DISTRIBUSI LOGAM BERAT MANGAN (Mn) PADA AIR LAUT PERMUKAAN DI PERAIRAN TELUK STARING SULAWESI TENGGARA

Distribution of Heavy Metal Mn in Seawater Surface of Staring Bay South East Sulawesi

Indra¹, Alrum Armid², Amadhan Takwir³

¹Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan,

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo.

Jl. H.E.A Mokodompit Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu Kendari 93232, Telp/Fax: (0401) 3193782

²Surel: armid@uho.ac.id

³Surel: awhier@gmail.com

Abstrak

Logam berat Mangan (Mn) termasuk logam esensial yang bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) Mn masuk kedalam lingkungan perairan akibat dari aktivitas manusia seperti buang limbah industri, pelayaran, pertanian dan buangan limbah rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran spasial logam berat Mn di Perairan Teluk Staring. Jenis penelitian yang dilakukan adalah pengambilan sampel air laut di permukaan Teluk Staring sebanyak 12 Stasiun dengan metode *Purposive Random Sampling*. Larutan sampel dianalisis dengan *Spektrofometri Serapan Atom* (SSA). Analisis sebaran spasial menggunakan metode interpolasi IDW pada ArcGIS. Dari hasil pengukuran menunjukkan kisaran konsentrasi kadar logam Mn di 12 Stasiun sebesar 0,1153 dan 0,4077 ppm. Nilai rata-rata logam Mn adalah antara 0, 2463 ppm. Kadar logam Mn yang tertinggi terdapat pada Stasiun 3 dan 4. Hasil analisis spasial dari 12 Stasiun menunjukkan bahwa pada semua stasiun pengamatan telah terkontaminasi oleh logam berat Mn, dengan konsentrasi melewati standar baku mutu yang telah ditentukan oleh ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Water Quality Standard* 1972. Dalam hal ini Teluk Staring telah tercemar oleh logam berat Mn. Sedangkan variabel lingkungan (Suhu, Salinitas dan pH) terhadap konsentrasi Logam Berat Mn tidak memiliki pengaruh yang signifikan.

Kata kunci: Logam Berat Mangan (Mn), Distribusi Spasial, Teluk Staring

Abstract

Manganese heavy metal (Mn) is an essential metal that originates from Mn erosion into the aquatic environment due to human activities such as industrial waste disposal, shipping, agriculture and household waste disposal. This study aims to identify the spatial distribution of Mn heavy metals in Staring Bay aquatic system. The type of research conducted was sampling seawater on the surface of the Staring Bay for 12 stations using the *Purposive Random Sampling* method. The sample solution was analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Spatial distribution analysis using IDW interpolation method in ArcGIS was performed. Results show that the value of Mn metal content in 12 stations was 0.1153-0.4077 ppm with average value of 0.2463 ppm. The highest Mn metal content was found at Stations 3 and 4. The results of spatial analysis of 12 stations show that all stations have been none contaminated by heavy metal Mn, since their levels have not passed the quality standards set by the Minister of ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Water Quality Standard* 1972. In this case the Staring Bay has not been polluted by heavy metals Mn. Environmental variables (Temperature, Salinity and pH) on the concentration of Heavy Metal Mn have no significant effect.

Keywords: Heavy Heavy Metal (Mn), Spatial Distribution, Staring Bay

Pendahuluan

Pemanfaatan laut sebagai tempat pembuangan limbah merupakan suatu fenomena yang terjadi hingga ahir ahir ini. Pada awalnya limbah yang dihasilkan dari hasil aktivitas manusia yang di buang ke perairan, belum menjadi suatu permasalahan karena perairan mempunyai kapasitas asimilasi untuk menampung jumlah limbah tertentu. Namun dengan adanya pertambahan penduduk dan peningkatan pembangunan maka akan menjadi suatu permasalahan yang perlu di pecahkan. Sungai sangat penting dalam

pengelolaan dalam wilayah psisir, karena fungsinya sebagai wadah transportasi, sumber air bagi masyarakat, tempat perikanan dan sebagai pemeliharaan dalam hidrologi. Selain itu, sungai dapat membawa sedimen (lumpur, pasir), sampah, bahan-bahan pencemar serta zat hara yang berasal dari wilayah pemukiman maupun industri.

Secara alamiah logam berat dapat masuk ke perairan melalui berbagai cara. Mn dapat masuk ke badan perairan umumnya berasal dari berbagai aktivitas

kegiatan-kegiatan Manusia, rembesan-rembesan air tanah yang jatuh ke sungai sehingga melalui aliran sungai sampai kepermukaan air laut.

Teluk Staring merupakan salah satu teluk yang berada di Kecamatan Moramo. Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. Ditinjau dari aspek potensi sumberdaya, Teluk Staring memiliki potensi sumber daya laut yang melimpah, salah satu yang dapat dilihat secara nyata adalah hasil laut yang berupa ikan, yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat setempat. Pada umumnya wilayah pesisir merupakan wilayah yang rentan terhadap pencemaran akibat kesalahan dalam pengelolaannya karena menjadikan kawasan ini sebagai tempat pembuangan segala macam limbah yang berasal dari daratan (Dahuri et al.1996).

Dengan adanya pembangunan pabrik di wilayah pesisir dapat menyebabkan banyaknya limbah yang bermuara ke laut, berbagai aktivitas manusia penyumbang limbah yang terdapat di kawasan ini diantaranya kegiatan industri, pertanian, pemukiman dan pertambangan.

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 4 sampai 7 (Buffle and Vitre 1994). Sebagian logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) merupakan zat pencemar yang berbahaya. Mangan merupakan salah satu dari tiga elemen penting beracun apabila memiliki konsentrasi yang terlalu tinggi di dalam tubuh, tetapi juga diperlukan oleh manusia untuk bertahan hidup.

Pencemaran logam mangan (Mn) berasal dari bahan zat aktif di dalam batu baterai yang telah habis digunakan dan dibuang ke sungai maupun pesisir (Palar, 1994). Selain itu sumber pencemaran logam mangan juga berasal dari pertambangan, saluran tambang atom, kerja mikroba terhadap mineral mangan pada pH rendah (Manahan, 1994). Dengan tingginya aktivitas antropogenik di pesisir Teluk Staring maka perlu dilakukan penelitian tentang distribusi logam berat Mn pada air laut di permukaan Teluk Staring Sulawesi Tenggara.

Teluk Staring merupakan kawasan padat dengan berbagai aktivitas sehingga menjadi tempat berkumpulnya bahan pencemaran dari

daratan yang dialirkan secara langsung maupun tidak langsung melalui muara sungai laonti dan sungai moramo yang mengalir di wilayah Teluk Staring. Sumber bahan pencemar tersebut berasal dari aktivitas antropogenik yang tinggi seperti limbah kegiatan industri, pelabuhan, perikanan dan sampah. Limbah tersebut mengandung materi yang bersifat racun dan berbahaya. Salah satu materi tersebut adalah logam berat. Logam berat merupakan elemen kimia dengan berat massa atom sebesar 5 gr/cm^3 (Buffle and Vitre 1994). Pada dasarnya logam berat termasuk ke dalam golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan, logam berat mampu membentuk ikatan kompleks saat masuk ke dalam tubuh organisme (Palar 1994).

Banyak persoalan yang terjadi akibat yang ditimbulkan oleh polutan logam berat, mulai dari matinya ikan, udang dan rajungan sampai dengan beberapa nelayan yang semakin miskin hidupnya karena hilangnya mata pencaharian mereka oleh masyarakat di sekitar Teluk Staring. Berbagai penelitian mengenai logam telah banyak dilakukan, mulai dari logam berat dalam bentuk terlarut (Lestari dan Edward 2004), dalam organisme (Riani 2010) dan dalam sedimen (Rochyatun dan Razak 2007) yang menggambarkan konsentrasi logam berat masih sangat bervariasi dari waktu ke waktu dimana penelitian sebelumnya masih berkisar tentang pencemaran dan konsentrasi namun masih bersifat hanyamenduga mengenai sumber dari logam berat tetapi hingga sampai pada hari ini belum banyak yang melakukan penelitian tentang kandungan logam berat Mn khususnya di Teluk Staring. Penelitian ini memberikan penjelasan lebih lanjut terhadap pola sebaran logam berat Mn dalam air dan sedimen yang berkaitan dengan pasokan input materi dan pengaruhnya terhadap kondisi perairan di Teluk Staring.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 4 Januari - 15 Maret 2019 di Teluk Staring, Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. Pengambilan sampel air dilakukan di Perairan Teluk Staring. Lokasi penelitian berada pada koordinat $4^{\circ}02'40''$ — $4^{\circ}08'53''$ LS dan $122^{\circ}40'03''$ — $122^{\circ}48'02''$ BT seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Analisis kadar logam berat dilakukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 1. Titik koordinat 12 stasiun sampel

Stasiun	Koordinat		Lokasi
	BT	LS	
1	122°41'6.44"	4°2'7.79"	Dermaga Tanjung Tiram
2	122°40'17.68"	4°5'24.39"	Pulau Lara
3	122°40'29.26"	4°8'0.95"	Teluk Moramo
4	122°42'2.19"	4°9'2.77"	Teluk Moramo
5	122°43'23.20"	4°7'10.34"	Pulau Wawosunggu
6	122°46'57.83"	4°8'27.56"	Pesisir Rumbi-Rumbia
7	122°49'18.90"	4°8'13.66"	Muara Sungai Laonti
8	122°47'39.56"	4°7'7.75"	Pulau Labotaone
9	122°44'26.20"	4°6'17.44"	Pulau Wawosunggu
10	122°41'45.48"	4°5'0.16"	Laut Dalam
11	122°44'35.97"	4°4'14.46"	Laut Dalam
12	122°41'45.70"	4°3'58.80"	Laut Dalam

Sampel air laut diambil langsung pada setiap titik koordinat yang telah ditentukan dengan GPS. Pengambilan sampel air laut dilakukan pertama-tama dengan mencuci kembali botol polietilen yang akan digunakan dengan air laut sebelum pengambilan sampel. Setelah itu botol polietilen diturunkan ke dalam permukaan air laut pada kedalaman ± 1 m dalam keadaan terbalik (mulut botol berada dibawah). Kemudian mulut botol dibalik dan tunggu sampai terisi penuh (± 250 mL) dan segera ditutup saat masih berada di dalam air laut.

Setelah itu dilakukan penambahan HCl pekat (p.a) sebanyak 1 tetes untuk mencegah logam agar tidak menempel pada dinding

wadah. Kemudian sampel disimpan dalam *cooler box*. Sampel air laut yang telah diambil selanjutnya dibawa ke Laboratorium Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari untuk dipreparasi dan dianalisis lebih lanjut.

Sampel air laut 12 stasiun dikocok sampai homogen. Kemudian difilter dengan filter Millipore HA (ukuran pori 0,45 μm) ke dalam botol polietilen yang telah dibersihkan untuk menghilangkan materi organik dalam sampel. Sampel air laut hasil filter dengan filter Millipore HA (ukuran pori 0,45 μm) ditambahkan asam nitrat (HNO_3) sampai pH 2 dan sampel siap dianalisis dengan instrumen SSA.

Gambar 2. Bagan Analisis Data

Pembuatan Deret Larutan Standar Mn (SNI 06-6989.8-2009)

- Pembuatan Larutan Induk Mn1000 ppm
Serbuk Mn (NO_3)₂ sebanyak 0,159 g ditimbang dengan teliti, kemudian dimasukkan kedalam labu takar 100 mL. Larutan ditepatkan dengan larutan pengencer sampai garis batas labu takar. Kemudian dihomogenkan dengan cara dikocok.

- Pembuatan Larutan *Intermediate* Mn 10 ppm
Larutan induk Mn1000 ppm dipipet sebanyak 1 mL kedalam labu takar 100 mL. Larutan ditepatkan dengan larutan pengencer sampai garis batas labu takar. Kemudian dihomogenkan dengan cara dikocok.

- Pembuatan Deret Larutan Standar Mn
Larutan *intermediate* Mn10 ppm dipipet sebanyak 0 mL, 5mL, 10mL, 15mL, 20mL dan 25mL masing-masing ke dalam labu takar 100 mL. Kemudian ditepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda batas labu takar sehingga diperoleh konsentrasi logam Mn 0 ppm, 0,5 ppm, 1ppm, 1,5 ppm, 2ppm dan 2,5 ppm.

- Optimasi Alat

Kandungan logam Mn dalam sampel air laut dapat ditentukan dengan menggunakan metode SSA-nyala dengan menggunakan campuran bahan bakar udara asetilen. Alat SSA terlebih dahulu harus dioptimasi untuk memperoleh hasil analisis yang baik dan sempurna. Kondisi optimasi analisis logam Mn

dengan metode SSA-nyala dilakukan agar diperoleh populasi atom pada tingkat dasar yang paling banyak dalam nyala api yang dilewati oleh radiasi. Atom-atom akan menyerap energi radiasi yang khas untuk atom-atom tersebut dan kemudian berubah ke keadaan eksitasi. Semakin banyak atom pada keadaan dasar, maka radiasi-radiasi yang diserap akan makin banyak, pada kondisi optimum akan diperoleh serapan maksimal.

Pada penentuan kandungan logam Mn dalam sampel air laut sebelumnya dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimal dari setiap logam (logam Mn: 282,50—284,00 nm). Hal ini dilakukan agar atom-atom dalam sampel air laut nantinya akan menyerap energi untuk transisi elektronik dari tingkat dasar ke tingkat eksitasi yang maksimal. Bila atom pada tingkat energi dasar (*ground state*) diberi energi yang sesuai, maka energi tersebut akan diserap dan atom-atom tersebut akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited state*), atom tidak stabil sehingga akan kembali ke tingkat energi dasar dengan melepas sejumlah energi dalam bentuk sinar panjang gelombang optimum.

- Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Mn

Nilai absorbansi masing-masing deret larutan Mn yang telah diukur pada panjang gelombang 283,3 nm (logam Mn). Kemudian dibuat kurva kalibrasi dengan cara memplot hasil pengukuran absorbansi larutan standar

yang diperoleh dengan konsentrasi masing-masing deret larutan standar dan dikonversi kedalam bentuk kurva sehingga diperoleh persamaan regresi linear dari tiap-tiap logam berat.

- **Penentuan Kadar Logam Mn**

Nilai absorbans sampel air laut dari setiap stasiun yang telah dipreparasi kemudian diukur pada panjang gelombang 283,3 nm (logam Mn). Kemudian substitusi nilai absorbans yang diperoleh ke dalam persamaan regresi linear yang telah diperoleh sehingga diperoleh konsentrasi dari masing-masing logam berat.

Analisis Distribusi Spasial

Data kadar logam Mn yang diperoleh dari masing-masing stasiun beserta koordinatnya diinput ke dalam program Ms. Excel-Office lalu dikonversi ke bentuk *database* dan *delimited text* sebelum di-digitasi. Peta lokasi di-digitasi dengan program *ArcGIS* 10.3 sehingga diperoleh peta digital yang memiliki koordinat. Peta tersebut dikombinasikan dengan peta hasil pencitraan dari *Google Earth*. Proses registrasi mencakup proses digitasi jarak antar stasiun sampling. Selanjutnya peta digital di *clip* dengan *polyline* (batasan daerah penyebaran spasial parameter) agar diperoleh kisaran daratan yang sesuai dengan jangkauan penyebaran logam Mn.

Proses *add table* dilakukan berdasarkan data yang telah diolah dengan Ms. Excel data*.txt pada program *ArcGIS* 10.3. Selanjutnya dilakukan interpolasi data dengan metode *Inverse Distance Weight* (IDW). Persamaan metode IDW telah terintegrasi pada *software* pemetaan yang digunakan sehingga memudahkan proses interpolasi.

Analisis Status Pencemaran

Sesuai dengan EPA, Water Quality Standard 1972, tentang Standar Kualitas Air disebutkan bahwa kandungan logam Mn yang masuk ke lingkungan laut maksimum 0,1 ppm. Analisis status pencemaran adalah membandingkan antara kandungan logam Mn di setiap stasiun dengan standar nilai 0,1 ppm yang dianggap sebagai nilai ambang batas.

Berdasarkan perbandingan dengan baku mutu air laut terkait dengan pencemaran logam berat Mangan (Mn) pada perairan Teluk Staring bahwa batas normal tingkat pencemaran di bawah 0,1 ppm belum dikatakan tercemar dan masih ditolerir oleh air

laut maupun biota-biota yang ada di perairan, dan apabila melebihi dari nilai ambang batas yang telah ditentukan maka dinyatakan tercemar dan kemungkinan akan memberikan dampak terhadap biota laut yang

Hasil dan Pembahasan

Peningkatan kadar logam berat dalam air laut yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh masuknya limbah industri, pertambangan, pertanian dan aktivitas pelabuhan yang banyak mengandung logam berat. Dari hasil pengamatan analisis sampel air laut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai konsentrasi pada beberapa stasiun, dengan didapatkan nilai kandungan logam berat Mangan (Mn) yang terlarut di Perairan Teluk Staring sebanyak 12 stasiun yaitu berkisar antara 0,1153-0,4077 ppm.

Terdapat beberapa stasiun yang memiliki nilai konsentrasi yang sangat tinggi, yakni pada stasiun 1, 2, 3, 4, 5 dan 6, dimana kandungan logam Mn berkisar 0,3529 - 0,4077 mg/L. Sedangkan pada stasiun 7, 8, 9, 10, 11 dan 12 memiliki konsentrasi yang relatif rendah.

Analisis regresi adalah salah satu metode untuk menentukan hubungan sebab-akibat antara satu variabel dengan variabel yang lain. Dengan menggunakan metode ini maka nilai konsentrasi logam dalam sampel pada tiap-tiap stasiun dapat diketahui. Hasil pengukuran nilai absorbans dihubungkan dengan nilai larutan standar pada logam Mangan (Mn).

Berdasarkan data analisis distribusi spasial Logam Mangan (Mn) di Perairan Teluk Staring menunjukkan bahwa wilayah Teluk Staring secara keseluruhan sudah berada pada nilai standar baku mutu. Akan tetapi sebagian dari lokasi stasiun pengambilan sampel seperti halnya pada stasiun 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 telah memiliki nilai konsentrasi yang sangat tinggi bahkan melebihi standar baku mutu dengan nilai Logam Berat Mangan (Mn) yaitu 0,3529 - 0,4077 ppm. Hal ini disebabkan oleh Logam Berat Mangan (Mn) yang masuk kedalam lingkungan perairan berasal dari aktivitas manusia seperti tambak, perkebunan, persawahan dan pabrik semen yang menjadi sumber adanya Logam Berat Mangan (Mn) masuk ke Perairan Teluk Staring.

Adapun beberapa lokasi yang mempunyai nilai tingkat pencemaran yang relatif normal berada pada ambang batas baku mutu yang ditentukan yaitu terdapat pada stasiun 7, 8, 9, 10, 11 dan 12 dengan

konsentrasi berkisar antara 0,1153-0,1336 ppm, hal ini disebabkan bahwa daerah ini berada ditengah teluk yang dekat dengan laut lepas, sehingga pengaruh langsung yang berasal dari darat sangat kecil. Berdasarkan indeks interpolasi kadar Logam Berat Mangan (Mn) yang berada pada stasiun 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 dengan kisaran 0,3529-0,4077 ppm yang ditandai pada kadar Mn (mg/L) dengan warna ungu tua. Sedangkan indeks interpolasi terendah berada pada stasiun 7, 8, 9, 10, 11 dan 12 dengan konsentrasi berkisar antara 0,1153-0,1336 (mg/L) ditandai dengan degradasi warna putih dan ungu muda.

Stasiun 1,2,3,4,5 dan 6 berada pada sebelah barat pesisir Teluk Staring. Tingginya kandungan logam Mn di stasiun-stasiun tersebut dikarenakan pada area tersebut terdapat beberapa industri seperti PLTU, Tambak, Pabrik Semen, Perkebunan, dan Tambang Batu,

dan kawasan pemukiman yang padat jika dibandingkan dengan kawasan pesisir timur. Dapat diambil kesimpulan bahwa tingginya kadar logam Mn di pesisir barat Teluk Staring diakibatkan oleh aktifitas antropogenik seperti terbawa ke laut melalui aliran sungai yang ada pada daerah tersebut. Selain itu, pengaruh limbah rumah tangga dan lintasan kapal nelayan maupun kapal pabrik yang mengakibatkan tumpahan minyak juga menjadi penyebab dari tingginya kadar Logam Mangan (Mn) di Teluk Staring (Darmono, 2001).

Sedangkan pada stasiun 7, 8, 9, 10, 11 dan 12 memiliki kadar logam yang rendah dibandingkan dengan stasiun sebelumnya yaitu dengan nilai konsentrasi berkisar antara 0,1153-0,1336 ppm. Hal ini disebabkan karena pada titik-titik ini berada di tengah teluk yang dekat dengan laut lepas sehingga pengaruh dari aktivitas masyarakat pesisir timur juga sedikit.

Gambar 3. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Mn

Gambar 4. Konsentrasi Mn di 12 Stasiun Perairan Teluk Staring

Daratan Konawe Selatan memiliki pengaruh lingkungan yang sangat besar terhadap pesisir Teluk Staring yang disebabkan oleh buangan limbah pabrik dan aktivitas masyarakat yang ada di sekitar pesisir. Sehubungan dengan daerah/stasiun yang tercemar kandungan logam berat Mn diduga berasal dari buangan limbah industri, buangan limbah rumah tangga dan bahan-bahan kimia yang berasal dari pertanian serta aktifitas pertambangan yang ada di sekitaran Teluk Staring. Hal tersebut merupakan sumber penyebab dari adanya kandungan logam berat Mn. Selain itu, pengaruh variabel lingkungan dapat menyebabkan toksisitas logam berat, penurunan salinitas dan pH perairan menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar sedangkan dengan meningkatnya suhu perairan maka toksisitas logam berat semakin tinggi, begitupun juga dengan pergerakan arus dapat mempengaruhi tingkat penyebaran kandungan logam berat yang terlarut di suatu perairan.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh ada beberapa parameter lingkungan yang diukur pada perairan Teluk Staring yang dibandingkan dengan data standar baku mutu air laut yang ditetapkan oleh KepMen LH No. 51 Tahun 2004. Hal ini untuk menentukan status kualitas air laut dan pengaruh parameter lingkungan pada logam berat Mn.

Hubungan parameter lingkungan air laut di Teluk Staring pada saat pengambilan

sampel (suhu, salinitas dan pH) terhadap kadar logam berat Mn ditabulasi pada Tabel 2 dan dianalisis menggunakan metode regresi linear pada. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara parameter salinitas dan pH terhadap sebaran kadar logam berat Mn di Teluk Staring. Penting untuk dicatat bahwa suhu di perairan Teluk Staring memberikan pengaruh yang relatif signifikan terhadap distribusi kadar logam berat Mn pada 12 stasiun pengamatan dengan hubungan korelasi linear positif dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,6.

Mangan ditemukan sebagai unsur bebas dalam sifat dasarnya dan sering dicampur dengan besi, seperti mineral-mineral lainnya. Sebagai unsur bebas, mangan adalah logam yang penting dalam penggunaan campuran logam-logam di industri baja. Mangan tersebar secara luas dalam banyak bentuk: oksida, silikat, karbonat adalah senyawa yang paling umum. Penemuan sejumlah besar senyawa mangan di dasar lautan merupakan sumber mangan dengan kandungan 24%, bersamaan dengan unsur lainnya dengan kandungan yang lebih sedikit (Zhang, 2013; Kumar, 2010). Studi terdahulu menunjukkan bahwa mangan yang berada dalam bentuk mineral dapat mengalami reduksi menjadi mangan pada suhu di atas 500°C (Wibawa dan Solihin, 2014).

Gambar 5. Sebaran Logam Mangan (Mn) pada 12 Stasiun.

Tabel 2. Hubungan parameter lingkungan

Stasiun	Suhu (°C)	Salinitas	pH	Kadar logam Mn
1	28,5	34,9	7,95	0,3529
2	28,9	34,63	7,91	0,3529
3	30	34,32	7,92	0,4077
4	29,9	30,43	8,07	0,3894
5	28,6	33,7	7,9	0,3529
6	28,6	34,9	7,51	0,3711
7	27,9	24,83	7,71	0,1336
8	28,2	34,12	7,94	0,1336
9	28,6	36,11	7,52	0,1153
10	28	36,32	7,92	0,1153
11	28,4	35,87	7,7	0,1153
12	28	36,24	8,2	0,1153

Tabel 3. Analisis Status Pencemaran

Stasiun	Kadar Logam Mn (mg/L)	Standar Kadar Mn di Laut (EPA, Water Quality Criteria, 1972)	Status Pencemaran
1	0,3529	0,1	>NAB
2	0,3529	0,1	>NAB
3	0,4077	0,1	>NAB
4	0,3894	0,1	>NAB
5	0,3529	0,1	>NAB
6	0,3711	0,1	>NAB
7	0,1336	0,1	>NAB
8	0,1336	0,1	>NAB
9	0,1153	0,1	>NAB
10	0,1153	0,1	>NAB
11	0,1153	0,1	>NAB
12	0,1153	0,1	>NAB

Ket: NAB: Nilai Ambang Batas

Pada 12 stasiun pengambilan sampel semua telah tercemar oleh logam berat jenis Mangan (Mn) berdasarkan EPA, Water Quality Criteria, 1972. Namun dari 12 stasiun tersebut terdapat 6 stasiun yang memiliki tingkat pencemaran yang sangat tinggi yang berkisar antara 0,3529-0,4077 ppm yaitu terletak di sebelah barat Teluk Staring yang di tunjukan pada stasiun 1, 2, 3, 4, 5 dan 6. Hal ini disebabkan banyaknya aktivitas manusia seperti adanya penambangan batu, pabrik semen, pertanian dan perkebunan, pertambakan dan pemukiman sehingga diduga adanya zat-zat kimia yang mengandung logam Mn masuk ke lingkungan laut melalui aliran sungai. Stasiun 3 yang memiliki kadar logam tertinggi yaitu

0,4077 ppm di mana pada daerah ini terdapat pemukiman penduduk yang padat, lokasi tambak dan kegiatan persawahan yang luas sehingga dapat mengakibatkan adanya zat kimia yang berasal dari aktifitas di darat di bawah oleh aliran sungai yang bermuara ke laut.

Pada bagian timur Teluk Staring yakni pada stasiun 7, 8, 9, 10, 11 dan 12 juga sudah tercemar namun dalam kadar yang relatif belum jauh melebihi nilai ambang batas yakni 0,1153-0,1336 ppm. Hal ini dikarenakan kurangnya aktivitas manusia di darat dan jumlah aliran sungai yang bermuara ke laut pun sedikit. Sedangkan pada stasiun 9, 10, 11 dan 12 mewakili perairan tengah teluk sehingga jauh dari dampak pengaruh aktivitas antropogenik.

Pencemaran logam berat di perairan merupakan salah satu penyebab rusaknya suatu ekosistem perairan baik dari tumbuhan maupun pada biota, tingkat pencemaran tersebut diakibatkan oleh aktivitas manusia yaitu pembuangan limbah industri, aktivitas pelayaran, dan pembuangan limbah serta aktifitas pertambangan lainnya kelingkungan perairan yang mengandung bahan-bahan kimia. Hal ini mulai terjadi di PerairanTeluk Staring yang memiliki nilai tingkat pencemaran yang sangat tinggi pada standar bakumutu perairan untuk jenis logam berat Mangan (Mn). Sesuai dengan standar bakumutu yang ditetapkan oleh standar internasional, (EPA, *Water Quality Criteria*, 1972).

Adapun status pencemaran Logam Berat Mangan (Mn) untuk semua stasiun pengambilan sampel air laut yang ada di Perairan Teluk Staring secara keseluruhan telah tercemar kadar Logam Mn. Hal ini dikarenakan nilai konsentrasi yang didapatkan pada hasil analisis telah melewati nilai standar bakumutu (EPA, *Water Quality Criteria*, 1972) yaitu sebesar 0,1 mg/L

Studi mengenai karakterisasi mangan pada suhu rendah di lingkungan perairan laut masih jarang dilakukan. Temuan dalam penelitian ini tentang sejauh mana suhu air laut mempengaruhi distribusi logam berat Mn perlu dipertegas dengan menambah stasiun-stasiun pengamatan yang mewakili seluruh area di Teluk Staring. Armid (2015), menyatakan bahwa untuk sampai pada kesimpulan yang valid dengan tingkat presisi yang baik mengenai pengaruh suatu parameter lingkungan air terhadap kandungan logam tertentu, diperlukan lokasi pengambilan sampel yang lebih banyak dengan frekuensi ulangan sampling yang cukup ($n \geq 3$).

Kesimpulan

1. Logam Berat Mangan (Mn) yang dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) memiliki nilai rata-rata 0,055 ppm, dengan nilai kadar logam tertinggi 0,4077 ppm dan nilai terendah 0,1153 ppm
2. Berdasarkan analisis distribusi spasial ditemukan bahwa kandungan logam Mn di pesisir barat Teluk Staring relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan logam berat Mn di pesisir sebelah timur. Hal ini disebabkan aktivitas pembangunan di pesisir barat lebih bervariasi yakni adanya kawasan

permukiman, lahan pertanian, persawahan, tambak, pelabuhan dan industri.

3. Dari hasil analisis regresi antara variabel lingkungan dan kandungan logam berat Mn, suhu memiliki nilai koefisien korelasi tertinggi ($R^2=0,560$) dibandingkan dengan parameter pH dan salinitas. Secara keseluruhan, dari ketiga parameter tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelarutan logam berat Mn di lokasi studi.
4. Status pencemaran logam berat Mn sudah melewati nilai ambang batas pada semua stasiun berdasarkan ketentuan yang dikembangkan oleh EPA, *Water Quality Criteria*, 1972.

Daftar Pustaka

- Armid. 2015. Distribusi Spasial Logam Berat Pb pada Perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Biowallacea*. 2(2): 220—228.
- Bewers, J.M., R.A., Duce, T.D., Jicklelis, P.S., Lies, J.M., Miller, A.L., Windom, dan Wollast, R., 1990. Land to Ocean Transport of Contamination Comparisson of River and Atmospheric Fluxes, UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 114,2: 417-446.
- Buffle J, Vitre RR. 1994. Chemical and Biological Regulation of Aquatic System. New York : CRC Press.
- Child, C., 2004. Interpolating Surface in ArcGIS Spatial Analyst: New York, ESRI Education Service.
- Dahuri, R., R Jacub, Ginting,S.p., M.J. Sitepu, 1996. Pengolahan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Cetakan Pertama. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungan dengan Toksikologi SenyawaLogam, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Darmono, 2001, Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup, Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1973. *Water quality criteria 1972*. Ecological research series. Washington. 595 Hlm.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Cetakan Kelima. Kanisius. Yogyakarta.
- Guilford J.P. 1956. The Structur of Intelect. *Psychological Bulletin*. Vol 5 (4).

- Hartati, R., I. Riyantini dan A. Djunaedi. 1993. Pemantauan Logam-logam Berat pada Kenang-kerangan yang Dihasilkan dari Perairan Pantai Utara Gunung Muria. PPLH Undip, Semarang. 38 Hal.
- Hoshika, A., Shiozawa, T., Kawana, K., dan Tanimoto, T., 1991, Heavy Metal Pollution in Sediment From the Seto Island, Sea Japan, Marine Pollution. Bulletin 23 : 101 -105.
- Hutagalung, H.P., D. Setiapermana, Khozanah. 1997. Organochlorine, oil and heavy metals in Siak estuary, Riau, Indonesia. In Vigers, G., K.S. Ong, C. McPherson, N. Millson, I. Watson and A. Tang (eds). ASEAN Marine Environmental management: Quality Criteria and Monitoring for Aquatic Life and Human Health Protection. Proceedings of the ASEAN-Canada Technical Conference on Marine Science (24 - 29 June 1996), Penang, Malaysia. EVS Environmental Consultants, North Vancouver and Department of Fisheries Malaysia. 817 pp.
- Hutagalung, H. P. 2004. Pencemaran Laut oleh Logam Berat : Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya, P30-LIPI. Jakarta.
- Hutagalung HP. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. *Pewarta Oceana IX* No.1 Tahun 1984.
- Kantasubrata, J. 2003. Dasar Ketidakpastian Pengukuran. *Pengantar ISO Guide Uncertainty of Measurement*, Serpong, 22-23.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor : 51/MENLH/2004 Tahun 2004, tentang penetapan baku mutu air laut dalam himpunan peraturan di bidang lingkungan hidup. Jakarta.
- Kumar. M, Ranganathan. S, S.N. Sinha, Kinetics of Reduction of Different Manganese Ore 2010.
- Lestari dan Edward. 2004. Dampak Pencemaran Logam Berat terhadap Kualitas Air Laut dan Sumberdaya Perikanan (Studi Kasus Kematian Massal Ikan-Ikan di Teluk Jakarta). *Makara Sains*, Vol 8, No. 2
- Manahan, S.C., 1994, *Environmental Chemistry*, 6th edition, Willard Grand Press, Boston.
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Cetakan Kedua. Djambatan. Jakarta.
- Nontji A. 2007. *Laut Nusantara (edisi revisi)*. Djambatan. Jakarta.
- Nybakken JW, Bertness MD. 2004. *Marine Biology An Ecological Approach* 6 ed. New York (US): Brown University.
- Prihatin, A. W., A.T. Prasetya, & W. Sumarni. 2017. Validasi Metode Analisis Mn dalam Sungai Kaligarang dengan ICP-OES dan GFAAS. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(1): 1-8
- Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta. Jakarta.
- Rahman, A dan Akhmad M. 2016. Kesesuaian Pemanfaatan Perairan bagi Pengembangan Perikanan Budidaya di Kawasan Teluk Staring Konawe Selatan. *Jurnal Bisnis Perikanan*. 3 (1): 31—38.
- Riani, E. 2010. Mercury (Hg) contamination in the body organ of common ponyfish (*Leiognathusequulus*) in Ancol Waters, Jakarta Bay. *J. Teknol.Lingkungan. Agency for the Assessment and Application of Technology*. 11 (2): 313-322.
- Riza M.P. 2009. Analisis Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Gambut Setelah di Jernihkan dengan Penambahan Tulang Ayam. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatra Utara: Medan.
- Rochyatun E, Rozak A. 2007. Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*. 11(1):28-36.
- Sumarjo, D. 2009. *Pengantar Kimia: Buku Panduan kuliah mahasiswa*
- Phillips, D.J.H. 1980. Proposal for monitoring studies on the concentration of the East Asian Seas by trace metals and organochlorines. Dalam "South China fisheries Development and Coordinating programme". FAO. Manila. 7 Hlm.
- Waldichuk, M. 1974. Some biological concern in metals pollution. Dalam "Pollution and physiology of marine organisms" (VERNBERG & VERNBERG eds.) Acad. Press. London. 1 - 45.
- Wibawa, A dan Solihin 2014. Pengaruh Temperatur Terhadap Reduksi Bijih Mangan. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*, 221-228.
- Zhang. B, Z.L. Xue, Kinetics Analyzing of Direction Reduction on Manganese Ore Pellets Containing Carbon, 2013.