

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara maritim dengan daerah pesisir yang merupakan daerah perikanan yang sangat penting dan berpotensi dalam budidaya perikanan dan tangkap yang menjadi nilai tambah untuk ekonomi Indonesia. Daerah pesisir adalah daerah peralihan antara daratan dan laut, dengan bagian laut yang masih dipengaruhi oleh aktivitas darat seperti sedimentasi dan arus air tawar dan bagian laut yang dipengaruhi oleh pasang surut, angin laut dan salinitas. Wilayah pesisir merupakan bagian dari badan air yang dipengaruhi oleh proses fisik dan biologis di perairan laut dan darat yang secara luas untuk penerapan pengelolaan sumber daya alam (Akbar dan Pratiwi, 2023).

Perairan pesisir merupakan salah satu badan air yang berisiko mengalami pencemaran karena merupakan tempat asal sungai dan merupakan tempat bertemunya bahan-bahan pencemar yang diangkut oleh badan air. Pencemaran laut Indonesia biasanya berasal dari pencemaran logam berat yang disebabkan dari aktivitas manusia seperti kegiatan industri, perkebunan, pertanian, pertambangan, transportasi dan limbah rumah tangga yang dibuang ke sungai dan berakhir ke laut sehingga menurunkan kualitas lingkungan di perairan (Dewata & Danhas, 2023). Pertambahan penduduk dan aktivitas dapat memberikan kontribusi besar terhadap penurunan kualitas air, termasuk akumulasi logam berat di perairan yang dapat mencemari biota laut. Keberadaan logam berat dalam sistem akuatik juga menjadi sumber kekhawatiran dalam beberapa tahun terakhir karena ekotoksitas, persistensi, biomagnifikasi dan bioakumulasi dalam sistem perikanan dan kelautan (Razi, *et al.*, 2023).

Logam Berat adalah senyawa kimia yang dapat berpotensi menimbulkan masalah pada lingkungan. Logam berat merupakan unsur logam dengan berat molekul yang tinggi, jenis zat polutan lingkungan yang umum dijumpai dalam perairan. Secara alamiah, logam berat merupakan unsur-unsur yang terdapat dalam perairan dalam jumlah yang sangat rendah. Logam berat di lingkungan akuatik dapat berasal dari pelapukan batuan induk baik secara fisik maupun kimia yang terjadi secara alami maupun aktivitas antropogenik. Logam berat menjadi komponen yang tidak dapat didegradasi (*non-degradable*) maupun dihancurkan. Senyawa kimia ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia, termasuk organisme lainnya (tumbuhan dan biota laut) melalui makanan, air dan udara. Pada kadar rendah, logam berat diperlukan untuk makhluk hidup dalam berbagai fungsi kimia dan fisiologi tubuh dengan jumlah yang sangat kecil (Nugraha, *et al.*, 2023).

Logam berat dapat dibedakan menjadi logam berat esensial dan logam berat non-esensial berdasarkan toksikologi lingkungan. Logam berat esensial merupakan logam berat yang dibutuhkan oleh organisme hidup yang biasanya dikenal dengan istilah *trace element*, yaitu dibutuhkan dalam jumlah tertentu karena dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik seperti zink (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), dan selenium (Se). Logam berat non-esensial merupakan logam yang belum diketahui keberadaan dan merupakan kelompok logam berat tanpa memiliki fungsi sama sekali di dalam tubuh seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), kromvalensi 6 (Cr(VI)) dan arsenik (As). Logam berat non-esensial dapat menimbulkan efek toksik yang merugikan kesehatan manusia dan kualitas lingkungan, sehingga sering disebut sebagai logam beracun (Islam, *et al.*, 2023).

Partikel logam berat non-esensial merupakan partikel beracun yang mencemari lingkungan serta berisiko bagi kesehatan manusia. Paparan logam berat non-esensial mendapatkan permasalahan sangat serius, karena berdampak nyata terhadap kesehatan makhluk hidup, termasuk manusia. Intoksikasi logam berat non-esensial mengakibatkan keracunan yang mempengaruhi fungsi organ seperti otak, ginjal dan sistem saraf, pertumbuhan perkembangan anak-anak dan penyebab terjadinya gangguan neurologis (Arianto, *et al.*, 2024). Berdasarkan *National Poisoning Data System (NPDS) of the American Association of Poison Control Center (AAPCC)* pada tahun 2021, sebesar 8.884 orang terpapar logam berat di seluruh dunia (Gummin, *et al.*, 2021).

Aktivitas-aktivitas manusia keadaan kondisi yang stabil dapat mudahnya terbentuk ikatan-ikatan permukaan dengan partikel-partikel yang ada pada badan perairan akan terjadi persenyawaan dalam jangka waktu yang lama dapat tersedimentasi di dasar perairan merupakan hasil dari logam berat non-esensial (Vitasari, *et al.*, 2024). Organisme yang pertama terpengaruh akibat kandungan logam berat non-esensial pada perairan adalah biota laut pada habitat tersebut, jika biota laut tersebut dikonsumsi oleh manusia, maka logam-logam berat non-esensial dapat mengumpul di dalam tubuh dan tetap tinggal untuk jangka waktu yang lama sebagai racun yang terakumulasi yang disebut dengan bioakumulasi. Akumulasi logam berat non-esensial menjadi masalah yang sangat menakutkan karena berpotensi menyebabkan gangguan pada kesehatan manusia (Razi, *et al.*, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Jadaa & Mohammed (2023) tentang *Anthropogenic Sources of Relasing into Ecosystem* bahwa sebagian besar pencemaran lingkungan disebabkan oleh adanya kontaminasi dari logam berat dimana kategori logam berat yang paling ekstrim dan berisiko adalah arsen, merkuri, timbal, kadmium, selenium dan stannum (timah) serta

titanium. Logam-logam tersebut merupakan senyawa-senyawa yang tidak dapat diuraikan secara biologis (*non-biodegradable elements*) dibandingkan dengan polutan logam berat lainnya dan biasanya diklasifikasikan menjadi dua kategori. Logam beracun seperti arsen, timbal dan merkuri termasuk dalam kategori pertama yang merupakan zat yang sama sekali tidak menguntungkan bagi makhluk hidup dan sangat berbahaya terlepas dari kadarnya.

Arsen (As) dapat ditemukan dalam aktivitas manusia dan alam yang menyebabkan kontaminasi arsenik pada badan air, disebabkan karena pembentukan alami batuan dan sedimen, air bawah tanah dan batuan gunung berapi yang aus serta disebabkan oleh manusia dari proses operasi penambangan, pemrosesan mineral, peleburan, unit pembangkit termal, pestisida kimia dan pengawetan kayu. Arsen dapat dalam bentuk organik bervalensi tiga dan bervalensi lima. Bentuk anorganik arsen bervalensi tiga adalah arsenik trioksida, sodium arsenik, dan arsenik triklorida, sedangkan bentuk anorganik arsen bervalensi lima adalah arsenik pentoksida, asam arsenik, dan arsenat. Paparan arsen yang berlebihan dapat menyebabkan sakit kepala, kantuk, kebingungan, kejang dan komplikasi yang mengancam jiwa. Gejala neurologis yang meliputi kerusakan otak (esedelopati), penyakit saraf pada ekstremitas (neuropati perifer), pendarahan perkapiler dalam substansia alba dan hilangnya atau kekruangan lapisan lemak (mielin) di sekitar serabut saraf (demielinasi). Gejala gastrointestinal yang meliputi penyakit mirip flu (gastroenteritis) yang ditandai dengan muntah; nyeri perut; demam dan diare serta kerusakan hemoglobin dalam sel darah merah (National Organization for Rare Disorders).

Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang banyak digunakan dalam bentuk logam murni dan organik daripada anorganik yang dapat terakumulasi dalam sedimen, sumber daya perairan yang paling banyak ditemukan dan bahan bakar fosil. Logam berat ini juga sering ditemukan di lingkungan akibat kegiatan pertambangan, industri dan metalurgi, penggunaan pestisida oleh petani serta pelapisan logam-logam. Merkuri memiliki potensi yang berdampak berbahaya kesehatan manusia jika terpapar dalam jumlah yang tinggi atau dalam jangka waktu yang lama. Paparan merkuri dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf, ginjal dan sistem kekebalan tubuh. Pencemaran merkuri pada perairan dapat mengalami transformasi menjadi metil-merkuri, wujud ini dapat membahayakan serta beracun bagi biota laut seperti ikan, moluska dan krustasea (Male, *et al.*, 2025).

Timbal (Pb) merupakan unsur kimia yang sulit atau bahkan tidak dapat terdegradasi dan dianggap sebagai zat paling berbahaya dalam ekosistem, karena karakteristik fisikokimianya yang signifikan seperti

tingkat fleksibilitas, plastisitas, konduktivitas yang lemah dan ketahanan zatnya terhadap korosi menjadi hal yang berbahaya dalam zat timbal (Jadaa & Mohammed, 2023). Timbal dalam perairan dapat memunculkan efek akut dan kronis pada biota laut, yang tidak hanya mengindikasikan status polusi lingkungan akuatik tetapi juga secara signifikan mempunyai dampak terhadap jaring-jaring makanan, biota laut seperti ikan, kerang, kepiting dan udang merupakan salah satu sumber makanan kaya protein di seluruh dunia. Menurut *National Organization for Rare Disorders* (NORD) paparan timbal pada beberapa orang, gejalanya meliputi sakit kepala, muntah, sakit perut, kurang nafsu makan (anoreksia), sembelit, bicara tidak jelas (disartria), perubahan fungsi ginjal, jumlah protein yang sangat tinggi dalam darah dan perubahan fungsi ginjal

Dampak dari logam berat non-esensial dapat berakibat pada kesehatan yang serius bagi tubuh manusia. Logam berat arsen dapat mempengaruhi proses seluler esensial seperti fosforilasi oksidatif dan sintesis dalam tubuh. Logam berat merkuri dapat menyebabkan kecemasan, penyakit autoimun, depresi, kelelahan, rambut rontok, insomnia, kehilangan ingatan, gagal paru-paru dan ginjal serta infeksi berulang. Paparan dari logam berat timbal (Pb) menyebabkan gangguan dan meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, kehilangan ingatan jangka pendek, dan gangguan pada anak (Sumiahadi, 2023). Menurut WHO (*World Health Organization*) dan FAO (*Food Agriculture Organization*) menyarankan untuk tidak mengonsumsi organisme laut yang tercemar akibat logam berat karena memiliki daya racun dan memiliki kemampuan mengakumulasi senyawa dalam organ manusia yang dapat menimbulkan berbagai penyakit hingga menyebabkan kematian.

Studi oleh Niu *et al* (2021) dalam penelitian toksikologi lingkungan *Trends and Sources of Heavy Metal Pollution in Global River and Lake Sediments from 1970 to 2018* pada 168 sungai dan 71 danau di dunia, mengemukakan bahwa data konsentrasi 12 logam berat (Cd, Pb, Cr, Hg, Zn, Cu, Ni, Al, Fe, Mn, As, dan Co) di air sungai dan danau global lebih rendah, di Eropa dan Amerika Utara, dan lebih tinggi di Afrika, Asia, dan Amerika Selatan. Sumber pencemaran yang dominan dalam penelitian tersebut adalah pertambangan dan manufaktur, pelapukan batuan serta pupuk dan pestisida. Konsentrasi logam berat pencemar tersebut terakumulasi dalam sedimen dan biota yang hidup melalui proses biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi. Menurut penelitian *Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic* yang dilakukan oleh Mahdi Balali-Mood, *et al*, (2021) mengatakan bahwa bioakumulasi logam berat merkuri, timbal, kromium, kadmium dan arsen menyebabkan berbagai efek toksik pada berbagai jaringan dan organ tubuh. Logam berat yang diteliti merupakan

mekanistik yang terjadi akibat paparan melalui air, udara dan makanan yang dikonsumsi yang akhirnya mengganggu pertumbuhan, proliferasi, diferensiasi dan apoptosis.

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia di tahun 2021 terdapat 10.683 desa/kelurahan di Indonesia yang mengalami pencemaran air akibat logam berat. Di Sulawesi Selatan, penelitian tentang Biokonsentrasi Logam Berat Timbal dan Arsen pada Air dan Ikan yang dilakukan di Sungai Tallo, Kecamatan Tallo yang di uji di Laboratorium Badan Penelitian dan Pengembangan Industri oleh Abbas,*et al* (2022) menunjukkan bahwa hasil kadar logam berat timbal (Pb) dan Arsen (As) tidak memenuhi baku mutu untuk dikonsumsi, hal ini dikarenakan pengolahan limbah masyarakat, limbah perusahaan atau badan usaha lainnya yang masuk ke badan Sungai Tallo.

Biota laut sebagian besarnya yang memiliki sifat dapat menyerap partikel kecil dan absorpsi senyawa-senyawa yang terdapat di laut terutama pada sedimen perairan. Kategori ini dinamakan sebagai *filter feeder*. Organisme perairan yang sangat berperan dalam proses *filter feeder* dan absorpsi senyawa logam berat dari perairan dan sedimen adalah kelompok *mollusca* dan *crustacean*. *Mollusca* dan *Crustacea* merupakan dua jenis hewan yang hidup di perairan laut dan umum menjadi makanan manusia. Salah satu organisme *crustacea* antara lain udang, kepiting, lobster, teritip, dan krill (Siahainenina, 2021).

Kepiting merupakan salah satu biota laut yang berpotensi mengabsorpsi senyawa logam berat non-esensial dan merupakan salah satu bioindikator pencemaran, karena mampu untuk mengakumulasi logam berat. Kondisi tertentu kandungan logam berat akan meracuni hingga dapat menyebabkan non-kematian (*sublethal*) seperti gangguan pertumbuhan, perilaku dan karakteristik morfologi, bahkan kematian (*lethal*). Kepiting menjadikan ekosistem mangrove dan muara sungai sebagai habitat alami utamanya untuk berlindung, kopulasi dan mencari makan (Siahainenina, 2022).

Nilai konsumsi kepiting yang tinggi dan mudah untuk ditemukan adalah jenis kepiting bakau (*Scylla serrata*). Kepiting bakau adalah jenis kepiting yang hidup di habitat mangrove/hutan bakau. *Scylla serrata* merupakan salah satu komoditas atau hasil laut ekspor disamping rajungan (*Portunus pelagicus*). *Scylla serrata* adalah spesies kepiting bakau yang dominan di Indonesia dan memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Diperkirakan sekitar 80% dari total pendaratan bakau adalah dari spesies ini (Sipayung & Poedijirahajoe, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Asnur (2021) menunjukkan bahwa kepiting bakau merupakan kepiting yang sering dikonsumsi dalam keadaan lunak karena pergantian kulit (*moulting*). Selain itu, komoditas ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi

karena berbeda dengan kepiting lainnya yaitu seluruh bagian tubuhnya dapat dikonsumsi. Hal ini juga dikarenakan permintaan pasar dan merupakan komoditi potensial yang bernilai ekonomis dan eksklusif dengan harga jual ekspor yang tinggi (Kantun, *et al.*, 2022).

Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) merupakan organisme bentos yang memiliki kebiasaan membenamkan diri di lumpur dan mampu mengakumulasi logam berat serta merupakan spesimen yang mudah diperoleh. *Scylla serrata* adalah biota laut yang memiliki penyebaran alami meliputi seluruh ekosistem mangrove dan estuaria yang sangat luas dan mendapat dampak dari berbagai aktivitas antropogenik baik dari perairan maupun lahan atas dari muara sungai yang *open access*. Pantai-pantai di seluruh wilayah Indonesia yang terletak di area muara yang ditumbuhi bakau serta tersebar di seluruh kepulauan Indonesia. Hutan bakau merupakan habitat utama tumbuh kembang (*nursery ground*) kepiting, terutama kepiting bakau karena didalamnya terdapat organisme-organisme kecil sebagai makanan kepiting bakau (Arianto, *et al.*, 2024).

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Penguatan Daya Saing Produk Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan RI pada tahun 2021, mengungkapkan bahwa produksi kepiting bakau di Indonesia menempati urutan keempat di dunia. Indonesia memproduksi kepiting bakau jenis *Scylla serrata* yang pada tahun 2021 sebesar 18.232 ton atau 14,0 % dari total produksi dunia. *Scylla serrata* merupakan kepiting yang tinggi protein, rendah lemak, dan tinggi asam lemak tak jenuh. Di Sulawesi Selatan, produksi kepiting bakau mencapai 1.571 ton atau nomor tiga dalam skala Indonesia

Penelitian yang dilakukan oleh Irsan, *et al* (2023) membuktikan bahwa penambangan emas ilegal di kabupaten Buru memberikan dampak terhadap konsentrasi merkuri pada kepiting bakau (*Scylla serrata*) dengan konsentrasi tertinggi terdapat pada kepiting bakau (0,157 mg/kg). Penelitian terkait juga dilakukan oleh Abdollah dan Sohilaw (2022), Kandungan timbal pada 3 titik, tiga diantara lima sampel kepiting bakau telah melebihi batas maksimum kandungan dari cemaran logam berat dalam pangan berdasarkan SNI No. 7387 tahun 2009, yaitu sebesar 0,5 ppm. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Suryono dan Indardjo (2022), menemukan bahwa logam arsen ditemukan di kedua ditemukan di keempat biota (ikan, udang, kepiting dan kerang) dengan konsentrasi (1,6 – 5,3 ppm) di wilayah Tegal dan (2,58 – 4,9 ppm) di wilayah Semarang.

Scylla serrata sebagai biota laut memenuhi kriteria sebagai bioindikator terhadap pencemaran suatu ekosistem perairan karena kepiting bakau hidup dan menetap di permukaan substrat dan memiliki pergerakan yang lambat juga lebih banyak mengambil makanan pada substrat atau sedimen. Bioakumulasi logam berat pada kepiting bakau

berdasarkan fakta di lapangan menunjukkan habitat alami kepiting dianggap berisiko tinggi, yaitu area yang peka terhadap perubahan lingkungan, dimana berbagai macam bahan kimia dari perkotaan, industri, aktivitas maritim, limbah rumah tangga dan pertanian yang menumpuk (Anggoro, *et al.*, 2021). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) baku mutu kandungan Arsen (As) $\leq 1,0$ mg/kg, Merkuri (Hg) $\leq 1,0$ mg/kg sedangkan Timbal (Pb) $\leq 0,5$ mg/kg.

Metode pemantauan pencemaran laut yang digunakan selama ini menitikberatkan pada pengukuran konsentrasi senyawa-senyawa kimia. Biota yang dengan cara hidup di perairan dasar dengan mobilitas rendah atau bahkan menetap pada substrat dipandang dapat menjadi mediator bahaya keracunan dari suatu perairan tercemar karena kemampuannya sebagai bioakumulator (Suryaningsih, *et al.*, 2020). Metode spektrofotometri merupakan salah satu teknik analisis kimia yang sering digunakan untuk mengukur konsentrasi suatu senyawa dalam larutan, menentukan karakteristik lain dalam suatu sampel dan mengidentifikasi senyawa kimia dan kontaminan dan metode yang digunakan memiliki linearitas, presisi, dan akurasi yang lebih baik dalam mengidentifikasi suatu senyawa kimia khususnya dalam pengidentifikasian logam berat (Mudrikah, *et al.*, 2024).

Kabupaten Bone merupakan salah satu daerah sentra produksi kepiting bakau jenis *Scylla serrata* yang memiliki potensi yang tinggi dalam budidaya kepiting bakau. Budidaya kepiting bakau banyak ditemukan di beberapa kecamatan, khususnya di daerah yang memiliki pantai seperti kecamatan Sibulue, Tanete Riattang Timur, Cenrana, Awangpone dan Tellu Siattinge yang memiliki potensi perairan tambak yang cukup luas ± 3.000 Ha dan 75%. Pattiro Sompe merupakan salah satu desa yang berada di Kecamatan Sibulue, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan dengan luas 16,59 km².

Perairan desa pattiro sompe merupakan bagian dari laut teluk Bone dengan luas tambak budidaya perikanan secara keseluruhan 738 Ha. Desa pattiro sompe merupakan desa yang tepat berada di ujung kecamatan sibulue yang sebagian besar masyarakatnya adalah nelayan. Berdasarkan hasil observasi lokasi tersebut diduga bahwa potensi kandungan kontaminan seperti kandungan logam berat non-esensial pada kepiting bakau di perairan desa pattiro sompe. Selain itu, belum ada penelitian terkait dengan kandungan logam berat Arsen (As), Merkuri (Hg), dan Timbal (Pb) di desa tersebut sehingga dengan demikian, perlu dilakukannya analisis kandungan Logam Berat Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan peneliti sebagai berikut:

“Bagaimana Kandungan Logam Berat Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone?”

Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menganalisis Kandungan Logam Berat Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.3.2.1 Untuk menganalisis konsentrasi Logam Berat Arsen (As) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone.
- 1.3.2.2 Untuk menganalisis konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone.
- 1.3.2.3 Untuk menganalisis konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Ilmiah

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dalam bidang kesehatan lingkungan khususnya terkait Kandungan Logam Berat Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone. Selain itu, dapat menambah kepustakaan yang dapat dijadikan sumber referensi agar nantinya dapat dijadikan bahan pembandingan maupun memberikan masukan bagi peneliti lainnya.

1.4.2 Manfaat Institusi

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan referensi ilmiah bagi pemerintah desa pattiro sompe serta institusi kesehatan terkait dalam merencanakan kebijakan dan upaya interventif terkait risiko dari kepiting bakau.

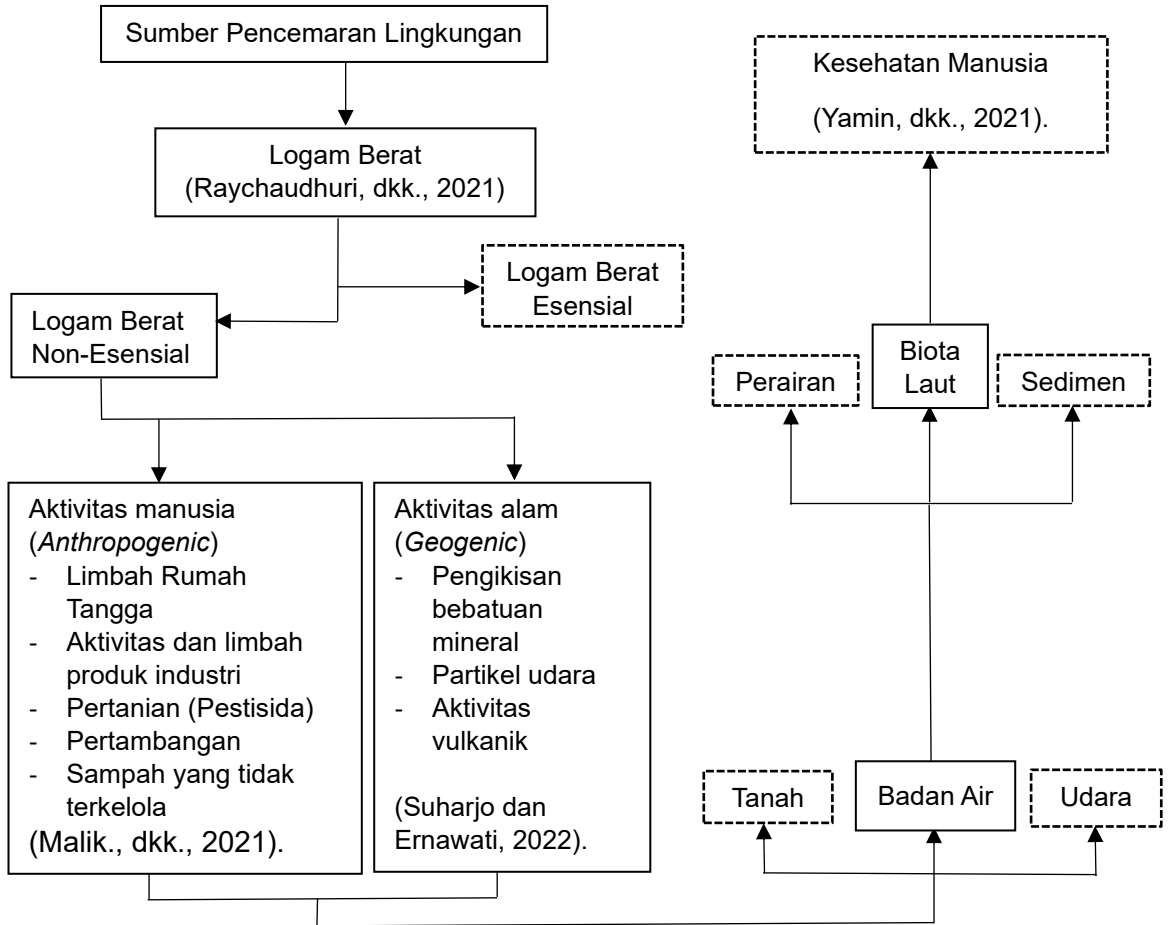
1.4.3 Manfaat Praktis

Penelitian ini merupakan pengalaman berharga tersendiri bagi peneliti. Peneliti dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang didapatkan selama perkuliahan serta dapat memperluas pengetahuan dan wawasan terkait kandungan Logam Berat Arsen

(As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro some Kabupaten Bone.

Kerangka Teori

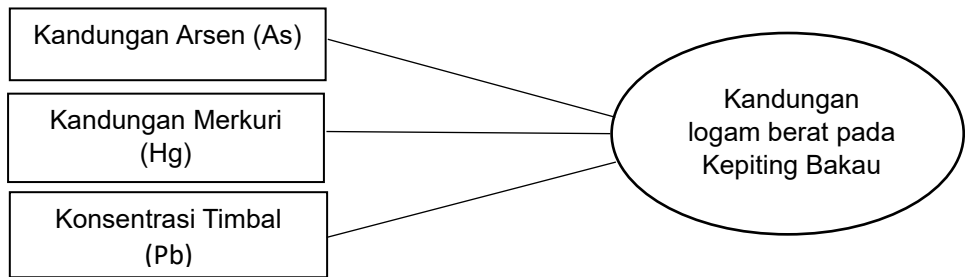
Kerangka teori yang digunakan oleh penulis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Modifikasi dari (Raychaudhuri, *et al.*, 2021; Malik., *et al.*, 2021; Suharjo & Ernawati, 2022; Yamin, *et al.*, 2021)

Gambar 1. 1 Kerangka Teori

Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 1.2 Kerangka Konsep

Keterangan:

 = Variabel Independen

 = Variabel Dependen

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis kandungan logam berat Arsen (As), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*). Kepiting bakau (*Scylla serrata*) merupakan salah satu sumber pangan yang kerap dikonsumsi oleh masyarakat, terutama bagi yang bermukim di wilayah pesisir Desa Pattiro Sompe. Namun, beberapa waktu belakangan, maraknya aktivitas pembuangan sampah yang tidak terkelola dari wilayah pemukiman Desa Pattiro Sompe dan aktivitas perbaikan kapal nelayan yang menggunakan produk-produk industri limbahnya dibuang baik langsung ke laut maupun dari sungai menuju laut menjadi ancaman besar bagi organisme seperti kepiting bakau. Logam berat yang masuk kemudian melalui proses biomagnifikasi dari paparan sinar matahari dan salinitas maupun aktivitas antropogenik.

Arsen (As) merupakan metaloid yang beracun yang tersebar luas di lingkungan, khususnya pada badan air karena sifatnya yang persistensi dan akumulatifnya. Keberadaan, distribusi dan efek biologis arsenik di lingkungan perairan bergantung pada spesiasi dan konsentrasinya. Di lingkungan perairan, arsenik anorganik merupakan bentuk yang paling dominan dibandingkan dengan logam berat lainnya. Sebagian besar kandungan arsenik disebabkan oleh aktivitas antropogenik dan siklus arsenik di lingkungan akuatik, termasuk proses biotransformasi organisme akuatik. Proses biologi yang termasuk perpindahan trofik yang merupakan bagian penting dari siklus arsenik biogeokimia dalam sistem perairan. (Rachman, *et al.*, 2024).

Merkuri (Hg) di dalam sedimen tempat tinggalnya kepiting bakau cukup tinggi dibandingkan dengan air laut. Karena persenyawaan merkuri yang berbentuk garam mudah mengendap. Di samping itu, sedimen juga memiliki kemampuan dalam menyerap ion-ion logam berat. Secara proses

alami dengan adanya pasang surut air laut dan angin serta adanya aktivitas kapal nelayan yang menyebabkan polutan-polutan dapat masuk ke perairan mangrove dan tambak kemudian terjadi proses bioakumulasi di dalamnya (Soenardjo & Mentari, 2023).

Timbal (Pb) pada perairan berasal dari limbah industri di kawasan perairan, serta limbah padat dan cair domestik yang terbawa aliran sungai yang bermuara di sekitar kawasan perairan. Logam berat timbal juga berasal dari kegiatan di laut salah satunya adalah buangan sisa bahan bakar kapal motor, wisata bahari dan cat kapal. Kapal motor nelayan juga menggunakan cat anti korosi yang pada umumnya mengandung timbal. Dalam menjalankan aktivitas nelayan tentunya menghabiskan bahan bakar, dengan demikian limbah asap knalpot (pembuangan sisa gas hasil proses pembakaran bahan bakar) yang terletak di bawah kapal atau dekat dengan permukaan air laut, sehingga gas buangannya langsung dapat berinteraksi dengan air laut dan masuk ke perairan yang akan menambah kontaminan (Cahyaningtyas., *et al.*, 2022).

Logam-logam berat tersebut terikat kuat dalam lumpur dan dapat terserap baik dalam lumpur yang mengandung logam-logam berat lainnya seperti besi, mangan, alumunium yang membuat kandungan arsen, timbal dan merkuri akan menjadi tinggi. Sedimen merupakan salah satu media hidup biota laut terkhususnya kepiting bakau (*Scylla serrata*). Dengan tingginya kandungan logam arsen, merkuri dan timbal di dalam sedimen dapat mengganggu kehidupan biota laut sebagai rantai makanan sampai pada manusia. Oleh karena itu seberapa besar suatu zat pencemar di lingkungan perlu di waspadai (Astuti & Titah, 2021).

1.7 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala
Konsentrasi Arsen (As)	Jumlah atau kadar Arsen (As) yang ada pada kepiting bakau yang dapat diukur ($\mu\text{g/g}$)	<i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i> (ICP-MS)	Baku mutu kandungan arsen $\leq 1,0$ mg/kg (SNI 7387:2009)	Rasio

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Kriteria Objektif	Skala
Konsentrasi Merkuri (Hg)	Jumlah atau kadar Merkuri (Hg) yang ada pada kepiting bakau yang dapat diukur ($\mu\text{g/g}$)	<i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i> (ICP-MS)	Baku mutu kandungan merkuri $\leq 1,0$ mg/kg (SNI 7387:2009)	Rasio
Konsentrasi Timbal (Pb)	Jumlah atau kadar Timbal (Pb) yang ada pada kepiting bakau yang dapat diukur ($\mu\text{g/g}$)	<i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i> (ICP-MS)	Baku mutu kandungan timbal $\leq 0,5$ mg/kg (SNI 7387:2009)	Rasio
Kepiting Bakau (<i>Scylla serrata</i>)	Kepiting Bakau (<i>Scylla serrata</i>) di perairan Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone tahun 2025	Lembar identifikasi morfologi <i>Scylla serrata Food and Agriculture Organization</i>	Karapas berwarna sedikit kehijauan, capit kanan lebih besar daripada capit kiri.	Nominal

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian dengan pendekatan kuantitatif dan deskriptif melalui uji laboratorium. Pendekatan deksriptif digunakan dalam penelitian ini sebab sesuai dengan tujuan penelitian yaitu untuk menganalisis kandungan logam berat Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) pada Kepiting Bakau (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone dan membantu dalam menggambarkan, menunjukkan data dengan cara yang konstruktif yang mengacu pada gambaran statistik yang membantu memahami detail data dari sampel.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – Mei 2025 di Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone. Sampel kepiting diambil secara langsung di habitatnya pada waktu pagi hari dan kemudian langsung dibawa ke laboratorium. Pemeriksaan logam berat Arsen (As), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) dilaksanakan di Instalasi Kimia, Balai Besar Laboratorium Kesehatan, Kota Makassar.

2.3 Populasi dan Sampel

2.3.1 Populasi

Populasi penelitian ini adalah seluruh jenis kepiting bakau (*Scylla serrata*) yang umum dikonsumsi di masyarakat di wilayah Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone.

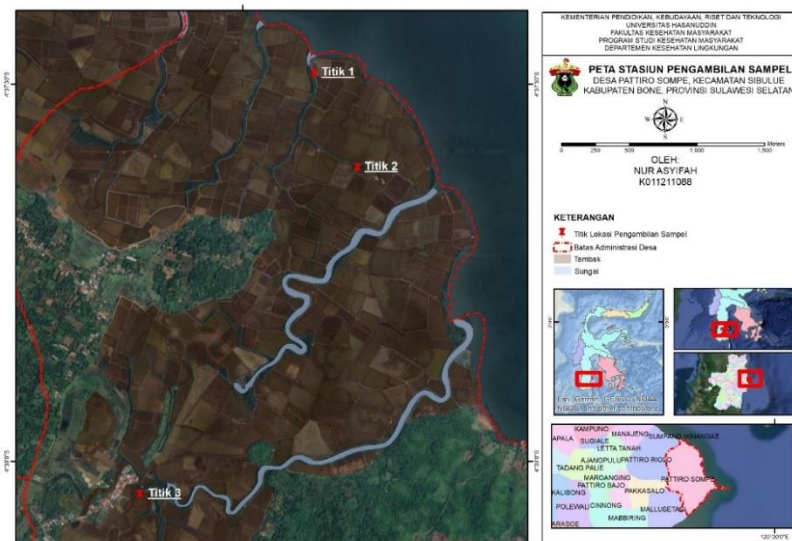
2.3.2 Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah kepiting jenis kepiting bakau (*Scylla serrata*) yang diambil langsung pada tiga stasiun Desa Pattiro Sompe Kabupaten Bone dengan menggunakan metode pengambilan *Grab Sampling*. Teknik pengambilan sampel ini digunakan untuk sampel secara langsung diambil dari badan air dalam suatu periode waktu tertentu pada titik sampling yang telah dilakukan serta dalam batas jarak yang telah ditentukan (Udianto, *et al.*, 2022). Penentuan titik sampling dilakukan untuk memastikan bahwa sampel yang diambil representatif dan mencakup variasi kondisi berdasarkan keadaan geografis lingkungan serta membantu memastikan bahwa sampel yang diambil benar-benar mewakili kondisi lingkungan yang sebenarnya (Nurhayati, *et al.*, 2024).

Hasil survei keadaan geografi dan aktivitas sekitar lingkungan penelitian, stasiun lokasi pengambilan sampel dilakukan di tiga titik, dengan memilih lokasi yang paling relevan dan akurat untuk pengambilan sampel. Titik 1 dipilih sebagai hulu karena terletak pada area mangrove dan berbatasan langsung dengan laut yang sebagai pintu masuk utama, secara geografis berada paling dekat dengan laut. Titik 2 dipilih karena merupakan area tambak kepiting bakau budidaya dan berada pada bagian tengah sistem aliran tambak antara daratan, serta menggambarkan interaksi antara perairan pesisir dan aktivitas budidaya perikanan. Titik 3 merupakan kawasan

pemukiman dan pertanian warga, lokasi ini dipilih paling akhir yang menerima aliran balik saat pasang surut berbalik arah atau saat terjadi limpasan darat.

Ketiga titik dipilih berdasarkan alur pergerakan air dalam sistem pasang surut air laut, bukan hanya dari posisi geografis darat-laut, namun juga melihat limpasan laut ke darat dan darat ke laut berdasarkan sistem hidrologi pasang surut. Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan peta Stasiun Pengambilan Sampel Kepiting (*Scylla Serrata*) di Desa Pattiro Some. Stasiun 1 dengan koordinat $4^{\circ}37'23''\text{S}$ $120^{\circ}25'46''\text{E}$ menunjukkan awal mangrove dan merupakan dermaga perahu nelayan dan wilayah tangkap nelayan. Stasiun 2 dengan koordinat $4^{\circ}37'32''\text{S}$ $120^{\circ}25'55''\text{E}$ menunjukkan kawasan tambak dan wilayah tangkap nelayan. Stasiun 3 dengan koordinat $4^{\circ}39'05''\text{S}$ $120^{\circ}25'01''\text{E}$ Wilayah pemukiman dan kawasan tambak. Penentuan koordinat geografis setiap stasiun pengambilan sampel menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS) dan menggunakan alat hitung atribut geometri di ArcGIS Pro.



Gambar 2.1
Peta Stasiun Pengambilan Sampel Kepiting (*Scylla serrata*) di Desa Pattiro Some

2.4 Alat, Bahan dan Cara Kerja

2.4.1 Pengambilan Sampel Kepiting Bakau

1. Pengambilan sampel kepiting bakau dilakukan pada air laut sedang pasang atau surut sesuai dengan stasiun yang telah ditentukan dengan menggunakan alat tangkap jaring atau badong sehingga memudahkan pencarian kemudian disesuaikan titik menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS) lalu diberi kode atau nomor keterangan sampel.
2. Kepiting diambil menggunakan handscoon lalu kemudian dicuci bersih agar menghilangkan lumpur yang melekat pada cangkang kepiting.
3. Selanjutnya, kepiting kemudian dibelah menjadi dua bagian. Bagian pertama merupakan bagian kepiting mentah, bagian kedua merupakan bagian kepiting yang telah direbus/dimasak kemudian diambil daging, cangkang, telur, capit dan seluruh bagian tubuhnya kemudian dicacah dan atau dicincang hingga halus menggunakan blender.
4. Kepiting yang telah dihaluskan kemudian ditimbang sesuai dengan berat sampel yang ditentukan untuk dibawa ke laboratorium, dan dimasukkan ke dalam kantong plastik steril dan dirapatkan yang berfungsi untuk menghindari peningkatan kontaminasi pencemaran.
5. Plastik kemudian diberi label dan dituliskan kode atau nomor keterangan sampel
6. Plastik yang berisi sampel kemudian dimasukkan ke dalam *cool box* yang berisi es batu agar tidak terjadi perubahan pada sampel yang dapat mempengaruhi kondisi biologis dan kimiawi sampel.

2.4.2 Preparasi Sampel

1. Diambil masing-masing sampel kepiting bakau lalu dimasukkan pada tabung *nessler* menggunakan timbangan analitik
2. Ditambahkan asam nitrat (HNO_3) masing-masing sampel sebanyak 5mL
3. Dipanaskan di atas hingga sampel menguap dan tidak ada yang menempel pada dinding tabung *nessler* (jernih).
4. Diencerkan dengan menambahkan aquades sebanyak 50 mL menggunakan gelas ukur
5. Dihomogenkan kemudian disaring menggunakan kertas saring
6. Sampel yang telah didestruksi kemudian dibawa ke ruangan spektrofotometri untuk dianalisa.

2.4.3 Pemeriksaan sampel

1. Instrumen *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS) dinyalakan dan dilakukan proses pemanasan serta stabilisasi plasma sesuai petunjuk pabrikan. Parameter kerja seperti aliran gas argon, suhu plasma, dan tegangan RF disesuaikan dengan metode standar analisis logam berat. Selanjutnya, dilakukan kondisioning dan kalibrasi awal untuk memastikan sistem berada dalam kondisi optimal.

2. Disiapkan larutan standar multi-elemen dengan konsentrasi berjenjang (misalnya 0 ppb, 10 ppb, 20 ppb, 50 ppb, hingga 100 ppb) untuk masing-masing logam target (Pb, As, Hg). Setiap larutan standar diaspirasi ke dalam ICP-MS, dan nilai intensitas ion (dalam cps) dicatat untuk masing-masing konsentrasi. Kurva kalibrasi dibuat berdasarkan hubungan antara intensitas sinyal dan konsentrasi, serta dilakukan validasi linearitas ($R^2 \geq 0,995$).
3. Sampel keping yang telah dikeringkan dan dihomogenkan dilarutkan menggunakan metode destruksi basah (*wet digestion*).
4. Larutan hasil destruksi didinginkan, disaring, dan diencerkan dalam labu takar hingga volume 50 mL. Disiapkan pula blanko pereaksi dan *spike recovery* sample sebagai kontrol mutu.
5. Sampel, blanko, dan *spike* diaspirasi ke dalam ICP-MS secara berurutan. Setiap elemen dianalisis pada m/z (*mass-to-charge ratio*) spesifik.
6. Pembacaan dilakukan dalam mode *collision/reaction cell* (CRC) untuk mengurangi gangguan spektral. Parameter seperti *internal standard* (misalnya In atau Rh) ditambahkan ke seluruh larutan untuk koreksi variabilitas instrumental.
7. Data dari pembacaan sampel dimasukkan ke dalam sistem perangkat lunak ICP-MS, dan konsentrasi akhir logam berat dihitung berdasarkan kurva kalibrasi dan faktor pengenceran. Konsentrasi dinyatakan dalam satuan $\mu\text{g/g}$ (ppm) atau $\mu\text{g/L}$, tergantung jenis sampel dan tujuan analisis. Untuk menghitung kadar logam berat dalam jaringan keping. digunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar Logam Berat } (\mu\text{g/g}) = \frac{C_{\text{hasil ICP-MS}} \times V_{\text{akhir}}}{W_{\text{sampel}}}$$

Keterangan:

$C_{\text{hasil ICP-MS}}$ = Konsentrasi logam dalam larutan akhir ($\mu\text{g/g}$)
 V_{akhir} = Volume akhir destruksi (mL)
 W_{sampel} = Bobot sampel awal (g)

Sumber : SNI NO.7387.2009

2.5 Pengumpulan Data

Jenis yang digunakan dalam penelitian ini ada dua, yaitu:

2.5.1 Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari hasil uji laboratorium terkait kandungan logam berat Arsen (As), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada sampel Kepiting Bakau (*Scylla serrata*).

2.5.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung oleh peneliti, didapatkan melalui media perantara. Data sekunder pada penelitian ini diperoleh dari institusi terkait seperti Badan Pusat Statistik, serta berbagai literatur artikel jurnal, skripsi dan literatur ilmiah lainnya yang terkait dengan penelitian ini.

2.6 Pengolahan dan Analisis Data

Data-data primer yang telah diperoleh kemudian akan diolah melalui *software* SPSS atau *Statistical Package for the Social Sciences* untuk perhitungan statistik dasar, seperti rata-rata dan kisaran nilai kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mendapatkan gambaran kandungan logam berat Arsen (As), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada sampel.

2.7 Penyajian Data

Penyajian data yang telah diolah dan dianalisis akan disajikan dalam bentuk tabel yang disertai dengan narasi berisi penjelasan mengenai variabel yang diteliti.

2.8 Etik Penelitian

Etik Penelitian berguna sebagai pelindung terhadap institusi tempat penelitian dan peneliti itu sendiri. Penelitian ini telah dilakukan pemeriksaan oleh Komite Etik Penelitian Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin dengan nomor : 30425091086. Penelitian ini dalam pelaksanaannya diterapkan etika penelitian dalam menjamin orignalitas penelitian.

Etik penelitian yang diperoleh untuk menghormati prinsip etik umum pertama tersebut. Penelitian harus dilakukan dengan cara yang tidak merusak lingkungan. Hal ini termasuk menghindari kerusakan pada ekosistem dan mengurangi dampak negatif terhadap sumber daya alam, memastikan bahwa hasil penelitian ini dapat membantu meningkatkan kualitas lingkungan dan kehidupan masyarakat termasuk memastikan bahwa masyarakat lokal terlibat dalam proses penelitian dan mendapatkan manfaat dari hasilnya.