

Studi kandungan senyawa tributiltin dalam air pada area budidaya di Selat Lembeh Bitung
[Study of tributyltin compound content in water at cultivation areas in the Lembeh Strait, Bitung]

Daniel Simanjorang¹, Suzanne L. Undap², Sipriana S. Tumembouw², Pankie N. L. Pangemanan², Henneke Pangkey², Joppy D. Mudeng²

¹⁾Mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan FPIK Unsrat Manado

²⁾Program Studi Budidaya Perairan FPIK Unsrat Manado

Penulis korespondensi: suzanneundap@unsrat.ac.id

Abstract

Tributyltin (TBT) is an organotin compound that is still widely used as a toxic biocidal additive in antifouling paints. These compounds are classified as pollutants that are very difficult to decompose in water. The test of the concentration of TBT in seawater was carried out at the WLN Laboratory (Water Laboratory Nusantara) Manado. Nitrate, nitrite and ammonia concentration tests were carried out at the Laboratory of the Manado Industrial Service and Standardization Center (BSPJI). Measurement of the physical and chemical parameters of seawater used: Temperature, Brightness, pH, Dissolved Oxygen (DO), Salinity and Turbidity in situ. Analysis of the concentration of Tributyltin (TBT) compounds in seawater in the waters of the Lembeh Strait in the cultivation areas of Point 1 (Tanjung Rarandam), Point 2 (Kalapa Dua), Point 3 (Papusungan) in the Lembeh Strait showed a concentration of <0.01 µg/L, which is still in the safe range below the standard limit of seawater quality for biota (0.01 µg/L). Measuring water quality in the Lembeh Strait aquaculture area, the DO value ranges from 7.83-8.34 ppm. Salinity values ranged from 30.99-31.24 ppt. The pH value ranges from 9.37-9.42. The temperature value ranges from 27.87-27.69 °C. The brightness value ranges from 3.12 m-3.39 m. The turbidity value ranged from 0.63-1.22. The nitrate value of 1.98-2.19 mg/L, far exceeding the limit set (0.06 mg/L) for marine life, indicates a potential risk to the ecosystem. The concentration of Nitrite in the waters is still in accordance with the general water standards, ranging from <0.005 mg/L to 0.02 mg/L. The concentration of Ammonia is below the water quality standard threshold at all points of 0.3 mg/L, which is still safe for marine life and aquaculture activities in these waters in accordance with the seawater quality standards in Government Regulation No. 22 of 2021 Attachment VIII concerning the Implementation of Environmental Protection and Management.

Keywords: TBT Compounds, Concentration, Water Quality, Quality Standards, Straits

Abstrak

Tributyltin (TBT) adalah senyawa organotin yang masih banyak digunakan sebagai bahan aditif biosida beracun dalam cat antifouling. Senyawa ini digolongkan sebagai polutan yang sangat sulit terurai di perairan. Uji konsentrasi TBT dalam air laut dilakukan di Laboratorium WLN (Water Laboratorium Nusantara) Manado. Uji konsentrasi nitrat, nitrit dan amoniak dilakukan di Laboratorium Balai Standardisasi Dan Pelayanan Jasa Industri Manado (BSPJI). Pengukuran parameter fisika dan kimia air laut yang digunakan: Suhu, Kecerahan, pH, Dissolved Oxygen (DO), Salinitas dan Kekeruhan secara *in situ*. Analisis konsentrasi senyawa Tributyltin (TBT) pada

air laut di perairan selat Lembeh area budidaya Titik 1 (Tanjung Rarandam), Titik 2 (Kalapa Dua), Titik 3 (Papusungan) di Selat Lembeh menunjukkan konsentrasi $<0,01 \mu\text{g/L}$, yang masih dalam kisaran aman dibawah batas baku mutu air laut untuk biota ($0,01 \mu\text{g/L}$). Pengukuran kualitas air di area budidaya Perairan Selat Lembeh, nilai DO berkisar 7,83-8,34 ppm. Nilai salinitas berkisar 30,99-31,24 ppt. Nilai pH berkisar 9,37-9,42. Nilai suhu berkisar 27,87-27,69 °C. Nilai kecerahan berkisar 3,12 m-3,39 m. Nilai kekeruhan pada berkisar 0,63-1,22. Nilai nitrat sebesar 1,98-2,19 mg/L, jauh melebihi batas yang ditetapkan (0,06 mg/L) untuk biota laut, menunjukkan potensi risiko bagi ekosistem. Konsentrasi Nitrit di perairan masih sesuai dengan standar perairan umum, berkisar $<0,005 \text{ mg/L}$ - $0,02 \text{ mg/L}$. Konsentrasi Amonia berada di bawah ambang batas baku mutu air pada semua titik 0,3 mg/L, yang masih aman untuk biota laut dan aktivitas budidaya di perairan tersebut sesuai dengan baku mutu air laut pada Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Lampiran VIII Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Kata kunci : Senyawa TBT, Konsentrasi, Kualitas air, Baku Mutu, Selat lembeh

PENDAHULUAN

Tributiltin (TBT) adalah senyawa organotin yang masih banyak digunakan sebagai bahan aditif biosida beracun dalam cat antifouling. Senyawa ini digolongkan sebagai polutan yang sangat sulit terurai di perairan (Rumengan *et al.*, 2008, Undap *et al.*, 2013, Undap, 2017). Cat antifouling yang mengandung TBT digunakan pada kapal dan tempat pemeliharaan ikan di laut untuk mencegah biota laut menempel pada dinding kapal atau jaring keramba apung. Hal ini dikarenakan TBT memiliki sifat sebagai biosida (Panggabean *et al.*, 2009). Champ and Seligman (1996) menyatakan bahwa senyawa ini sangat beracun dan secara alami sangat sulit terurai (resisten). Tributiltin ini akan terkontaminasi di perairan laut sehingga tidak dapat dipungkiri efek samping dari polutan ini akan mempengaruhi ikan yang hidup di perairan laut yang umumnya bersifat tetap namun bergerak dalam wilayah yang terbatas (Undap *et al.*, 2014). Efek kontaminasi TBT pada ekosistem laut tropis, misalnya, di Indonesia, membutuhkan perhatian karena daerah ini menjadi daerah kritis, dan harus mulai dibenahi untuk kriteria penilaian risiko dan pemantauan dasar untuk melindungi ekosistem laut tropis ditengah meningkatnya gangguan antropogenik (Peters *et al.*, 1997).

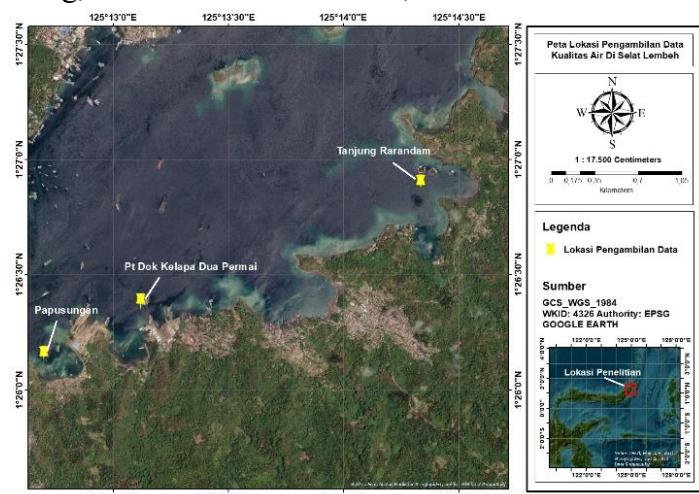
Aktivitas ekonomi yang dilakukan di daerah pesisir meliputi kegiatan transportasi laut, pelabuhan perikanan (baik penangkapan maupun budidaya), industri, dan pariwisata (Mamonto *dkk.*, 2017). Pesatnya perkembangan kegiatan industri yang tidak ramah lingkungan akan meningkatkan risiko pencemaran, termasuk pencemaran air. Kualitas air laut di area pelabuhan dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk penggunaan anti-fouling. Anti-fouling ini mengandung TBT yang sangat berbahaya bagi ekosistem laut (Yebra *et al.*, 2004). Menurut Rompas (1994) dalam Mamonto *dkk.* (2017), dampak dari aktivitas manusia yang mencerminkan kemajuan teknologi dalam sektor industri dan transportasi laut dapat menghasilkan berbagai zat dan bahan berbahaya bagi lingkungan, karena akan mengakibatkan penurunan populasi yang diikuti kepunahan spesies dan berujung pada gangguan ekosistem laut secara keseluruhan.

Indonesia dengan wilayah yang 75% perairan menggunakan kapal sebagai alat transportasi laut, sehingga diduga kontaminasi oleh polutan TBT sangat besar sekali. Hal ini terbukti dengan sudah ada penelitian yang menilai bahwa perairan Kota Bitung merupakan daerah yang mempunyai kandungan TBT paling tinggi dibandingkan dengan Jakarta dan Bali karena Bitung merupakan pelabuhan terbesar keempat di Indonesia (Radjaguguk *dkk.*, 2020). Di mana banyak aktifitas perkapanan seperti pelabuhan, jalur transportasi antar pulau dan aktifitas marikultur (Undap, 2017, Sabono *dkk.*, 2020). Seperti perairan laut pada umumnya, perairan laut di Bitung rentan terhadap pencemaran TBT. Faktor yang harus diperhatikan untuk usaha budidaya antara lain cara membudidayakan, kondisi fisik dan kimia perairan, pemilihan lokasi, apakah terganggu oleh aktivitas pelabuhan atau tidak. Berbagai aktivitas yang dilakukan di wilayah Selat Lembeh akan berpotensi memberikan perubahan kondisi perairan baik meliputi sifat fisika, kimia maupun biologi perairan yang pada akhirnya akan menurunkan fungsi ekologis terhadap ekosistem yang ada di perairan ini (Patty, 2015). Sehingga kegiatan budidaya ini dapat berlanjut dan mampu mengatasi masalah produksi. Pengembangan budidaya laut dalam keramba jaring apung di Perairan Lembeh-Bitung, sangat strategis karena sumberdaya alamnya yang masih produktif, dan dari faktor ekonomi dapat meningkatkan pendapatan atau kesejahteraan masyarakat pembudidaya ikan (Lumi *dkk.*, 2019).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2024. Bertempat di Area Budidaya Selat Lembeh Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara, Manado.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel.

Keterangan gambar:

Titik 1 : Tanjung Rarandam

Titik Koordinat : Garis Lintang 1°26'23.16"U, Garis bujur 125°13'7.17"T

Titik 2 : Kelapa Dua

Titik Koordinat : Garis Lintang 1°26'23.16"U, Garis bujur 125°13'7.17"T

Titik 3 : Papusungan

Titik Koordinat : Garis Lintang 1°26'9.41"U, Garis bujur 125°12'41.90"T

Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer berupa data konsentrasi senyawa TBT dan kualitas air (suhu, kecerahan, pH, dissolved oxygen (DO), salinitas, kekeruhan, nitrat, nitrit dan amonia) di Perairan Selat Lembeh area budidaya dan data sekunder dari berbagai dokumen dan literatur yang sudah ada yang dapat mendukung penelitian ini. Metode yang digunakan mencakup pengambilan sampel dan uji laboratorium. Metode ini dipilih sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan, yaitu untuk mengetahui polutan tributiltin pada air laut di perairan Selat Lembeh.

Prosedur Pengambilan Sampel

Untuk pengambilan sampel air, dilakukan di 3 (tiga) titik pengamatan yang berbeda. Titik 1 (Tanjung Rarandam), sampel diambil pada lokasi dekat dengan budidaya ikan kerapu dengan sistem Keramba Jaring Apung, pada Titik 2 (Kalapa Dua), pengambilan sampel dilakukan di area bengkel kapal bersandar yang terkontaminasi pencemaran limbah minyak kapal, Titik 3 (Papusungan), sampel diambil pada area pemukiman yang banyak pencemaran aktivitas manusia dan budidaya ikan kue dengan sistem Keramba Jaring Apung. Ketiga titik ini dipilih untuk mendapatkan hasil yang bervariasi kualitas air dan senyawa TBT Perairan Selat Lembeh. Pengambilan sampel air menggunakan botol sampel dengan cara mengambil dipermukaan air dan mengukur parameter kualitas air menggunakan alat *Water Quality* merek Horiba tipe U-52G di Perairan Pulau Lembeh Kota Bitung. Kemudian sampel air dalam botol sampel milik Lab. WLN di packing dalam box sterofoam dan segera dibawa ke Laboratorium WLN (Water Laboratorium Nusantara) untuk analisis konsentrasi senyawa TBT di Manado.

Penentuan titik pengukuran kualitas air di lokasi penelitian ini dilakukan secara *purposive* (Nasution, 2001), yang mengacu pada fisiografi lokasi, agar sedapat mungkin bisa mewakili atau menggambarkan keadaan perairan tersebut. Penentuan titik pengukuran menggunakan alat GPS (*Global Positioning Sistem*). Pengukuran kualitas air di titik-titik yang sudah ditentukan lokasinya.

Pengambilan data *in situ* sampel air laut dalam penelitian ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan interval waktu 2 minggu sekali pada pagi pukul 07:00-08:00 WITA, siang pukul 12:00-13:00 WITA, sore pukul 18:00-19:00 WITA. Pengukuran kualitas air dilapangan (*in situ*) meliputi suhu, kecerahan, kekeruhan, salinitas, pH dan DO diukur dengan menggunakan alat *Multi purposes water quality* merek Horiba tipe U-52G yang dipinjam dari Laboratorium Teknologi Akuakultur Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi. Sebelum digunakan *Multi purposes water quality* merek Horiba tipe U-52G telah dikalibrasi terlebih dahulu dan dalam pengoperasiannya menggunakan perahu sebagai alat transportasi menuju 3 titik lokasi

penelitian Pengukuran kualitas air menggunakan alat *multi purposes water quality* (Horiba U-52G) dan alat *Secchi disk* secara *in situ*.

Analisis Air Laut

Analisis konsentrasi TBT dalam air laut dilakukan di Laboratorium WLN (Water Laboratorium Nusantara) Manado. Analisis nitrat, nitrit dan amoniak dilakukan di Laboratorium Balai Standardisasi Dan Pelayanan Jasa Industri Manado (BSPJI). Pengukuran parameter fisika dan kimia air laut yang digunakan: Suhu, Kecerahan, pH, Dissolved Oxygen (DO), Salinitas dan Kekeruhan secara *in situ*.

Analisis Data

Data yang diperoleh selama penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik dan dipaparkan secara komparatif. Data primer berupa pengukuran parameter kualitas air secara *in situ* (suhu, kecerahan, ph, dissolved oxygen (DO), salinitas dan kekeruhan) yang diperoleh di lapangan. Data Sekunder berupa data kepustakaan untuk penentuan status mutu air pada beberapa lokasi yang diperuntukkan untuk budidaya di Perairan Lembeh Bitung Kota Bitung Sulawesi Utara.

Analisis data hasil pengukuran *in situ* parameter kualitas air dilakukan secara deskriptif, yaitu dengan membandingkan hasil yang diperoleh dengan referensi penunjang dan baku mutu kualitas air laut untuk biota laut berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada lampiran VIII Baku Mutu Air Laut, yang diantaranya dikhususkan untuk kehidupan biota laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Tribultiltin

Hasil pengukuran sampel air yang di uji laboratorium WLN dari tiga lokasi di Selat Lembeh dengan kedalaman 1 meter, mendapatkan hasil konsentrasi tributiltin (TBT) sebesar $<0,01 \mu\text{g/L}$. Konsentrasi TBT yang terdeteksi sebesar $<0,01 \mu\text{g/L}$ masih terbilang normal di perairan dan berada di bawah ambang batas baku mutu air yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Didukung oleh pernyataan (Arianti, 2023) batas maksimum senyawa TBT yang diizinkan dalam air laut telah ditetapkan sebesar 0,01 ppm menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Namun, pada tahun 2008, International Maritime Organization (IMO) secara global melarang penggunaan TBT dalam cat anti-biofouling. Pencemaran TBT selalu terjadi di daerah pantai, khususnya di daerah pelabuhan atau tempat penambatan kapal dan jalur lalu lintas kapal (Wagiman, 2004).

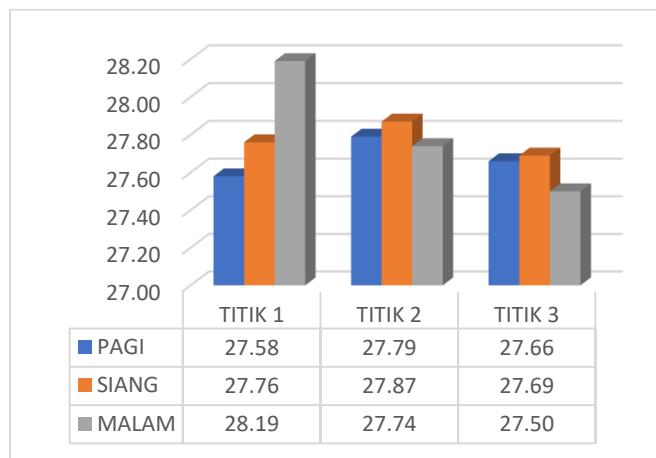
TBT dilepaskan dari cat antifouling dan masuk ke dalam lingkungan laut, TBT sedikit terlarut dalam air, 1-10 mg/l untuk TBTO dan dibawah 20 mg/l untuk garam yang lebih larut (halida). Pada perairan, bentuk ionik TBT⁺ adalah dalam keadaan setimbang (equilibrium)

dari pada bentuk hidro- dan kloro-, dibawah kondisi pH dan salinitas normal dari lingkungan laut (Sudaryanto, 2001).

Suhu

Hasil rata – rata pengukuran suhu sebanyak 3 kali dalam jangka waktu 2 minggu di Selat Lembeh menunjukkan pada titik 1 suhu pagi hari sebesar 27,58°C, siang hari 27,76°C, dan malam hari 27,75°C. Pada titik 2, suhu pagi hari tercatat 27,79°C, siang hari 27,87°C, dan malam hari 27,74°C. Sedangkan pada titik 3, suhu pagi hari adalah 27,66°C, siang hari 27,69°C, dan malam hari 27,50°C (Gambar 2). Rata-rata hasil pengukuran dari ketiga titik tersebut dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang suhu bagi biota laut, yang seharusnya berada pada kisaran 28-30°C.

Secara umum suhu air di perairan Selat Lembeh berkisar antara 27,64-30,01°C, Nilai ini masih dalam kisaran suhu air di perairan laut umumnya, yaitu 20,0-30,0°C (Nybakken, 1988 *dalam* Patty *dkk.*, 2020). Bila dibandingkan dengan kisaran suhu yang pernah diamati pada beberapa perairan di Sulawesi Utara perairan Selat Lembeh (Mei-Juli, 2008) berkisar antara 28,4-30,1°C (Yusron, 2008).



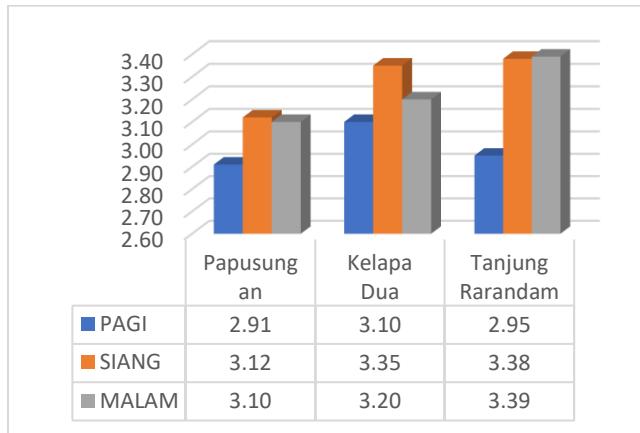
Gambar 2. Suhu

Proses perubahan suhu di lingkungan perairan akan menyebabkan terjadinya perubahan terhadap semua proses alami di dalam perairan (Yusal dan Hasyim, 2022). Menurut Hertika dan Putra (2019), peningkatan suhu air dapat menyebabkan logam berat berasun larut dalam air. Semakin tinggi suhu air maka kelarutan logam berat juga semakin tinggi yang berarti toksitas logam berat juga tinggi (Supriyantini *dkk.*, 2017). Akibatnya, banyak ikan dan hewan laut mati karena kekurangan oksigen (Utami, 2023).

Kecerahan

Hasil rata – rata pengukuran Kecerahan sebanyak 3 kali dalam jangka waktu 2 minggu di Selat Lembeh menunjukkan pada titik 1 Kecerahan pagi hari sebesar 2,91 m, siang hari 3,12 m, dan malam hari 3,10 m. Pada titik 2, Kecerahan pagi hari tercatat 3,10 m, siang hari 3,35 m, dan malam hari 3,20 m. Sedangkan pada titik 3, Kecerahan pagi hari adalah 2,95 m, siang hari

3,38 m, dan malam hari 3,39 m (Gambar 3). Rata-rata hasil pengukuran dari ketiga titik tersebut dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Kecerahan bagi biota laut, yang seharusnya berada pada kisaran 300 m.

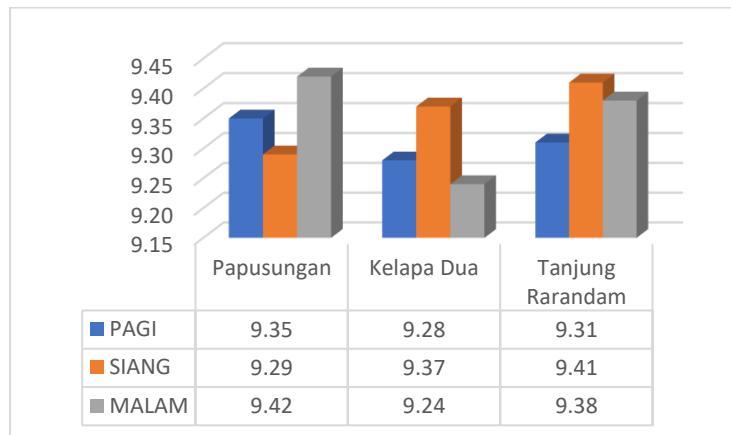


Gambar 3. Kecerahan

Menurut (Davis 1995 *dalam* Widiadmoko, 2013), kemampuan cahaya matahari untuk menembus sampai ke dasar perairan dipengaruhi oleh kekeruhan (turbidity) air. Oleh karena itu, tingkat kecerahan dan kekeruhan air laut sangat berpengaruh pada pertumbuhan biota laut (Hamuna dkk., 2018).

pH

Hasil rata – rata pengukuran pH sebanyak 3 kali dalam jangka waktu 2 minggu di Selat Lembeh menunjukkan bahwa pada titik 1 pH pagi hari sebesar 9,35 , siang hari 9,29 , dan malam hari 9,42. Pada titik 2, pH pagi hari tercatat 9,28, siang hari 9,37, dan malam hari 9,24. Sedangkan pada titik 3, pH pagi hari adalah 9,31, siang hari 9,41, dan malam hari 9,38 (Gambar 4). Rata-rata hasil pengukuran dari ketiga titik tersebut tidak terlalu jauh beda dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang pH bagi biota laut, yang seharusnya berada pada kisaran 7- 8,5



Gambar 4. pH

pH suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang cukup penting dalam memantau kestabilan perairan (Simanjuntak, 2009). Perairan dengan kisaran pH antara 7 - 8,5 merupakan daerah yang potensial sebagai tempat budidaya dan rekreasi, sedangkan untuk kepentingan terumbu karang nilai pH berkisar antara 6-9 (Edward dan Tarigan, 2003).

Tingginya pH banyak pengaruh dari logam berat dapat berasal dari peptisida, pupuk, insektisida, limbah industri, limbah domestik, limbah bengkel, limpasan jalan, limbah rumah sakit dan limbah pasar (BAPEDALDA, 2007). Limbah kapal dan limbah masyarakat yang dibuang ke perairan dapat menyebabkan peningkatan pH air. Limbah ini sering mengandung bahan kimia dan zat-zat organik yang dapat mengubah keseimbangan kimia di perairan, sehingga meningkatkan keasaman atau kebasaan air. Akibatnya, pH di perairan tersebut menjadi tinggi, yang berpotensi merusak ekosistem dan mengganggu kehidupan organisme akuatik.

Dissolved Oxygen (DO)

Hasil rata – rata pengukuran DO sebanyak 3 kali dalam jangka waktu 2 minggu di Selat Lembeh menunjukkan bahwa di titik 1 DO pagi hari sebesar 6,75 ppm, siang hari 7,08 ppm, dan malam hari 8,34 ppm. Di titik 2, DO pagi hari tercatat 6,99 ppm, siang hari 7,09 ppm, dan malam hari 7,86 ppm. Sedangkan di titik 3, DO pagi hari adalah 7,46 ppm, siang hari 7,23 ppm, dan malam hari 7,83 ppm (Gambar 5). Rata-rata hasil pengukuran dari ketiga titik tersebut dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang DO bagi biota laut, yang seharusnya berada di kisaran > 5 ppm secara umum. Konsentrasi oksigen terlarut di perairan Selat Lembeh berkisar antara 6,00-6,56 mg/l di lapisan permukaan, sedangkan di lapisan dekat dasar berkisar antara 5,64-6,17 mg/l (Patty, 2018).



Gambar 5. Dissolved oxygen (DO)

Parameter DO (dissolved oxygen) adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi kelangsungan hidup biota laut. Kondisi tersebut sesuai dengan pernyataan Salmin (2005) bahwa sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut, selain dari proses difusi dari udara bebas.

Tingginya curah hujan pada musim ini menyebabkan air laut menjadi keruh karena sampah dan limbah organik dari daratan. Sampah di perairan memerlukan oksigen untuk proses penguraianya, sehingga kadar oksigen di air akan menurun seiring dengan peningkatan kekeruhan. Hal ini mungkin terjadi karena aktivitas mikro-organisme yang semakin aktif dalam menguraikan zat organik menjadi anorganik, yang membutuhkan oksigen terlarut. Proses pembusukan bahan organik, respirasi, dan terhambatnya reaerasi juga berkontribusi pada penurunan kadar oksigen terlarut (Andriani, 1999).

Salinitas

Hasil rata – rata pengukuran salinitas sebanyak 3 kali dalam jangka waktu 2 minggu di Selat Lembeh menunjukkan pada titik 1 salinitas pagi hari sebesar 30,77 ppt, siang hari 30,92 ppt, dan malam hari 30,99 ppt. Pada titik 2, salinitas pagi hari tercatat 30,93 ppt, siang hari 30,88 ppt, dan malam hari 31,24 ppt. Sedangkan pada titik 3, salinitas pagi hari adalah 30,78 ppt, siang hari 30,92 ppt, dan malam hari 31,02 ppt (Gambar 6). Rata-rata hasil pengukuran dari ketiga titik tersebut masih sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang salinitas bagi biota laut, yang seharusnya berada pada kisaran > 34 ppt.



Gambar 6. Salinitas

Salinitas yang terukur di perairan ini tergolong tinggi, melebihi batas normal untuk air pantai dan air campuran, yaitu berkisar antara 32,0-34,0‰ (Romimohtarto dan Thayib, 1982). Tingginya salinitas pada Musim Peralihan-II kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan aliran massa air dengan salinitas tinggi dari Laut Sulawesi yang masuk ke Selat Lembeh. Triyulianti *dkk.* (2018) menyatakan bahwa pada bulan September (Musim Peralihan-II), salinitas di Laut Sulawesi lebih tinggi, mencapai 34,45‰, dibandingkan Laut Maluku yang sebesar 34,05‰. Selain itu, pada Musim Peralihan-II, curah hujan rendah dan cuaca sangat baik, sehingga sinar matahari lebih efektif dalam memanaskan massa air di lapisan permukaan. Sebaliknya, pada Musim Barat, salinitas permukaan air lebih rendah karena curah hujan yang tinggi pada musim tersebut. Sedangkan Menurut Nontji (2002), variasi nilai salinitas di laut dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti pola sirkulasi air, tingkat penguapan, curah hujan, dan aliran sungai.

Kekeruhan (NTU)

Hasil rata – rata pengukuran NTU sebanyak 3 kali dalam jangka waktu 2 minggu di Selat Lembeh menunjukkan pada titik 1 NTU pagi hari sebesar 1,22 NTU, siang hari 0,48 NTU, dan malam hari 0,78 NTU. Pada titik 2, NTU pagi hari tercatat 0,49 NTU, siang hari 0,62 NTU, dan malam hari 0,66 NTU. Sedangkan pada titik 3, NTU pagi hari adalah 0,62 NTU, siang hari 0,46 NTU, dan malam hari 0,63 NTU (Gambar 7). Rata-rata hasil pengukuran dari ketiga titik tersebut dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang NTU bagi biota laut, yang seharusnya berada pada kisaran 5 NTU. Kekeruhan atau turbiditi menggambarkan rendahnya tingkat kejernihan air yang disebabkan oleh keberadaan partikel koloid dan material tersuspensi seperti lumpur, bahan organik dan anorganik, serta mikroorganisme dalam perairan (Wilson, 2010).



Gambar 7. Kekeruhan (NTU)

Rata-rata tingkat kekeruhan air laut di perairan Lembeh selama Musim Peralihan-I (Maret - Mei) adalah 1,95 NTU; pada Musim Timur (Juni - Agustus) sebesar 2,20 NTU; selama Musim Peralihan-II (September - November) mencapai 2,47 NTU; dan pada Musim Barat (Desember - Februari) sebesar 2,32 NTU (Patty dkk., 2020). Kekeruhan atau turbidity menggambarkan rendahnya tingkat kejernihan air yang disebabkan oleh keberadaan partikel koloid dan material tersuspensi seperti lumpur, bahan organik dan anorganik, serta mikroorganisme dalam perairan (Wilson, 2010).

Konsentrasi Nitrat, Nitrit dan Amonia

Hasil analisis laboratorium di Laboratorium BSPJI Manado menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat di perairan laut lembeh pada sampel pertama tercatat sebesar 1,98 mg/L, sampel kedua 2,03 mg/L, dan sampel ketiga 2,19 mg/L. Nilai rata-rata dari ketiga sampel tersebut berada di kisaran 2,06 mg/L. Angka lebih tinggi dibandingkan standssssar baku mutu kualitas air laut yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, di mana kadar nitrat bagi biota laut seharusnya berada pada kisaran 0,06 mg/L. Menurut (Iswanto et al., 2015) Konsentrasi nitrat di perairan yang diperoleh dari pengukuran sampel air dalam penelitian ini berkisar antara 0 hingga 1 mg/L, yang menunjukkan bahwa perairan Selat Lembeh memiliki

kandungan nutrisi yang rendah. Ekosistem semacam ini biasanya memiliki keanekaragaman hayati yang lebih rendah dibandingkan perairan yang lebih kaya nutrisi. Secara umum, kadar nitrat yang rendah dapat menyebabkan kurangnya sumber daya nutrisi bagi organisme di laut, yang berdampak negatif pada produktivitas perairan dan keseimbangan ekosistem laut.

Konsentrasi nitrit di lokasi pengambilan sampel tercatat sebesar 0,01 mg/L, sampel kedua 0,02 mg/L, dan sampel yang ketiga <0,005 mg/L. Masih sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 untuk biota laut karena konsentrasi nitrit sekitar 0,001 mg/l, dan jarang melebihi 0,1 mg/l (~~Mutiah, 2022 dalam Surya dkk., 2024~~).

Pada parameter amonia, hasil pengukuran dari ketiga Titik menunjukkan kadar <0,06 mg/L. Perairan selat lembeh masih berada dalam batas baku mutu air dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 untuk biota laut karena konsentrasi amonia maksimal adalah 0,3 mg/L (Surya dkk., 2024). Kadar amonia yang kurang dari ambang batas tersebut masih baik untuk budidaya bagi biota laut di wilayah perairan selat lembeh.

KESIMPULAN

Hasil Analisa dari penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut: 1) Analisis konsentrasi senyawa Tributiltin (TBT) pada air laut di perairan budidaya Titik 1 (Tanjung Rarandam), Titik 2 (Kalapa Dua), Titik 3 (Papusungan) di Selat Lembeh menunjukkan konsentrasi <0,01 µg/L, yang masih dalam kisaran aman dibawah batas baku mutu air laut untuk biota (0,01 µg/L); 2) Pengukuran kualitas air di area budidaya Perairan Selat Lembeh, nilai DO berkisar 7,83-8,34 ppm. Nilai salinitas berkisar 30,99-31,24 ppt. Nilai pH berkisar 9,37-9,42. Nilai suhu berkisar 27,87-27,69 °C. Nilai kecerahan berkisar 3,12 m-3,39 m. Nilai kekeruhan pada berkisar 0,63-1,22. Nilai nitrat sebesar 1,98-2,19 mg/L, jauh melebihi batas yang ditetapkan (0,06 mg/L) untuk biota laut, menunjukkan potensi risiko bagi ekosistem. Konsentrasi Nitrit di perairan masih sesuai dengan standar perairan umum, berkisar <0,005 mg/L -0,02 mg/L. Konsentrasi Amonia berada di bawah ambang batas baku mutu air pada semua titik 0,3 mg/L, yang masih aman untuk biota laut dan aktivitas budidaya di perairan tersebut sesuai dengan baku mutu air laut pada Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 Lampiran VIII Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani ED.1999. Kondisi fisika-kimiawi air perairan pantai sekitar tambak Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Jepara, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Arianti MP, Fadilah K. 2023. Analisis kualitas air laut terhadap aktivitas kapal di Pelabuhan Surabaya berdasarkan parameter anti-fouling. Envirous 4(1): 86-90.

- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (BAPEDALDA). 2007. Analisis kualitas air sungai pada 21 sungai lintas Kabupaten / Kota Di Provinsi Bali pada musim hujan. Denpasar – Bali.
- Champ MA, Seligman PF. 1996. Organotin, Environmental fate and effect. Chaman & Hall. London. p512.
- Edward, Tarigan Z. 2003. Pemantauan kondisi hidrologi diperairan Raha P. Muna, Sulawesi Tenggara dalam kaitannya dengan kondisi terumbu karang. Makara, Sains 7(2): 73-82.
- Hamuna B, Tanjung RHR, Suwito, Maury HK, Alianto. 2018. Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. Jurnal Ilmu Lingkungan 16(1): 35–43.
- Hertika AMS, Putra RBDS. 2019. Ekotoksikologi untuk lingkungan perairan. Malang: UB Press.
- Iswanto C, Hutabarat S, Purnomo PW, “Analysis of aquatic fertility based on diversity of Plankton, Nitrates and diversity of Plankton, Nitrates and Phosphates in Jali River and Slope River of Keburuhan Village, Purworejo”, Aquares, Vol.4, No.3, Agustus 2015
- Lumi KW, Rembet UN, Darwisito S. 2019. Kajian ekologi-ekonomi budidaya ikan kuwe (*Caranx* sp.) di Kecamatan Lembeh Utara Kota Bitung Provinsi Sulawesi Utara (Ecological-Economic Assesment Trevally Culture In North Lembeh District Of Bitung City, North Sulawesi Province).
- Nasution S. 2001. Metode research (Penelitian ilmiah). Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- Nontji A. 2002. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta. Hal 59-67.
- Mamonto R, Rumampuk N, Lasut M. 2017. Pendugaan dampak pencemaran tributiltin menggunakan gejala imposeks pada gastropoda di Perairan Bitung, Sulawesi Utara. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis 5(2): 8-13.
- Panggabean AS, Amran MB, Buchari, Achmad S. 2009 Speciation of organotin compounds with ion pair-reversed phase chromatography technique. Eurasian Journal of Analytical Chemistry 4(2): 215-225.
- Patty SI. 2018. Oksigen terlarut dan apparent oxygen utilization di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. Jurnal Ilmiah Platax 6(1): 54-60.
- Patty SI. 2015. Karakteristik fosfat, nitrat dan oksigen terlarut di perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. Jurnal Pesisir dan Laut Tropis 3(2): 1-7.
- Patty SI, Huwae R, Kainama F. 2020. Variasi musiman suhu, salinitas dan kekeruhan air laut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. Jurnal Ilmiah Platax 8(1): 110-117.
- Peters EC, Gassman NJ, Firman JC, Richmond RH, Power EA. 1997. Ecotoxicology of tropical marine ecosystems. environmental toxicology and chemistry 16(1): 12-40.
- Radjacuguk B, NE Bataragoa, IFM Rumengan, WE Pelle, S Darwisito, DA Sumilat, SL Undap. 2020. Banggai Cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) potential as bioaccumulator of tributiltin contamination in the Water of Bitung. Jurnal Ilmiah Platax 8(2): 178–187.
- Romimohtarto K, Thayib SS. 1982. Kondisi Lingkungan dan Laut di Indonesia, LON-LIPI, Jakarta: 246 hal.

- Rompas RM. 1994. Determinasi Logam Berat di Perairan Sulawesi Utara. Fakultas Perikanan Unsrat Manado.
- Rumengen IFM, Ohji M, Arai T, Harino H, Arifin Z, Miyazaki N. 2008 Contamination Status of Butyltin Compounds in Indonesian Coastal Waters. *Coastal Marine Science*. 32(1): 116-126.
- Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Oseana* 30(3): 21-26.
- Simanjuntak M. 2009. Hubungan faktor lingkungan kimia, fisika terhadap distribusi plankton di perairan Belitung Timur, Bangka Belitung. *Journal of Fisheries Sciences* 11(1): 31-45.
- Sabono MM, Undap SL, Longdong SNJ. 2020. Konsentrasi merkuri ikan capungan cardinalfish (*Sphaeramia Orbicularis*) di area budidaya perairan Pintu Kota Kecamatan Lembeh Utara, Bitung. *e-Journal Budidaya Perairan* 8(1): 48-56.
- Sudaryanto A. 2001. Pencemaran Laut oleh Senyawa Organotin. *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, 2(3), 147482. Supriyatini E, Nuraini RAT, Dewi CP. 2017. Daya serap mangrove Rhizophora sp. terhadap logam berat timbal (Pb) di perairan Mangrove Park, Pekalongan. *Jurnal Kelautan Tropis* 20(1): 16-24.
- Surya ATJ, Sasongko AS, Cahyadi FD. 2024. Kandungan amonia, fosfat, nitrat dan nitrit air laut di Perairan Pesisir Desa Lontar. Juvenil: *Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan* 5(3): 238-245.
- Triyulianti I, Radiarta IN, Yunanto A, Pradisty NA, Islami F, Putri MR. 2018. Sistem karbon laut di Perairan Laut Maluku dan Laut Sulawesi. *Journal of Fisheries and Marine Research* 2(3): 192-207.
- Undap SL. 2017. Evaluasi kontaminasi tributyltin pada sedimen di perairan bitung sulawesi utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* 4(2): 44-50.
- Undap SL, Honda M, Rumampuk ND, Inoue S, Shimasaki Y, Rompas RM, Oshima Y. 2014. Monitoring of tributyltin contamination of demersal fish in coastal water in East China Sea. *Journal of Faculty of Agriculture, Kyushu University* 59(1): 103-107.
- Undap SL, Nirmala K, Miki S, Inoue S, Qiu X, Honda M, Shimasaki Y, Oshima Y. 2013. High tributyltin contamination in sediments from ports in Indonesia And Northern Kyushu, Japan. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu Univ.* 58(1): 75-79
- Utami SN. 2023 Akibat peningkatan suhu air laut bagi kehidupan organisme laut. dari <http://www.kompas.com>.
- Wagiman S. 2004. Imposeks dalam Siput Haliah, *Thais* sp. sebagai penunjuk biologi pencemaran tributyltin di Perairan Semenanjung Malaysia. Unpublished thesis (MSc). Malaysia: Fakultas Kejuruteraan Awam. Universitas Teknologi Malaysia.
- Widiadmoko W. 2013. Pemantauan kualitas air secara fisika dan kimia di Perairan Teluk Hurun. Bandar Lampung: Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung.
- Wilson PC, 2010. Water quality notes: Water clarity (turbidity, suspended solids, and color). Department of Soil and Water Science. University of Florida.

- Yebra DM, Kiil S, Dam-Johansen K. 2004. Antifouling technology— past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings. *Progress in Organic Coatings* 50(2): 75-104.
- Yusal MS, Hasyim A. 2022. Kajian kualitas air berdasarkan keanekaragaman meiofauna dan parameter fisika-kimia di Pesisir Losari, Makassar. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 20(1): 45-57.
- Yusron E. 2008. Penelitian biodiversitas biota laut di Perairan Selat Lembeh, Laporan Tahunan. UPT. Loka Konservasi Biota Laut-LIPI Bitung, hal. 86.