



Jurnal Sains Akuakultur Tropis
Departemen Akuakultur
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275
Telp. (024) 7474698, Fax.: (024) 7474698
Email: sainsakuakulturtropis@gmail.com, sainsakuakulturtropis@undip.ac.id

STATUS KUALITAS AIR UNTUK PENILAIAN LINGKUNGAN SEKITAR TAMBAK EKSTENSIF DI BALIKPAPAN, KALIMANTAN TIMUR

Water quality status for environmental assessment of surrounding extensive brackishwater pond in Balikpapan City, East Kalimantan Province

Aulia Firda Melati, Eddy Supriyono*, Yuni Puji Hastuti, Kukuh Nirmala

Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries and Marine Science, IPB University, Jl. Raya Dramaga
Kampus IPB, Dramaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat-16680, Indonesia.

* Corresponding author: eddy_supriyono@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Muara Sungai Salok Api di Kota Balikpapan secara geografis terletak tepat di seberang Selat Makassar yang merupakan kawasan strategis penunjang perekonomian kota disekitarnya. Lingkungan perairan di daerah aliran sungai manapun bertindak sebagai pembawa berbagai polutan dan mempengaruhi kualitas air di area muara sungai. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengkaji dan mengidentifikasi polutan yang mengalir ke lingkungan perairan sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan untuk keperluan kegiatan budidaya perikanan. Metode STORET digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan status mutu air. Data kualitas air dikumpulkan di enam lokasi berbeda di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan pada bulan Februari – Maret tahun 2023. Parameter kualitas air yang dianalisis sebanyak 13 parameter yaitu kecerahan, suhu, TDS, EC, salinitas, pH, DO, amonia, nitrit, nitrat, fosfat, BOD, dan COD ditentukan di enam lokasi untuk menilai indeks STORET masing-masing lokasi. Rata-rata indeks STORET di enam lokasi adalah -32, -26, -26, -26, -26, dan -38. Hasil penelitian menunjukkan bahwa empat lokasi tergolong cemar sedang dan dua lokasi lainnya tergolong cemar berat. Indeks STORET pada setiap lokasi terbilang tinggi, dan implikasinya adalah bahwa area tersebut memiliki status kualitas air yang sedang hingga buruk karena beberapa parameter seperti EC, salinitas, pH, DO, amonia, fosfat, dan COD.

Kata kunci: Ekstensif, indeks STORET, Kota Balikpapan, kualitas air, tambak.

Abstract

The estuary of Salok Api River in Balikpapan City is geographically located right across the Makassar Strait which is a strategic area supporting the economy of the surrounding city. The aquatic environment in any watershed acts as a carrier of various pollutants and affects the water quality in the estuarine area. The main objective of this study is to assess and identify pollutants that flow into the water environment around extensive ponds in Balikpapan City for aquaculture activities. The STORET method was used in this study to determine the water quality status. Water quality data were collected at six different locations around extensive ponds in Balikpapan City in February - March of 2023. A total of 13 water quality parameters (brightness, temperature, TDS, EC, salinity, pH, DO, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, BOD, and COD) were analyzed at six sites to assess the STORET index at each site. The average STORET index at the six sites was (-32, -26, -26, -26, -26, and -38). The results showed that four sites were classified as moderately polluted and the other two sites were classified as heavily polluted. The STORET index at each location is high and the implication is that the area has moderate to poor water quality status due to several parameters such as EC, salinity, pH, DO, ammonia, phosphate, and COD.

Keywords: Balikpapan city, brackishwater, extensive pond, STORET index, water quality

PENDAHULUAN

Muara Sungai Salok Api di Kota Balikpapan secara geografis terletak tepat di seberang Selat Makassar yang merupakan kawasan strategis penunjang perekonomian kota disekitarnya. Aktivitas manusia seperti kegiatan penangkapan ikan, transportasi air, dan limbah dari pemukiman dapat berpengaruh terhadap kualitas air di perairan muara Sungai Salok Api. Umumnya, perairan ini menjadi sumber air untuk kegiatan budidaya

tambak ekstensif yang berpusat di Kelurahan Teritip, Kota Balikpapan. Kondisi kualitas air di perairan sekitar tambak ekstensif ini perlu dipantau secara berkala untuk evaluasi status mutu lingkungannya. Melalui sistem pemantauan berkala ini, diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai perubahan kondisi perairan sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan secara berkesinambungan dan menjadi dasar ilmiah bagi rekomendasi pengelolaan daerah muara dan pesisir di sekitar lokasi tersebut. Informasi ini dapat dijadikan salah satu acuan dalam penentuan kebijakan pengelolaan ruang yang mampu mendukung kegiatan budidaya, meningkatkan produktivitas, serta menjaga keberlanjutannya.

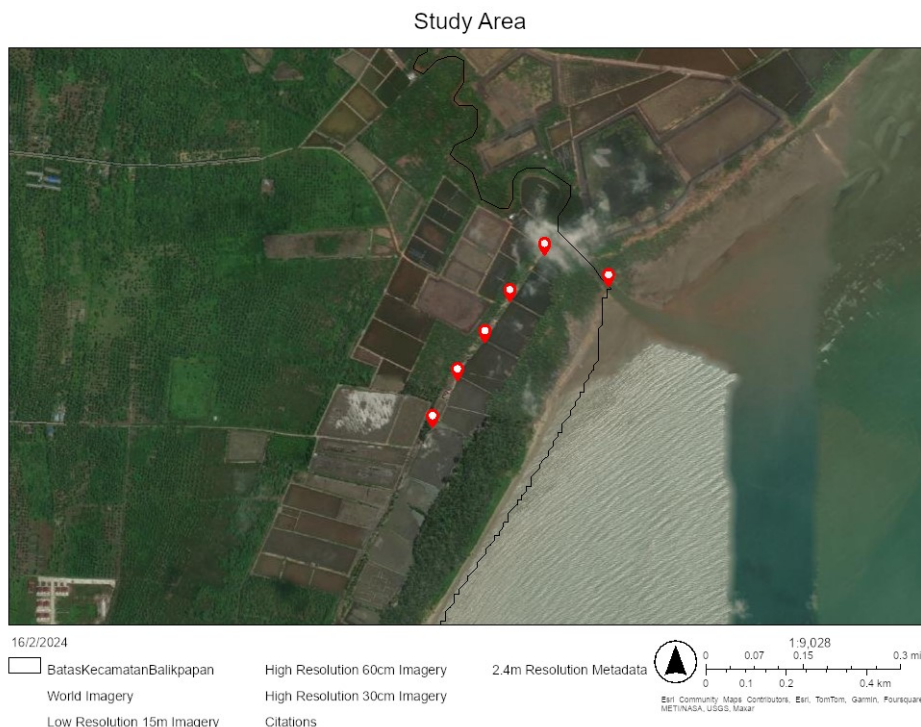
Kota Balikpapan di Provinsi Kalimantan Timur kaya akan sumber daya pesisir dan laut dan juga hasil produksi perikanan budidaya air payau maupun tambak sistem ekstensif (BPS, 2023). Kecamatan Balikpapan Timur, Kota Balikpapan memiliki wilayah pesisir paling luas dimana banyak pembudidaya ikan yang bermukim. Budidaya air payau membutuhkan tempat pemeliharaan yang sesuai secara fisik, kimia, biologi, dan ekologi untuk menjamin kehidupan komoditas yang dibudidayakan. Wilayah pesisir harus menanggung tekanan dan perubahan lingkungan yang cepat, mengikuti bisnis akuakultur (Firman *et al.*, 2019). Laju pemanfaatan lahan menyebabkan perubahan ekosistem, tipologi pesisir, karakteristik, dan daya dukung, serta potensinya (Sugianto *et al.*, 2022). Selain itu, wilayah pesisir berfungsi sebagai peralihan ekosistem daratan dan lautan, dengan karakteristiknya masing-masing, dan peka terhadap perubahan kondisi lingkungan di sekitarnya (Niemela *et al.*, 2015). Meningkatnya tekanan penduduk dan industrialisasi di sepanjang wilayah pesisir menunjukkan bahwa perairan pesisir semakin rentan terhadap limbah domestik, pestisida, bahan kimia beracun, yang berpengaruh terhadap kualitas air (Mishra *et al.*, 2015; Landrigan *et al.*, 2020). Masalah utama di perairan pesisir adalah tingginya pencemaran yang mempengaruhi kualitas perairan. Polutan organik dan anorganik di perairan pesisir dapat mengganggu kualitas air, menyebabkan degradasi fungsi biologis, yang mempengaruhi kondisi air (Tanjung *et al.*, 2019). Kualitas air tergantung pada lingkungan dan ditentukan berdasarkan parameter fisika-kimia (Sukrismiati *et al.*, 2020).

Kualitas air sungai tergantung pada kandungan organisme hidup, kandungan bahan organik, dan kandungan mineral (Maina dan Yunusa 2020). Kualitas sumber air dari kanal yang baik berpotensi memberikan hasil produksi yang lebih baik dan budaya pengelolaan air yang baik. Sungai-sungai di daerah aliran sungai mana pun bertindak sebagai pembawa berbagai polutan, dan dengan demikian mempengaruhi kualitas air untuk daerah hilir maupun muara sungai tersebut. Nilai ekonomi setiap perairan menurun karena adanya polutan yang mempengaruhi kesehatan manusia dan kehidupan perairan lainnya (Lin *et al.*, 2022). Status mutu air adalah tingkat mutu air yang menunjukkan kondisi pencemaran suatu sumber air pada suatu waktu tertentu dibandingkan dengan baku mutu air yang telah ditetapkan. Status kualitas air dapat dievaluasi dengan menggunakan metode STORET (Masykur *et al.*, 2018). Perairan muara terletak pada titik terluar dari aliran air sungai sehingga berpotensi menjadi lokasi lingkungan perairan yang rentan tercemar. Oleh karena itu, pengembangan budidaya air payau memerlukan perhatian serius terhadap kualitas air karena bergantung pada sumber air yang berasal dari perairan muara. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan informasi *time-series* mingguan mengenai kualitas perairan berdasarkan pendekatan ekosistem di area sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan, khususnya di muara Sungai Salok Api. Tujuan ini dicapai dengan menganalisis status kualitas lingkungan perairan dan identifikasi sumber polutan yang mengalir ke lingkungan. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan metode STORET berdasarkan pada ketentuan Kepmen LH No. 115 Tahun 2003.

BAHAN DAN METODE

Area studi

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dan dilaksanakan pada bulan Februari hingga Maret 2023, bertempat di Kelurahan Teritip Kota Balikpapan tepatnya pada perairan sekitar tambak di hilir Sungai Salok Api yang berada di Kecamatan Balikpapan Timur. Penentuan titik pengambilan sampel air menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu cara penentuan titik pengambilan sampel air dengan melihat pertimbangan-pertimbangan oleh peneliti antara lain didasari atas kemudahan akses, biaya maupun waktu dalam penelitian, dan sebaran stasiun pengambilan sampel air dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut ini merupakan 6 (enam) titik lokasi pengambilan sampel air di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan yang dibagi menjadi stasiun-stasiun dalam penelitian ini sebagaimana yang disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Lokasi Pengamatan dan Pengambilan Sampel Kualitas Air

Tabel 1. Titik Koordinat Pengambilan Sampel

Lokasi	Titik Koordinat		Keterangan
	Lintang Selatan	Bujur Timur	
1	1°08'23.5"S	117°01'17.4"E	Tambak ekstensif
2	1°08'29.6"S	117°01'13.8"E	Tambak ekstensif
3	1°08'32.0"S	117°01'10.4"E	Tambak ekstensif
4	1°08'35.2"S	117°01'08.7"E	Tambak ekstensif
5	1°08'39.0"S	117°01'06.7"E	Tambak ekstensif
6	1°08'26.0"S	117°01'21.2"E	Muara

Kelurahan Teritip adalah salah satu kelurahan yang berada dalam wilayah Kecamatan Balikpapan Timur, Kota Balikpapan. Kelurahan ini pada batas timurnya, berbatasan langsung dengan Selat Makassar, batas utara kelurahan ini yaitu Kabupaten Kutai Kartanegara, untuk batas Selatan dari Kelurahan Teritip sendiri yaitu Kelurahan Lamaru serta batas barat kelurahan ini yaitu Kecamatan Balikpapan Utara. Curah hujan perminggu di Kota Balikpapan yaitu antara 0 mm hingga 23,4 mm, dengan curah hujan yang berbeda-beda dari bulan Februari hingga Maret. Suhu udara rata-rata mingguan adalah 25,9°C sampai dengan 27,5°C.

Parameter pengamatan

Pengujian parameter kecerahan, suhu, TDS, EC, salinitas, pH, DO, amonia, nitrit, nitrat dan fosfat pada penelitian ini dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan alat ukur seperti yang tertera dalam Tabel 2. Sedangkan parameter BOD dan COD dianalisis di Laboratorium Unit Perumda Tirta Manuntung Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur. Kualitas air dianalisis dengan menggunakan metode sesuai dengan standar peraturan yang berlaku, adapun metode analisis atau pengujian kualitas air disajikan dalam Tabel 2. Data yang diperoleh dari pengujian parameter fisika dan kimia air baik di lapangan maupun di laboratorium kemudian dilakukan perbandingan hasil pengujian dengan standar yang berlaku.

Tabel 2. Alat Uji atau Metode Analisis Parameter Pengamatan

Parameter	Satuan	Alat uji / Metode	Keterangan
Fisika			
Kecerahan	M	Secchi disk	In situ
Suhu	°C	SCT meter	In situ
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/L	SCT meter	In situ
Electrical Conductivity (EC)	mS/cm	SCT meter	In situ
Kimia			
Salinitas	Ppt	SCT meter	In situ

pH		SCT meter	<i>In situ</i>
Oksigen terlarut (<i>Dissolved Oxygen/DO</i>)	mg/L	DO meter	<i>In situ</i>
Amonia	mg/L	<i>Water test-kit</i>	<i>In situ</i>
Nitrit	mg/L	<i>Water test-kit</i>	<i>In situ</i>
Nitrat	mg/L	<i>Water test-kit</i>	<i>In situ</i>
Fosfat	mg/L	<i>Water test-kit</i>	<i>In situ</i>
<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	mg/L	SNI 6989.72:2009	Pengujian di Laboratorium
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	SNI 6989.2:2019	Pengujian di Laboratorium

Analisis data

Data hasil pengujian parameter fisika dan kimia lingkungan perairan dianalisis dengan cara membandingkan parameter fisika dan kimia perairan di semua lokasi. Perbandingan berdasarkan standar baku mutu kualitas air yang berpedoman pada SNI 6148.3:2013, Biswas *et al.* (2022), SNI 8005:2014, PP No. 22 Tahun 2021, Poirier *et al.* (2023), Sallam dan Elsayed (2018) serta sumber rujukan lainnya. Status mutu air sungai pada penelitian ini dinilai dengan menggunakan metode indeks STORET, dengan mengacu pada Kepmen LH Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Metode STORET merupakan metode penentuan parameter yang memenuhi atau melampaui baku mutu air. Pada prinsipnya metode STORET terdiri dari membandingkan data kualitas air dengan baku mutu air yang sesuai dengan peruntukan terkait PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Prinsip metode STORET adalah membandingkan antara data kualitas air dengan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Penentuan sistem penilaian untuk penentuan status mutu air menggunakan metode STORET mengacu pada nilai atau skor seperti yang disajikan dalam Tabel 3. Nilai hasil pengukuran yang tidak memenuhi baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu air), maka nilai tersebut diberi skor sebagaimana yang telah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Sistem Penilaian untuk Menentukan Status Mutu Air dengan Metode STORET

Sample number ¹⁾	Value	Parameter	
		Physic	Chemical
< 10	Maximum	-1	-2
	Minimum	-1	-2
	Mean	-3	-6
≥ 10	Maximum	-2	-4
	Minimum	-2	-4
	Mean	-6	-12

1) Jumlah parameter yang digunakan untuk penentuan status mutu air

Cara menentukan status mutu air dengan menggunakan sistem nilai dari US-EPA (*United State-Environmental Protection Agency*) dengan mengklasifikasikan mutu air dalam empat kelas yaitu seperti yang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Kualitas Air Berdasarkan Metode STORET

Class	Total Score	Pollution Level	Status
A	0	Meet the quality standard	Very good
B	-1 s/d -10	Lightly contaminated	Good
C	-11 s/d -30	Polluted moderately	Moderate
D	≥ -31	Heavily polluted	Poor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Dinamika kualitas air sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan

Kondisi kualitas air digunakan sebagai indikator penting bagi keberlangsungan hidup biota budidaya, dan parameter fisika serta kimia perairan memiliki standar baku mutu kualitas air tersendiri. Dinamika kualitas air untuk parameter kecerahan, suhu, *Total Dissolved Solid (TDS)*, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO), amonia, nitrit, nitrat, fosfat dan *Biological Oxygen Demand (BOD)* masih dalam tingkat yang direkomendasikan untuk kehidupan organisme budidaya khususnya untuk kegiatan budidaya ikan, sementara *Electrical Conductivity (EC)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* menunjukkan tingkat yang lebih tinggi dibandingkan tingkat yang direkomendasikan dalam baku mutu air. Nilai kualitas air yang melebihi ambang batas maksimum untuk peruntukannya seperti kegiatan budidaya ikan bandeng akan diklasifikasikan sebagai perairan tercemar. Hasil

pengukuran parameter kualitas air ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil pengukuran dan analisis menunjukkan variasi yang cukup signifikan dalam parameter kualitas air di berbagai minggu dan lokasi. Kecerahan berkisar antara 0,37 hingga 0,85 m, dengan nilai tertinggi tercatat pada lokasi 5. Suhu menunjukkan nilai yang relatif konsisten, berfluktuasi antara 26,13°C dan 30,70°C. Nilai konsentrasi TDS bervariasi antara 6.910 mg/L dan 23.433 mg/L. Parameter EC menunjukkan variasi, dengan nilai tertinggi tercatat pada lokasi 5 dan terendah pada lokasi 6 dengan nilai berkisar antara 0,71 mS/cm hingga 46,47 mS/cm. Salinitas berkisar antara 8,72 hingga 28,67 ppt dengan nilai maksimum yang teramati pada lokasi 3. Tingkat pH berkisar antara 7,00 hingga 7,80 dimana nilai ini menunjukkan pH di lingkungan perairan masih cukup netral. Konsentrasi oksigen terlarut (DO) berfluktuasi antara 3,82 mg/L hingga 8,55 mg/L, dengan nilai tertinggi diamati pada lokasi 6. Nilai rata-rata konsentrasi amonia bervariasi antara 0,00 mg/L sampai 0,17 mg/L.

Nitrit dalam penelitian ini menunjukkan nilai rata-rata 0,00 hingga 0,03 mg/L dengan nilai tertinggi terdeteksi pada lokasi 3. Konsentrasi nitrat berkisar rata-rata 0,00 mg/L, atau tidak terukur di semua sampel yang dianalisis. Fosfat menunjukkan nilai rata-rata berkisar antara 0,00 mg/L hingga 0,01 mg/L. Nilai BOD dan COD menunjukkan tingkat pencemaran organik di dalam air, dengan nilai maksimum yang teramati pada lokasi 6. Rata-rata konsentrasi BOD berkisar antara 4,45 mg/L hingga 6,77 mg/L, dengan nilai rata-rata tertinggi di tunjukkan dari hasil pengukuran pada lokasi 6, dan COD berkisar antara 34,63 mg/L hingga 71,52 mg/L.

Status mutu air di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan

Analisis kualitas air dilakukan untuk menilai kesesuaian air dengan cara membandingkannya dengan baku mutu air yang sesuai dengan peruntukan. Berdasarkan peruntukannya, perairan sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan merupakan golongan air yang umumnya dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya ikan bandeng, maka hasil pemantauan parameter fisika (keserahan, suhu, TDS dan EC) dan kimia (salinitas, pH, DO, amonia, nitrit, nitrat, fosfat, BOD dan COD) pada masing-masing stasiun pengamatan dalam penelitian ini, selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu air yang ada. Berdasarkan hasil analisis pencemar terbesar di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan adalah parameter EC, amonia, fosfat, dan COD. Parameter salinitas dan pH pada lokasi 6 berada sedikit di bawah ambang batas baku mutu. Nilai rata-rata indeks STORET dan status mutu air di sekitar tambak ekstensif Kota Balikpapan secara rinci disajikan pada Tabel 6. Nilai indeks STORET di enam lokasi adalah -32, -26, -26, -26, -26 dan -38. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem peringkat kualitas air di lokasi 1 dan lokasi 6 buruk dengan status cemar berat. Nilai indeks STORET di lokasi 2, lokasi 3, lokasi 4 dan lokasi 5 sedang atau berstatus cemar sedang.

Tabel 6. Rata-rata Status dan Indeks STORET sekitar Tambak Ekstensif di Kota Balikpapan

Location	Average STORET Index	Status	Remark
1	-32	Heavily polluted	Poor
2	-26	Polluted moderately	Moderate
3	-26	Polluted moderately	Moderate
4	-26	Polluted moderately	Moderate
5	-26	Polluted moderately	Moderate
6	-38	Heavily polluted	Poor

Tabel 5. Kualitas Air Rata-rata Perminggu Parameter Fisika dan Kimia di Sekitar Tambak Ekstensif di Kota Balikpapan

Location	Week	Physical						Chemical						
		Transparency m	Temperature °C	TDS mg/L	EC mS/cm	Salinity Ppt	pH	DO mg/L	Ammonia mg/L	Nitrit mg/L	Nitrat mg/L	Phosphate mg/L	BOD mg/L	COD mg/L
1	1	0.53	27.17	21100	44.67	26.83	7.72	5.48	0.05	0.00	0.00	0.01	4.45	40.71
	2	0.54	26.13	21667	41.17	25.47	7.68	6.24	0.00	0.00	0.00	0.00		34.63
	3	0.64	29.27	21933	44.50	27.37	7.51	3.82	0.00	0.00	0.00	0.00		48.04
	4	0.74	30.33	19533	40.33	24.83	7.70	5.63	0.08	0.00	0.00	0.00		41.13
2	1	0.62	29.57	22167	44.90	27.47	7.80	6.90	0.08	0.00	0.00	0.00	5.32	55.43
	2	0.55	27.53	21933	40.53	24.73	7.70	6.84	0.00	0.00	0.00	0.00		56.84
	3	0.74	28.57	18800	37.63	22.17	7.69	5.92	0.00	0.00	0.00	0.00		54.01
	4	0.52	29.41	18100	34.83	20.20	7.61	7.14	0.08	0.00	0.00	0.00		55.43
3	1	0.69	30.37	22467	37.77	27.23	7.53	7.03	0.08	0.03	0.00	0.01	5.03	41.57
	2	0.60	28.37	22267	40.40	24.77	7.68	5.77	0.00	0.00	0.00	0.00		53.98
	3	0.60	28.70	23067	46.33	28.67	7.49	6.71	0.00	0.00	0.00	0.00		55.14
	4	0.54	29.97	18800	37.43	21.57	7.61	5.24	0.17	0.00	0.00	0.00		50.23
4	1	0.37	28.90	22033	40.03	27.23	7.27	7.26	0.08	0.00	0.00	0.00	6.68	57.63
	2	0.50	27.50	20767	40.40	25.57	7.46	6.70	0.05	0.00	0.00	0.00		53.72
	3	0.65	29.80	22433	44.87	29.13	7.62	5.53	0.00	0.00	0.00	0.00		61.54
	4	0.65	30.00	18400	35.40	20.90	7.72	7.63	0.17	0.00	0.00	0.00		57.63
5	1	0.55	28.30	20600	40.30	24.73	7.69	6.54	0.00	0.00	0.00	0.01	4.50	42.80
	2	0.53	27.57	20800	40.50	24.70	7.62	6.43	0.05	0.00	0.00	0.00		52.44
	3	0.85	30.70	23200	46.47	28.50	7.65	6.51	0.00	0.00	0.00	0.00		53.31
	4	0.62	28.47	17567	35.53	20.57	7.75	7.32	0.17	0.00	0.00	0.00		49.52
6	1	0.56	29.37	17667	27.57	16.10	7.05	6.73	0.05	0.00	0.00	0.01	6.77	70.92
	2	0.60	29.63	17300	27.57	16.23	7.04	6.89	0.05	0.00	0.00	0.00		71.52
	3	0.49	29.33	23433	43.83	26.20	7.68	8.55	0.00	0.00	0.00	0.00		70.31
	4	0.63	29.10	6910	0.71	8.72	7.00	6.40	0.17	0.00	0.00	0.00		70.92

Pembahasan

Muara Sungai Salok Api melingkupi sumber-sumber air tambak ekstensif yang penting di Kelurahan Teritip Kota Balikpapan. Pemantauan air permukaan di daerah ini dilakukan dengan mengambil sampel di 6 lokasi selama satu bulan dari Februari 2023 hingga Maret 2023. Sebanyak 13 parameter kualitas air dianalisis untuk semua sampel air dan nilai maksimum, minimum serta rata-rata dari hasil analisis untuk semua lokasi pengambilan sampel. Hasil analisis terhadap masing-masing parameter kualitas air di semua lokasi berbeda disajikan pada Tabel 7. Variasi yang diamati dalam parameter fisika dan kimia perairan umumnya dapat dikaitkan dengan proses alami, aktivitas antropogenik, dan pengaruh musim. Parameter kecerahan biasa digunakan untuk penilaian kualitas perairan dan berada pada jajaran parameter fisika perairan. Pembuangan limbah dari berbagai kegiatan di daerah hulu sungai ke air permukaan di daerah muara sungai biasanya dapat menyebabkan perubahan kecerahan dan hal ini dapat mengindikasikan adanya masalah yang berbahaya (Goher *et al.* 2014). Kecerahan juga disebabkan oleh bahan organik dan/atau anorganik yang berada di dalam air (Adhar *et al.* 2021).

Kecerahan merupakan parameter yang cukup penting untuk tujuan visualisasi ikan budidaya dan demi kualitas air. Hasil yang diperoleh untuk kecerahan menunjukkan bahwa semua lokasi tidak memiliki masalah dengan parameter kecerahan atau masih sesuai dengan baku mutu perairan untuk kegiatan budidaya dalam SNI 6148.3:2013. Suhu mempengaruhi kelangsungan hidup, pertumbuhan dan perkembangan ikan bandeng, termasuk telur, larva, benih, dan bentuk dewasanya (Walsh *et al.* 1991; A'yun dan Takarina 2017). Suhu yang teramati dalam penelitian ini masih termasuk ke dalam kisaran suhu yang sesuai dengan baku mutu air seperti dalam studi Biswas *et al.* (2022). Parameter TDS dalam penelitian ini menunjukkan nilai yang cukup beragam yaitu dari 3.550 mg/L sampai dengan 25.300 mg/L. Nilai tersebut masih sesuai dengan baku mutu air dalam studi Poirier *et al.* (2023).

Nitrit dan nitrat yang terukur dalam penelitian ini juga tidak melebihi baku mutu perairan sesuai dengan peruntukannya berdasarkan SNI 8005:2014 dimana nilai standar nitrit yaitu kurang dari 1,0 mg/L dan nilai standar nitrat yaitu kurang dari 10 mg/L. Salinitas adalah konsentrasi semua larutan garam yang terkandung dalam air laut, dan mempengaruhi tekanan osmotik air. Semakin tinggi salinitas, semakin besar tekanan osmotiknya (Altae *et al.* 2018). Perbedaan salinitas air disebabkan oleh perbedaan penguapan dan curah hujan (Geng dan Boufadel 2017). Salinitas menunjukkan jumlah garam yang terlarut dalam air (Obiany 2019). Salinitas mempengaruhi proses regulasi osmosis pada semua organisme air (Mo *et al.* 2020). Tingkat salinitas yang baik untuk budidaya di tambak ekstensif untuk ikan bandeng berkisar antara 5-35 ppt menurut baku mutu air dalam SNI 8005:2014. Salinitas yang lebih rendah dari nilai baku mutu dapat menurunkan pertumbuhan dari organisme budidaya. Hal ini diindikasikan karena salinitas dapat mempengaruhi parameter kualitas air lainnya seperti oksigen terlarut, nitrit dan toksisitas amonia (Schuler dan Boardman 2010). Salinitas minimum dengan nilai dibawah 5 ppt (3,63 ppt) yang ditunjukkan pada lokasi 6, kemungkinan besar dipengaruhi oleh pasang surut air laut yang terjadi di daerah tersebut yang merupakan daerah muara sungai atau pesisir. Salinitas perairan umumnya memiliki dinamika khususnya pada area pesisir yang mengalami fenomena pasang surut (Khairunnas dan Gusman 2018).

Nilai pH merupakan salah satu parameter kualitas air yang paling signifikan di antara parameter kualitas air lainnya. Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai pH dari semua lokasi 1, lokasi 2, lokasi 3, lokasi 4 dan lokasi 5 pengambilan sampel masih berada dalam nilai batas yang diberikan dalam standar, tetapi pada lokasi 6 menunjukkan bahwa nilai minimum berada di bawah baku mutu air dalam SNI 6148.3:2013. Rendahnya tingkat pH air permukaan dapat mempengaruhi siklus pernapasan organisme air (Kleinhappel *et al.* 2019). Penurunan tingkat pH air (air asam) termasuk beberapa bahan kimia dan logam seperti sulfur dioksida (SO₂) dan aluminium dapat menyebabkan beberapa efek toksik (Ramadan 2004). Indikasi rendahnya pH dalam penelitian ini yaitu disebabkan karena adanya pencemaran. Perairan muara diketahui mengalami pencemaran umumnya dikarenakan beberapa faktor yaitu karena adanya perubahan penggunaan lahan, limbah antropogenik, deforestasi, aktivitas pertanian dan juga pertambangan di daerah hulu sungai yang juga menyebabkan penurunan lebih lanjut pada pH permukaan di area muara (Duarte *et al.* 2013). Intensitas pengasaman di muara dapat dikaitkan dengan beberapa faktor, termasuk tingkat eutrofikasi dengan tingkat unsur hara yang lebih tinggi yang mendorong lebih banyak pengayaan organik dan pengasaman di musim tertentu (Raven *et al.* 2020).

Tabel 7. Status Kualitas Air Berdasarkan Metode STORET di Sekitar Tambak Ekstensif di Kota Balikpapan

Location		Physical					Chemical							Total Score	
		Transparency	Temperature	TDS	EC	Salinity	pH	DO	Ammonia	Nitrite	Nitrate	Phosphate	BOD		COD
		M	°C	mg/L	mS/cm	Ppt		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		mg/L
		Quality Standard													
		≥ 0.20	25.0 - 32.0	1000-45000	0.7-42	5.0 - 35.0	7.0 - 8.5	> 3.5	≤ 0.3	< 1.0	< 10	≤ 0.015	≤ 20	≤ 40	
1	Max	0.85	30.80	23300	46.80	27.80	7.83	6.66	0.25	0.00	0.00	0.03	5.42	73.21	
	Min	0.42	25.60	18100	40.20	24.00	7.29	2.77	0.00	0.00	0.00	0.00	3.48	9.87	
	Mean	0.61	28.23	21058	42.67	26.13	7.65	5.29	0.03	0.00	0.00	0.00	4.45	41.13	
	Score				-8			-4				-4		-16	-32
2	Max	0.77	30.30	22800	45.70	27.80	7.86	7.53	0.25	0.00	0.00	0.03	6.39	62.15	
	Min	0.48	27.10	16700	33.60	19.40	7.56	5.82	0.00	0.00	0.00	0.00	4.26	48.49	
	Mean	0.61	28.77	20250	39.48	23.64	7.70	6.70	0.04	0.00	0.00	0.00	5.32	55.43	
	Score				-2							-4		-20	-26
3	Max	0.70	31.60	23300	46.70	28.80	7.81	8.01	0.50	0.10	0.00	0.03	5.42	72.55	
	Min	0.47	27.70	18100	36.50	20.90	7.19	3.74	0.00	0.00	0.00	0.00	4.64	11.00	
	Mean	0.61	29.35	21650	40.48	25.56	7.58	6.19	0.06	0.01	0.00	0.00	5.03	50.23	
	Score				-2				-4			-4		-16	-26
4	Max	0.66	30.40	22700	45.10	29.40	7.76	9.08	0.50	0.00	0.00	0.03	6.97	75.51	
	Min	0.37	26.70	17400	35.10	20.60	7.19	5.24	0.00	0.00	0.00	0.00	6.39	39.34	
	Mean	0.54	29.05	20908	40.18	25.71	7.52	6.78	0.08	0.00	0.00	0.00	6.68	57.63	
	Score				-2				-4			-4		-16	-26
5	Max	0.86	31.60	23500	46.90	28.90	7.79	8.58	0.50	0.00	0.00	0.03	5.81	66.95	
	Min	0.50	26.70	17200	35.00	20.30	7.53	5.17	0.00	0.00	0.00	0.00	3.19	18.78	
	Mean	0.64	28.76	20542	40.70	24.63	7.68	6.70	0.05	0.00	0.00	0.00	4.50	49.52	
	Score				-2				-4			-4		-16	-26
6	Max	0.89	30.60	25300	50.70	31.00	7.83	8.78	0.50	0.00	0.00	0.03	7.74	73.74	
	Min	0.20	28.20	3550	0.71	3.63	6.62	5.62	0.00	0.00	0.00	0.00	5.81	67.61	
	Mean	0.57	29.36	16328	24.92	16.81	7.19	7.14	0.07	0.00	0.00	0.00	6.77	70.92	
	Score				-2	-4	-4		-4			-4		-20	-38

Oksigen terlarut (DO) merupakan parameter penting untuk kelangsungan hidup biota air dan juga merupakan parameter kontrol untuk pencemaran air. DO adalah parameter lingkungan yang penting untuk kelangsungan hidup kehidupan air. DO mempengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup, distribusi, perilaku, dan fisiologi organisme air (Duan *et al.* 2022). Hasil pengukuran DO dalam penelitian ini menunjukkan nilai konsentrasi antara 2,77 mg/L sampai 9,08 mg/L (Tabel 6), nilai minimum pada penelitian ini tidak sesuai dengan baku mutu air menurut SNI 8005:2014 yang menyatakan bahwa standar kualitas air untuk parameter DO yaitu lebih dari 3,5 mg/L. Indikasi rendahnya nilai DO dalam penelitian ini yaitu dikarenakan konsentrasi DO di perairan rendah sebab proses respirasi yang terjadi di malam hari, tanpa adanya aktivitas fotosintesis yang menjadi sumber DO di perairan muara. Hal ini sejalan dengan Pitcher dan Jacinto (2019) yang menyatakan bahwa konsentrasi DO di sore hari menurun di waktu pagi hari.

Parameter EC dalam penelitian ini menunjukkan nilai yang melebihi batas dari baku mutu perairan berdasarkan Sallam dan Elsayed (2018) yaitu nilai baku mutu air untuk parameter EC berada pada kisaran 0,7 mS/cm sampai dengan 42 mS/cm. *Electrical Conductivity* (EC) umumnya menunjukkan ukuran salinitas dalam air dan berhubungan dengan jenis dan konsentrasi ion terlarut dalam air, EC juga merupakan pengukuran tidak langsung dari TDS (Rusydi 2018). EC meningkat dengan meningkatnya konsentrasi garam terlarut dan peningkatan konduktivitas yang tidak biasa dapat menjadi bukti adanya pencemaran (Pal *et al.* 2015; Dewangan *et al.* 2023; Corwin dan Yemoto 2017; Kavindra *et al.* 2020). Hasil EC untuk semua lokasi penelitian lebih dari nilai maksimum yang ditunjukkan dalam standar baku mutu perairan karena terindikasi adanya pencemaran.

Hasil analisis menunjukkan kandungan amonia berfluktuasi antara 0,00 hingga 0,50 mg/L (Tabel 6). Mengacu pada nilai yang direkomendasikan untuk kandungan amonia di perairan, hasil ini tidak sesuai dengan baku mutu air dalam PP No. 22 Tahun 2021 untuk kegiatan budidaya ikan. Keberadaan amonia di dalam air sebagai hasil penguraian senyawa organik yang mengandung nitrogen. Amonia adalah produk sampingan dari metabolisme protein yang dikeluarkan oleh ikan dan penguraian bahan organik oleh bakteri seperti makanan yang terbuang, kotoran, plankton mati, limbah, dan lain sebagainya (Kane *et al.* 2020; Mwaura *et al.* 2023). Pembuangan limbah pertanian, industri dan limbah cair merupakan sumber utama pencemaran amonia di lingkungan. Keberadaan amonia di dalam air merupakan indikator kemungkinan adanya pencemaran bakteri, limbah dan kotoran hewan. Bentuk amonia (NH_3) yang bersatu sangat beracun sedangkan bentuk terionisasi (NH_4^+) tidak dan kedua bentuk tersebut dikelompokkan bersama sebagai amonia total (Becker 2022). Standar amonia dalam PP No. 22 Tahun 2021 memiliki nilai yang ditetapkan kurang dari 0,3 mg/L untuk air tawar dan laut.

Konsentrasi fosfat yang diukur di lokasi pengambilan sampel disajikan pada Tabel 6. Semua lokasi pengambilan sampel terkontaminasi fosfat, hal ini diindikasikan terjadi karena adanya pembuangan limbah cair ke lingkungan. Air limbah dari beberapa aktivitas manusia mengandung fosfat dalam jumlah yang tinggi karena penggunaan fosfat sebagai pupuk di bidang pertanian dan sebagai bahan tambahan pada deterjen (Witek-Krowiak *et al.* 2022; Kundu *et al.* 2015). Fosfat dapat digunakan sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan tanaman dan hal ini menyebabkan penurunan oksigen terlarut di dalam air (Boyd 2015). Tingginya kadar fosfat dapat menyebabkan eutrofikasi, yang meningkatkan pertumbuhan ganggang dan pada akhirnya mengurangi kadar oksigen terlarut di dalam air (Badamasi *et al.* 2019). Menurut PP No. 22 Tahun 2021 tingkat fosfat kurang dari 0,015 mg/L direkomendasikan untuk budidaya ikan. Fosfat di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan secara umum menghasilkan tingkat yang rendah di semua stasiun, tetapi nilai maksimum yang terukur mencapai dengan nilai yang berfluktuasi dalam interval 0,03 mg/L (Tabel 6). Nilai tersebut lebih tinggi dari nilai optimal yang direkomendasikan untuk pertumbuhan ikan. Kandungan nutrisi yang lebih tinggi umumnya terjadi di semua lokasi, Dimana terindikasi limbah dari daerah hulu dibuang melalui sungai yang melewati daerah pertanian dan pemukiman sehingga terbawa ke daerah muara Sungai Salok Api.

COD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik secara kimia, nilai COD yang tinggi mengindikasikan semakin besar tingkat pencemaran yang terjadi (Agullar-Torrejon *et al.* 2023). Hasil pemantauan parameter COD pada setiap stasiun pengamatan berkisar antara 9,87 sampai 75,51 mg/L, dengan nilai rata-rata pada semua lokasi berkisar antara 41,13 hingga 70,92 mg/L. Nilai COD rata-rata pada semua lokasi penelitian menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai baku mutu air untuk parameter COD yang diacu. Berdasarkan pada ketentuan PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang baku mutu air, kisaran konsentrasi COD di semua lokasi telah melewati nilai ambang batas baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 40 mg/L. Hasil pemantauan konsentrasi COD memperlihatkan kecenderungan peningkatan konsentrasi COD dari bagian hulu ke hilir sungai. Hal ini terindikasi disebabkan karena masukan beban pencemaran yang berasal dari limbah domestik, rumah tangga, aktivitas pertanian dan industri skala kecil serta perkebunan juga transportasi air. Terintroduksinya beban pencemaran dari limbah domestik, dapat melalui saluran air maupun saluran drainase di sepanjang aliran sungai juga mempengaruhi besarnya fluktuasi nilai COD (Nugraha *et al.* 2023). Keberadaan COD di sungai biasanya bersumber dari limbah domestik, limbah industri, limbah ternak dan limbah agroindustri (Abdullahi *et al.* 2021; Widyarani *et al.* 2022). Perairan yang memiliki nilai COD tinggi sangat tidak diinginkan bagi kepentingan kegiatan budidaya perairan. Nilai COD

pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 40 mg/L, sedangkan pada perairan tercemar dapat lebih dari nilai tersebut berdasarkan ketentuan PP Nomor 22 Tahun 2021. Kualitas air di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan untuk parameter COD, terindikasi tidak dapat mendukung kepentingan perikanan karena dalam kondisi tercemar. Tingginya kadar EC, amonia, fosfat dan COD di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan diindikasikan karena adanya masukan limbah domestik, rumah tangga, pertanian, perkebunan, peternakan, dan industri di hulu sungai yang terjadi karena limpasan air hujan dari daratan ke badan air di hulu sungai kemudian terbawa hingga muara sungai. Limbah di bidang pertanian yaitu berupa cemaran yang berasal dari pupuk nitrogen, termasuk amonia anhidrat, ortofosfat, polifosfat, serta limbah organik hewan dan manusia atau limbah rumah tangga yang dapat meningkatkan kadar amonia dan fosfat dalam air (Abascal *et al.* 2022; Litskas 2023; Jama-Rodzenska *et al.* 2021; Schoumans *et al.* 2015; Nobaharan *et al.* 2021).

Nilai indeks STORET untuk status kualitas air pada lokasi 1 dan lokasi 6 relatif buruk dibandingkan nilai indeks pada lokasi lain. Lokasi 2, lokasi 3, lokasi 4 dan lokasi 5 menunjukkan nilai yang sama dengan status sedang tetapi tetap sama-sama mengalami pencemaran untuk seluruh lokasi penelitian. Nilai indeks STORET yang disajikan pada Tabel 7 berkisar antar -26 hingga -38 menunjukkan bahwa kualitas air di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan untuk tergolong tercemar di semua lokasi. Alasannya karena lokasi 1 berada dekat dengan lokasi 6 yang merupakan lokasi yang mewakili area muara. Nilai yang lebih kecil dari -11 dan tidak lebih besar dari -30 menunjukkan bahwa air berada pada status *moderate* untuk lokasi-lokasi lainnya. Penurunan nilai tersebut merupakan indikasi adanya perbedaan jenis polutan yang masuk ke sungai akibat berbagai aktivitas manusia yang terjadi di berbagai lokasi. Hasil analisis status mutu air pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi nilai dari perhitungan untuk penentuan status mutu air yaitu parameter EC, salinitas, pH, DO, amonia, fosfat, dan COD. Keberadaan nutrisi dan polutan, meskipun secara umum masih dalam batas yang dapat diterima, memerlukan strategi pemantauan dan pengelolaan yang berkelanjutan untuk mencegah penurunan kualitas air dari waktu ke waktu. Penelitian ini menekankan pentingnya pengawasan lingkungan yang berkelanjutan dan intervensi yang ditargetkan untuk melestarikan integritas ekologis badan air di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber pencemaran air mengakibatkan status mutu air di sekitar tambak ekstensif di Kota Balikpapan memiliki peringkat atau status sedang (*moderate*) atau buruk (*poor*) diverifikasi dengan menggunakan metode STORET. Rata-rata indeks STORET di enam lokasi berturut-turut adalah -32, -26, -26, -26, -26, dan -38. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi 2, lokasi 3, lokasi 4 dan lokasi 5 tergolong cemar sedang serta lokasi 1 dan lokasi 6 tergolong cemar berat. Indeks STORET pada setiap lokasi terbilang tinggi dan implikasinya adalah bahwa area tersebut memiliki status kualitas air yang sedang hingga buruk karena beberapa parameter seperti EC, salinitas, pH, DO, amonia, fosfat, dan COD. Sumber pencemaran di semua lokasi penelitian cukup berbeda-beda jenisnya. Erosi, limbah kota dan industri diidentifikasi. Indeks kualitas air di Sungai Musa ditentukan marginal dengan menggunakan indeks CCME. Teridentifikasinya polutan terhadap variasi kualitas air merupakan indikasi potensi permasalahan di masa depan. Tanpa adanya kebijakan atau strategi adaptif yang tepat, penggunaan air sungai Musa untuk pertanian irigasi di wilayah studi akan terus memberikan hasil produksi pertanian yang rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Perumda Tirta Manuntung Kota Balikpapan yang telah membantu memfasilitasi penelitian dan atas bantuannya dalam menganalisis sampel di Laboratorium Unit Perumda Tirta Manuntung Kota Balikpapan.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, Q., N.D. Takarina. 2017. Ambient temperature effects on growth of milkfish (*Chanos chanos*) at aquaculture scale in Blanakan, West Java. AIP Conf. Proc, 1862:030117.
- Abascal, E., L. Gomez-Coma, I. Ortiz, A. Ortiz. 2022. Global diagnosis of nitrate pollution in groundwater and review of removal technologies. Science of the Total Environment, 810:152233.
- Abdullahi, A.B., A.R. Siregar, W. Pakiding, Mahyuddin. 2021. The analysis of BOD (Biological Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) contents in the water of around laying chicken farm. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 788:012155.
- Adhar, S., T.A. Barus, E.S.N. Nababan, H. Wahyuningsih. 2021. The waters transparency model of Lake Laut Tawar, Aceh, Indonesia. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 869:012021.
- Agullar-Torrejón, J.A., P. Balderas-Hernandez, G. Roa-Morales, C.E. Barrera-Díaz, I. Rodríguez-Torres, T. Torres-Blancas. 2023. Relationship, importance, and development of analytical techniques: COD, BOD, and TOC in water – An overview through time. SN Applied Sciences, 5:118.

- Altaee, A., A.A. Alanezi, A.H. Hawari. 2018. 2 – Forward Osmosis feasibility and potential future application for desalination. In: Gude VG (Ed). Emerging technologies for sustainable desalination handbook. Butterworth-Heinemann, pp. 35-54.
- Badamasi, H., M.N. Yaro, A. Ibrahim, I.A. Bashir. 2019. Impacts of phosphates on water quality and aquatic life. Chemistry Research Journal, 4(3):124-133.
- Becker, J. 2022. Farmed fish. In: Webster J, Margerison J (eds). Management and welfare of farm animals: The UFAW farm handbook. 6th Edition. John Wiley & Sons, West Sussex, UK, pp 441-462.
- Biswas, G., P. Kumar, T.K. Ghoshal, M. Kailasam, D. De, A. Bera, B. Mandal, K. Sukumaran, K.K. Vijayan. 2020. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) outperforms conventional polyculture with respect to environmental remediation, productivity and economic return in brackishwater ponds. Aquaculture, 516:734626.
- Boyd, C.E. 2015. Phosphorus (Chapter 12). In: Water quality. Springer, Cham, 243-261.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan. 2023. Kota Balikpapan dalam angka. Balikpapan municipality in figures 2023. BPS Kota Balikpapan.
- Corwin, D.L., K. Yemoto. 2017. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Methods of Soil Analysis. Soil Science Society of America, Madison, 2:2558
- Dewangan, S.K., S.K. Shrivastava, M.A. Kadri, S. Saruta, S. Yadav, N. Minj. 2023. Temperature effect on electrical conductivity (EC) & total dissolved solids (TDS) of water: A review. IJRAR, 10(2):514-520.
- Duan, Y., M. Li, M. Sun, A. Wang, Y. Chai, J. Dong, F. Chen, Z. Yu, X. Zhang. 2022. Effects of salinity and dissolved oxygen concentration on the tail-flip speed and physiologic response of Whiteleg Shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Sustainability, 14:15413.
- Duarte, C.M., I.E. Hendriks, T.S. Moore, Y.S. Olsen, A. Steckbauer, L. Ramajo, J. Carstensen, J.A. Trotter, M. McCulloch. 2013. Is ocean acidification an open-ocean syndrome? Understanding anthropogenic impacts on seawater pH. Estuaries and Coasts, 36:221-236.
- Firman, N. Harahab, A.S. Leksono, Hasnidar. 2019. Coastal water quality analysis for brackish water aquaculture development in Pasangkayu Regency. IISS, Malang, October 23-31.
- Geng, X., M.C. Boufadel. 2017. The influence of evaporation and rainfall on supratidal groundwater dynamics and salinity structure in a sandy beach. Water Resour. Res, 53:6218-6238.
- Goher, M.E., A.M. Hassan, I.A. Abdel-Moniem, A.H. Fahmy, S.M. El-sayed. 2014. Evaluation of surface water quality and heavy metal indices of Ismailia Canal, Nile River, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Research, 40:225-233.
- Jama-Rodzenska, A., A. Bialowiec, J.A. Koziel, J. Sowinski. 2021. Waste to phosphorus: A transdisciplinary solution to P recovery from wastewater based on the TRIZ approach. Journal of Environmental Management, 287:112235.
- Kane, S., F. Qarri, P. Lazo, L. Bekteshi. 2020. The effect of physico-chemical parameters and nutrients on fish growth in Narta Lagoon, Albania. Journal of Hygienic Engineering and Design, 639.32(496.5):62-68.
- Kavindra, J., A. Churniya, Ravindra, V. Gatiyala, K. Chaudhary, S.K. Sharma. 2020. Evaluation of TDS and electrical conductivity in groundwater's of Udaipur, Rajasthan and Its significance. IJFAS. 8(5):203-206.
- Khairunnas, M. Gusman. 2018. Analisis pengaruh parameter konduktivitas, resistivitas dan TDS terhadap salinitas air tanah dangkal pada kondisi air laut pasang dan air laut surut di daerah pesisir pantai Kota Padang. Jurnal Bina Tambang. 3(4):1751-1760.
- Kleinhappel, T.K., O.H.P. Burman, E.A. John, A. Wilkinson, T.W. Pike. 2019. The impact of water pH on association preferences in fish. Ethology, 2019;00:1-8.
- Kundu, S., M.V. Coumar, S. Rajendiran, A. Rao, A.S. Rao. 2015. Phosphates from detergents and eutrophication of surface water ecosystem in India. Current Science. 108(7):1320-1325.
- [Kepmen] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. 2003.
- Landrigan, P.J., J.J. Stegeman, L.E. Fleming, D. Allemand, D.M. Anderson, L.C. Backer, F. Brucker-Davis, N. Chevalier, L. Corra, D. Czerucka, M.Y.D. Bottein, B. Demeneix, M. Depledge, D.D. Deheyn, C.J. Dorman, P. Fenichel, S. Fisher, F. Gaill, F. Galgani, W.H. Gaze, L. Giuliano, P. Grandjean, M.E. Hahn, A. Hamdoun, P. Hess, B. Judson, A. Laborde, J. McGlade, J. Mu, A. Mustapha, M. Neira, R.T. Noble, M.L. Pedrotti, C. Reddy, J. Rocklov, U.M. Scharler, H. Shanmugam, G. Taghian, J.A.J.M. van de Water, L. Vezzulli, P. Weihe, A. Zeka, H. Raps, P. Rampal. 2020. Human health and ocean Pollution. Annals of Global Health, 86(1): 151, 1-64.
- Lin, L., H. Yang, X. Xu. 2022. Effects of water pollution on human health and disease heterogeneity: A review. Front. Environ. Sci., 10:880246.
- Litskas, V.D. 2023. Environmental impact assessment for animal waste, organic and synthetic fertilizers. Nitrogen, 4:16-25.

- Maina, M.M., A. Yunusa. 2020. Assessment of water quality and identification of pollutants flowing into river musa using principal component analysis. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 445:012014.
- Masykur, H.Z., B. Amin, Jasril, S.H. Siregar. 2018. Analisis status mutu air sungai berdasarkan metode STORET sebagai pengendalian kualitas lingkungan (Studi kasus: Dua aliran sungai di Kecamatan Tembilahan Hulu, Kabupaten Indragiri Hilir, Riau). *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 5(2):84-96.
- Mishra, P., U.S. Panda, U. Pradhan, C.S. Kumar, S. Naik, M. Begum, J. Ishwarya. 2015. Coastal water quality monitoring and modelling off Chennai city. *Procedia Engineering*, 116:955-962.
- Mo, Z., L. Li, L. Ying, G. Xiaolong. 2020. Effects of sudden drop in salinity on osmotic pressure regulation and antioxidant defense mechanism of *Scapharca cubrenata*. *Front. Physiol.*, 11:884.
- Mwaura, J.G., C. Wekesa, P.A. Ogutu, P. Okoth. 2023. Transcriptome analysis of differentially expressed genes in cultured Nile Tilapia (*O. niloticus*) subjected to chronic stress reveals signaling pathways associated with depressed growth. *Genes*, 14:795.
- Niemela, P., H. Tolvanen, M. Ronka, S. Kellomaki, J. Krug, G. Schurgers, E. Lehikoinen, R. Kalliola. 2015. Environmental impacts—Coastal ecosystems, birds and forests. The BACC II Author Team, Second Assessment of Climate Change for the Baltix Sea Basin, Regional Climate Studies.
- Nobaharan, K., S.B. Novair, B.A. Lajayer, E.D. van Hullebusch. 2021. Phosphorus removal from wastewater: The potential use of biochar and the key controlling factors. *Water*, 13:517.
- Nugraha, O.N., D. Hendrawan, R.A. Kusumadewi. 2023. Analysis of the load carrying capacity of BOD and COD pollutants in the Krukut River. *Journal of Community Based Environmental Engineering and Management*, 7(1):33-38.
- Obiayo, J.I. 2019. Effect of salinity on evaporation and the water cycle. *Emerging Science Journal*, 3(4):255-262.
- Pal, M., N.R. Samal, P.K. Roy, M.B. Roy. 2015. Electrical conductivity of lake water as environmental monitoring – A case study of Rudrasagar Lake. *IOSR-JESTFT*, 9(3):66-71.
- Pitcher, G.C., G.S. Jacinto. 2019. 3.3 Ocean deoxygenation links to harmful algal blooms. In: Laffoley D, Baxter JM (Eds). *Ocean deoxygenation: Everyone's problem – Causes, impacts, consequences and solutions*. Gland, Switzerland, IUCN, pp 137-153.
- Poirier, K., M. Lotfi, K. Garg, K. Patchigolla, E.J. Anthony, N.H. Faisal, V. Mulgundmath, J.K. Sahith, P. Jadhawar, L. Koh, T. Morosuk, N.A. Mhanna. 2023. A comprehensive review of pre- and post-treatment approaches to achieve sustainable desalination for different water streams. *Desalination*, 116944.
- [PP] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelola Lingkungan Hidup. 2021.
- Ramadan, A.E.K. 2004. Acid deposition phenomena. *TESCE*, 30(2):1369-1389.
- Raven, J.A., C.J. Gobler, P.J. Hansen. 2020. Dynamic CO₂ and pH levels in coastal, estuarine, and inland waters: Theoretical and observed affects on harmful algal blooms. *Harmful Algae*, 91:101594.
- Rusydi, A.F. 2018. Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 118:012019.
- Sallam, G.A.H., E.A. Elsayed. 2018. Estimating relations between temperature, relative humidity as independed variables and selected water quality parameters in Lake Manzala, Egypt. *Ain Shams Engineering Journal*, 9:1-14.
- Schoumans, O.F., F. Bouraoui, C. Kabbe, O. Oenema, K.C. van Dijk. 2015. Phosphorus management in Europe in a changing world. *AMBIO*, 44(2):S180-S192.
- Schuler, D.J., G.D. Boardman. 2010. Acute toxicity of ammonia and nitrite to Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at low salinities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(3):438-446.
- SNI 6148.3:2013. Ikan Bandeng (*Chanos chanos*, Forskal) – Bagian 3: Produksi Benih. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 6989.2:2019. Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (*chemical oxygen demand/COD*) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri. Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 6989.72:2009. Air dan air limbah – Bagian 72: Cara uji kebutuhan oksigen biokimia (*biochemical oxygen demand/BOD*). Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 8005:2014. Produksi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*, Forskal 1775) Ukuran Konsumsi Secara Semi Intensif di Tambak. Badan Standardisasi Nasional.
- Sugianto, S., A. Deli, E. Miswar, M. Rusdi, M. Irham. 2022. The effects of land use and land cover changes on flood occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. *Land*, 11:1271.
- Sukrismiati, E.D. Masithah, Sudarno. 2020. Dinamika kepadatan dan keragaman plankton pada kolam dengan dasar yang berbeda di Kolam Pendidikan Fakultas Perikanan dan Kelautan. *Journal of Marine and Coastal Science*, 9(3):127-138.
- Tanjung, R.H.R., B. Hamuna, Alianto. 2019. Assessment of water quality and pollution index in coastal waters of Mimika, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(2): 87-94.

- [US-EPA] United State-Environmental Protection Agency. 2023. Water quality criteria. <https://www.epa.gov/wqc> (diakses 22 Januari 2023).
- Walsh, W.A., C. Swanson, C.S. Lee. 1991. Effects of development, temperature and salinity on metabolism in eggs and yolk-sac larvae of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal). *Journal of Fish Biology*, 39:115-125.
- Widyarani, D.R. Wulan, U. Hamidah, A. Komarulzaman, R.T. Rosmalina, N. Sintawardani. 2022. Domestic wastewater in Indonesia: Generation, characteristics and treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 29:32397-32414.
- Witek-Krowiak, A., K. Gorazda, D. Szopa, K. Trzaska, K. Moustakas, K. Chojnacka. 2022. Phosphorus recovery from wastewater and bio-based waste: An overview. *BIOENGINEERED*, 13(5):13474-13506.