



ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA AIR, SEDIMENT DAN IKAN DI PERAIRAN KOTA DUMAI PROVINSI RIAU

ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT IN WATER, SEDIMENT, AND FISH IN THE WATERS OF DUMAI CITY, RIAU PROVINCE

**Djunaidi*, Muhammad Nur Arkham, Roma Yuli F. Hutapea, Perdama Putra Kelana, Suci Asrina Ikhsan,
Rangga Bayu Kusuma Haris, Aris Widagdo, Iya Purnama Sari, Sri Untari Puji Rejeki, Martinus Robinson Sumitro**

Program Studi Perikanan Tangkap, Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai
Jl. Wan Amir, No.1, Kelurahan Pangkalan Sesai, Kecamatan Dumai Barat, Kota Dumai, Riau, Indonesia

Kata Kunci: Air, Ikan,
Kadmium, Logam Berat,
Timbal.

Keywords: *Aquatic
Environment, Fish,
Cadmium (Cd), Heavy
Metals, Lead (Pb).*

*Received: 10 Agustus 2025
Accepted: 15 Oktober 2025
Published: 14 Desember
2025*

Corresponding author:
Djunaidi
Program Studi Perikanan
Tangkap, Politeknik
Kelautan dan Perikanan
Dumai, Riau, Indoonesia.
E-mail:
jumbungo2016@gmail.com

Copyright © 2025

ABSTRAK. Perairan Kota Dumai merupakan bagian dari wilayah perairan Laut Provinsi Riau yang berhubungan langsung dengan Selat Malaka, memiliki aksesibilitas daerah yang tinggi, baik lokal maupun internasional, di wilayah pesisir pantainya banyak terdapat aktivitas seperti kawasan penduduk dan beragam industri seperti industri minyak dan gas bumi, minyak kelapa sawit (CPO), industri semen memiliki hasil buangan limbah yang dapat mempengaruhi kehidupan biota yang ada di laut. Hal ini dikarenakan sebagian besar buangan limbah akan bermuara ke laut yang terbawa oleh aliran sungai. Aktivitas seperti ini akan memberikan ancaman yang serius terhadap keseimbangan ekosistem dan kehidupan biota perairan terutama ikan yang berdampak kepada masyarakat yang akan mengkonsumsinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter fisika dan kimia perairan, kandungan dan status logam berat Cd dan Pb pada air, sedimen dan ikan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Juni 2025, metode yang digunakan adalah survei, obeservasi dan eksperimen baik di lapangan dan laboratorium. Analisis data yang digunakan adalah K.AAS untuk mendapatkan konsentrasi logam berat sebenarnya pada air, sedimen dan ikan. Hasil analisis logam berat terhadap air, sedimen dan ikan selanjutnya akan dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas (NAB) menurut standar baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai parameter fisika dan kimia perairan Kota Dumai seperti suhu perairan, salinitas dan oksigen terlarut (DO) masih mendukung kehidupan organisme di dalamnya berdasarkan standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 untuk biota laut, sementara untuk nilai logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sampel air, sedimen dan ikan di lokasi penelitian sudah melampaui nilai ambang batas atau masuk dalam kategori tercemar berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004.

ABSTRACT. The waters of Dumai City, located in Riau Province and directly connected to the Malacca Strait, are highly accessible both locally and internationally. The coastal area is characterized by intensive human settlements and diverse industrial activities, including oil and gas, crude palm oil (CPO), and cement industries, which discharge waste that may affect marine biota. Most of these wastes are transported to the sea through river flows, posing a serious threat to the ecological balance and aquatic organisms, particularly fish, with potential risks to human consumers. This study aimed to examine the physicochemical parameters of the waters and to determine the concentration and status of cadmium (Cd) and lead (Pb) in water, sediment, and fish. The research was conducted from April to June 2025 using survey, observation, and experimental methods in both field and laboratory settings. Data was analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) to measure the actual concentrations of heavy metals. The results were compared with the threshold values established by the Indonesian Ministry of Environment Decree No. 51/2004 concerning marine water quality standards for aquatic biota. The findings revealed that the physicochemical parameters, including water temperature, salinity, and dissolved oxygen (DO), remain supportive of aquatic life according to the standards. However, the concentrations of Pb and Cd in water, sediment, and fish samples exceeded the permissible limits, indicating pollution in Dumai waters.

PENDAHULUAN

Perairan Kota Dumai merupakan bagian dari wilayah perairan Laut Provinsi Riau yang berhubungan langsung dengan Selat Malaka, memiliki aksesibilitas daerah yang tinggi, baik lokal maupun internasional, di wilayah pesisir pantainya banyak terdapat aktivitas industri dan pemukiman penduduk. Padatnya aktivitas pelayaran dan perindustrian di sekitar perairan Kota Dumai serta masuknya limbah domestik melalui sungai akan mengakibatkan menurunnya kualitas perairan dan timbulnya pencemaran.

Hal seperti ini akan memberikan ancaman yang serius terhadap terganggunya keseimbangan ekosistem perairan dan kehidupan biota perairan. Amin et al. (2009) menyatakan bahwa konsentrasi logam berat pada sedimen di perairan pantai Dumai secara umum masih dapat diklasifikasikan sebagai perairan yang belum tercemar sampai dengan tercemar sedang. Namun demikian kandungan logam berat yang lebih tinggi diketahui dijumpai pada kawasan yang dekat dengan daerah industri dan pusat kota. Logam berat dalam perairan menjadi masalah yang serius karena sifat toksiknya dan mempunyai kecenderungan untuk terakumulasi dalam rantai makanan Shovina P dan Partaya S, (2022).

Keberadaan logam berat di perairan laut dapat berasal dari berbagai macam jenis industri, pertambangan, rumah tangga dan limbah pertanian. Dinda et al, (2024) mengatakan bahwa kandungan logam berat diduga berasal industri baja, percetakan dan tinta cetak, logam dan kawat, plastik PVC plastik, cat, minyak, baterai kering dan aki, serta gelas keramik dan ubin. Namun industri pada umumnya banyak menggunakan bahan yang mengandung logam berat. Hal ini disebabkan senyawa logam berat sering digunakan sebagai bahan baku, bahan tambahan maupun katalis. Peningkatan kadar logam berat di perairan laut akan mengakibatkan logam berat menjadi racun bagi organisme laut, begitu pula halnya dengan logam esensial. Logam berat juga akan terakumulasi pada tumbuhan serta biota melalui biomagnifikasi dan proses absorpsi dan terakumulasi pada sedimen melalui proses gravitasi.

Preetismita B. et.al (2020) mengatakan bahwa bahan pencemar yang masuk ke dalam perairan dapat dikelompokkan menjadi bahan pencemar organik dan non organik. Secara

umum sifat bahan pencemar organik larut dalam air, bersifat labil dan selalu mengalami pengenceran (dilusi) serta bereaksi dengan air laut sehingga sulit mendekripsi sumber pencemar jika terjadi pencemaran di laut luas. sebaliknya bahan pencemar non organik umumnya tidak larut dalam air. Oleh sebab itu bahan pencemar tersebut selalu berada dalam kolom air dan dasar perairan. Bahan pencemar yang mengendap ke dasar perairan, mempunyai kemampuan daya penyerapan terhadap sedimen, dan kemampuan tersebut tergantung pada ukuran butir sedimen. Semakin halus butiran sedimen dasar perairan, semakin kuat daya absorpsinya dan sebaliknya. Namun demikian, Indonesia hingga saat ini belum memiliki baku mutu sedimen. Selain itu penelitian tentang logam berat kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada sedimen di perairan Kota Dumai juga informasinya masih sangat minim.

Perairan laut Kota Dumai dengan berbagai aktivitas seperti kawasan penduduk dan beragam industri seperti industri minyak dan gas bumi, minyak sawit (CPO), industri semen memiliki hasil buangan limbah dapat mempengaruhi kehidupan biota yang ada di laut. Hal ini dikarenakan sebagian besar buangan limbah akan bermuara ke laut yang terbawa oleh aliran sungai. Limbah tersebut nantinya akan terakumulasi ke perairan sehingga berdampak langsung pada kehidupan ikan dan berdampak kepada masyarakat yang akan mengkonsumsinya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Parameter fisika dan kimia lokasi penelitian perairan Kota Dumai, Kandungan dan status logam berat kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan sedimen di perairan Kota Dumai dan kandungan dan status logam berat kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada ikan di perairan Kota Dumai Provinsi Riau.

METHODOLOGI

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai dengan bulan Juni 2025 yang berlokasi di perairan Kota Dumai Provinsi Riau. Analisis sampel dilakukan secara ex situ di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat.

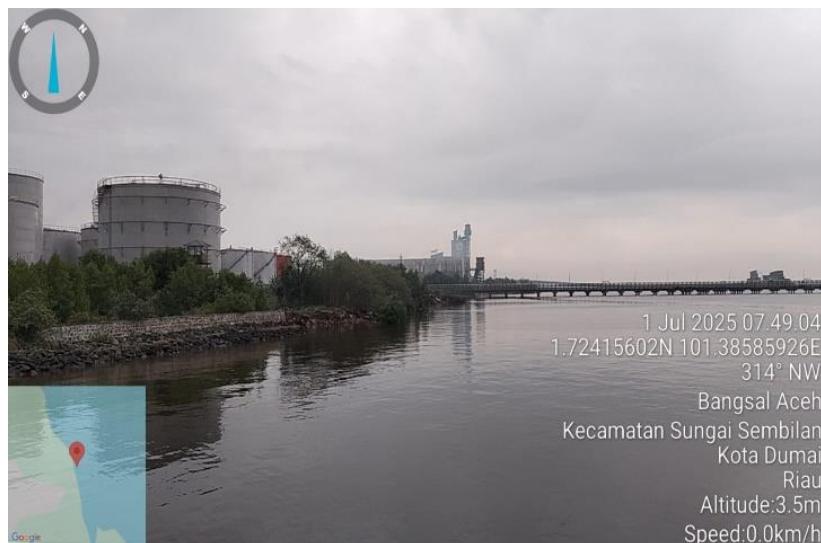


Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian
Penentuan Titik Sampel
Stasiun I

Stasiun I secara geografis terletak pada koordinat 1. 7241. 5602 N dan 101. 3858. 5926

E. Kelurahan Bangsal Aceh, Kecamatan Sungai Sembilan Kota Dumai. Stasiun ini merupakan pangkalan pelabuhan milik TNI AL Kota Dumai. Pada stasiun ini terdapat kegiatan industri semen dan kegiatan industri lainnya.



Gambar 2. Stasiun 1.

Stasiun 2

Stasiun II secara geografis terletak pada koordinat 1. 688.4639 N dan 101. 4323 4157 E. Kampung Nelayan Simpang Tetap Dharul Ihsan Kecamatan Dumai Barat Kota Dumai. Stasiun ini

berdekatan dengan industri kilang minyak dan terdapat kapal domestik bongkar muat kapal niaga. Di lokasi ini juga terdapat kawasan mangrove yang dikelola oleh kelompok masyarakat setempat.



Gambar 3. Stasiun 2.

Stasiun 3

Stasiun 3 secara geografis berada pada koordinat 1. 6587.7822 N dan 101. 5074.0977 E. Jalan Arifin Ahmad Mundam Kecamatan Medang Kampai Kota Dumai. Stasiun ini berdekatan dengan perusahaan konstruksi dan aktifitas penyeberangan masyarakat dari Kota Dumai ke Pulau Rupat. Di lokasi ini juga terdapat perkebunan sawit milik masyarakat setempat.

Pengukuran Fisika-Kimia Air

Pengukuran parameter fisika dan kimia air dilakukan secara langsung di lapangan (in situ) dan secara tidak langsung (ex situ). Pengukuran langsung di lapangan (in situ) meliputi pengukuran suhu, salinitas, pH, dan DO (Dissolved oxygen). Sedangkan analisis logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan sedimen dilakukan secara ex situ di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat.

Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air yaitu diambil secara langsung dilapangan sebanyak 1000 ml setiap stasiun menggunakan botol plastik, kemudian diberikan label penanda pada setiap botol sampel air dan diletakkan dalam coolbox.

Analisis sampel air dilakukan di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat. Adapun prosedur analisis tersebut adalah sebagai berikut:

1. Disaring sampel air menggunakan kertas saring dan kemudian diukur 100 ml.
2. Ditambahkan 10 ml larutan HNO3 pekat.

3. Dipanaskan dalam wadah Erlenmeyer diatas hot plate sampai volumenya berkurang menjadi 35 ml, kemudian diendapkan.
4. Disaring fasa airnya dengan kertas saring Whatman.
5. Dianalisis larutan dengan menggunakan alat Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen yaitu diambil secara langsung dilapangan (in situ) sebanyak 500 gram setiap stasiun menggunakan ekmen grab sampler, kemudian dimasukkan kedalam plastik bening, diberikan label penanda dan diletakkan dalam coolbox.

Analisis sampel sedimen dilakukan di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat. Adapun prosedur analisis tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dibersihkan sampel dari benda-benda asing seperti potongan plastik, daun atau benda lainnya yang bukan contoh uji.
2. Dikeringkan contoh uji pada suhu ruang.
3. Digerus contoh uji dan dihomogenkan.
4. Ditimbang contoh uji seberat ± 1 g dimasukkan ke dalam beacker glass 250 ml, kemudian ditambahkan HNO3(p) sebanyak 25 ml kemudian dipanaskan hingga sampel menjadi 20 ml setelah itu ditunggu sampai sampel dingin.
5. Ditambahkan 10 ml HClO4(p).
6. Dipanaskan kembali sampai muncul uap putih setelah itu dimasukkan sampel ke dalam labu ukur 100 ml.
7. Ditambahkan akuades sampai tanda tera, kemudian dihomogenkan.
8. Disaring sampel dengan menggunakan kertas whatman ke dalam tabung reaksi 100 ml.

- Dianalisis sampel dengan menggunakan AAS.

Pengambilan Sampel Ikan

Pengambilan sampel ikan dilakukan di tiga stasiun penelitian secara *in situ* di lapangan menggunakan alat tangkap jaring dengan total keseluruhan 3 ekor ikan dengan ukuran konsumsi. Ikan yang didapat dibersihkan dari lumpur yang menempel kemudian dimasukkan kedalam coolbox.

Metode pengambilan sampel dilakukan dengan cara purposive sampling yang dikenal juga sebagai sampling pertimbangan, dimana sampel ditentukan atas dasar pertimbangan bahwa sampel yang diambil dapat mewakili populasi (Sudjana, 2009).

Analisis sampel ikan dilakukan di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat. Adapun prosedur analisis tersebut adalah sebagai berikut:

- Dibersihkan sampel ikan dari sisik dan isi perutnya, kemudian dicuci dengan air sampai bersih dan dibilas tiga kali dengan menggunakan air bebas mineral.
- Dikeringkan dalam oven pada suhu 1000 oC sampai kering dan didapat berat konstan.
- Ditimbang ikan seberat 3 g pada cawan porselin, kemudian masukkan ke dalam furnace dengan suhu 550 oC
- selama 5 – 6 jam sampai ikan menjadi abu.
- Dimasukan ikan ke dalam beacker glass 250 ml, kemudian ditambahkan HNO3(p) sebanyak 25 ml, kemudian dipanaskan hingga sampel menjadi 20 ml, setelah itu ditunggu sampai sampel dingin.
- Ditambahkan 10 ml HClO4(p), kemudian dipanaskan kembali sampai muncul uap putih, setelah itu dimasukkan sampel kedalam labu ukur 100 ml.
- Ditambahkan akuades sampai tanda tera, kemudian dihomogenkan.
- Disaring sampel dengan menggunakan kertas saring whatman kedalam tabung reaksi 100 ml.
- Dianalisis sampel dengan menggunakan alat Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

Analisis Data

Konsentrasi Sebenarnya

Untuk mendapatkan konsentrasi logam berat sebenarnya pada sedimen dan ikan sesuai

standar operasional prosedur digunakan persamaan (Hutagalung dan Sutomo, 1999) sebagai berikut :

$$\text{Kadar Logam Berat (mg/kg)} = \frac{\text{K.AAS (mg/kg)} \times \text{Larutan Sampel (ml)}}{\text{Berat Sampel (gr)}}$$

Untuk mendapatkan kandungan logam berat sebenarnya pada air, maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Logam Berat (mg/L)} = \frac{\text{K.AAS (mg/L)} \times \text{Larutan Sampel ml}}{\text{Berat Sampel (ml)}}$$

Dimana K.AAS adalah Konsentrasi yang tertera pada alat AAS, Larutan Sampel adalah Volume larutan sampel pada saat pengujian dan Berat Sampel adalah Berat sampel yang akan diuji

Standar Baku Mutu

Hasil analisis logam berat terhadap air, sedimen dan ikan selanjutnya akan dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas (NAB) menurut standar baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Fisika dan Kimia Air

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil dari pengukuran parameter fisika secara *in situ* dan kimia air secara *ex situ*, dimana nilai-nilai parameter fisika dan kimia air di lokasi penelitian perairan Kota Dumai dapat dilihat pada Tabel 1.

Suhu Perairan

Suhu permukaan laut adalah suhu air yang berada di permukaan laut diukur pada kedalaman 1 meter. Pengukuran dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung menggunakan thermometer dan pengukuran tidak langsung menggunakan sensor satelit (citra satelit). Pada penelitian ini, pengukuran suhu stasiun I, II, dan III dilakukan menggunakan thermometer. Namun hasil pengukuran yang didapat menunjukkan nilai suhu di ketiga stasiun berada pada baku mutu air laut dan memiliki variasi suhu dengan nilai relatif kecil. Sari et. al., (2015) menyatakan bahwa distribusi suhu air laut di suatu perairan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya ialah radiasi sinar matahari, kedalaman, letak geografis, angin dan musim.

Tabel 1. Nilai Parameter Fisika Dan Kimia Air Di Lokasi Penelitian Kota Dumai

Parameter	Satuan	Stasiun			Baku Mutu
		1	2	3	
Fisika					
1. Suhu	°C	29,1	30,2	30	28-32*
2. Salinitas	(%)	28	25	24	29-34*
Kimia					
1. pH	-	7,8	7,8	7,4	7-8,5*
2. DO	mg/l	4,16	5,49	5,1	>5*
3. Cd	mg/l				0,01*
4. Pb	mg/l				0,05*

*) Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kisaran suhu di lokasi penelitian adalah 29,1-30,2 °C dengan rata-rata suhu perairan 29,76 °C. Kondisi suhu perairan seperti ini umumnya masih bisa ditolerir oleh biota laut di tiga stasiun penelitian tersebut. Kisaran suhu tersebut masih berada pada level normal, berdasarkan standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 untuk biota laut yaitu antara 28–32 °C. Hal ini berarti bahwa suhu perairan tiga stasiun penelitian Kota Dumai masih mendukung kehidupan organisme yang ada di dalamnya dan kisaran tersebut juga memperlihatkan bahwa tidak ada lonjakan yang berarti dari suhu. Aktivitas biologis-fisiologis di dalam ekosistem perairan sangat dipengaruhi oleh suhu. Menurut Effendi (2003) kenaikan suhu akan meningkatkan laju metabolisme pada organisme. Wahyuningrum *et al.* (2016), menyatakan bahwa batas toleransi biota laut terhadap suhu tergantung pada spesies, umumnya suhu di atas 35 °C dapat menekan pertumbuhan populasi biota laut.

Salinitas

Menurut Izzati (2008) salinitas merupakan faktor kimia yang mempengaruhi sifat fisik air, diantaranya adalah tekanan osmotik dan densitas air. Salinitas perairan laut yang normal berkisar antara 33 % hingga 37 %. Salinitas berpengaruh terhadap proses fisiologis seluruh organisme yang hidup dalam perairan tersebut. Pambudiarto (2010), tinggi rendahnya salinitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, penguapan, curah hujan, banyak sedikitnya sungai yang bermuara di laut tersebut, konsentrasi zat terlarut dan pelarut. Semakin tinggi konsentrasi suatu larutan maka semakin tinggi pula daya serap garam tersebut untuk menyerap air.

Kadar salinitas di lokasi penelitian berkisar antara 24–28 %, dengan rata-rata salinitas 25,6 %. Kondisi salinitas pada masing-masing stasiun penelitian menunjukkan nilai yang relatif lebih rendah, sementara kadar salinitas untuk pertumbuhan optimal biota laut adalah berkisar antara 29-34 % (Keputusan Menteri Lingkungan

Hidup No. 51 tahun 2004). Secara spasial, gradien salinitas dapat terjadi baik secara vertikal maupun horizontal, sedangkan secara temporal bergantung pada musim dan siklus pasang surut air laut (Higgins & Thiel 1988; Giere 1993). Menurut Wetzel (1975), salinitas akan meningkat seiring dengan meningkatnya kedalaman. Diduga salinitas yang rendah disebabkan oleh curah hujan yang tinggi, sedangkan salinitas yang tinggi disebabkan terjadinya proses penguapan yang tinggi dan sedikit pasokan air tawar ke dalam perairan tersebut. Menurut Zulfiandi *et al.* (2012), kisaran salinitas 21-33,3 % tergolong layak untuk kehidupan biota laut.

Derajat Keasaman (pH)

Menurut Wetzel (2001) bahwa nilai pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebebasan suatu perairan dan nilai pH berhubungan dengan konsentrasi karbondioksida di perairan. Perairan yang memiliki karbondioksida tinggi akan menyebabkan pH perairan menjadi rendah karena akan membentuk asam karbonat. Horne dan Goldman (1994) mengemukakan secara umum perubahan pH harian dipengaruhi oleh suhu, oksigen terlarut, fotosintesis, respirasi organisme dan keberadaan ion dalam perairan. Organisme akuatik sangat sensitive terhadap perubahan pH. Nilai pH ideal untuk perairan adalah 6,5-8,5.

Hasil pengukuran pH di lokasi penelitian nilai pH berkisar antara 7,4–7,8, dengan nilai rata-rata 7,6. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi perairan di lokasi penelitian masih tergolong bagus karena masih berada pada kisaran normal untuk perairan laut dan estuari. Sementara itu kisaran nilai pH di setiap titik penelitian cukup baik untuk kehidupan biota laut, sesuai pernyataan Effendi (2003), bahwa sebagian besar biotik aquatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH berkisar 7,0–8,5. Berdasarkan nilai ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 tahun 2004, dimana kandungan pH perairan berkisar antara 7-8,5. Kondisi perairan yang sangat basa

maupun sangat asam akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan mengganggu proses metabolisme dan respirasi (Hamuna et al, 2018). Kadar asam basa suatu perairan mempengaruhi baik buruknya kualitas perairan kerana berdampak terhadap adaptasi organisme yang hidup di dalamnya.

Oksigen Terlarut (DO)

Menurut Desriyan et. al., (2015), oksigen terlarut (Dissolved Oxygen) atau sering juga disebut dengan kebutuhan oksigen (Oxygen demand) merupakan salah satu parameter penting dalam analisis kualitas air. Nilai DO yang biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi ini menunjukkan jumlah oksigen (O_2) yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang baik. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Kebanyakan ikan pada beberapa perairan tercemar mati bukan karena daya racun bahan buangan secara langsung tetapi karena kekurangan oksigen dalam perairan akibat digunakan untuk proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme (Sugianti dan Astuti, 2018).

Berdasarkan hasil pengukuran oksigen terlarut di lokasi penelitian berkisar antara 4,16 – 5,49 mg/l, dengan rata-rata 4,92 mg/l. Nilai DO tersebut masih dalam kondisi normal untuk menunjang kehidupan biota laut. Sudarja (1987), mengatakan bahwa kadar DO yang dibutuhkan oleh biota laut berkisar 1,00–3,00 mg/l. Semakin besar kadar DO dalam suatu ekosistem, maka semakin baik pula kehidupan biota yang mendiaminya. Secara umum nilai kandungan oksigen terlarut (DO) di lokasi penelitian masih berada di atas nilai ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 tahun 2004, dimana kandungan oksigen terlarut harus lebih besar dari nilai 5 mg/l. Kadar oksigen terlarut berfluktuasi secara harian dan musiman tergantung pada pencampuran (mixing) dan pergerakan (turbulence) massa air, aktifitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air (Effendi, 2003). Konsentrasi oksigen terlarut erat kaitannya dengan konsentrasi TSS, BOD dan COD. Semakin tinggi konsentrasi TSS perairan semakin keruh dan akan mengganggu proses fotosintesis, akibatnya kandungan oksigen terlarut dalam kolom air juga berkurang. Menurut Ridwan et al. (2016) kehidupan biota dapat bertahan jika kandungan oksigen terlarut minimum sebanyak 5 mg/l. Organisme di dalam air seperti ikan (Yanto et al, 2020) dan (Apriadi et al, 2020) membutuhkan oksigen untuk pembakaran dan melakukan aktivitas. Selain itu oksigen berperan dalam dekomposisi bahan organik.

Kandungan dan status logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan sedimen di perairan Kota Dumai

Analisa besar kandungan logam berat kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan sedimen dilakukan secara ex situ di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat. Hasil yang didapat dari analisa tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan tabel 2 dapat dijelaskan bahwa hasil analisis Timbal (Pb) pada sampel air di seluruh stasiun, nilai stasiun II dan III mempunyai nilai yang sama, yaitu sebesar $< 0,003$ mg/l. Berbeda dengan sampel air pada stasiun I, yaitu sebesar 0,05 mg/l. Dapat dilihat bahwa perbedaan nilai antara stasiun II dan III dengan stasiun I cukup besar, dimana selisih nilainya adalah 0,05 mg/l. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, perairan Kota Dumai sudah melampaui nilai ambang batas Timbal (Pb) yaitu 0,05 mg/l dan masuk dalam kategori tercemar. Begitu juga dengan hasil analisis Kadmium (Cd), pada stasiun penelitian I dan II mempunyai nilai yang sama yaitu sebesar 0,17 mg/l. berbeda dengan sampel air pada stasiun III, yaitu sebesar 0,16 mg/l. Perbedaan nilai antara ketiga stasiun ini juga cukup besar dimana selisihnya adalah 0,01 mg/l. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 (2004), perairan Kota Dumai sudah melampaui nilai ambang batas Kadmium (Cd) yaitu 0,01 mg/l dan masuk dalam kategori tercemar.

Kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) yang cukup tinggi di ketiga stasiun tersebut diakibatkan oleh banyaknya aktivitas limbah rumah tangga dan aktivitas industri, bahkan pada stasiun I dan II berada pada daerah Industri Semen dan minyak CPO. Nur (2013) menyatakan bahwa logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) melalui persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan perairan karena adanya kegiatan manusia, seperti peleburan dan penyulingan minyak dapat menyebabkan hamburan dan penimbunan sejumlah besar logam runutan ke saluran pembuangan disekitarnya atau pengeluaran langsung ke dalam lingkungan perairan, dari cairan limbah rumah tangga oleh sampah-sampah metabolismik, kondisi pipa-pipa air dan produk-produk konsumen lainnya. Sumber pencemaran logam berat khususnya unsur Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) berasal dari limbah industri, rumah tangga atau limbah domestik, dan tumpahan atau bocoran bahan bakar perahu atau kapal (Permanawati et al., 2013).

Tabel 2. Kandungan dan Status Logam Berat Cd dan Pb pada Air dan Sedimen Di Stasiun Penelitian Perairan Kota Dumai

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji setiap Stasiun					
			Air			Sedimen		
			1	2	3	1	2	3
1.	Timbal (Pb)	Mg/l	0,08	<0,003	<0,003	1,03	0,69	0,89
2.	Kadmium (Cd)	Mg/l	0,17	0,17	0,16	0,16	0,09	0,07
	Baku Mutu			0,001*			0,8**	

Keterangan:

*) Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004

**) International Association of Dredging Companies dan Central Dredging Association (IADC/DECA) Tahun 1997

Pada tabel juga memperlihatkan besarnya nilai cemaran logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) di perairan Kota Dumai pada tiga stasiun. Meskipun nilai Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) hampir di seluruh stasiun penelitian melewati baku mutu, tetapi saja Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) sudah bersifat racun pada kadar yang cukup rendah. Budi P. et. al (2022) menyatakan pada kadar yang cukup rendah logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam perairan sudah bersifat racun. Toksisitas Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) terhadap hewan air meningkat dengan menurunnya kadar oksigen dan kesadahan dan meningkatnya pH dan suhu. Akibat yang ditimbulkan dari keracunan Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) berupa tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, jaringan testikular dan sel-sel darah merah hingga merusak tulang.

Sedimen pada stasiun I, II, dan III di perairan Kota Dumai adalah jenis sedimen lumpur. Stasiun I berada pada jalur hilir sungai masjid, stasiun II juga berada pada jalur hilir sungai dumai dan stasiun III berada pada kawasan industri konstruksi dan kawasan penyeberangan masyarakat Kota Dumai Ke Pulau Rupat. Ketiga lokasi ini lebih banyak membawa bahan organik dan industri, seperti industri CPO, semen dan cairan limbah rumah tangga oleh sampah-sampah metabolismik, kondisi pipa-pipa air dan produk-produk konsumen lainnya, sehingga logam yang terbawa akan menuju ke dasar perairan dan mengendap di sedimen. Robi et. al (2021) mengemukakan bahwa logam berat pada lingkungan perairan akan diserap oleh partikel dan kemudian terakumulasi di dalam sedimen. Logam berat memiliki sifat mengikat partikel lain dan bahan organik kemudian mengendap didasar perairan dan bersatu dengan sedimen lainnya. Hal ini menyebabkan konsentrasi logam berat di dalam sedimen biasanya lebih tinggi daripada di perairan.

Pada tabel 2 telah disajikan hasil analisis kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sedimen yang diteliti di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik

No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat. Nilai logam berat Timbal (Pb) tertinggi pada sedimen adalah di stasiun I dengan kedalaman 4-6 meter sebesar 1,03 mg/l, kemudian stasiun III sebesar 0,89 mg/l dan stasiun II sebesar 0,69 mg/l. Nilai Kadmium (Cd) tertinggi pada sedimen adalah di stasiun I sebesar 0,16 mg/l, kemudian stasiun II sebesar 0,09 mg/l dan stasiun III sebesar 0,07 mg/l.

Dari gambaran nilai di atas dapat dilihat bahwa kadar logam berat Timbal (Pb) lebih tinggi dari pada kadar logam berat Kadmium (Cd) di semua lokasi pengambilan sampel. Hal ini mengindikasikan bahwa perairan Kota Dumai menerima masukan logam berat Timbal (Pb) lebih banyak dibandingkan dengan logam berat Kadmium (Cd). Logam berat Pb masuk ke perairan melalui buangan air ballast kapal dan emisi mesin berbahan bakar minyak yang digunakan sebagai anti knock pada mesin. Premium digunakan sebagai bahan bakar pada mesin alat transportasi. Timbal (tetraethyl lead) merupakan bahan logam timah hitam yang ditambahkan ke dalam bahan bakar berkualitas rendah untuk menaikkan nilai oktan bahan bakar sehingga bila digunakan mesin akan terhindar dari bising.

Selain itu Timbal (Pb) juga berfungsi sebagai pelumas untuk kerja antar katup untuk mencegah terjadinya ledakan saat berlangsungnya pembakaran dalam mesin (Palar, 1994). Timbal juga digunakan sebagai bahan campuran dalam cat yang berguna untuk mempercepat proses pengeringan lapisan melalui oksidasi dan polimerisasi di dalam usaha perbaikan kapal (Nasution dan Siska, 2011). Limbah rumah tangga, pertambangan, industri, pertanian dan deposisi dari atmosfer ke laut dapat meningkatkan konsentrasi logam Cd di air dan sedimen (Efendi, 2015).

Berdasarkan IADC/DECA tahun 1997, IADC/DECA tahun 1997, nilai logam berat Timbal (Pb) sedimen pada stasiun I dan III dan nilai Kadmium (Cd) pada stasiun I dan II dikategorikan sudah tercemar karena sudah melewati ambang batas baku mutu yaitu 0,8 mg/l. hal tersebut disebabkan oleh limbah industry, limbah rumah

tangga dan adanya aktifitas pelabuhan. Ho M.L et. al (2021) menyatakan terjadinya endapan logam berat pada sedimen dikarenakan masuknya limbah antropogenik (industri, pertanian, transportasi, rumah tangga), ditambah sifat alami logam yang persisten dan mudah mengikat partikel halus, sehingga akhirnya terakumulasi dan tersimpan di dasar perairan.

Kandungan dan status logam berat kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada ikan di perairan Kota Dumai

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat, kandungan kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada daging ikan pada masing-masing stasiun penelitian dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kandungan dan Status Logam Berat Cd dan Pb pada Ikan Di Stasiun Penelitian Perairan Kota Dumai

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji setiap Stasiun			Baku Mutu
			1	2	3	
1.	Timbal (Pb)	Mg/l	< 0,07	< 0,01	< 0,01	0,05*
2.	Kadmium (Cd)	Mg/l	0,02	< 0,07	< 0,07	0,01*

*) Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004

Adanya pencemaran logam berat pada ikan harus diwaspada karena sifat logam berat yang dapat terakumulasi ke dalam tubuh biota dengan cepat. Berdasarkan hasil analisis di Laboratorium Kantor Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Padang. Jalan Raya Lik No. 23 Ulu Gadut Limau Manis Selatan, Pauh Padang Provinsi Sumatera Barat, ada beberapa jeni ikan yang diamati yaitu stasiun I ikan Biang (*Ilisha elongata*), stasiun II ikan Bawal Putih (*Pampus argenteus*) dan stasiun III ikan Senagin (*Eleutheroneura tetradactylum*). Daging ikan yang diamati setiap stasiun penelitian memiliki kandungan logam berat kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada daging ikan di stasiun penelitian I sebesar <0,07 mg/l melebihi ambang batas baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yaitu 0,05 mg/l, dan stasiun penelitian II dan III sama yaitu <0,01 di bawah ambang batas baku mutu. Sementara itu logam berat Kadmium (Cd) di stasiun penelitian I sebesar 0,02 mg/l, stasiun penelitian II dan III sama yaitu <0,07 mg/l. Kandungan logam berat Kadmium (Cd) di semua stasiun penelitian melebihi ambang batas baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yaitu 0,01 mg/l.

Jika dilihat dari sumber datangnya cemaran logam berat di tiga stasiun penelitian dapat dikatakan lebih mudah tercemar logam berat karena berdekatan dengan aktivitas hilir sungai yang membawa limbah yang berasal dari industri dan rumah tangga. Azmul et.al (2025) menyatakan bahwa terjadinya pencemaran logam berat Kadmium (Cd) dan Kadmium (Cd) pada ikan disebabkan oleh banyaknya aktivitas yang terjadi di hulu perairan seperti kegiatan pertanian, pertambangan, dan rumah sakit, pelabuhan laut dan depot pertamina sehingga

memungkinkan limbah Pb lebih banyak terakumulasi pada area ini.

Selain itu adanya kadar logam berat Kadmium (Cd) dan Kadmium (Cd) pada ikan disebabkan oleh pengendapan logam berat tersebut pada sedimen, kemudian akan berasosiasi dengan sistem rantai makanan sehingga masuk ke dalam tubuh biota perairan melalui plankton kemudian zooplankton dan selanjutnya dikonsumsi oleh ikan (Chairil et al., 2022).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa parameter fisika dan kimia didapatkan nilai suhu perairan 29,1-30,2 °C dengan rata-rata 29,76 °C, salinitas 24–28 %, dengan rata-rata 25,6 %, pH 7,4–7,8, dengan nilai rata-rata 7,6, oksigen terlarut (DO) 4,16 – 5,49 mg/l, dengan rata-rata 4,92 mg/l. berdasarkan standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 untuk biota laut bahwa parameter fisika dan kimia perairan Kota Dumai masih mendukung kehidupan organisme yang ada di dalamnya. Parameter fisika dan kimia lokasi penelitian perairan Kota Dumai.

Hasil analisis Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sampel air, dimana nilai Timbal (Pb) stasiun II dan III mempunyai nilai yang sama sebesar < 0,003 mg/l, berbeda dengan stasiun I sebesar 0,05 mg/l. Nilai Kadmium (Cd) stasiun I dan II mempunyai nilai yang sama yaitu sebesar 0,17 mg/l, berbeda dengan stasiun III, yaitu sebesar 0,16 mg/l. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, perairan Kota Dumai sudah melampaui nilai ambang batas Timbal (Pb) yaitu lebih besar dari 0,001 mg/l dan masuk dalam kategori tercemar. Nilai logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

pada sampel sedimen, dimana nilai Timbal (Pb) tertinggi pada stasiun I sebesar 1,03 mg/l, stasiun III sebesar 0,89 mg/l dan stasiun II sebesar 0,69 mg/l. Nilai Kadmium (Cd) tertinggi pada stasiun I sebesar 0,16 mg/l, stasiun II sebesar 0,09 mg/l dan stasiun III sebesar 0,07 mg/l. Berdasarkan IADC/DECA tahun 1997, nilai logam berat Timbal (Pb) sedimen pada stasiun I dan III dan nilai Kadmium (Cd) pada stasiun I dan II dikategorikan sudah tercemar karena sudah melewati ambang batas baku mutu yaitu 0,8 mg/l. Kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada sampel daging ikan dimana nilai Timbal (Pb) stasiun penelitian I sebesar <0,07 mg/l dan stasiun penelitian II dan III nilai sama yaitu <0,01. Nilai Kadmium (Cd) stasiun I sebesar 0,02 mg/l, stasiun II dan III nilai sama yaitu <0,07 mg/l. logam berat Timbal (Pb) sampel ikan di stasiun I, dan logam berat Kadmium (Cd) sampel ikan semua stasiun penelitian sudah melebihi ambang batas baku mutu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 yaitu sebesar 0,01 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin B., Ahmad I., Aziz A., Chee K.Y., Mohd S.K (2009) Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. Springer Nature. Volume 148, pages 291–305, (2009).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-008-0159-z>.
- Apriadi, T., Muzammil, W., Melani, W.R., Safitri, A. (2020). Struktur Komunitas Makrozoobenthos Di Aliran Sungai Di Senggarang, Pulau Bintan, Kepulauan Riau. Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan 9 (1): 119-130.
- Azmul F. N., Magdalena L., Ambeng. (2025). Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Daging Ikan Kuniran Upeneus sulphureus Cuvier di Teluk Palu Kota Palu. Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan 16 (1), (2025). 49 – 56.
https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2/article/view/43860?utm_source=chatgpt.com
- Budi P., Akhmad R., dan Ristiana E. (2022). Kandungan logam berat timbal (pb), kadmium (cd) dan tembaga (cu) pada air dan sedimen di muara perairan kecamatan muara jawa kabupaten kutai kartanegara. Tropical Aquatic Sciences, Vol 1(1):62-68. E-ISSN: 2987-6753. <https://ejournals2.unmul.ac.id/index.php/mes/article/view/474/177>
- Chairil A., Djuhria W., Eunike M., (2022). Logam berat timbal (pb) dan kadmium (cd) pada beberapa jenis ikan demersal di perairan teluk manado, sulawesi utara. Media Teknologi Hasil Perikanan Desember2022, 10(3): 198–202. <https://ejournal.unsat.ac.id/v3/index.php/jmhp/article/view/43909/40262>
- Desriyan, R., E. Wardhani dan K. Pharmawati. (2015). Identifikasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot sampai Nanjung. Vol 3 (1).
- Efendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Efendi, E., (2015). Akumulasi Logam Cu, Cd dan Pb pada Meiofauna Intertidal dan Epifit di Ekosistem Lamun Monotopic (Enhalus Acoroides) Teluk Lampung, Aquasains. [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=313789&val=4014&title=Akumulasi%20Logam%20Cu,%20Cd%20dandan%20Pb%20Pada%20Meiofauna%20Intertidal%20Dan%20Epifit%20Di%20Ekosistem%20Lamun%20Monotopic%20\(Enhalus%20Acoroides\),](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=313789&val=4014&title=Akumulasi%20Logam%20Cu,%20Cd%20dandan%20Pb%20Pada%20Meiofauna%20Intertidal%20Dan%20Epifit%20Di%20Ekosistem%20Lamun%20Monotopic%20(Enhalus%20Acoroides),) diakses 13 Agustus 2015.
- Giere, O. (1993). Meiobenthology. The Microscopic Fauna in Aquatic Sediment. Springer-Verlag, London.
- Hamuna, B., R. H. R. Tanjung., Suwito., H. K. Mauri dan Alianto. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika
- Higgins, R.P., H. Thiel. (1988). Prospectus dalam Higgins R.P., & Thiel, H. (ed). Introduction to the study of meiofauna. London: Smithsonian Institution Pr. Hlm 11-13.
- Ho M.L., Kwai C.C., Chi K.A., Ken K.L.Y., Wai C.L. (2021). An assessment of heavy metal contamination in the marine soil/sediment of Coles Bay Area, Svalbard, and Greater Bay Area, China: a baseline survey from a rapidly developing bay. SHORT RESEARCH AND DISCUSSION ARTICLE. Environmental Science and Pollution Research (2021) 28:22170–22178.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-021-13489-2>.
- Horne, A.J. dan C.R. Goldman. (1994). Understanding Lake Ecology. Overview. New York, USA.
- Hutagalung, P. H dan Sutomo. (1999). Logam Berat dalam Lingkungan Laut. Pewarta Oceana IX NO 1.
- IADC/CEA. (1997). Convention, Codes, and Conditions: Mmarine Disposal. Environmental Aspects of Dredging 2a. 71 hal.
- Izzati, M. (2008). Kejernihan dan Salinitas Perairan Tambak setelah Penambahan

- Rumput Laut *Sargassum plagyophyllum* dan Ekstraknya. Vol 10 (2) : 41- 45.
- Nasution, S dan Siska M. (2011). Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Siput *Strombus Canarium* Di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan. PPS Universitas Riau.* Vol 5 No 2 Hal 82-93.
- Pambudiarto, N. M. (2010). Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Garam (Salinitas) Berbasis Mikrokontoler AT89S51. [Skripsi]. Universitas Negeri Semarang.
- Permanawati, Y., Zuraida, R., & Ibrahim, A. (2013). Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd, Dan Cr) dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan*, 11(1), 9-16.
- Preetismita B., Manish K., Pooja D (2020). Chapter 2 - Types of inorganic pollutants: metals/metalloids, acids, and organic forms. *Inorganic Pollutants In Water*. 2020, Pages 17-31. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818965-8.00002-0>
- Robi, A.B., Aritonang, Mega S. Juane S. (2021). Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Samudera Indah Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, Vol. 4 No. 1 (Februari, 2021), Hal. 20-28. ISSN : 2614-6142 (Printed), 2614-8005. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/lk/article/view/44922/pdf>
- Sudjana. (2009). Metode Statistika. Edisi Keenam. Bandung: Tarsito.
- Sudarja. (1987). *Ekosistem Estuari*. Jakarta: Djambatan
- Sugianti, Y., & Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203. <https://doi.org/10.29122/itl.v19i2.2488>
- Shovina P dan Partaya S, (2022). Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Daging Ikan di Tanjung Mas Semarang. *Life Science* 11 (2) (2022). <http://jurnal.unnes.ac.id/sju/index.php/LifeSci>
- Wahyuningrum, E.S., Muskananfol, M.R., Suryanto, A. (2016). Hubungan Tekstur Sedimen, Bahan Organik dengan Kelimpahan Biota Makrozoobentos di Perairan Delta Wulan, Kabupaten Demak. *Management Of Aquatic Resources* 5(1): 46-51.
- Wetzel, R. G. (1975). *Limnology*. W. B Saunders Co. Philadelphia, Pennsylvania. 743p
- Wetzel, R.G. (2001). *Lake and River Ecosystems*. Academic Press.
- Yanto, F., Susiana, Muzammil, W. (2020). Utilization Rate of Brown Strip Red Snapper (*Lutjanus vitta*) on Mapur Waters that Landing in Kelong Village, Bintan Pesisir Sub District, Bintan Regency. *Jurnal Pengelolaan Perikanan Tropis (Journal of Tropical Fisheries Management)* 4(2): 1-9.
- Zulfiandi., Zainuri, M., & Hartati, R. (2012). Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Pandansari Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Jurnal of Marine Research*, 1(1): 62-66.

