

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

1. Keadaan Geografis

Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo merupakan salah satu DAS utama yang memiliki peran strategis dalam mendukung sistem hidrologi, ekologi, serta kehidupan sosial ekonomi masyarakat di wilayah Kota Makassar dan sekitarnya. Secara geografis, DAS Tallo terletak di antara 5°05'-5°17' Lintang Selatan dan 119°23'-119°47' Bujur Timur. Wilayah DAS ini mencakup area seluas sekitar 436 km² atau setara dengan 43.600 hektar yang tersebar di tiga wilayah administrasi yaitu Kota Makassar, Kabupaten Gowa, dan Kabupaten Maros.

Secara administratif, wilayah DAS Tallo di Kota Makassar meliputi Kecamatan Tamalate, Panakkukang, Biringkanaya, Bontoala, Tallo, Tamalanrea, Manggala, dan Rappocini. Di Kabupaten Gowa, wilayah cakupannya mencakup Kecamatan Bontomarannu, Somba Opu, Parangloe, dan Tinggimoncong. Sementara itu, di Kabupaten Maros daerah yang termasuk dalam DAS ini berada di Kecamatan Mandai dan Tanralili. Dari total luas tersebut sekitar 14.380 hektar atau 33,44% berada di wilayah administrasi Kota Makassar yang sebagian besar berada di wilayah hilir sungai.

Adapun batas-batas wilayah DAS Tallo secara umum adalah:

- a. Sebelah Utara: berbatasan dengan Selat Makassar.
- b. Sebelah Selatan: berbatasan dengan wilayah Kecamatan Bontoala dan Manggala.
- c. Sebelah Timur: berbatasan dengan Kecamatan Tamalanrea dan wilayah Kabupaten Gowa.
- d. Sebelah Barat: berbatasan dengan Kecamatan Ujung Tanah dan wilayah pesisir barat Kota Makassar (Faridah, 2017).

Dari aspek iklim, DAS Tallo termasuk dalam zona tropis basah dengan rata-rata curah hujan tahunan sebesar 268,13 mm, suhu rata-rata 27,4°C, serta kelembaban udara sekitar 81%. Intensitas hujan yang tinggi dan sistem drainase yang kurang memadai menyebabkan wilayah ini rentan terhadap banjir musiman terutama di kawasan permukiman padat di Kota Makassar.

2. Karakteristik Sungai Tallo

Makassar merupakan salah satu kota yang berperan sebagai pusat pemerintahan, pendidikan, perdagangan, industrialisasi, serta berbagai aktivitas pembangunan. Kota ini dihuni oleh sekitar 1,2 juta jiwa dan memiliki luas wilayah sekitar 17,7 km². Tingginya mobilitas dan rutinitas kerja penduduk mencerminkan aktivitas kota yang padat di mana sungai dan laut kerap menjadi tempat akhir pembuangan limbah. Setiap harinya ribuan rumah tangga, industri, proyek pembangunan, serta moda transportasi berpotensi

menghasilkan limbah yang mengandung bahan berbahaya seperti logam berat. Salah satu sungai utama yang terdampak adalah Sungai Tallo yang mengalir membelah Kota Makassar. Sungai ini selain dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat juga berisiko menjadi media penularan berbagai penyakit seperti diare, penyakit kulit, dan lainnya akibat pencemaran yang terjadi terutama dari permukiman di sekitarnya serta perusahaan yang membuang limbah langsung ke sungai (Nur *et al.*, 2024).

Sungai Tallo merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo, yaitu salah satu DAS perkotaan yang aliran sungainya berasal dari Kabupaten Gowa dan Kabupaten Maros sebelum bermuara di Kota Makassar. DAS Tallo memiliki luas sekitar 425 km² atau 42.575 hektar dengan ketinggian wilayah antara 0 hingga 1500 meter di atas permukaan laut serta panjang sungai kurang lebih 10 kilometer (Fatiawan, 2024).

Letak DAS yang strategis serta fungsinya yang penting menjadikan kawasan ini sebagai komponen kunci dalam sistem ekologi Kota Makassar. Namun demikian, DAS Tallo juga sangat rentan terhadap pencemaran terutama akibat intensitas aktivitas perkotaan dan industri yang tinggi. Kondisi ini semakin diperburuk oleh indikasi pencemaran yang diduga berasal dari enam perusahaan yang beroperasi di sepanjang DAS Tallo yang membuang limbah cair serta bahan berbahaya dan beracun (B3)

tanpa proses pengolahan yang layak. Perusahaan-perusahaan tersebut meliputi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tallo, PT IA, PT ST, PT MT, PT KTC, dan RIS IS, yang pada umumnya tidak memiliki fasilitas Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) maupun Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPLC). Akibatnya, limbah industri yang dihasilkan langsung dialirkan ke Sungai Tallo dan memperparah kondisi pencemaran yang telah terjadi sebelumnya. (Indrawati *et al.*, 2022).

Pada penelitian ini, pengambilan sampel sedimen, air, alga, ikan cere, dan ikan nila dilakukan di tiga titik lokasi yang telah ditentukan. Lokasi-lokasi tersebut dipilih berdasarkan pertimbangan kondisi lingkungan dan representasi karakteristik aliran sungai. Adapun sebaran titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 5.1. Penjelasan lebih lanjut mengenai masing-masing titik lokasi disajikan dalam uraian berikut, yang dimulai dari bagian hulu hingga hilir sungai, dilengkapi dengan tabel posisi koordinat dan deskripsi lokasi pengambilan sampel.



Gambar 5. 1 Lokasi Titik Pengambilan Sampel

a. Kaluku Badoa

Kaluku Badoa terletak di hulu DAS Tallo, Kecamatan Tallo, dengan kondisi lingkungan yang masih relatif alami dan vegetasi bantaran sungai yang lebat. Namun, lokasinya berbatasan dengan Jalan Tol Reformasi yang berpotensi mencemari lingkungan melalui limpasan air hujan. Titik ini dipilih untuk merepresentasikan kondisi awal yang mulai terpengaruh aktivitas manusia dan infrastruktur.

Tabel 5. 1
Titik Lokasi Kaluku Badoa

Sampel	Titik Koordinat		Deskripsi Lokasi
	LS	BT	
Sedimen	119,44208°E	5,11093°S	Di bagian tengah sungai
Air	119,44196°E	5,11095°S	Permukaan sungai, bagian tengah dengan arus cukup deras
Alga	119,44302°E	5,11044°S	Melekat pada permukaan batu di sisi sungai tepat di bawah struktur Jalan Tol Reformasi
Ikan Cere	119,44285°E	5,11049°S	Berada di perairan dangkal di samping dan bawah Jembatan Tol Reformasi
Ikan Nila	119,44270°E	5,11109°S	Ditangkap menggunakan bubu di area sekitar Jembatan Tol Reformasi

(Sumber: Data Primer, 2025)

b. Parangloe

Parangloe terletak di bagian tengah aliran Sungai Tallo, di mana aktivitas pemukiman, pertanian, dan tambak ikan sudah mulai dominan. Lokasi ini dipilih karena menjadi area peralihan

yang mencerminkan peningkatan pengaruh aktivitas manusia terhadap kualitas air sungai. Pertanian dan tambak di sekitar Parangloe dapat menjadi sumber pencemaran merkuri dan bahan kimia lain melalui limpasan ke sungai.

Tabel 5. 2
Titik Lokasi Parangloe

Sampel	Titik Koordinat		Deskripsi Lokasi
	LS	BT	
Sedimen	119,4697°E	5,11018°S	Di bagian tengah aliran sungai yang mengarah ke wilayah Parangloe
Air	119,46955°E	5,11031°S	Permukaan sungai, bagian tengah di aliran air yang cukup tenang
Alga	119,47149°E	5,11015°S	Tumbuh melekat pada akar-akar kayu di tepi sungai, tepatnya di area tambak ikan bandeng.
Ikan Cere	119,47135°E	5,11017°S	Ditemukan di perairan dangkal yang berada dalam kawasan tambak ikan bandeng.
Ikan Nila	119,46769°E	5,11284°S	Ditangkap menggunakan bubu milik nelayan yang dipasang di area hutan mangrove (bakau).

(Sumber: Data Primer, 2025)

c. Kapasa

Kapasa berada di hilir DAS Tallo, kawasan yang padat penduduk dan dekat dengan berbagai perusahaan industri seperti PLTU Tallo, PT IA, PT ST, PT MT, PT KTC, dan RIS IS. Perusahaan-perusahaan ini diduga membuang limbah berbahaya termasuk merkuri langsung ke sungai tanpa pengolahan yang memadai. Titik ini penting untuk menilai akumulasi pencemaran

merkuri di bagian hilir sungai akibat aktivitas industri dan domestik.

Tabel 5. 3
Titik Lokasi Kapasa

Sampel	Titik Koordinat		Deskripsi Lokasi
	LS	BT	
Sedimen	119,48168°E	5,12072°S	Di bagian tengah aliran sungai yang mengarah ke wilayah Kapasa
Air	119,48167°E	5,12029°S	Permukaan sungai, bagian tengah dengan arus cukup deras
Alga	119,48659°E	5,12187°S	Melekat pada permukaan kayu di tepi Sungai
Ikan Cere	119,48308°E	5,12145°S	Ditemukan di perairan dangkal yang berada dalam kawasan tambak ikan bandeng.
Ikan Nila	119,47986°E	5,12048°S	Ditangkap menggunakan bubu milik nelayan yang dipasang di area sungai di wilayah Kapasa.

(Sumber: Data Primer, 2025)

3. Karakteristik Sosial, Ekonomi dan Budaya

Karakteristik sosial, budaya, dan ekonomi responden merupakan atribut atau ciri khas yang mencerminkan latar belakang individu yang menjadi objek penelitian baik dari segi interaksi sosial, nilai-nilai budaya, maupun kondisi ekonomi. Pemahaman terhadap karakteristik ini sangat penting karena dapat memberikan gambaran mengenai konteks kehidupan responden yang berpengaruh terhadap cara pandang, sikap, serta perilaku mereka terhadap isu yang dikaji dalam penelitian. Dalam konteks penelitian ini, pendekatan terhadap latar belakang sosial-budaya dan

ekonomi juga membantu menilai sejauh mana aspek-aspek tersebut berkorelasi dengan pengetahuan, kesadaran, dan respon masyarakat terhadap potensi pencemaran lingkungan.

Karakteristik responden yang dikaji dalam penelitian ini meliputi usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, serta riwayat gangguan kesehatan. Unsur-unsur ini merepresentasikan kondisi sosial dan ekonomi masyarakat yang berpotensi memengaruhi tingkat kerentanan terhadap dampak pencemaran serta kapasitas adaptasi mereka. Misalnya, tingkat pendidikan dan jenis pekerjaan dapat memengaruhi pemahaman mereka terhadap risiko lingkungan, sementara aspek kesehatan mencerminkan potensi dampak biologis yang telah dirasakan. Informasi lengkap mengenai karakteristik responden disajikan dalam tabel berikut untuk memberikan gambaran yang lebih terstruktur dan terukur.

a. Umur

Tabel 5. 4
Distribusi Responden Berdasarkan Kelompok Umur
di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Umur (tahun)	n	%
20-30	8	26,7
31-40	8	26,7
41-50	10	33,3
51-60	4	13,3
Total	30	100

(Sumber: Data Primer, 2025)

Berdasarkan tabel 5.4 Menunjukkan karakteristik responden berdasarkan umur dapat dilihat dari dari 30 responden frekuensi umur tertinggi yaitu 41-50 sebanyak 10

orang (33,3%) dan umur terendah 51-60 tahun sebanyak 4 Orang (13,3%).

b. Jenis Kelamin

Tabel 5. 5
Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin
di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Jenis Kelamin	n	%
Laki-laki	18	60
Perempuan	12	40
Total	30	100

(Sumber: Data Primer, 2025)

Berdasarkan tabel 5.5 menunjukkan karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin dapat dilihat dari 30 responden frekuensi tertinggi yaitu Laki-laki sebanyak 18 orang (60%) dan terendah Perempuan sebanyak 12 orang (40%).

c. Pendidikan

Tabel 5. 6
Distribusi Responden Berdasarkan Pendidikan
di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Pendidikan	n	%
SD	10	33,3
SMP	9	30
SMA	8	26,7
S1	3	10
Total	30	100

(Sumber: Data Primer, 2025)

Berdasarkan tabel 5.6 menunjukkan karakteristik responden berdasarkan tingkat Pendidikan, dapat dilihat dari 30 responden frekuensi responden tertinggi yaitu SD sebanyak 10 orang (33,3%) dan terendah S1 sebanyak 3 orang (10%).

d. Pekerjaan

Tabel 5. 7
Distribusi Responden Berdasarkan Pekerjaan
di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Pekerjaan	n	%
Buruh	4	13,3
Ibu Rumah Tangga	3	10
Nelayan	8	26,7
Pedagang	5	16,7
Pegawai Swasta	3	10
PNS	2	6,7
Wiraswasta	2	6,7
Tidak Bekerja	3	10,0
Total	30	100

(Sumber: Data Primer, 2025)

Berdasarkan tabel 5.7 menunjukkan karakteristik responden berdasarkan tingkat pekerjaan dapat dilihat dari 30 responden frekuensi responden tertinggi yaitu nelayan sebanyak 8 orang (26,7%) dan terendah PNS sebanyak 2 orang (6,7%).

e. Gangguan Kesehatan

Tabel 5. 8
Distribusi Responden di DAS Tallo Berdasarkan
Jenis Gangguan Kesehatan Tahun 2025

Dampak Kesehatan Mengonsumsi Ikan Nila Yang Mengandung Merkuri (Hg)	Jumlah			Total		
	Ya	%	Tidak	%	n	%
	n	%	n	%		
Gangguan Pencernaan (Mual dan Muntah)	12	43,3	17	56,7	30	100
Sering Sakit Kepala	15	50	15	50	30	100
Gangguan Sistem Saraf	12	40	18	60	30	100
Gangguan Ginjal	7	23,3	23	76,7	30	100

(Sumber: Data Primer 2025)

Berdasarkan tabel 5.8 sebanyak 43,3% responden pernah mengalami gangguan pencernaan seperti mual dan

muntah yang dialami selama mengonsumsi ikan nila yang mengandung merkuri (Hg), sementara 56,7% tidak mengalami keluhan tersebut. Selain itu, 50% responden mengaku pernah sakit kepala, 40% pernah mengalami gangguan sistem saraf, dan 23,3% mengalami gangguan ginjal selama mengonsumsi ikan tersebut. Meskipun mayoritas responden tidak mengalami gangguan ginjal (76,7%), data ini menunjukkan adanya dampak kesehatan yang pernah dialami oleh sebagian masyarakat akibat konsumsi ikan nila yang terkontaminasi merkuri.

B. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di DAS Tallo, Kota Makassar, mencakup tiga kelurahan yaitu Kaluku Badoa, Parangloe, dan Kapasa. Pengumpulan data berlangsung Februari-April 2025 melalui observasi lapangan dan wawancara terhadap 30 responden. Pengambilan sampel lingkungan yang meliputi sedimen, air, alga, ikan cere, dan ikan nila dilakukan pada bulan April 2025 di ketiga titik lokasi tersebut. Seluruh sampel yang diperoleh kemudian dianalisis di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sulawesi Selatan, Instalasi Laboratorium Tanah, Kabupaten Maros. Analisis data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel dan SPSS. Data hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan uraian deskriptif untuk mempermudah interpretasi. Adapun hasil penelitian yang diperoleh sebagai berikut:

1. Pengukuran Fisik Kimia pada Media Lingkungan

a. Pengukuran Suhu dan pH Perairan

Tabel 5. 9
Data Parameter Fisik Kimia perairan di DAS
Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Titik	Parameter		Ket.
	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	pH	
I (Kaluku Badoa)	31,0	6,36	MS
II (Parangloe)	31,2	6,39	MS
III (Kapasa)	31,4	7,36	MS

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

MS : Memenuhi Syarat menurut

TMS : Tidak Memenuhi Syarat

Berdasarkan Tabel 5.9 suhu perairan berkisar antara 31,0-31,4 $^{\circ}\text{C}$ dan masih memenuhi syarat PP No. 22 Tahun 2021 karena tidak melebihi selisih 3 $^{\circ}\text{C}$ dari suhu alami. Nilai pH berkisar antara 6,36-7,36 juga memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu 6,0-9,0^(d).

b. Hasil Pemeriksaan Hg pada Sedimen

Tabel 5. 10
Hasil Pemeriksaan Laboratorium terhadap Logam Berat Hg
pada sedimen di DAS Tallo Kota Makassar
Tahun 2025

Titik Lokasi	Titik Koordinat		Hg (mg/kg)	Ket.
	LS	BT		
I (Kaluku Badoa)	119,44208 $^{\circ}\text{E}$	5,11093 $^{\circ}\text{S}$	0,042	MS
II (Parangloe)	119,4697 $^{\circ}\text{E}$	5,11018 $^{\circ}\text{S}$	0,103	MS
III (Kapasa)	119,48168 $^{\circ}\text{E}$	5,12072 $^{\circ}\text{S}$	0,037	MS

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

MS : Memenuhi Syarat menurut ANZECC/AMRCANZ (2000) dengan nilai ambang batas yaitu kurang dari 1,0 mg/kg

TMS : Tidak Memenuhi Syarat menurut ANZECC/AMRCANZ (2000) dengan nilai ambang batas yaitu lebih dari 1,0 mg/kg

Berdasarkan Tabel 5.10 hasil pemeriksaan laboratorium kadar logam berat merkuri (Hg) pada sedimen di DAS Tallo menunjukkan bahwa pada titik I tercatat sebesar 0,042 mg/L, titik II sebesar 0,103 mg/L, dan titik III sebesar 0,037 mg/L. Ketiga nilai tersebut masih berada dalam batas aman sesuai standar yang ditetapkan oleh ANZECC/ARMCANZ (2000).

c. Hasil pemeriksaan Hg pada Air

Tabel 5. 11
Hasil Pemeriksaan Laboratorium Terhadap Logam Berat Hg
pada Air di DAS Tallo Kota Makassar
Tahun 2025

Titik Lokasi	Titik Koordinat		Hg (mg/L)	Ket.
	LS	BT		
I (Kaluku Badoa)	119,44196°E	5,11095°S	Tt	Tt
II (Parangloe)	119,46955°E	5,11031°S	0,001	MS
III (Kapasa)	119,48167°E	5,12029°S	Tt	Tt

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

MS : Memenuhi Syarat menurut Peraturan Gubernur Sulsel Nomor 6 Tahun 2016 dengan nilai ambang batas yaitu kurang dari 0,001 mg/L

TMS : Memenuhi Syarat menurut Peraturan Gubernur Sulsel Nomor 6 Tahun 2016 dengan nilai ambang batas yaitu kurang dari 0,001 mg/L

Tt : Tak Terdeteksi

Berdasarkan Tabel 5.11 hasil analisis laboratorium terhadap kadar logam berat merkuri (Hg) dalam air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo menunjukkan bahwa pada titik I dan titik III tidak terdeteksi keberadaan merkuri, sedangkan pada titik II terdeteksi sebesar 0,001 mg/L. Nilai tersebut tidak memenuhi syarat karena telah mencapai ambang batas maksimum yang diizinkan menurut Peraturan Gubernur Sulsel Nomor 6 Tahun 2016 dengan nilai ambang batas yaitu kurang dari 0,001 mg/

d. Hasil pemeriksaan Hg pada Alga

Tabel 5. 12
Hasil Pemeriksaan Laboratorium terhadap Logam Berat Hg
pada Alga di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Titik Lokasi	Titik Koordinat		Hg (ppm)	Ket.
	LS	BT		
I (Kaluku Badoa)	119,44302°E	5,11044°S	1,16	TMS
II (Parangloe)	119,47149°E	5,11015°S	10,06	TMS
III (Kapasa)	119,48659°E	5,12187°S	6,10	TMS

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

MS : Memenuhi Syarat menurut Keputusan Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 dengan nilai ambang batas yaitu kurang 0,001 ppm

TMS : Memenuhi Syarat menurut Keputusan Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 dengan nilai ambang batas yaitu lebih 0,001 ppm

Berdasarkan Tabel 5.12 hasil pemeriksaan laboratorium kadar logam berat merkuri (Hg) pada Alga di DAS Tallo menunjukkan bahwa pada titik I tercatat sebesar 1,16 ppm, titik II sebesar 10,06 ppm dan titik III sebesar 6,10 ppm. Ketiga nilai tersebut berada dalam batas tidak aman menurut Keputusan Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 dengan nilai ambang batas yaitu lebih 0,001 ppm.

e. Hasil Pemeriksaan Hg pada Ikan Cere

Tabel 5. 13
Hasil Pemeriksaan Laboratorium terhadap Logam Berat Hg
pada Ikan Cere di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Titik Lokasi	Titik Koordinat		Hg (mg/kg)	Ket.
	LS	BT		
I (Kaluku Bado)	119,44285°E	5,11049°S	0,061	MS
II (Parangloe)	119,47135°E	5,11017°S	0,117	MS
III (Kapasa)	119,48308°E	5,12145°S	0,086	MS

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

MS : Memenuhi Syarat menurut Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018 yaitu kurang dari 0,5 mg/kg

TMS : Tidak Memenuhi Syarat menurut Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018 yaitu lebih dari 0,5 mg/kg

Berdasarkan Tabel 5.13 hasil pemeriksaan laboratorium Skadar logam berat merkuri (Hg) pada Ikan Cere di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo menunjukkan bahwa pada titik I tercatat sebesar 0,061mg/kg titik II sebesar 0,117 mg/kg dan titik III sebesar 0,086 mg/kg. Ketiga nilai tersebut berada dalam batas yang masih aman menurut Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018 yaitu kurang dari 0,5 mg/kg.

f. Hasil Pemeriksaan Ikan Nila

Tabel 5. 14
Hasil Pemeriksaan Laboratorium terhadap Logam Berat Hg
pada Ikan Nila di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025

Titik Lokasi	Titik Koordinat		Hg (mg/kg)	Ket.
	LS	BT		
I (Kaluku Badoa)	119,44270°E	5,11109°S	0,101	MS
II (Parangloe)	119,46769°E	5,11284°S	0,024	MS
III (Kapasa)	119,47986°E	5,12048°S	0,064	MS

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

MS : Memenuhi Syarat menurut Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018 yaitu kurang dari 0,5 mg/kg

TMS : Tidak Memenuhi Syarat menurut Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018 yaitu lebih dari 0,5 mg/kg

Berdasarkan Tabel 5.14 hasil pemeriksaan laboratorium kadar logam berat merkuri (Hg) pada Ikan Nila di Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo menunjukkan bahwa pada titik I tercatat sebesar 0,101 mg/kg titik II sebesar 0,024 mg/kg dan titik III sebesar 0,064 mg/kg. Ketiga nilai tersebut berada dalam batas yang masih aman menurut Peraturan BPOM No. 5 Tahun 2018 yaitu kurang dari 0,5 mg/kg.

2. Faktor Biokonsentrasi (BCF)

a. Hasil Perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF_{o-w})

Hasil perhitungan BCF_{o-w} yaitu perbandingan antara konsentrasi logam berat yang diserap oleh organisme dengan konsentrasi logam berat dalam air. Rincian hasil perhitungannya disajikan pada Tabel 5.15 berikut:

Tabel 5. 15
Hasil BCF_{o-w} Logam Berat Merkuri pada Alga

Titik	Nilai BCF_{o-w} pada air	Kategori
I (Kaluku Badoa)	0	Nihil
II (Parangloe)	10.060	Sangat tinggi
III (Kapasa)	0	Nihil

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

Akumulasi rendah = <100

Akumulasi sedang = 100-100

Akumulasi tinggi = 1000-5000

Akumulasi sangat tinggi = >5000

Berdasarkan tabel 5.15 didapatkan nilai BCF_{o-w} hanya dapat dihitung di titik II dengan nilai 10.060 yang mana hasil BCF dikategorikan memiliki sifat akumulasi sangat tinggi, di titik I dan III BCF_{o-w} nihil karena merkuri di air tidak terdeteksi.

b. Hasil Perhitungan Faktor Biokonsentrasi (BCF_{o-s})

Tabel 5. 16
Hasil BCF_{o-s} Logam Berat Merkuri pada Alga

Titik	Nilai BCF_{o-s} pada sedimen	Kategori
I (Kaluku Badoa)	27,62	Rendah
II (Parangloe)	97,67	Rendah
III (Kapasa)	164,86	Sedang

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

Akumulasi rendah = <100

Akumulasi sedang = 100-100

Akumulasi tinggi = 1000-5000

Akumulasi sangat tinggi = >5000

Berdasarkan Tabel 5.16 *Bioconcentration Factor* (BCF) dengan pendekatan organisme terhadap sedimen ($o-s$) digunakan untuk menggambarkan sejauh mana organisme mampu menyerap dan mengakumulasi logam berat dari sedimen tempat hidupnya. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai BCF ($o-s$) tertinggi terdapat di Titik III sebesar 164,86 dan dikategorikan memiliki sifat akumulasi sedang sedangkan Titik I dan II tergolong dalam kategori akumulasi rendah.

3. Faktor Bioakumulasi (BAF)

a. Pehitungan Faktor Bioakumulasi (BAF) pada Alga

Tabel 5. 17
Hasil BAF Logam Berat Merkuri pada Alga

Titik	Nilai BAF	Kategori
I (Kaluku Badoa)	0	Nihil
II (Parangloe)	10.060	Tinggi
III (Kapasa)	0	Nihil

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

Akumulasi rendah = < 100

Akumulasi sedang = $100 \leq \text{BAF} < 1000$

Akumulasi tinggi = $\text{BAF} \geq 1000$

Berdasarkan Tabel 5.17 faktor bioakumulasi (BAF) dihitung dengan membandingkan konsentrasi merkuri dalam organisme dengan lingkungan tempat akumulasi terjadi. Untuk alga, digunakan konsentrasi merkuri dalam air karena alga menyerap langsung dari media perairan. Hasilnya menunjukkan bahwa alga hanya mengakumulasi merkuri secara signifikan di Titik II dengan nilai BAF sebesar 10.060 dan dikategorikan

memiliki sifat akumulasi tinggi, sedangkan di Titik I dan III nilai BAF tidak terdeteksi atau nihil.

b. Pehitungan Faktor Bioakumulasi (BAF) pada Ikan Cere

Tabel 5. 18
Hasil BAF Logam Berat Merkuri pada Ikan Cere

Titik	Nilai BAF	Kategori
I (Kaluku Badoa)	1,45	Rendah
II (Parangloe)	1,14	Rendah
III (Kapasa)	2,32	Rendah

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

Akumulasi rendah = < 100

Akumulasi sedang = $100 \leq \text{BAF} < 1000$

Akumulasi tinggi = $\text{BAF} \geq 1000$

Berdasarkan Tabel 5.18 faktor bioakumulasi (BAF) dihitung berdasarkan perbandingan antara konsentrasi merkuri dalam tubuh organisme dengan konsentrasi merkuri dalam media lingkungannya. Untuk ikan cere, digunakan konsentrasi merkuri dalam sedimen karena ikan ini lebih banyak mengakumulasi logam berat melalui konsumsi makanan dan interaksi langsung dengan dasar perairan. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai BAF pada ikan cere di ketiga titik pengamatan tergolong dalam kategori akumulasi rendah dengan rincian Titik I (Kaluku Badoa) sebesar 1,45, Titik II (Parangloe) sebesar 1,14, dan Titik III (Kapasa) sebesar 2,32.

c. Pehitungan Faktor Bioakumulasi (BAF) pada Ikan Nila

Tabel 5. 19
Hasil BAF Logam Berat Merkuri pada Ikan Nila

Titik	Nilai BAF	Kategori
I (Kaluku Badoa)	2,40	Rendah
II (Parangloe)	0,23	Rendah
III (Kapasa)	1,73	Rendah

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

Akumulasi rendah = < 100

Akumulasi sedang = $100 \leq \text{BAF} < 1000$

Akumulasi tinggi = $\text{BAF} \geq 1000$

Berdasarkan Tabel 5.19 Berdasarkan Tabel 5.19 faktor bioakumulasi (BAF) dihitung dengan membandingkan konsentrasi merkuri dalam tubuh organisme dengan konsentrasi logam berat pada media lingkungan tempat akumulasi terjadi. Untuk ikan nila, digunakan konsentrasi merkuri dalam sedimen karena spesies ini cenderung mengakumulasi logam berat melalui konsumsi makanan serta interaksi langsung dengan dasar perairan. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai BAF ikan nila di ketiga lokasi tergolong dalam kategori akumulasi rendah, dengan rincian: Titik I (Kaluku Badoa) sebesar 2,40, Titik II (Parangloe) sebesar 0,23, dan Titik III (Kapasa) sebesar 1,73.

4. Faktor Biomagnifikasi (BMF)

a. Faktor Biomagnifikasi (BMF) pada Trofik 1

Tabel 5. 20
Hasil BMF Logam Berat Merkuri pada Trofik 1
(Alga → Ikan Cere)

Titik	Nilai BMF Hg pada Trofik 1 (Alga → Ikan Cere)	Kategori
I (Kaluku Badoa)	0,052	Tidak Terjadi Biomagnifikasi
II (Parangloe)	0,0116	Tidak Terjadi Biomagnifikasi
III (Kappasa)	0,0141	Tidak Terjadi Biomagnifikasi

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

Tidak Terjadi Biomagnifikasi = <1

Terjadi Biomagnifikasi = >1

Berdasarkan Tabel 5.20 faktor biomagnifikasi (BMF) dihitung dengan membandingkan konsentrasi merkuri pada ikan cere dan alga sebagai dua tingkat trofik awal. Hasil menunjukkan bahwa tidak terjadi biomagnifikasi di seluruh lokasi, dengan nilai BMF sebesar 0,052 di Kaluku Badoa, 0,0116 di Parangloe, dan 0,0141 di Kapasa.

b. Faktor Biomagnifikasi (BMF) pada Trofik 2

Tabel 5. 21
Hasil BMF Logam Berat Merkuri pada Trofik 2
(Ikan Cere → Ikan Nila)

Titik	Nilai BMF Hg pada Trofik 2 (Ikan Cere → Ikan Nila)	Kategori
I (Kaluku Badoa)	1,656	Terjadi Biomagnifikasi
II (Parangloe)	0,2051	Tidak Terjadi Biomagnifikasi
III (Kappasa)	0,7441	Tidak Terjadi Biomagnifikasi

(Sumber: Data Primer 2025)

Keterangan:

Tidak Terjadi Biomagnifikasi = <1

Terjadi Biomagnifikasi = >1

Berdasarkan Tabel 5.21 faktor biomagnifikasi (BMF) pada Trofik 2 dihitung dengan membandingkan konsentrasi merkuri pada ikan nila sebagai konsumen sekunder terhadap ikan cere sebagai konsumen primer. Hasil menunjukkan bahwa telah terjadi biomagnifikasi di Titik I (Kaluku Badoa), ditandai dengan nilai BMF sebesar 1,656 yang melebihi ambang batas (>1). Sementara itu, di Titik II (Parangloe) dan Titik III (Kapasa), nilai BMF masing-masing sebesar 0,2051 dan 0,7441 yang mana masih berada di bawah ambang batas sehingga dikategorikan tidak terjadi biomagnifikasi pada kedua lokasi tersebut.

C. Pembahasan

Daerah Aliran Sungai (DAS) Tallo merupakan salah satu wilayah yang memiliki nilai strategis di Provinsi Sulawesi Selatan karena mencakup tiga wilayah administratif utama, yaitu Kota Makassar, Kabupaten Gowa, dan Kabupaten Maros. Fungsi DAS Tallo tidak hanya penting dalam menunjang kebutuhan domestik masyarakat sekitar tetapi juga menjadi tulang punggung bagi aktivitas industri dan ekonomi lokal. Keberadaan sungai ini sangat vital karena menjadi sumber air, habitat ekosistem perairan, serta lokasi berbagai kegiatan ekonomi masyarakat seperti pertanian, perikanan, dan industri rumah tangga.

Namun, dengan meningkatnya intensitas aktivitas antropogenik (aktivitas yang disebabkan oleh manusia), DAS Tallo mengalami

tekanan ekologis yang signifikan. Sungai Tallo, sebagai aliran utama dari DAS ini, telah menjadi tempat pembuangan limbah dari berbagai aktivitas manusia, baik dari kawasan pemukiman padat, kawasan industri, lahan pertanian, maupun tambak perikanan. Akumulasi limbah dan kontaminan dari aktivitas-aktivitas ini memicu kekhawatiran terhadap degradasi kualitas lingkungan terutama terkait dengan pencemaran logam berat seperti merkuri (Hg) yang dikenal bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan.

Dalam rangka memahami sejauh mana pencemaran merkuri terjadi di wilayah ini, dilakukan pengambilan sampel di tiga lokasi yang merepresentasikan bagian hulu, tengah, dan hilir dari DAS Tallo, yaitu Kaluku Badoa, Parangloe, dan Kapasa. Dari masing-masing lokasi, diambil sebanyak lima jenis sampel lingkungan dan biota yakni air, sedimen, alga, ikan cere (ikan kecil sebagai organisme tingkat trofik rendah), dan ikan nila (sebagai predator puncak dalam penelitian ini). Total keseluruhan sampel yang dianalisis berjumlah 15 sampel. Analisis dilakukan untuk mengetahui konsentrasi merkuri di setiap komponen dan selanjutnya digunakan untuk menghitung parameter penting dalam studi toksikologi lingkungan yaitu nilai bioakumulasi, biokonsentrasi, dan biomagnifikasi.

Untuk melengkapi data ilmiah dan memperkuat konteks sosial-ekologis dari pencemaran merkuri, penelitian ini juga menggunakan metode kualitatif melalui wawancara. Sebanyak 30 responden dipilih

dengan kriteria utama bahwa mereka merupakan penduduk yang tinggal dan beraktivitas di sepanjang DAS Tallo. Responden yang dipilih adalah mereka yang secara langsung memanfaatkan sumber daya sungai, baik sebagai sumber air untuk keperluan rumah tangga maupun sebagai sumber protein melalui konsumsi ikan khususnya ikan nila. Wawancara ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemungkinan gejala gangguan kesehatan yang dirasakan masyarakat setelah mengkonsumsi ikan yang mungkin telah terkontaminasi logam berat terutama merkuri.

1. Pengukuran Fisik Kimia pada Media Lingkungan

Suhu dan *pH* merupakan parameter fisik-kimia penting yang memengaruhi kelarutan, reaktivitas, dan toksisitas logam berat dalam perairan. Suhu air berkaitan erat dengan laju reaksi kimia dan metabolisme organisme akuatik, sedangkan *pH* memengaruhi bentuk kimia logam termasuk kelarutan merkuri. Selain itu, distribusi dan akumulasi merkuri juga sangat tergantung pada interaksi antara air, sedimen, dan biota seperti alga dan ikan. Kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam air, sedimen, alga, dan jaringan ikan digunakan sebagai indikator utama pencemaran lingkungan perairan karena senyawa Hg bersifat toksik, persisten, dan dapat mengalami biomagnifikasi dalam rantai makanan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu perairan di ketiga lokasi berada pada kisaran 31,0–31,4°C, *pH* berkisar antara 6,36–7,36,

dan kadar merkuri di air titik II sebesar 0,001 mg/L, sedangkan titik I dan III tidak terdeteksi. Kandungan Hg dalam sedimen berkisar antara 0,037–0,103 mg/kg, sementara kadar Hg pada alga cukup tinggi yaitu 1,16–10,06 ppm. Kandungan Hg pada ikan cere dan ikan nila berada pada rentang aman menurut standar yang berlaku, masing-masing 0,061–0,117 mg/kg dan 0,024–0,101 mg/kg.

Secara umum, suhu dan *pH* di seluruh lokasi pengambilan sampel tergolong memenuhi standar karena tidak berada pada ekstrem yang dapat memperparah toksisitas merkuri. Dalam kondisi *pH* netral hingga sedikit asam seperti ini, merkuri cenderung berada dalam bentuk larut namun belum sepenuhnya termetilasi menjadi metilmerkuri yang jauh lebih berbahaya. Kondisi suhu yang stabil juga tidak memicu peningkatan pelepasan merkuri dari sedimen secara signifikan. Oleh karena itu, suhu dan *pH* di ketiga titik dapat dikatakan tidak memperburuk risiko pencemaran merkuri secara langsung.

Namun, temuan adanya merkuri di air, sedimen, dan biota meskipun sebagian besar masih berada dalam rentang yang memenuhi standar menunjukkan bahwa terdapat proses input kontaminan yang sedang berlangsung. Kasus pada air di titik II misalnya, menunjukkan konsentrasi merkuri yang sudah menyentuh ambang batas baku mutu. Ini mengindikasikan bahwa lingkungan perairan pada titik tersebut telah mendekati kapasitas maksimum dalam menerima beban pencemar. Dalam konteks ekotoksikologi kondisi semacam ini sangat penting

diperhatikan karena paparan yang mendekati batas secara terus-menerus dapat menyebabkan proses akumulasi logam berat dalam jaringan organisme hidup meskipun pada awalnya nilai masih tergolong “aman”.

Sedimen sebagai media penyimpan logam berat dalam jangka panjang juga tidak bisa diabaikan. Merkuri yang tersimpan dalam sedimen dapat menjadi sumber pencemar sekunder, terutama jika terjadi perubahan lingkungan seperti penurunan *pH*, perubahan redoks, atau terganggunya kestabilan sedimen akibat banjir atau pengerukan. Dalam kondisi seperti itu, merkuri yang semula terikat dapat dilepas kembali ke kolom air dan membentuk senyawa yang lebih toksik seperti metilmerkuri, yang sangat mudah diserap oleh organisme akuatik. Artinya, nilai kandungan merkuri dalam sedimen yang masih berada dalam batas tidak serta-merta menjamin bahwa kondisi lingkungan aman, karena stabilitas logam berat dalam sedimen sangat tergantung pada kondisi fisik-kimia lingkungan yang fluktuatif.

Yang paling menonjol adalah kandungan merkuri yang sangat tinggi pada jaringan alga. Alga sebagai produsen primer dan dasar dari rantai makanan akuatik yang berperan besar dalam transfer logam berat ke tingkat trofik yang lebih tinggi. Kandungan merkuri yang jauh melebihi batas pada alga menjadi bukti kuat bahwa bioavailabilitas merkuri di lingkungan sudah sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sedimen tampak “memenuhi syarat”, merkuri dalam bentuk

yang tersedia secara biologis telah aktif terserap ke dalam jaringan organisme. Fakta bahwa logam ini dapat mencapai jaringan produsen primer dalam jumlah besar menjadi peringatan bahwa biomagnifikasi dalam rantai makanan kemungkinan besar sudah mulai terjadi meskipun belum sepenuhnya terlihat pada tingkat konsumen seperti ikan.

Zhou *et al.* (2023) Mengemukakan bahwa fitoplankton seperti alga berperan penting dalam siklus biogeokimia merkuri di lingkungan perairan, termasuk transformasi dan bioakumulasi merkuri organik. Hal ini berdampak langsung pada masuknya merkuri ke dalam rantai makanan dan risiko kesehatan manusia

Temuan ini konsisten dengan studi Siahaan *et al.*, (2015) menemukan alga laut *Caulerpa serrulata* dan *Halimeda macroloba* mampu menyerap merkuri sebesar 0,20 ppm dan 0,11 ppm, masing-masing. Kadar ini jauh melebihi batas baku mutu jaringan biota (0,001 ppm) menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004, memperkuat bahwa alga memiliki kemampuan akumulasi merkuri signifikan dan dapat digunakan sebagai organisme indikator dalam pemantauan kualitas lingkungan perairan.

Pada jaringan ikan, khususnya ikan cere dan ikan nila, nilai kandungan merkuri memang masih berada dalam kisaran aman. Namun, kondisi ini patut dicermati dengan hati-hati. Nilai tersebut tidak serta merta menunjukkan bahwa ekosistem tidak tercemar melainkan

bisa menjadi pertanda bahwa proses akumulasi biologis masih berada pada tahap awal karena ikan memperoleh merkuri melalui makanan dan kontak dengan air dan karena alga sebagai sumber makanan dasar telah sangat tercemar maka dalam waktu dekat diperkirakan kandungan merkuri dalam ikan akan meningkat secara progresif. Situasi ini sangat berbahaya karena logam berat bersifat bioakumulatif yang artinya konsentrasinya akan terus meningkat dalam tubuh organisme seiring waktu meskipun kadar di lingkungan tetap rendah.

Temuan ini menunjukkan kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan Santi & Arsyad, (2021) yang mengkaji kandungan logam berat Hg dan Pb pada *O. niloticus* di Waduk Tunggu Pampang. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa meskipun perairan waduk belum tercemar secara signifikan dengan kadar Hg dan Pb dalam air masih di bawah batas deteksi alat AAS (0,001 mg/kg) logam berat tetap terdeteksi dalam jaringan tubuh ikan, meskipun masih di bawah ambang batas yang diperbolehkan. Hal ini memperkuat dugaan bahwa proses bioakumulasi logam berat dapat terjadi meski konsentrasi pencemar di lingkungan relatif rendah, sehingga konsumsi ikan dari perairan semacam ini tetap perlu diperhatikan secara berkala untuk mencegah risiko akumulatif jangka panjang.

2. Faktor Biokonsentrasi (BFC)

Biokonsentrasi merupakan proses masuknya bahan pencemar seperti logam berat secara langsung dari air dan sedimen ke dalam

tubuh organisme akuatik melalui jaringan seperti insang atau kulit tanpa melalui rantai makanan. Proses ini terjadi ketika konsentrasi zat pencemar di air lebih tinggi dibandingkan di dalam tubuh organisme sehingga zat tersebut terserap dan terakumulasi dalam jaringan tubuh terutama pada organ-organ yang terpapar langsung dengan air. Biokonsentrasi menjadi salah satu jalur utama akumulasi polutan dalam organisme air terutama pada tahap awal sebelum terjadinya bioakumulasi atau biomagnifikasi (Indrawati *et al.*, 2022).

Hasil pengukuran BCF dari air ke alga (BCF_{o-w}) menunjukkan bahwa hanya di titik II (Parangloe) alga mengalami biokonsentrasi merkuri yang signifikan dengan nilai sebesar 10.060 yang termasuk dalam kategori akumulasi sangat tinggi (>5000). Sementara itu, di titik I (Kaluku Badoa) dan titik III (Kapasa) nilai BCF nihil karena merkuri dalam air tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa Parangloe memiliki tingkat pencemaran air yang jauh lebih tinggi dibandingkan dua titik lainnya, yang memungkinkan terjadinya penetrasi logam langsung ke jaringan alga.

Sebaliknya, nilai BCF dari sedimen ke alga (BCF_{o-s}) justru tertinggi di titik III (Kapasa) dengan nilai 164,86, dikategorikan sebagai akumulasi sedang sementara titik I dan II masih dalam kategori akumulasi rendah dengan nilai masing-masing 27,62 dan 97,67. Artinya meskipun air tidak menunjukkan indikasi pencemaran signifikan, sedimen di Kapasa mengandung merkuri dalam bentuk yang cukup

bioavailable untuk diserap oleh alga. Ini mengindikasikan bahwa sedimen berperan sebagai reservoir pencemar yang lambat tetapi potensial.

Kondisi ini memperkuat pentingnya penggunaan pendekatan multimedial (air dan sedimen) dalam menilai pencemaran logam berat karena pencemaran tidak selalu terdeteksi dari satu media saja. Selain itu, perbedaan nilai BCF antara titik juga memperlihatkan variasi lokal dalam sumber pencemar, kondisi fisik-kimia perairan, dan aktivitas antropogenik.

Arnot & Gobas, (2022) mengembangkan model toksikokinetik untuk memperkirakan faktor biokonsentrasi (BCF) berdasarkan struktur kimia senyawa dan karakteristik fisiologis organisme akuatik. Model ini mempertimbangkan proses absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi (ADME) dalam tubuh ikan untuk menghasilkan estimasi BCF yang lebih akurat dibandingkan pendekatan konvensional berbasis log Kow saja. Mereka menunjukkan bahwa senyawa logam berat seperti merkuri dapat mengalami biotransformasi di dalam tubuh organisme yang pada akhirnya menurunkan konsentrasi bioakumulasi aktual. Hal ini penting karena nilai BCF yang tinggi belum tentu mencerminkan risiko toksikologis yang proporsional apabila senyawa tersebut dapat dimetabolisme dengan cepat. Oleh karena itu, model prediktif berbasis toksikokinetik yang mempertimbangkan tingkat metabolisme spesifik

spesies menjadi pendekatan penting dalam evaluasi risiko ekotoksikologi logam berat di lingkungan perairan.

Temuan ini didukung oleh studi Komala *et al.*, (2022) di Danau Maninjau, Sumatera Barat, yang membandingkan nilai biokonsentrasi logam berat, termasuk merkuri (Hg), pada ikan endemik *Rasbora argyrotaenia* dan ikan budidaya *Oreochromis niloticus*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ikan endemik memiliki nilai BCF yang lebih tinggi dibandingkan ikan budidaya, dengan urutan akumulasi logam dalam jaringan tubuh adalah $Pb > Hg > Cd$. Perbedaan ini dikaitkan dengan berbagai faktor ekologis seperti habitat alami, jenis pakan, serta durasi hidup di lingkungan yang tercemar.

3. Faktor Bioakumulasi (BAF)

Bioakumulasi adalah proses penyerapan dan penumpukan suatu zat oleh organisme melalui berbagai jalur paparan termasuk air, sedimen, dan sumber makanan dalam lingkungan alamnya. Proses ini terjadi ketika laju penyerapan suatu zat lebih cepat daripada laju pengeluarannya oleh organisme tersebut sehingga konsentrasi zat dalam tubuh organisme dapat meningkat dibandingkan dengan konsentrasinya di lingkungan sekitarnya (Gómez-Regalado *et al.*, 2023).

Pada alga, nilai BAF tertinggi hanya ditemukan di titik II (Parangloe) sebesar 10.060 termasuk dalam kategori akumulasi tinggi. Di titik I dan III nilai BAF nihil. Ini memperkuat temuan pada BCF (o-w),

bahwa alga di titik II menyerap merkuri dalam jumlah besar secara langsung dari air. Fenomena ini bisa dikaitkan dengan keberadaan limbah rumah tangga atau limbah industri dari hulu yang memperkaya air dengan merkuri.

Pada ikan cere, nilai BAF di seluruh lokasi tergolong rendah (<100) yaitu 1,45 pada titik I (Kaluku Badoa), 1,14 titik II (Parangloe), dan 2,32 titik III (Kapasa). Meskipun kecil, angka ini menegaskan bahwa ikan cere telah mengalami paparan logam berat yang bersumber terutama dari sedimen, karena spesies ini memiliki kebiasaan makan dan habitat yang dekat dengan dasar perairan. Nilai $BAF > 1$ mengindikasikan adanya penumpukan logam meskipun masih dalam tingkat yang relatif aman.

Pada ikan nila, pola bioakumulasi juga tergolong rendah di seluruh titik, 2,40 titik I (Kaluku Badoa), 0,23 titik II (Parangloe), dan 1,73 titik III (Kapasa). Perbedaan nilai ini bisa dipengaruhi oleh variasi pola makan dan mobilitas ikan. Nilai yang paling rendah ditemukan di titik II (Parangloe) meskipun alga memiliki BAF sangat tinggi, menunjukkan kemungkinan bahwa ikan nila di titik tersebut tidak mengandalkan alga sebagai sumber utama makanannya atau baru berpindah dari area lain.

Secara umum, meskipun seluruh nilai BAF pada ikan masih tergolong rendah keberadaan nilai di atas 1 pada ikan cere dan nila

tetap menunjukkan bahwa bioakumulasi aktif sedang berlangsung di seluruh lokasi dan bisa meningkat jika paparan terus berlanjut.

Temuan ini juga konsisten dengan pandangan Hasri Ainun & Gafur, 2021 yang menjelaskan bahwa bioakumulasi adalah proses penumpukan zat pencemar di dalam tubuh organisme dengan konsentrasi lebih tinggi dibandingkan lingkungannya dan sering digunakan sebagai indikator pencemaran lingkungan akuatik. Proses ini sangat bergantung pada sifat logam yang tidak dapat terurai secara biologis serta dipengaruhi oleh interaksi antara karakteristik logam, organisme, dan kondisi lingkungan.

Namun, hasil ini memiliki perbedaan dengan penelitian yang dilakukan Praicylia & Tamalawe, (2024) di perairan pantai Kecamatan Tabukan Selatan Tengah, Kabupaten Kepulauan Sangihe, yang menunjukkan nilai Bioaccumulation Factor (BAF) merkuri (Hg) pada ikan tergolong tinggi. Konsentrasi merkuri rata-rata dalam tubuh ikan mencapai 0,2597 mg/kg, sedangkan dalam air sebesar 0,0013 mg/L, menghasilkan nilai BAF sekitar 199. Ini menunjukkan bahwa ikan di wilayah tersebut mampu mengakumulasi merkuri dari air hingga 199 kali lipat. Nilai BAF yang tinggi ini menunjukkan potensi bahaya paparan logam berat melalui rantai makanan terutama jika konsumsi ikan yang terpapar berlangsung jangka panjang

4. Faktor Biomagnifikasi (BMF)

Biomagnifikasi adalah proses dimana zat beracun tertentu masuk ke lingkungan seperti badan air dan kemudian naik ke rantai makanan dalam konsentrasi yang lebih tinggi. Fenomena ini terjadi karena organisme di puncak rantai makanan memakan banyak organisme yang lebih kecil yang masing-masing telah mengumpulkan sejumlah zat tersebut. Seiring waktu, hal ini mengakibatkan penumpukan zat tertentu dalam jaringan organisme yang lebih tinggi dalam rantai makanan (Radisson, 2023).

Pada trofik 1 (alga → ikan cere) hasil menunjukkan tidak terjadi biomagnifikasi di seluruh titik karena nilai BMF < 1 . Nilai 0,052 pada titik I (Kaluku Badoa), 0,0116 titik II (Parangloe), dan 0,0141 titik III (Kapasa) Ini menunjukkan bahwa meskipun alga terpapar merkuri, transfer logam ke ikan cere sebagai konsumen primer tidak efisien. Faktor-faktor seperti efisiensi pencernaan, preferensi makan, dan laju metabolisme dapat berperan dalam menghambat biomagnifikasi pada tingkat ini.

Namun, pada trofik 2 (ikan cere → ikan nila), terjadi biomagnifikasi nyata di titik I (Kaluku Badoa) dengan nilai BMF sebesar 1,656 yang mana sudah melebihi ambang batas. Ini menunjukkan bahwa ikan nila mengakumulasi merkuri dalam jumlah lebih tinggi daripada ikan cere, yang mungkin disebabkan oleh intensitas konsumsi terhadap ikan cere atau karena akumulasi terjadi dari jalur makanan tambahan lainnya yang terkontaminasi. Di titik II (Parangloe) dan III

(Kapasa), nilai BMF masing-masing adalah 0,2051 dan 0,7441 yang mana masih di bawah ambang batas, sehingga tidak terjadi biomagnifikasi secara signifikan di kedua lokasi tersebut.

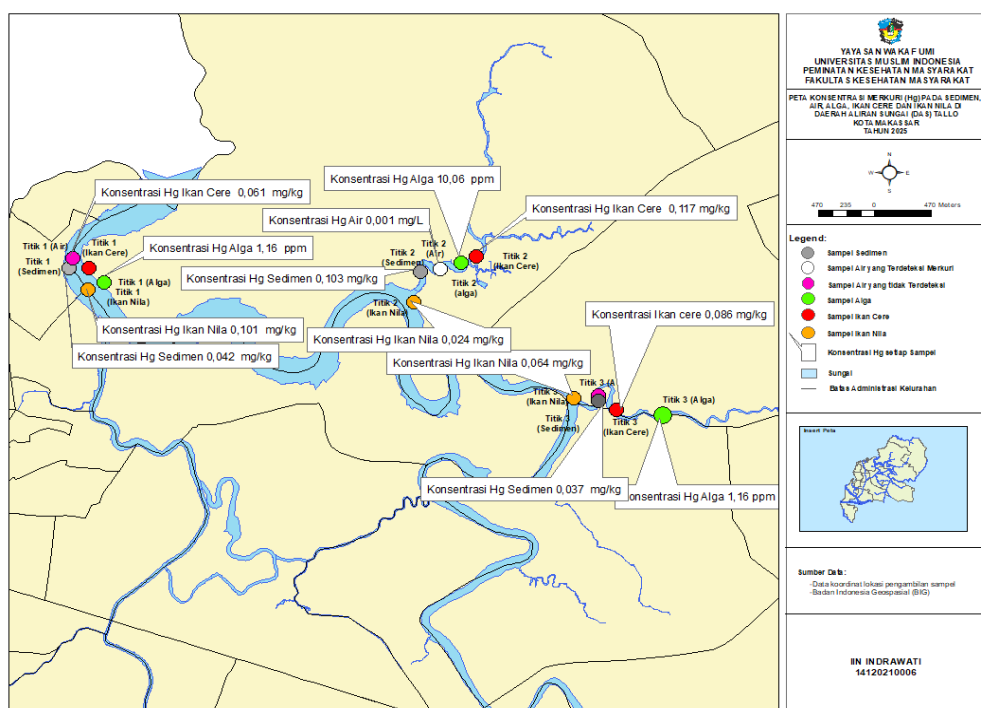
Kondisi biomagnifikasi yang hanya terjadi di Kaluku Badoa menunjukkan kompleksitas dalam sistem trofik dan kemungkinan adanya faktor lokal seperti jenis mangsa dominan, struktur rantai makanan yang lebih sederhana, atau tingkat pencemaran laten di sedimen yang tidak terdeteksi dalam pengukuran saat ini.

Fenomena biomagnifikasi ini selaras dengan konsep yang dikemukakan oleh McMullen *et al.* (2024) menjelaskan bahwa biomagnifikasi adalah peningkatan konsentrasi zat kimia dalam organisme pada tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan. Studi mereka, yang menggunakan model ekosistem untuk mengevaluasi biomagnifikasi mikroplastik pada rantai makanan penguin Galápagos, menunjukkan bahwa eliminasi zat yang lambat meningkatkan risiko biomagnifikasi. Ini memberikan dasar teoritis mengapa peningkatan konsentrasi merkuri diamati pada titik I, di mana ikan nila sebagai predator puncak mengakumulasi lebih banyak merkuri dari mangsanya.

Lebih lanjut, hasil ini juga konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Kim *et al.*, (2023) di perairan tawar Korea Selatan diperoleh hasil bahwa nilai *Biomagnification Factor* (BMF') untuk merkuri berada pada kisaran 1,2 hingga 27,8. Nilai ini dihitung

menggunakan pendekatan struktur jaring makanan berdasarkan isotop stabil asam amino ($\delta^{15}\text{N}_{\text{AA}}$) dan isotop karbon ($\delta^{13}\text{C}$), serta dianalisis melalui model MixSIAR untuk menentukan kontribusi diet dan posisi trofik organisme. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadi proses biomagnifikasi merkuri yang signifikan dalam ekosistem perairan, dan pendekatan BMF' dianggap lebih representatif dibandingkan metode tradisional seperti *Trophic Magnification Factor* (TMF), terutama dalam konteks evaluasi risiko paparan merkuri pada konsumen tingkat trofik yang lebih tinggi.

D. Pemetaan Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Sedimen, Air, Alga, Ikan Cere dan Ikan Nila.



Gambar 5. 2 Peta Konsentrasi Merkuri (Hg) di DAS Tallo Kota Makassar Tahun 2025 (Terlampir)

Berdasarkan gambar 5.2 menunjukkan sebaran konsentrasi merkuri (Hg) pada DAS Tallo ditunjukkan melalui warna sampel yang berbeda. Simbol warna hijau () menunjukkan sampel alga dengan konsentrasi tertinggi di titik II sebesar 10,06 ppm. Warna biru muda () sampel air yang hanya terdeteksi mengandung merkuri (Hg) di titik I sebesar 0,001 mg/L. Warna abu-abu () menunjukkan sampel sedimen, dengan konsentrasi tertinggi di titik I yaitu 0,42 mg/kg. Warna merah () mewakili ikan cere dengan kadar tertinggi di titik II sebesar 0,117 mg/kg, sedangkan pada warna oranye () menunjuk ikan nila, dengan kadar tertinggi di titik I sebesar 0,101 mg/kg. Pemetaan ini menggambarkan adanya bioakumulasi dan biomagnifikasi Hg dari lingkungan ke organisme perairan.