

Analisis Kuantitatif Mangan (Mn) dan Besi (Fe) Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom pada *Eucheuma cottonii* serta Penilaian Kualitas Air Laut di Pantai Pokko

Rifdah Mawaddah Rustam¹, Abd Wahid Wahab¹, Syarifuddin Liong¹, Indah Raya¹, Herlina Rasyid¹

Departemen Kimia, Fakultas Ilmu Matematika Dan Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Jl Perintis Kemerdekaan Km 10, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia, 90243

*E-mail: rifdahmawaddah28@gmail.com

Abstract

*Heavy metal contamination in coastal environments has become a major environmental concern due to its persistence, toxicity, and ability to accumulate in marine organisms. Seaweed, particularly *Eucheuma cottonii*, is widely cultivated and consumed, making it important to assess its safety in relation to metal contamination. Previous studies have primarily focused on non essential toxic metals such as Pb, Cd, and Hg, while limited attention has been given to essential metals like manganese (Mn) and iron (Fe), which can also become harmful at elevated concentrations. In addition, studies specifically addressing Mn and Fe contamination in seaweed cultivation areas, such as Pokko coastal waters, remain scarce. Therefore, this study aims to determine the concentrations of Mn and Fe in seawater and in the tissue of *E. cottonii* from Pokko Beach, Takalar Regency, South Sulawesi. Sampling was conducted at four stations selected based on the intensity of surrounding human activities and carried out in two sampling periods. Metal concentrations were analyzed using atomic absorption spectrophotometry (AAS). The results showed that Mn concentrations in seawater increased from 0.52; 0.37; 0.06; and 0.03 mg/L to .14; 1.09; 1.77; and 0.60 mg/L. In seaweed tissue, Mn ranged from to 83.41; 56.88; 117.25; and 208.10 to 83.41; 56.88; 117.25; and 208.10 mg/kg. Fe concentrations in seawater also increased significantly from 2.00; 2.13; 1.68; and 1.01 to 14.48; 33.45; 3.3; and 10.10 mg/L, while in seaweed tissue, Fe ranged from 292.56; 5,714.25; 200.46; and 395.7 mg/kg and later 1,615.66; 585.13; 489.98; and 1,007.38 mg/kg. These findings indicate that human activities significantly contribute to Mn and Fe contamination, highlighting the need for continuous monitoring to ensure environmental safety and food quality.*

Keyword: *Manganese, Iron, Seawater, *Eucheuma cottonii* seaweed, Pokko Beach, Atomic Absorption Spectrofotometry.*

Abstrak

Pencemaran logam berat di lingkungan pesisir telah menjadi perhatian lingkungan yang serius karena sifatnya yang persisten, toksik, serta kemampuannya untuk terakumulasi dalam organisme laut. Rumput laut, khususnya *Eucheuma cottonii*, banyak dibudidayakan dan dikonsumsi, sehingga penting untuk mengevaluasi keamanannya terkait kontaminasi logam. Penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada logam berat non esensial yang bersifat toksik seperti Pb, Cd, dan Hg, sementara perhatian terhadap logam esensial seperti mangan (Mn) dan besi (Fe) masih terbatas, padahal keduanya dapat menjadi berbahaya pada konsentrasi tinggi. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengkaji kontaminasi Mn dan Fe pada area budidaya rumput laut, seperti perairan pantai Pokko, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi Mn dan Fe dalam air laut serta dalam jaringan *E. cottonii* dari Pantai Pokko, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Pengambilan sampel dilakukan pada empat stasiun yang dipilih berdasarkan intensitas aktivitas manusia di sekitarnya dan dilakukan dalam dua periode pengambilan sampel. Konsentrasi logam dianalisis menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Mn dalam air laut meningkat dari 0,52; 0,37; 0,06; dan 0,03 mg/L menjadi 1,14; 1,09; 1,77; dan 0,60 mg/L. Pada jaringan rumput laut, konsentrasi Mn berkisar antara 83,41; 56,88; 117,25; dan 208,10 mg/kg. Konsentrasi Fe dalam air laut juga meningkat signifikan dari 2,00; 2,13; 1,68; dan 1,01 mg/L menjadi 14,48; 33,45; 3,3; dan 10,10 mg/L, sedangkan pada jaringan rumput laut, konsentrasi Fe berkisar antara 292,56; 5.714,25; 200,46; dan 395,7 mg/kg dan kemudian menjadi 1.615,66; 585,13; 489,98; dan 1.007,38 mg/kg. Temuan ini menunjukkan bahwa aktivitas manusia berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kontaminasi Mn dan Fe, sehingga diperlukan pemantauan secara berkelanjutan untuk menjamin keamanan lingkungan dan kualitas pangan.

Kata Kunci: Mangan, Besi, Air laut, Rumput laut *Eucheuma cottonii*, Pantai Pokko, Spektrofotometri Serapan Atom.

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Takalar merupakan salah satu kabupaten di Sulawesi Selatan dengan luas wilayah 566,51 km². Wilayah ini dikenal sebagai sentra produksi perikanan, khususnya budidaya rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*[1]. Rumput laut ini tumbuh optimal pada perairan dangkal dengan arus relatif tenang, suhu stabil, serta substrat terumbu

karang[2]. Secara taksonomi, *Eucheuma cottonii* termasuk dalam kelompok alga merah (*Rhodophyta*) yang memiliki thallus silindris dengan warna merah kecokelatan[3]. Pemanfaatannya sangat luas, mulai dari industri pangan[4], farmasi[5], hingga kosmetik[6], sehingga komoditas ini memiliki nilai ekonomi tinggi dan menjadi sumber mata pencaharian masyarakat pesisir.

Namun demikian, di balik nilai ekonominya, *Eucheuma cottonii* memiliki kemampuan sebagai bioakumulator yang dapat menyerap logam berat dari lingkungan perairan. Hal ini menjadi permasalahan penting karena logam berat bersifat persisten, tidak terdegradasi secara biologis, serta dapat terakumulasi dalam rantai makanan dan membahayakan kesehatan manusia[7]. Studi oleh Afiah et al. (2019) pada prosiding IOP Conference Series: Earth and Environmental Science menunjukkan bahwa rumput laut budidaya di Indonesia berpotensi mengakumulasi logam berat akibat aktivitas antropogenik di wilayah pesisir[8]. Selain itu, kajian global oleh Jönsson & Karlsson (2024) dalam Journal of Applied Phycology menegaskan bahwa kandungan logam pada rumput laut sangat dipengaruhi oleh lokasi dan kondisi lingkungan, sehingga berimplikasi pada keamanan pangan[9].

Sejumlah penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada logam berat non esensial seperti Pb, Cd, dan As. Misalnya, penelitian di perairan Takalar menunjukkan adanya kandungan Pb, Cd, dan As pada *Eucheuma cottonii*, dengan beberapa parameter mendekati atau melebihi ambang batas aman[10]. Studi lain di wilayah Jawa juga menitikberatkan pada logam Pb dan Cd sebagai indikator pencemaran[8]. Dengan demikian, penelitian terdahulu masih terbatas

pada logam berat toksik klasik, sementara kajian terhadap logam esensial seperti mangan (Mn) dan besi (Fe) masih relatif kurang dieksplorasi, khususnya pada lokasi budidaya spesifik seperti perairan Pokko.

Mangan (Mn) dan besi (Fe) dipilih sebagai fokus penelitian karena keduanya merupakan logam esensial yang berperan dalam berbagai proses biologis, namun dapat menjadi toksik jika berada pada konsentrasi tinggi[11]. Studi di wilayah pesisir Zanzibar menunjukkan bahwa Fe dan Mn merupakan logam dominan yang terakumulasi dalam rumput laut dibandingkan logam lainnya . Selain itu, penelitian lokal juga menunjukkan bahwa kadar Fe pada *Eucheuma cottonii* dapat melebihi ambang batas tertentu di beberapa lokasi pesisir[12]. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun bersifat esensial, kedua logam ini tetap berpotensi menjadi kontaminan yang signifikan dan perlu dikaji lebih lanjut.

Pemilihan perairan pantai Pokko sebagai lokasi penelitian didasarkan pada beberapa pertimbangan spesifik. Wilayah ini merupakan salah satu sentra aktif budidaya rumput laut di Kabupaten Takalar yang berdekatan dengan aktivitas pemukiman dan perikanan, sehingga berpotensi menerima masukan logam dari berbagai sumber, seperti limbah domestik, *run off* daratan, dan aktivitas antropogenik lainnya. Selain itu, berdasarkan

telaah literatur, penelitian mengenai distribusi logam Mn dan Fe di wilayah ini masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini memiliki kebaruan dalam memberikan data spesifik terkait kandungan kedua logam tersebut pada air laut dan *Eucheuma cottonii* sekaligus mengevaluasi potensi bioakumulasi di lokasi budidaya. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar logam mangan (Mn) dan besi (Fe) dalam air laut dan rumput laut *Eucheuma cottonii* di perairan pantai Pokko, Kabupaten Takalar, serta mengevaluasi potensi bioakumulasi yang terjadi sebagai dasar penilaian risiko terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

II. METODELOGI

2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan yaitu sampel air laut, rumput laut *Eucheuma cottonii*, FeSO_4 p.a. (Merck), MnSO_4 p.a. (Merck), HNO_3 p.a., H_2O_2 30% (Merck), NaOH p.a. (Merck), kertas saring Whatman no. 42, akuades dan akuabides (Water one).

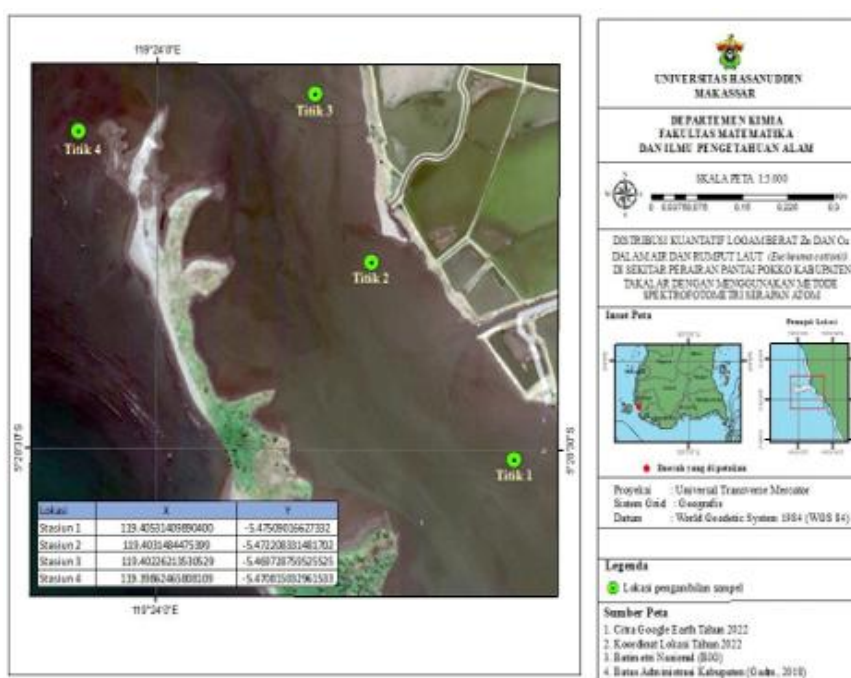
2.2. Alat Penelitian

Alat yang digunakan yaitu Global Positioning System (GPS), cool box, water sampler, pH meter, botol polietilen (PE), plastic sampel, oven, desikator, neraca analitik, *hot plate*, buret mikro, *bulb*, cawan petri, spatula, lumpang dan alu, kertas label, labu semprot, ayakan 150 mesh, alat-alat gelas kimia umum yang digunakan di laboratorium analitik dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Buck Scientific 205.

2.3. Prosedur Penelitian

2.3.1. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel ditentukan berdasarkan lokasi hidup dari rumput laut *Eucheuma cottonii* yang berasal di sekitar perairan pantai Pokko, Kecamatan Mappakasunggu, Kabupaten Takalar dengan metode representatif dengan adanya akumulasi logam berat yang berasal dari kegiatan domestik masyarakat sekitarnya.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

2.3.2. Pengambilan Sampel

A. Pengambilan Sampel Air Laut

Sampel air laut diambil dengan menggunakan *water sampler* pada kedalaman ± 1 m dari permukaan laut dan dimasukkan ke dalam botol polietilen (PE) sebanyak 1 L tiap stasiun. Sampel air untuk dianalisis kadar logam berat diberi 1 mL HNO_3 pekat hingga $\text{pH} \leq 2$ sebagai pengawet kemudian botol sampel dimasukkan ke dalam *cool box* dan di bawa ke laboratorium[13].

B. Pengambilan Sampel Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

Pengambilan sampel rumput laut dilakukan secara acak (*sampling probability*). Sampel rumput laut diambil sebanyak 3 kg

secara manual di setiap titik lokasi stasiun kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel dan diletakkan dalam *cool box* untuk di analisis di laboratorium[14].

C. Uji Kualitas Air Laut

Pengukuran kualitas air laut dilakukan secara langsung (*in situ*) pada setiap stasiun pengamatan. Parameter yang diukur meliputi suhu (temperatur), pH, dan salinitas. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer digital atau multiparameter water quality meter dengan cara mencelupkan alat ke dalam air laut pada kedalaman ± 30 cm hingga pembacaan stabil, kemudian hasil dicatat dalam satuan $^{\circ}\text{C}$. Pengukuran pH

dilakukan menggunakan pH meter portable yang telah dikalibrasi sebelumnya dengan larutan buffer standar (pH 4, 7, dan 10), kemudian elektroda dicelupkan ke dalam air hingga nilai stabil dan dicatat. Salinitas diukur menggunakan refraktometer atau salinometer dengan cara meneteskan sampel air pada prisma alat atau mencelupkan probe secara langsung, kemudian hasil dibaca dalam satuan ‰. Setiap pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali (triplo) pada masing-masing stasiun untuk meningkatkan ketelitian data, dan hasil yang diperoleh selanjutnya dirata-ratakan[15].

2.3.3. Preparasi Sampel

A. Pengambilan Sampel Air Laut

Sampel dipipet sebanyak 100 mL ke dalam gelas kimia 250 mL. Kemudian ditambahkan 5 mL HNO_3 p.a. untuk memutuskan ikatan logam dan senyawa organik, lalu dipanaskan perlahan hingga volumenya 15-20 mL, kemudian didinginkan. Sampel yang telah dingin, disaring menggunakan kertas saring *Whatman* no.42 ke dalam labu ukur 50 mL dan diatur pH pada rentang 2 hingga 3 dengan menambahkan NaOH/HNO_3 . Setelah itu, ditambahkan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan dan siap dianalisis[13].

B. Pengambilan Sampel Air Laut

Sampel rumput laut *Eucheuma cottonii* dibersihkan dari zat pengotor dengan

menggunakan akuades dan dikeringkan dalam oven hingga kering pada suhu 80°C selama 24 jam. Setelah itu, dihaluskan menggunakan lumpang dan alu hingga halus dan disaring menggunakan ayakan ukuran 150 mesh. Sampel yang telah disaring, ditimbang masing-masing sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam erlemeyer yang sudah dibersihkan dan dikeringkan. Selanjutnya, ditambahkan HNO_3 6 M sebanyak 5 mL dan H_2O_2 30% sebanyak 5 mL ke dalam masing-masing erlenmeyer, lalu dipanaskan di atas *hotplate* pada suhu 110°C hingga larut dan didinginkan pada suhu ruang. Setelah larutan dingin, ditambahkan akuabides sebanyak 10 mL dan dihomogenkan. Kemudian, disaring menggunakan kertas saring *Whatman* no. 42 ke dalam labu ukur 50 mL dan diatur pH pada rentang 2 hingga 3 dengan menggunakan NaOH/HNO_3 . Setelah itu, ditambahkan akuabides hingga tanda batas lalu dihomogenkan dan dianalisis[14].

2.3.4. Analisis Logam Mangan dan Besi dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom

Pengukuran kadar logam mangan dan besi dilakukan dengan menggunakan alat AAS dengan panjang gelombang 279,5 nm untuk logam mangan dan 248,3 nm untuk logam besi. Setelah itu, dibuatkan kurva kalibrasi untuk menentukan kadar logam yang

ada pada sampel. Konsentrasi yang sebenarnya dari logam dalam sampel dapat dipertimbangkan menggunakan rumus 1 [14]:

$$C = \frac{c \times v}{g} \quad (1)$$

Keterangan:

C = konsentrasi sebenarnya (mg/kg)

c = konsentrasi dari hasil analisis

SSA (mg/L)

V = volume sampel (L)

g = massa sampel (kg)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kualitas Perairan Pantai Pokko

Kondisi fisik dan kimia yang diamati di kondisi fisik dan kimia perairan pantai Pokko yang diamati meliputi suhu, pH, dan salinitas menunjukkan variasi antar stasiun yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan aktivitas di sekitarnya yang di tunjukkan pada Tabel 1.

Suhu yang terukur pada seluruh stasiun masih berada dalam ambang batas maksimum sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yaitu $\leq 32^{\circ}\text{C}$ [16]. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi termal perairan masih mendukung metabolisme dan pertumbuhan biota laut, termasuk *Eucheuma cottonii*. Suhu berperan

penting dalam mengatur laju fotosintesis dan respirasi organisme laut [17].

Salinitas yang diperoleh berkisar antara 16–28‰, lebih rendah dari kisaran optimal (33–34‰) menurut PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup [16]. Nilai salinitas yang rendah ini mengindikasikan adanya pengaruh air tawar, baik dari aliran sungai maupun curah hujan tinggi. Selain itu, aktivitas antropogenik di sekitar pesisir juga dapat memengaruhi distribusi salinitas. Variasi ini berpengaruh terhadap tekanan osmotik organisme laut dan dapat memengaruhi kemampuan adaptasi rumput laut [18].

Nilai pH yang diperoleh berkisar antara 6,3–8,5. Meskipun beberapa stasiun berada di bawah standar (pH 7–8), kondisi ini masih dapat ditoleransi oleh *Eucheuma cottonii*. Variasi pH ini erat kaitannya dengan konsentrasi CO_2 terlarut serta aktivitas biologis di perairan. Secara keseluruhan, suhu dan pH di sebagian besar stasiun masih mendukung kehidupan biota laut, meskipun deviasi pada salinitas dan pH menunjukkan adanya tekanan lingkungan yang perlu diperhatikan [19].

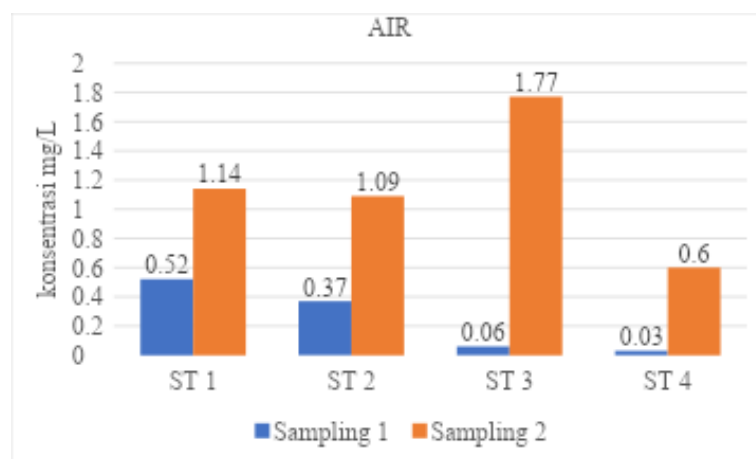
Tabel 1. Parameter kualitas air laut

Stasiun	Suhu (°C)		Derajat keasaman (pH)		Salinitas (%)	
	1	2	1	2	1	2
Stasiun 1	32	30	6,3	6,5	28	16
Stasiun 2	31	30	8,2	7	28	21
Stasiun 3	32	32	8,2	7,6	29	23
Stasiun 4	30,5	31	8,5	8	23	27

3.2. Konsentrasi Logam Berat Mangan dalam Sampel Air dan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

Logam mangan merupakan logam berat esensial atau yang diperlukan oleh tubuh.

Akan tetapi, apabila melebihi nilai ambang batas yang ditentukan akan bersifat racun bagi manusia dan dapat menyebabkan kematian. Logam mangan secara alamiah masuk ke dalam perairan dalam bentuk dekomposisi bahan organik yang memiliki konsentrasi yang cenderung tinggi[20]. Konsentrasi mangan pada perairan alamiah bergantung pada lokasi geografis dan kegiatan masyarakat di daerah sekitarnya. Hasil analisis logam mangan pada air dan rumput laut *Eucheuma cottonii* di perairan pantai Pokko Kabupaten Takalar dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

**Gambar 2.** Grafik konsentrasi logam mangan dalam air laut

Gambar 2 menunjukkan konsentrasi logam mangan dalam air laut menunjukkan peningkatan signifikan antara sampling pertama dan kedua. Pada sampling pertama dan sampling kedua terjadi lonjakan

konsentrasi logam mangan dimana terjadi peningkatan yang signifikan dan melebihi nilai ambang batas enam hingga tujuh belas kali lipat yang berpotensi menimbulkan dampak toksik terhadap organisme laut.

Konsentrasi logam mangan pada sampling 1 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu 0,52; 0,37; 0,06; 0,03 mg/L. Konsentrasi logam mangan pada sampling 2 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu 1,14; 1,09; 1,73; dan 0,60 mg/L. Pada sampling kedua, seluruh stasiun melebihi ambang batas menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu 0,1 mg/L[16]. Peningkatan ini diduga disebabkan oleh masuknya logam dari sumber antropogenik seperti limbah domestik, aktivitas pertanian, serta limpasan permukaan (runoff) yang membawa material kaya logam dari daratan ke perairan [21]. Selain itu, proses alami seperti pelapukan batuan dan dekomposisi bahan organik juga dapat berkontribusi terhadap peningkatan kadar mangan di perairan [22].

Perbedaan konsentrasi antar stasiun menunjukkan adanya pengaruh lokasi sampling. Stasiun yang berdekatan dengan aktivitas manusia seperti permukiman, tambak, dan area pesisir aktif cenderung memiliki konsentrasi mangan yang lebih tinggi dibandingkan stasiun yang lebih jauh. Faktor oseanografi seperti arus laut dan pasang surut juga memengaruhi distribusi logam, di mana perairan dengan sirkulasi

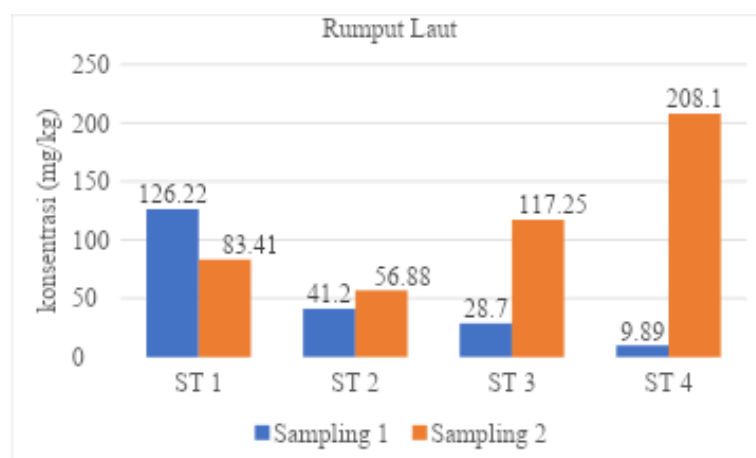
rendah cenderung mengalami akumulasi logam lebih tinggi [23].

Mangan merupakan logam esensial yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah kecil, terutama dalam proses metabolisme enzim dan pembentukan tulang. Namun, dalam konsentrasi tinggi, mangan dapat bersifat toksik dan menimbulkan gangguan kesehatan, seperti gangguan sistem saraf [24]. Oleh karena itu, meskipun keberadaannya alami dan diperlukan, kadar yang melebihi ambang batas tetap berbahaya.

Gambar 3 menunjukkan konsentrasi logam mangan dalam sampel rumput laut *Eucheuma cottonii*. Konsentrasi logam mangan pada sampling 1 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu 126,22; 41,20; 28,70; dan 9,89 mg/kg. Konsentrasi logam mangan pada sampling 2 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu sebesar 83,41; 56,88; 117,25; dan 208,10 mg/kg. Pada rumput laut *Eucheuma cottonii*, konsentrasi mangan yang diperoleh jauh melebihi batas maksimum menurut SNI 7387:2009 tentang Batas Maksimum Cemarkan Logam Berat dalam Pangan yaitu 1 mg/kg[25]. Hal ini menunjukkan kemampuan bioakumulasi rumput laut yang tinggi terhadap logam berat. Rumput laut mampu menyerap logam melalui permukaan talusnya karena memiliki gugus fungsional yang dapat mengikat ion logam [26]. Tingginya

konsentrasi ini juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pH, salinitas, suhu, serta

intensitas aktivitas manusia di sekitar lokasi [27].

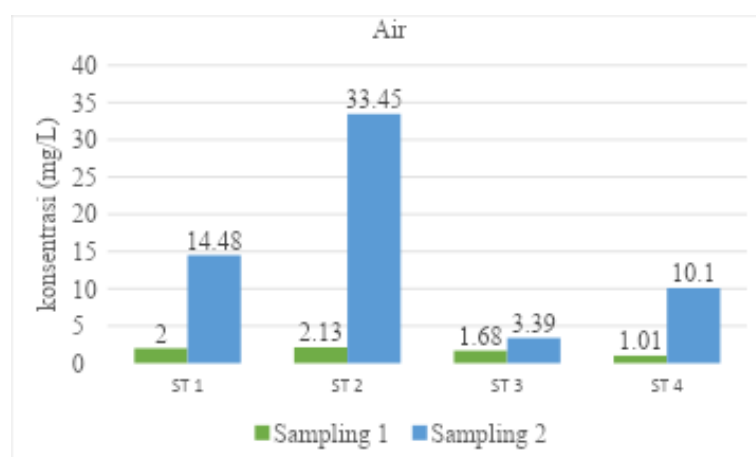


Gambar 3. Grafik konsetrasi logam mangan dalam rumput laut *Eucheuma cottonii*

3.3. Konsentrasi Logam Berat Besi dalam Sampel Air dan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

Logam besi merupakan logam yang termasuk ke dalam mikromineral yang sangat penting untuk metabolisme yang ada di tubuh manusia, terutama dalam pembentukan sel darah merah [28]. Logam besi dalam air

ditemukan dalam bentuk terlarut yaitu sebagai senyawa garam ferri (Fe^{3+}) atau garam ferro (Fe^{2+}) [29], sebagai butir koloid [27], $\text{Fe}(\text{OH})_3$ [30], dan tergabung dalam zat organik atau zat padat anorganik lainnya [31]. Hasil analisis logam besi pada air dan rumput laut di perairan pantai Pokko Kabupaten Takalr dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



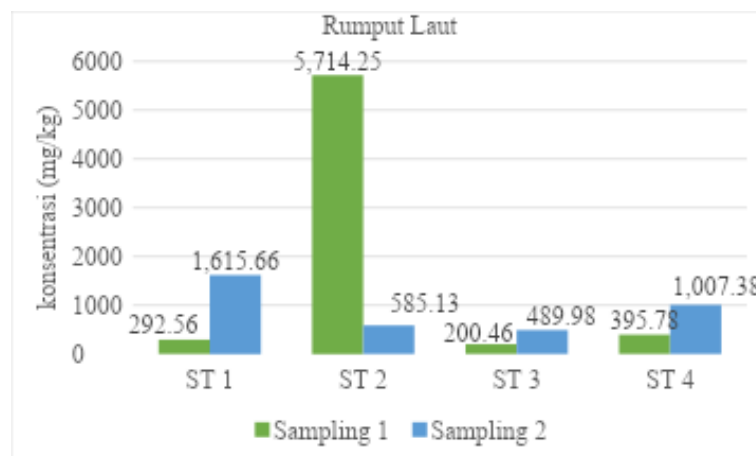
Gambar 4. Grafik Konsentrasi Logam Besi Dalam Air

Gambar 4 menunjukkan konsentrasi logam besi pada sampel air di keempat stasiun. Konsentrasi logam besi pada sampling 1 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu sebesar 2,00; 2,13; 1,68; 1,01 mg/L. Konsentrasi logam besi pada sampling 2 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu 14,48; 33,45; 3,39; 10,10 mg/L. Konsentrasi logam besi dalam air laut pada seluruh stasiun menunjukkan nilai yang melebihi ambang batas menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu 0,3 mg/L [16]. Tingginya konsentrasi besi ini diduga berasal dari aktivitas antropogenik seperti limbah domestik, aktivitas perikanan, tambak, serta kemungkinan adanya sumber alami seperti pelapukan mineral yang mengandung besi di wilayah pesisir [32]. Selain itu, kondisi lingkungan seperti pH rendah dapat meningkatkan kelarutan logam

besi sehingga memperbesar konsentrasi logam dalam air [33].

Perbedaan konsentrasi antar stasiun menunjukkan keterkaitan yang kuat dengan lokasi sampling. Stasiun yang berada dekat dengan aktivitas manusia, seperti dermaga dan pemukiman, menunjukkan konsentrasi besi yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun yang relatif jauh. Hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas antropogenik merupakan faktor utama dalam peningkatan kadar logam besi di perairan [34].

Besi merupakan unsur esensial yang sangat penting bagi tubuh manusia, terutama dalam pembentukan hemoglobin dan proses transport oksigen dalam darah. Namun, dalam jumlah berlebih, besi dapat menyebabkan efek toksik seperti kerusakan jaringan dan gangguan organ akibat akumulasi logam dalam tubuh [35]. Oleh karena itu, meskipun besi diperlukan oleh tubuh, konsentrasi yang tinggi tetap berpotensi menimbulkan risiko kesehatan.



Gambar 5. Grafik Konsentrasi Logam Besi Dalam Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

Gambar 5 menunjukkan konsentrasi logam besi dalam rumput laut *Eucheuma cottonii*. Konsentrasi logam besi pada sampling 1 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu 292,56; 5.714,25; 200,46; 395,78 mg/kg. Konsentrasi logam besi pada sampling 2 di stasiun 1 hingga stasiun 4 yaitu 1.615,66; 585,13; 489,98; dan 1.007,38 mg/kg. Pada rumput laut *Eucheuma cottonii*, konsentrasi besi yang tinggi menunjukkan adanya proses bioakumulasi yang signifikan. Nilai yang diperoleh melebihi batas maksimum menurut SNI 7387:2009 tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan[25]. Tingginya akumulasi ini disebabkan oleh kemampuan rumput laut dalam menyerap logam dari lingkungan melalui proses difusi dan adsorpsi. Selain itu, faktor lingkungan seperti arus laut, pH, serta kedekatan dengan sumber pencemar turut memengaruhi tingkat

akumulasi logam dalam jaringan rumput laut [36].

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa terjadinya variasi konsentrasi logam mangan dan besi pada sampel air dan rumput laut *Eucheuma cottonii* di keempat stasiun pengambilan sampel pada perairan pantai Pokko. Konsentrasi logam mangan dan besi dalam kedua sampel melebihi nilai ambang batas maksimum yang telah ditentukan. Perbedaan konsentrasi logam berat antara stasiun dan antara waktu sampling dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, pH, salinitas, arus laut, serta aktivitas antropogenik disekitar lokasi stasiun pengambilan sampel.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami tunjukan kepada Laboratorium Kimia Analitik, Departemen Kimia, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan fasilitas dan dukungan dalam pelaksanaan selama penelitian berjalan. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah membantuk dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya rekan-rekan tim peneliti atas kerja sama, dedikasi, dan semangat kolaboratif yang telah terjalin selama penelitian berlangsung. Dukungan dan kontribusi yang telah diberikan menjadi bagian penting dalam keberhasilan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Kabupaten Takalar. Data Statistik Sektoral Kabupaten Takalar. Takalar: Badan Pusat Statistik; 2022.
- [2] Mesela A. Keraginan Rumput Laut *Eucheuma cottonii*. Jawa Barat: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia; 2022.
- [3] Wiratmaja IG. Pembuatan etanol generasi kedua dengan memanfaatkan limbah rumput laut *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 2011;5(1):75–84.
- [4] Farghali M, Mohamed IMA, Osman AI, Rooney DW. Seaweed for climate mitigation, wastewater treatment, bioenergy, bioplastic, biochar, food, pharmaceuticals, and cosmetics: A review. *Environmental Chemistry Letters*. 2022;20:1–25. doi:10.1007/s10311-022-01520-y.
- [5] Hyderi Z, Faheem M, Aadil RM, Zeng XA, Din ZU, Mushtaq BS, Ahmed A, Rafiq M, Noreen N, Farooq U, Suleria HAR, Siddiqui SA. The multifaceted applications of seaweed and its derived compounds in biomedicine and nutraceuticals: A promising resource for future. *Phytochemical Analysis*. 2025;36(3):491–505. doi:10.1002/pca.3482.
- [6] Nurani W, Anwar Y, Batubara I, Arung ET, Fatriasari W. *Kappaphycus alvarezii* as a renewable source of kappa carrageenan and other cosmetic ingredients. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024;260:129458. doi:10.1016/j.ijbiomac.2024.129458.
- [7] Teheni MT, Syamsidar HS. Penentuan kadar dan distribusi spasial logam berat kadmium (Cd) pada rumput laut *Eucheuma cottonii* asal perairan Kabupaten Takalar dengan metode spektrofotometer serapan atom (SSA). *Al-Kimia*. 2013;1(1):30–41. doi:10.24252/al-kimia.v1i1.1575.

- [8] Afiah RN, Supartono W, Suwondo E. Potential of heavy metal contamination in cultivated red seaweed (*Gracilaria* sp. and *Eucheuma cottonii*) from coastal area of Java, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019;365(1):012024. doi:10.1088/1755-1315/365/1/012024.
- [9] Jönsson M, Nordberg Karlsson E. Chemical food safety of seaweed: species, spatial and thallus dependent variation of potentially toxic elements (PTEs) and techniques for their removal. Journal of Applied Phycology. 2024;36(2):765–781. doi:10.1007/s10811-023-03131-8.
- [10] Sumarheni S, Sudir Y, Tumaruk Y, Taebe B, Naid T. Analisis kandungan logam berat As, Cd dan Pb pada *Eucheuma cottonii* dari perairan Takalar serta analisis maximum tolerable intake pada manusia. Majalah Farmasi dan Farmakologi. 2017;21(3):63–66. doi:10.20956/mff.v21i3.6856.
- [11] Suleiman SA, Salum SK, Kombo MA, Makoba AA, Khamis FO. Assessment of heavy metal contamination in red seaweeds from the coastal areas of Zanzibar by using EDXRF technique. Chemical Science International Journal. 2021;30(10):1–9. doi:10.9734/CSJI/2021/v30i1030255.
- [12] Teheni MT, Irwan R. Analysis of metal Fe at algae *Eucheuma cottonii* in region of Baubau coastal. Indonesian Chimica Acta. 2020;13(2):65–67. doi:10.20956/ica.v13i2.8279.
- [13] SNI 8995:2021, 2021, Metode Pengambilan Contoh Uji Air untuk Pengujian Fisika dan Kimia, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [14] SNI 8910:2021, 2021, Cara Uji Kadar Logam Menggunakan Metode Destruksi Asam Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-Nyala, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- [15] Safitri E, Rachmadiarti F. Analysis of water quality parameters for the habitats of *Caulerpa racemosa* seaweed at Joko Mursodo Beach, Lohgung, Lamongan. LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi. 2023;12(3):299–306. doi:10.26740/lenterabio.v12n3.p299-306.
- [16] Pemerintah Republik Indonesia. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara; 2021.
- [17] Eggert A. Seaweed responses to temperature stress: physiological mechanisms and ecological

- implications. *Marine Environmental Research*. 2020;162:105137. doi:10.1016/j.marenvres.2020.105137.
- [18] Henriques B, Lopes CB, Figueira P, Rocha LS, Duarte AC, Pereira E. Influence of salinity on removal of potentially toxic elements by living macroalgae. *Environmental Pollution*. 2020;266:115374. doi:10.1016/j.envpol.2020.115374.
- [19] Liu F. Unravelling metal speciation in the microenvironment surrounding phytoplankton cells. *Environmental Science & Technology*. 2020;54(13):8177–8185. doi:10.1021/acs.est.9b07773.
- [20] Hasanuddin, Leonard F. Konsentrasi logam berat besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu) pada perairan Sungai Radda. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Ilmu*. 2023;2(4):2167–2172. doi:<https://melatijournal.com/index.php/Metta/article/view/501>
- [21] Ali H, Khan E, Ilahi I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*. 2019;2019:6730305. doi:10.1155/2019/6730305.
- [22] Zhang C, Yu ZG, Zeng GM, Jiang M, Yang ZZ, Cui F, Zhu MY, Shen LQ, Hu L. Effects of sediment geochemical properties on heavy metal bioavailability. *Environment International*. 2020;134:105305. doi:10.1016/j.envint.2019.105305.
- [23] Liu J, Wu Y, Wang F, Li X, Zhang G, Wang S. Distribution, sources, and ecological risk of heavy metals in coastal waters influenced by human activities. *Science of the Total Environment*. 2021;759:143500. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143500.
- [24] O’Neal SL, Zheng W. Manganese toxicity upon overexposure: a decade in review. *Current Environmental Health Reports*. 2015;2(3):315–328. doi:10.1007/s40572-015-0056-x.
- [25] Badan Standardisasi Nasional. SNI 7387:2009 Batas Maksimum Cemarkan Logam Berat dalam Pangan. Jakarta: BSN; 2009.
- [26] Heidari F, Dobaradaran S, Nabipour I, Ostovar A, Raeisi A, Khorsand M. Bioaccumulation of heavy metals in marine algae: mechanisms and applications. *Chemosphere*. 2021;273:129682. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.129682.
- [27] Bonanno G, Orlando-Bonaca M. Trace elements in Mediterranean seagrasses and macroalgae: accumulation and

- environmental influence. *Science of the Total Environment*. 2020; 718:137249. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137249.
- [28] Febrina L, Ayuna A. Studi penurunan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) dalam air tanah menggunakan saringan keramik. *Jurnal Teknologi*. 2015;7(1):35–44. doi:10.24853/jurtek.7.1.35-44.
- [29] Nag R, Savian M, Bhattacharjee M. Measurement of iron (Fe) in water. University College Dublin; 2016. doi:10.6084/m9.figshare.3206506.v1.
- [30] Aleshina A, Rusakova MA, Drozdova OY, Pokrovsky OS, Lapitskiy SA. Dissolved iron and organic matter in boreal rivers across a south–north transect. *Environments*. 2024;11(4):65. doi:10.3390/environments11040065.
- [31] Delyukina OV, Savko SA, Rylyna EV, Bilous EA, Korobeynikova TV, Skalny AV. The role of heavy metal exposure on the microbiome in the etiology of gastrointestinal disorders: A scoping review. *Human Ecology*. 2023;30(10):735–748. doi:10.17816/humeco430324.
- [32] Zhou Q, Yang N, Li Y, Ren B, Ding X, Bian H, Duan Y. Total concentrations and sources of heavy metals in global river and coastal waters: A review. *Science of the Total Environment*. 2020;707:135518. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135518.
- [33] Wang J, Chen C. Biosorption of heavy metals by algae: mechanisms and influencing factors. *Biotechnology Advances*. 2020;40:107517. doi:10.1016/j.biotechadv.2020.107517.
- [34] Liu J, Wu Y, Wang F, Li X, Zhang G, Wang S. Distribution, sources, and ecological risk of heavy metals in coastal waters influenced by human activities. *Science of the Total Environment*. 2021;759:143500. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143500.
- [35] Abbaspour N, Hurrell R, Kelishadi R. Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Sciences*. 2014;19(2):164–174. doi:10.4103/1735-1995.128508.
- [36] Bonanno G, Orlando-Bonaca M. Trace elements in Mediterranean seagrasses and macroalgae: accumulation and environmental influence. *Science of the Total Environment*. 2020;718:137249. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137249.