgerald, N. 2000. Mercury determination by cold vapor atomic absorption spectrometry utilizing UV photoreduction. *Talanta*, 68(4): 1366–1370.

Benoit, J.M., Gilmour, C.C., Heyes, A., Mason, R.P., & Miller, C.L. 2003. Geochemical and biological controls over methylmercury production and degradation in aquatic system. in Biochemistry of Environmentally Important Trace Elements. Yong C, Braids OC, (Ed: *American Chemical Society*). *Washington*, 262– 297 pp.

Bernadus, G. E., Polii, B., & Rorong, J. A. 2021. Dampak merkuri terhadap lingkungan perairan sekitar lokasi pertambangan di Kecamatan Loloda Kabupaten Halmahera Barat Provinsi Maluku Utara. *Agri-Sosio Ekonomi Unsrat*, 17(2): 599–610.

Bernhard, M. 1981. Impact and control of heavy metals and chlorinated hydrocarbons in the marine environment. WHO training course on coastal pollution control. *Denmark*, 3: 991–1015.

Black, W. A. P., & Mitchell, R. L. 1952. Trace elements in the common brown algae and in sea water. *Journal of the Marine Biological of the United Kingdo,* 30(3): 575–584.

Braune, B., Chetelat, J., Amyot, M., Brown, T., Clayden, M., Evans, M., Fisk, A., Gaden, A., Girard, C., Hare, A., Kirk, J., Lehnherr, I., Letcher, R., Loseto, L., Macdonald, R., Mann, E., McMeans, B., Muir, D., O'Driscoll, N., ... & Stern, G. 2015. Mercury in the marine environment of the Canadian

Artic: review of recent findings. *Science of The Total Environment*, 67–90.

Bridges, C. C., & Zalups, K. R. 2004. Molecular and ionic mimicry and the transport of toxic metal. *Toxicol Applied Pharmacol,* 204(3): 274–308.

Brushett, A. J., Stone, J., Howe, P., Thomas, B., Clark, M., Male, Y. T., Nanlohy, A., & Butcher, P. 2017. Geochemistry and mercury contamination in receiving environments of artisanal mining wates and identified concerns for food safety. *Environmental Research*, 152. 407–418.

Budiastuti, P., Raharjo, & Dewanti, N. A. Y. 2016. Analisis pencemaran logam berat timbal di badan sungan babon Kecamatan Genuk Semaarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat,* 4(5): 119–125.

Chekroun, K. B., & Baghour, M. 2013. The role of algae in phytoremediation of heavy metals: a review. *Journal of Materials and Environmental Science*, 4(6): 873–880.

Cordova, M. R., & Muhtadi, A. 2017. Skrining kemampuan absorpsi merkuri pada makroalga cokelat *Hormophysa triquetra* dan makroalga merah *Gracilaria salicornia* dari Pulau Pari. *Oseanologi dan Limnologi Indonesia,* 2(3): 25–33.

Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta. 80 hlm.

Dawes, C. 1981. *Marine Botany*. John Wiley and Sons, Inc. Canada. 496 hlm.

Dean, H.K. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biologia Tropical*, 56: 11–38.

Dewi, A. K., Harteman, E., & Ruthena, Y. 2024. Konsentrasi merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dalam air dan sedimen sungai pujon di Desa Pujon Kabupaten Kapuas. *Journal of Tropica; Fisheries,* 19(2): 7–15.

Dinik, R., & Purnomo, T. 2022. Kandungan logam berat kadmium (Cd) pada rumput laut *Gracilaria* sp. di Kampung Rumput Laut Kecamatan Jabon Sidoarjo. *Sains daan Matematika,* 7(1): 8–12.

Dwiyanti, S. 2023. Pengaruh merkuri (Hg) terhadap kandungan pigmen, pertumbuhan dan kualitas agar rumput laut *Gracilaria* sp. *Jurnal Perikanan,* 13(2). 475–484.

Edaniati. 2015. Analisis prilaku masyarakat terhadap dampak merkuri untuk kesehatan di Gampong Cot Trap Kecamatan Teunom Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Kesehatan Lingkungan,* 11(2): 62–98.

Endang, R., Kaisupy, M. T., & Rozak, A. 2006. Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di perairan muara Sungai Cisadane. *Makara Sains,* 10(1). 35–

40.

Fadzry, N., Hidayat, H., & Eniati, E. 2020. Analisis COD, BOD dan DO pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUPESDM Yogyakarta. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(2): 80–89.

Fatmi, D., & Putra, B. H. 2018. Studi efektifitas limbah kulit pisang (*Musa acumnate*) sebagai absorben logam berat seng Zn). *Menara Ilmu,* 12(9): 40–50.

Fendjalang, S. N. M., Rupilu, K., Simange, S. M., & Paparang, A. 2017. Analisis kandungan timbal (Pb) pada perairan pantai Desa Kupa Kupa, Kecamatan Tobelo Selatan, Kabupaten Halmahera Utara. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis,* 6(2): 126–133.

Forstner, U., & Prosi, F. 1979. Heavy metal pollution in freshwater ecosystem, in: O.Ravera. *Biological Aspects of Freshwater Pollution*, 272–280.

Hadi, M. C. 2013. Bahaya merkuri di lingkungan kita. *Jurnal Skala Husada,* 10(2): 175–183.

Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., & Welan, F. J. 2016. Efektivitas adsorpsi logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} menggunakan media adsorben cangkang telur ayam. *Konversi,* 5(1): 1–7.

Hakimi, A. R., Rivai, M., & Pirngadi, H. 2021. Sistem kontrol dan monitor kadar salinitas air tambak berbasis IoT LoRa. *Jurnal Teknik ITS,* 1(10): 9–14.

Hananingtyas, I. 2017. Studi pencemaran kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada ikan tongkol (*Euthynnus* sp.) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic : The Journal of Tropical Biology*, 1(2): 41–50.

Harjuna, R. A., Riniatsih, I., & Suryono, C. A. 2020. Kondisi padang lamun di Pulau Panjang dan Pulau Lima, Banten. *Journal of Tropical Marine Science,* 3(2): 89–93.

Harmesa, H., Lestari, L., & Budiyanto, F. 2020. Distribusi logam berat dalam air laut dan sedimen di perairan Cimanuk, Jawa Barat, Indonesia. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 5(1): 19–32.

Harris, P. O., & Ramelow, G. J. 1990. binding of metal ions by particulate biomass derived from *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda*. *Environmental Science and Technology*, 24(2): 220–228.

Humana, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, Maury, H. K., & Alianto. 2018. Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan,* 16(1): 35–43.

Hutagalung, H. P., & Setiapermana, D. 1994. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta. 30 hlm.

Ippen, A. T. 1996. *Estuary and Coastline Hydrodynaamics.* McGraw-Hill. New York. 744 hlm.

Irsan., Male, Y. T., & Selanno, D. A. J. 2020. Analisis kandungan merkuri (Hg) pada ekosistem sungai waelata dan sungai anahoni yang terdampak aktivitas pertambangan emas di Pulau Buru, Maluku. *Chemistry Progress*, 13(1): 31–38.

Jais, N., Ikhtiar, M., Gafur, A., Abbas, H. H., & Hidayat. 2020. Bioakumulasi logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr) yang terdapat dalam air dan ikan di Sungai Tallo Makasar. *Window of Public Health Journal*, 1(3): 261–273.

Jayanudin., Lestari, A. Z., & Nurbayanti, F. 2014. Pengaruh suhu dan rasio pelarut ekstraksi terhadap rendemen dan viskositas natrium alginat dari rumput laut coklat (*Sargassum* sp.). *Jurnal Integrasi Proses*, 5(1): 51–55.

Jiang, L.Q., Carter, B.R., Feely, R.A., Lauvset, S.K., & Olsen, A. 2019. Surface ocean pH and buffer capacity: past, present and future. *Scientific Reports*, 9(1): 1–11.

Juharna, F. M., Widowati, I., & Endrawati, E. 2022. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan kromium (Cr) pada kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Morosari, Sayung, Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2): 139–148.

Juhriah., & Alam, M. 2016. Fitoremediasi logam berat merkuri (Hg) pada tanah dengan tanaman *Celosia plumosa* (Voss) Burv. *Jurnal Biologi Makassar (Bioma)*, 1(1): 1–8.

Julyanto, O., Wirani, A. P., & Nurhikmat, M. 2022. Analisa pengukuran kinerja perusahaan dengan pendekatan balanced scorecard. *Journal of Industrial Engineering and Management Research*, 3(4): 268 – 278.

Juniardi, E., Sulistion., Hariyadi, S., & Kamal, M. M. 2021. Heavy metal content of Pb dan Cd in bandik grouper *(Cephalopholis boena)* in Banten Bay, Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3): 1047–1055.

Juniarti, L., Jumarang, M. I., & Apriansyah, A. 2017. Analisis kondisi suhu dan salinitas peairan barat Sumatera menggunakan data *Argo Float*. *Physics Communication*, 1(1): 74–84.

Kadi, A. 2005. Beberapa catatan kehadiran marga *Sargassum* di perairan Indonesia. *Oseana*, 30(4): 19–29.

Kadim, M. K., Pasisingi, N., & Paratama, A. R. 2017. Kajian kualitas perairan Teluk Gorontalo dengan menggunakan metode STORET. *Depik,* 6(3): 235–241.

Kaplan, D. 1988. *Algal Polysaccharides As Natural Metal Chelators. BARD & North Carolina Biotechnology Center*. Beaufort. South California. Pp. 51–55.

Kopysc, E., Pyrzynska, K., Garbos, S., & Bulska, E. 2000. Determination of mercury by cold-vapor atomic absorption spectometry with preconcentration on a gold-trap. *Analytical Sciences,* 16(1): 1309–1312.

Kristianto, D., Warsidah., & Nurdiansyah, I. 2021. Kandungan logam berat merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada kepiting bakau (*Scylla serrata*) dan sedimen di wilayah mangrove kuala singkawang Kalimantan Barat. *Jurnal Teknosains Kodepena*, 1(2): 64–73.

Legiarsi, K., Khairuddin., & Yamin, M., 2022. Analysis of cadmium (Cd) heavy metal content in headsnake fish (*Channa striata*) derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2021. *Jurnal Biologi Tropis,* 22 (2): 595–601

Leskona, D., Linda, R., & Mukarlina. 2013. Pertumbuhan jagung (*Zea mays* L) dengan pemberian *Glomus aggregatum* dan biofertilizer pada tanah bekas penambangan emas. *Jurnal Probiont*, 2(3): 176–180.

Lestari, D., Ilhamsyah, I. & Rusi, I. 2022. Pengukuran kualitas layanan sistem informasi perpustakaan Universitas Tanjungpura menggunakan metode LibQual, WebQual 4.0, dan Importance Performance Analysis (IPA). *Coding: Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 10(1): 34–45.

Lisna, D., Ginayanti H., & Khoirul A. 2021. Penentuan kadar logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada sumber air di kawasan Gunung Salah Kabupaten Sukabumi dengan metode spektofotometer serapan atom (SSA). *Jurnal sabdariffarman*, 9(2): 15–24.

Liu, G., Cai, Y., & Driscoll, N. O. 2012. *Environmental Chemistry And Toxicology Of Mercury.* ISBN 978-0-470-57872-8. Copyright c 2012 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Mason, R. P., Fitzgerald, W. F., & Morel, F. M. 1994. The biogeochemical cycling of elemental mercury: anthropogenic influences. *Geochimica et cosmochimica acta*, 58(15): 3191–3198.

Matagi, S. V., Swai, D., & Mugabe, R. 1998. A review of heavy metal removal mechanisms in Wetlands. *African Journal of Tropical Hydrobiology and Fisheries*, 8(1): 23–35.

Milasari, F., Hidayat, D., Rinawati., Supriyanto, R., & Kiswandono, A. A. 2020. kajian sebaran logam berat timbal (Pb) dan kromium (Cr) pada sedimen di sekitar perairan Teluk Lampung. *Jurnal Analytical and Environmental Chemistry*, 5(1): 92–100.

Miller, J. C., & Miller, J. N. 1991. *Statistika untuk Kimia Analitik Edisi Kedua.* Institut Teknologi Bandung. Bandung. 258 hlm.

Minarto, E., Heron, S., Elizabeth, V., Tjiong, G.P., Muzilman, M., & Eka, S. 2008. Distribusi temperatur dan salinitas bulan november 2008 di Selat Sunda. *Jurnal Physics*, 3(2): 6–16.

Mirawati, F., Supriyantini, E., & Azizah, R. 2016. kandungan logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(2): 21–126.

Mishra, A., Kavita, K., & Jha, B. 2011. Characterization of extracellular polymeric substances produced by micro-algae *Dunaliella salina*. *Carbohydrate Polymers*, 83(2): 852–857.

Monteiro, C. M., Fonseca, S. C., Castro, P. M. L., & Malcota, F. X. 2011. Toxicity of cadmium and zinc on two microalgae, *Scenedesmus obliquus* and *Desmodesmus pleiomorphus*, from Northern Portugal. *Journal of Applied Phycology*, 23(1): 97–103.

Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Penerbit PT. Pradnya Paramitha. Jakarta. 332 hlm.

Mulyadi, I., Zaman, B., & Surmiyati, S. 2020. Konsentrasi merkuri pada air sungai dan sedimen sungai desa tambang sawah akibat penambangan emas tanpa izin. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 4(2): 93–97.

Mulyanto, S. 1992. *Lingkungan Hidup Untuk Ikan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta. 130 hlm.

Mustapha, A. & Abdu, A., 2012. Application of principal component analysis & multiple regression models in surface water quality assessment. *Journal of Environment and Earth Science*, 2(2): 16–23.

Naja, G., & Volesky, B. 2011. The mechanism of metal action and anion biosorption. In P. Kotrba, M. Mackova & T. Macek (Eds.). *Microbial Biosorption of Metals*, 19–58.

Nasuha, T., Yuliani., & Indah, N. K. 2014. Efektivitas *Gracilaria gigas* sebagai Biofilter Logam Berat Timbal (Pb) pada Media Tanam. *Jurnal LenteraBio*, 3(1): 91–96.

Natsir, N.A., Selanno, D.A.J., Tupan, Ch.I., & Male, Y.T. 2019. Uji kandungan

Logam Berat Pb dan Hg pada Air, Sedimen dan Lamun (*Enhalus acoroides*) di Perairan Teluk Kayeli Kabupaten Buru Provinsi Maluku. *Jurnal Biology Science & Education*, 8(1): 9–20

Nielsen, S. S. 2017. *Sodium and Potassium Determinations by Atomic Absorption Spectroscopy and Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy*. In Food Analysis Laboratory Manual. Food Science Text Series (pp. 171–177). Springer, Cham.

Nigro, S., Stirk, W., & Van, S. J.. 2002. Optimising heavy metal adsorbance by dried seaweeds. *South African Journal of Botany,* 68(3): 333–341.

Nisah, K., & Nadhifa, H. 2020. Analisis kadar logam Fe dan Mn pada air minum dalam kemasan (AMDK) dengan metode spektrofotometri serapan atom. *Ar-Raniry Chemistry Journal,* 2(1): 6–12.

Noviardi, R., Suyadi, D., Sembodo, S., Dwi Handoko, A., Wulandari, R., & Primadona, L. 2016. *Ekstraksi Logam Emas (Au) dari Limbah Pengolahan Bijih Emas Cara Amalgamasi Menggunakan Tanaman (Phytomining).* (Laporan Kegiatan). UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon-LIPI Tahun 2015. Sukabumi. 8 hlm.

Novita, P., Subari, Y., & Patang. 2019. Pengaruh habitat mangrove terhadap penurunan tingkat cemaran timbal di Muara Sungai Tallo. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian,* 5(1): 69–82.

Nybakken, W. J., 1992. *Biologi laut, Suatu Pendekatan Ekologis*. Gramedia. Jakarta. 459 hlm.

Oktavia, R., John, I.P., & Manurung, P. 2011. Variasi muka laut dan arus geostrofik permukaan perairan selat sunda berdasarkan data pasut dan angin tahun 2008. *Jurnal Ilmu Kelautan Tropis,* 3(2): 127–152.

Pahalawattarachchi, V., Purushthothaman, C. S., & Vennila, A. 2009. Metal phytoremediation potential of *Rhizophora mucronata* Lam. *Indian Journal of Marine Science,* 38(2): 178–183.

Pakidi, C.S., & Suwono, H.S. 2016. Potensi dan pemanfaatan bahan aktif alga cokelat *Sargassum* sp. *Octopus,* 5(2): 488–498.

Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta. 152 hlm.

Palar, H. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta. 142 hlm.

Panda, A., Nitimulyo, K. H., & Djohan, T. S. 2003. Akumulasi merkuri pada ikan baung (*Mytus nemurus*) di Sungai Kahayan Kalimantan Tengah. *Manusia dan Lingkungan,* 10(3): 120–130.

Pangestu, R., Riani, E., & Effendi, H. 2017. Estimasi beban pencemaran *point source* dan limbah domestik di sungai kalibaru timur Provinsi DKI Jakarta, Indonesia. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(3): 219–226.

Pariwono, J. 1981. *Gaya Penggerak Pasang Surut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI. Jakarta. 23 hlm.

Patty, S. I., Yalindua, F. Y., & Ibrahim, P. S. 2021. Analisis kualitas perairan bolaang Mongondow, Sulawesi Utara berdasarkan parameter fisika-kimia air laut. *Jurnal Kelautan Tropis,* 24(1): 113–122.

Pemerintar Daerah. 2013. *Peraturan Daerah Kabupaten Serang nomor 2 tahun 2013 tentang Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Kabupaten Serang tahun 2013-2033.* Pemerintah Daerah Serang. Serang. 52 hlm.

Pemerintah Pusat. 2021. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.* Republik Indonesia. Jakarta. 771 hlm.

Poerbandono, D. N., & Djunarsjah, E. 2005. *Survey Hidrografi*. Rafika Aditama. Bandung. 162 hlm.

Pratiwy, E., Handoyo, G., & Suryoputro, A. A. D. 2023. Evaluasi kesesuaian lahan perairan untuk budidaya rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) di Perairan Pulau Panjang, Banten. *Indonesian Journal of Oceanography*, 5(5): 199–205.

Prima, C. D., Hartoko, A., & Muskananfola, M. R. 2016. Analisis sebaran spasial kualitas perairan Teluk Jakarta. *Diponegoro Journal of Maquares,* 5(2): 51–60.

Prismayuda, O. B., Purnama, A., & Najimuddin, D. 2020. Analisis distribusi kecepatan pada saluran terbuka (study kasus: Sungai Pelat, Desa Pelat). *Jurnal SainTeka,* 1(1): 1–10.

Purba, N. P., & Pranowo, W. S. 2015. *Dinamika Oseanografi, Deskripsi Karakteristik Massa Air dan Sirkulasi Air Laut*. UNPAD Press. Sumedang. 276 halaman.

Putra, A. E., Najamuddin., & Hajar, M. A. I. 2013. Pengaruh arah dan kecepatan arus terhadap hasil tangkapan jaring perangkap pasif (*set net*) di Teluk Mallasoro, Jeneponto. *Jurnal Sains & Teknologi*, 13(3): 257–263.

Putranto, T. T. 2011. Pencemaran logam berat merkuri (Hg) pada air tanah. *Teknik,* 32(1): 62–71.

Putri, Z. L., Wulandari, S.Y., & Maslukah, L. 2014. Studi sebaran kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air dan sedimen dasar di perairan muara

sungai manyar Kabupaten Gresik, Jawa Timur. *Jurnal Oseanografi*, 3 (4): 589–595.

Qamar, S. A., Qamar, M., Basharat, A., Bilal, M., & Cheng, H. 2022. Alginate-based nano-adsorbent materials-bioinspired solution to mitigate hazardous environmental pollutants. *Chemosphere,* 288(3): 132618.

Rachmawatie, H. Z., & Abida, I. W. 2009. Analisis konsentrasi merkuri (Hg) dan cadmiun (Cd) dimuara sungai porong sebagai area buangan limbah lumpur lapindo. *Jurnal Kelautan,* 2(2): 42–47.

Rahmadiani, W. D., & Aunurohim. 2013. Bioakumulasi logam berat kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada konsentrasi sublethal. *Jurnal Sains dan Seni Pomits,* 2(2): 202–206.

Ramadhan, R. A., Maharani, N. M. S., Ling, M. G., Fauzan, A. A., Utami, D. A., Sasongko, A. S., Cahyadi, F. D., & Cahyarini, S. Y. 2024. Analisis konsentrasi merkuri (Hg) pada sampel sedimen di perairan Pulau Panjang, Banten. *Journal of Marine Research,* 13(1): 127–136.

Rasul, E., & Musafira. 2022. Analisis kandungan merkuri (Hg) pada badan air, sedimen dan biota yang terdampak aktivitas pertambangan emas di Kabupaten Parigi Moutong. *Jurnal Riset Kimia,* 8(1): 39–44.

Rice, K. M., Walker, E. M., Wu, M., Gillette, C., & Blough, E. R. 2014. Environmental mercury and its toxic effects. *Journal of Preventive Medicine & Public Health,* 47(2): 74–83.

Rochyatun, E., & Rozak, A. 2007. Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains,* 11: 28–36.

Roemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan.* Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 245 hlm.

Rosmayati, L., Andrian, Y., & Caryana, Y. K. 2011. Rancang bangun adsorben *mercury removal. Lembaran Publikasi Lemigas*, 44(1): 33–45.

Rumoey, D. S., Umar, N. A., & Hadijah. 2022. *Pencemaran Logam Berat pada Ekosistem Perairan.* Pusaka Almada. Gowa. 70 hlm.

Sagala, S. L., Anastasia, R. B., Kuswardani., & Widodo, S. 2014. Distribusi logam berat di perairan Natuna. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis,* 6(1): 297–310.

Sahara, E. 2009. Distribudi Pb dan Cu pada berbagai ukuran partikel sedimen di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia,* 3(2): 75–80.

Saleh, B. A., Rahardja, B. S., & Arief, M. 2014. Studi kandungan logam berat merkuri (Hg) dan prediksi kandungan metil merkuri (CH_3Hg) pada organ

kerang darah (*Anadara granosa*) di Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Banyuurip, Pantai Utara Gresik, Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 6(2): 207–213.

Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Oseana*, 30(3): 21-26.

Saputra, H. M., Sari, M., Purnomo, T., Suhartawan, B., Asnawi, I., Palupi, I. F. J., Sahabuddin, E. S., Sinaga, J., Juhanto, A., Yunirti, E., & Nur, S. 2023. *Analisis Kualitas Lingkungan.* Get Press Indonesia. Padang. 258 hlm.

Shrader, D. E., & Hobbins, W. B. 2010. *The Determination of Mercury by Cold Vapor Atomic Absorption.* Agilent Technologies. USA. 5 hlm.

Silalahi, F. R. W., Zaainuri, M., & Wulandari, S. Y. 2023. Studi kandungan logam berat timbal (Pb) dan seng (Zn) di Perairan Muara Sungai Cisadane Kabupaten Tangerang. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 5(1): 1–6.

SNI 06-6989.11-2004. *Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH Meter.* Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 8 hlm.

SNI 06-6989.23-2005. *Air dan Air Limbah-Bagian 23: Cara Uji Suhu dengan Termometer.* 4 hlm.

SNI 06-6992.2-2004. *Sedimen-Bagian 2: Cara Uji Merkuri (Hg) Secara Uap Dingin (Cold Vapour) dengan Mercury Analyzer.* 9 hlm.

SNI 19-6964.2-2003. *Kualitas Air Laut-Bagian 2: Cara Uji Merkuri (Hg) Secara Cold Vapour dengan Spektrofotometer Serapan Atom atau Mercury Analyzer.* Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 10 hlm.

SNI 2354.6:2016. *Cara Uji Kimia-Bagian 6: Penentuan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) pada Produk Perikanan.* 15 hlm.

SNI 6989.8:2009. *Air dan Air Limbah-Bagian 8: Cara Uji Timbal (Pb) secara Spekrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala.* Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 9 hlm.

SNI 7387:2009. *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan.* Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 25 hlm.

Soekendarsi, E. Juariah, U., Setyobudiandi, I., & Soewardi, K. 2004. *Jenis-Jenis Rumput Laut di Perairan Indonesia*. FPIK-IPB. Bogor. 63 hlm.

Soemirat, J., & Ariesyady, H. D. 2015. *Toksikologi Lingkungan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 144 hlm.

Sugianti, Y., & Astuti, L. P. 2018. Respon oksigen terlarut terhadap pencemaran dan pengaruhnya terhadap keberadaan sumber daya ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2): 203.

Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif R&D*. Alfabeta. Bandung. 334 hlm.

Sukoasih, A., & Widiyanto, T. 2017. Hubungan antara suhu, pH dan berbagai variasi jarak dengan kadar timbal (Pb) pada badan air sungai rompang dan air sumur gali industri batik Sokaraja Tengah tahun 2016. *Buletin Keslingmas*, 36(4): 360–368.

Sumarno, D., & Kusumaningtyas, D. I. 2018. Penentuan limit deteksi dan limit kuantitasi untuk analisis logam timbal (Pb) dalam air tawar menggunakan alat spektrofotometer serapan atom. *Buletin Teknik Litkayasa Sumber Daya dan Penangkapan*, 16(1): 7–11.

Supangat, A., Adi, T.R., Pranowo, W.S., & Ningsih, N.S. 2015. Predicting Movement of the Warm Pool, the Salinity Front, and the Convergence Zone in the Western and Central Part of Equatorial Pacific Using a Coupled Hydrodynamical Ecological Model. *The Twelfth OMISAR Workshop on Ocean Models.* 11pp.

Supriyantini, E., & Endrawati, H. 2015. Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(1): 38–45.

Supriyantini, E., & Soenardjo, N. 2015. kandungan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada akar dan buah mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2): 98–106.

Susana, T. 2005. Kualitas zat hara perairan Teluk Lada, Banten. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 37(1): 59–67.

Tjitrosoepomo, G. 2001. *Taksonomi Tumbuhan : Schizophyta, Thallophyta, Bryophyta dan Pteridophyta.* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 309 hlm.

Tuiyo, R. 2013. Identifikasi alga coklat (*Sargassum* sp.) di Provinsi Gorontalo. *Jurrnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(3): 192–195.

Umasugi, A., Pattykayhattu, E. B., Karyani, M. S., & Jakfar, A. 2023. Penggunaan saringan sebagai alat untuk membantu mengurangi kadar merkuri yang tercemar di Desa Debowae Kecamatan Waelata Kabupaten Buru Provinsi Maluku. *Journal Mechanical Engineering (JME)*, 1(3): 186–194.

Usman, K. O. 2014. Analisis sedimentasi pada muara sungai komering Kota

Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingku*ngan, 2(2): 209–215.

Utami, R., Rismawati, W., & Sapanli, K. 2018. *Pemanfaatan Mangrove untuk Mengurangi Logam Berat di Perairan.* (Prosiding Seminar Nasional Hari Air Dunia). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 13 hlm.

Utami, T. P., & Sayogo, B. H. 2021. Studi literatur potensi pemanfaatan dan pengolahan alga genus *Sargassum* yang terdapat di Kepulauan Seribu sebagai bahan obat. *Archives Pharmacia*, 3(1): 41–48.

Vaidya, A. R., Pandey, S.. Mudliar, M. S., Kumar, T., Chakrabarti., & Devotta, S. 2005. Production and recovery of lactic acid for polylactide-an overview. *Crit. Reviews in Environmental Science and Technology*, 35(5): 429–467.

Wahab., & Armid. 2022. Asesmen kualitas aair laut di sekitar kawasan industri Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia,* 4(3): 182–189.

Wahidah, S., Khairi., Lelifajri., Idroes, R., Rahmadi., Lala, A., Mahmudi., Muslem., & Japnur, A. F. 2019. Analysis of mercury and its distribution patterns in water and sediment samples from Krueng Sabee, Pnga and Taunom rivers in Aceh Jaya. *The 3rd International Conference on Natural and Environmental Science,* 364(1): 1–6.

Wandi, A., Wayan, K., & Awaluddin. 2021. Bioakumulasi logam berat timbal (Pb) pada ikan bungo (*Glossogobius giuris*) yang ditangkap di Danau Tempe. *Journal of Fisheries and Marine Science*, 3(1): 14–25.

Wang, J., Chen, C. 2006. Biosorption of heavy metals by Saccharomyces cerevisiae: A review. *Biotechnology Advances*, 24(5): 427–451.

Wardani, D. A. K., Dewi, N. K., & Utami, N. R. 2014. Akumilasi logam berat timbal (Pb) pada daging kerang hijau (*Perna viridis*) di Muara Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Unnes Journal of Life Science*, 3(1):1–8.

Wilde, E. W., & Benemann, J. R. 1993. Bioremoval of heavy metals by the use of microalgae. *Biotechnology Advances,* 11: 781–812.

Wisha, U. J., Husrin, A., & Prihantono, J. 2015. Hidrodinamika perairan Teluk Banten pada musim peralihan (Agustus-September). *Jurnal Ilmu Kelautan*, 20(2): 101–112.

Wulan, S.P., Thamrin., & Amin, B. 2013. Konsentrasi, distribusi, dan korelasi logam berat Pb, Cr, dan Zn pada air dan sedimen di perairan sungai siak sekitar dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang-Propinsi Riau. *Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau*, 1(1): 72–92.

Wulandari, S.Y., Yulianto, B., Santosa, G.W., & Suwartimah, K. 2009. Kandungan logam berat Hg dan Cd dalam air, sedimen dan kerang darah

(*Anadara granosa*) dengan menggunakan metode analisis pengaktifan neutron (APN). *Jurnal Ilmu Kelautan Undip,* 14(3): 170–175.

Yolanda, Y. 2023. Analisa pengaruh suhu, salinitas dan pH terhadap kualitas air di muara perairan belawan. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah,* 11(2): 329–337.

Yu, L., Jin, X., Josey, S. A., Lee, T., Kumar, A., Wen, C., & Xue, Y. 2017. The global ocean water cycle in atmospheric reanalysis, satellite, and ocean salinity. *Journal of Climate,* 30(10): 3829–3852.

Yudiati, E., Sedjati, S., Enggar, I., & Hasibuan, I. 2009. Dampak pemaparan logam berat kadmium pada salinitas yang berbeda terhadap mortalitas dan kerusakan jaringan insang juvenile udang vaname (*Litopeneus vannamei*). *Ilmu Kelautan,* 14(4): 29–35.

Yudo, S. 2006. Kondisi pencemaran logam berat di perairan sungai DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia,* 2(1): 1–15.

Yulianto, B., Ario, R., & Triono, A. 2006. Daya serap rumput laut (*Gracilarua* sp) terhadap logam berat tembaga (Cu) sebagai biofilter. *Ilmu Kelautan,* 11(2): 72–78.

Zhang, Y., Zhang, H., Zhang, Z., Liu, C., Sun, C., Zhang, W., & Marhaba, T. 2018. pH effect on heavy metal release from a polluted sediment. *Journal of Chemistry*, 2018: 1–7.

Zhou, Q., Liu, Z. D., Liu, Y., Jiang, J., & Xu, R. K. 2016. Relative abundance of chemical forms of Cu (II) and Cd (II) on soybean roots as influenced by pH, cations and organic acids. *Scientific Reports*, 6: 1–9.