




Analysis of the Load and Status of Organic Matter Pollution in Beringin River Semarang

Rainuy Saninzita Afwa , Max Rudolf Muskananfola, Arif Rahman, Suryanti, Aninditia Sabdaningsih

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275, Indonesia.

Info Artikel

Diterima September 2021

Disetujui Oktober 2021

Dipublikasikan November 2021

Keywords:

Beban Pencemaran

BOD

COD

Indeks Pencemaran

Sungai Beringin

Abstrak

Sungai Beringin merupakan sungai yang terletak di Kelurahan Tambakaji, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang. Sungai ini mengalir dari Kecamatan Mijen dan Kecamatan Ngaliyan serta bermuara di Kecamatan Tugu. Pembuangan limbah domestik dan limbah industri di Sungai Beringin dapat menyebabkan penurunan kualitas air seperti meningkatnya konsentrasi *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang mempengaruhi bahan organik menjadi tinggi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis beban pencemaran BOD dan COD serta mengkaji status pencemaran Sungai Beringin, Semarang, menggunakan metode Indeks Pencemaran berdasarkan Kepmen LH Nomor 115 Tahun 2003. Pengambilan sampel dilakukan 2 kali dengan jeda waktu 2 minggu pada 16 Maret 2021 dan 30 Maret 2021. Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air yang diambil dari tiga stasiun yang ditentukan menggunakan metode *purposive sampling* berdasarkan karakteristik wilayah. Variabel kualitas air yang dianalisis yaitu temperatur, debit, pH, BOD dan COD. Hasil penelitian kualitas air menunjukkan variabel BOD dan COD tidak memenuhi baku mutu. Hasil perhitungan beban pencemaran BOD dan COD pada pengambilan sampel 1 didapatkan hasil rata-rata 2.176,97 kg/hari dan 7.022,82 kg/hari sedangkan pada pengambilan sampel 2 diperoleh hasil rata-rata 6.306,69 kg/hari dan 20.345,39 kg/hari. Hasil Indeks Pencemaran di Sungai Beringin berkisar antara 4,82 - 4,84 yang tergolong tercemar ringan.

Abstract

Beringin river is a river located in Tambakaji Village, Ngaliyan District, Semarang City. This river flows from Mijen District and Ngaliyan District and empties into Tugu District. Disposal of domestic waste and industrial waste in Beringin River it can cause a decrease in water quality such as increasing concentrations of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) which can affect organic matter to be high. The purpose of this study was to analyze the BOD and COD pollution loads and to assess the pollution status of the Beringin River, Semarang using the Pollution Index method based on the Decree of the Minister of Environment Number 115 of 2003. Sampling was carried out two times with an interval of 2 weeks on March 16, 2021 and March 30, 2021. The material used in this research is water samples taken from three stations determined using the purposive sampling method based on regional characteristics. Water quality variables analyzed were temperature, discharge, pH, DO, BOD and COD. The results of the water quality research show that BOD and COD variables do not meet the quality standards. The calculation of the pollution load of the BOD and COD variables in the first sampling obtained an average result of 2.176.97 kg/day and 7,022.82 kg/day, while in sampling two each obtained an average result of 6,306.69 kg /day and 20,345.39 kg/day. The results of the Pollution Index (IP) on the Beringin River ranged from 4.82 to 4.84 classified as mildly polluted.

Pendahuluan

Sungai dapat didefinisikan sebagai saluran di permukaan bumi yang terbentuk secara alamiah dan mengalir dari darat ke laut (Harisnor & Amalia, 2016). Setiap sungai mempunyai karakteristik dan bentuk yang berbeda. Hal tersebut diakibatkan oleh banyaknya faktor seperti iklim, topografi dan proses terbentuknya sungai tersebut. Sungai mempunyai peranan yang penting bagi masyarakat. Berbagai aktivitas manusia seperti pembuangan limbah industri dan rumah tangga menyebabkan menurunnya kualitas air sungai. Penambahan bahan buangan dalam jumlah besar dari bagian hulu hingga hilir sungai yang terjadi terus menerus akan mengakibatkan sungai tidak mampu lagi melakukan pemulihan. Pada akhirnya terjadilah gangguan keseimbangan terhadap konsentrasi faktor kimia, fisika, dan biologi dalam sungai. Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu kegiatan tertentu. Kualitas air sungai dipengaruhi oleh kondisi alami sungai maupun kegiatan manusia. Perubahan kondisi kualitas air disebabkan oleh penggunaan lahan, waktu, curah hujan dan aktivitas manusia yang mengakibatkan pencemaran air sungai, baik fisik, kimia, maupun biologik.

Sungai Beringin merupakan suatu sungai yang terletak di Kelurahan Tambakaji, Kecamatan Ngaliyan, Kota Semarang. Sungai ini mulai mengalir dari Kecamatan Mijen dan Kecamatan Ngaliyan serta bermuara di Kecamatan Tugu (mengalir ke Laut Jawa). Panjang Sungai Beringin mencapai 22,5 km dengan DAS seluas 30,36 km². Dilihat dari bentuknya, Sungai Beringin memiliki wilayah DAS lebar, dengan bagian hulu yang panjang dan menyempit pada bagian hilirnya. Sungai ini terletak diantara permukiman warga dan terdapat beberapa jenis industri berupa industri tarpaulin PVC, keramik, sarung tangan, serta tekstil yang ada di pinggir aliran Sungai Beringin. Sungai ini biasa digunakan warga setempat untuk pembuangan limbah seperti sisa makanan, air deterjen, dan yang lainnya. Hal tersebut mengakibatkan perubahan warna air pada sungai menjadi coklat kehitaman. Selain itu juga sungai ini mengalami sedimentasi yang tinggi pada beberapa titik. Aktivitas manusia sehari-hari yang terjadi di sekitar sungai dapat menyebabkan masuknya bahan pencemar. Menurut Sahabuddin (2012), yang menyatakan bahwa pencemaran air disebabkan oleh aktivitas manusia sehari-hari yang dapat mengakibatkan adanya perubahan pada kualitas air.

Kandungan bahan organik dalam perairan akan mengalami peningkatan yang disebabkan oleh buangan dari rumah tangga, pertanian, industri dan sampah organik dari darat yang terbawa ke perairan. Bahan organik yang meningkat di perairan akan berdampak pada perubahan kualitas lingkungan perairan seperti meningkatnya nilai COD dan BOD yang menyebabkan berkurangnya oksigen di dalam air dan menurunkan kualitas air sungai. Menurut Doraja *et al.*, (2012) menyatakan bahwa tingginya nilai BOD dan COD pada limbah domestik menunjukkan tingkat pencemaran yang tinggi dan mempunyai jumlah oksigen yang rendah. Peningkatan konsentrasi BOD dan COD ini akan berpengaruh terhadap kehidupan biota yang terdapat di dalam perairan. Berdasarkan uraian tersebut maka diperlukan penelitian mengenai beban dan status pencemaran bahan organik di Sungai Beringin, Semarang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis beban pencemaran BOD dan COD serta mengkaji status pencemaran Sungai Beringin, Semarang.

Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Metode survei yaitu suatu metode pengamatan atau penyelidikan yang kritis untuk mendapatkan keterangan yang jelas & baik terhadap suatu persoalan tertentu di dalam suatu daerah tertentu (Fariz *et al.*, 2016). Metode survei termasuk dalam jenis penelitian deskriptif. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas. Data yang diambil pada penelitian ini adalah BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), DO (*Dissolved Oxygen*), pH, temperatur, dan debit. Data tersebut diambil pada lokasi penelitian, kemudian diolah untuk mengetahui beban dan status pencemaran. Penelitian ini menganalisis beban pencemaran BOD dan COD serta status pencemaran di Sungai Beringin, Semarang.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian lapangan adalah sebagai berikut: *Secchi disk* digunakan untuk pengukuran kedalaman, *portable flow meter* digunakan untuk mengukur kecepatan arus, *stopwatch* digunakan untuk menghitung waktu, *line transect* dengan panjang 15 m digunakan untuk pengukuran lebar segmen dan pengukuran debit sungai, DO meter dengan tipe JPB-70A digunakan untuk mengukur oksigen terlarut yang terdapat pada perairan tersebut dan untuk mengukur temperatur air, botol sampel 600 mL digunakan untuk wadah air sampel, pH meter dengan tipe AZ-9908 digunakan untuk mengukur pH air dan GPS digunakan untuk mengetahui koordinat lokasi pengambilan sampel.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air sebagai bahan uji, akuades, larutan Buffer Fosfat, larutan Ferri Klorida (FeCl_3), larutan Kalsium Klorida (CaCl_2), larutan Magnesium Sulfat (MgSO_4), bibit mikroba, larutan pereaksi Asam Sulfat (H_2SO_4), larutan Alkali Iodida (NaOH-KI), larutan Natrium Thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), larutan kanji, larutan induk Kalium Hidrogen Phtalat (KHP) ($\text{HOCC}_6\text{H}_4\text{COOK}$) dan larutan pencerna (*digestion solution*).

Analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Metode uji BOD berdasarkan SNI 6989:72:2009 sebagai berikut:

1. Pembuatan Air Pengenceran (AP)

- Air sampel diaerasi 1 L akuades minimal 1 jam hingga oksigen terlarutnya minimal menjadi 7,5 mg/L dalam botol gelas yang bersih;
- Ditambahkan masing-masing 1 mL larutan nutrisi yang terdiri dari larutan buffer fosfat, MgSO_4 , CaCl_2 dan FeCl_3 ke dalam 1 L akuades yang sudah diaerasi;
- Ditambahkan 1 mL bibit mikroba ke dalam 1 L akuades yang telah diaerasi.

2. Penentuan Angka Pengenceran Sampel

Sampel diencerkan sesuai dengan faktor pengencer yang telah ditetapkan, hingga diperkirakan terjadi penurunan oksigen terlarut minimal 2 mg/L dan sisa oksigen terlarut minimal 1 mg/L setelah inkubasi 5 hari.

3. Cara Kerja

- 4 buah botol DO disiapkan, ditandai masing-masing botol dengan notasi DO_0 sampel; DO_5 sampel; DO_0 blanko; DO_5 blanko;
- Sampel hasil pengenceran dimasukkan ke dalam botol DO, hingga meluap kemudian masing-masing botol ditutup secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara;
- Botol berisi sampel dikocok beberapa kali, kemudian ditambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup;
- Botol DO_5 disimpan ke dalam lemari inkubator $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ selama 5 hari ± 6 jam;
- Oksigen terlarut dalam botol DO_0 diukur dengan menggunakan DO-meter yang sudah dikalibrasi. Hasil pengukuran merupakan DO_0 hari (A_1). Dan pengukuran ini wajib dilakukan maksimal 30 menit setelah pengenceran;
- Oksigen terlarut dalam botol DO_5 yang sudah diinkubasi selama 5 hari ± 6 jam diukur dengan menggunakan DO-meter yang sudah dikalibrasi. Hasil pengukuran merupakan DO_5 hari (A_2);
- Tahap-tahap yang sama dilakukan untuk blanko. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan DO_0 hari (B_1) dan DO_5 hari (B_2).

4. Perhitungan BOD_5

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} = \frac{(A_1 - A_2) \cdot \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B}\right) V_C}{P}$$

Keterangan :

- BOD_5 = Nilai BOD_5 sampel (mg/L)
 A_1 = DO_0 hari sampel (mg/L)
 A_2 = DO_5 hari sampel (mg/L)
 B_1 = DO_0 hari blanko (mg/L)
 B_2 = DO_5 hari sampel (mg/L)
 V_B = Volume mikroba dalam botol blanko (mL)
 V_C = Volume mikroba dalam botol sampel (mL)
 P = Perbandingan volume sampel per volume total

Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Metode uji COD secara spektrofotometri berdasarkan SNI 6989.2:2019 sebagai berikut:

1. Persiapan Sampel

- Sampel dihomogenkan;
- Tabung dan tutupnya dicuci menggunakan H_2SO_4 20% sebelum digunakan;
- Sampel diambil dengan menggunakan pipet kemudian ditambahkan larutan pencerna dan larutan pereaksi H_2SO_4 ke dalam tabung dan jumlahnya disesuaikan dengan ketentuan yang sudah ditetapkan
- Tabung ditutup dan dikocok hingga homogen;
- Tabung diletakkan pada *thermoreactor* dengan temperatur 150°C dan dipanaskan selama 2 jam.

2. Pengawetan Sampel

Apabila sampel tidak langsung diuji, maka perlu diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ pekat hingga pH menjadi < 2 dan disimpan di dalam pendingin dengan temperatur 4°C dengan maksimal penyimpanan 7 hari.

3. Pembuatan Kurva Kalibrasi

- Alat uji spektrofotometri dioptimalkan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengujian COD;
- 5 larutan standar KHP (*Kalium Hidrogen Phtalat*) ekuivalen dengan COD disiapkan untuk mewakili kisaran konsentrasi;
- Volume pereaksi yang digunakan sama antara contoh dan larutan standar KHP;
- Absorbansi pada panjang gelombang 600 nm atau panjang gelombang 420 nm dibaca;
- Dibuat kurva kalibrasi.

4. Prosedur Pengujian

- Sampel didinginkan hingga temperatur ruangan setelah direfluks dan saat didinginkan sesekali tutup tabung dibuka agar tidak terdapat tekanan gas;
- Suspensi dibiarkan mengendap hingga bagian yang akan diukur benar-benar jernih;
- Sampel dan larutan standar diukur pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm atau 600 nm);
- Blanko yang tidak direfluks digunakan sebagai larutan referensi dan diukur menggunakan panjang gelombang 600 nm;
- Pengukuran dilakukan menggunakan panjang gelombang 420 nm dan menggunakan pereaksi air sebagai larutan referensi apabila konsentrasi COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L;
- Dilakukan pengukuran absorbansi blanko yang tidak direfluks yang mengandung dikromat, dengan pereaksi air sebagai pengganti sampel, akan memberikan absorbansi dikromat awal;
- Perbedaan absorbansi antara sampel yang direfluks dan yang tidak direfluks adalah pengukuran COD sampel;
- Plot perbedaan absorbansi antara blanko yang direfluks dan absorbansi larutan standar yang direfluks terhadap nilai COD untuk masing-masing standar;
- Dilakukan analisa duplo.

5. Perhitungan

Nilai COD sebagai mg O₂/L :

$$\text{Kadar COD (mg O}_2\text{/L)} = C \times f$$

Keterangan :

C = Nilai COD contoh uji (mg/L)

f = Faktor pengenceran

- Hasil pembacaan absorbansi sampel dimasukkan ke dalam kurva kalibrasi;
- Nilai COD adalah hasil pembacaan konsentrasi sampel dari kurva kalibrasi.

Analisis *Dissolved Oxygen* (DO)

Pengukuran oksigen terlarut dapat dilakukan dengan metode titrasi ataupun metode elektro kimia. Pengukuran oksigen terlarut pada penelitian ini dilakukan secara *in situ* dengan metode elektro kimia menggunakan alat DO meter tipe JPB-70A. Metode penggunaan DO meter yaitu menekan power untuk menghidupkan alat lalu memasukkan batang probe ke badan air. Setelah itu menunggu sampai stabil dan mencatat nilai DO. DO meter sebelum digunakan dalam pengukuran kandungan oksigen terlarut pada air telah dikalibrasi menggunakan akuades.

Analisis pH

Pengukuran pH air dilaksanakan secara langsung di lapangan (*in situ*) menggunakan alat pH meter dengan tipe AZ-9908. Metode penggunaan pH meter yaitu menekan power untuk menghidupkan alat lalu memasukan alat ke badan air. Setelah itu menunggu alat sampai angka stabil kemudian mencatat nilai pH yang tertera.

Analisis Temperatur

Pengukuran temperatur perairan dilakukan secara langsung di lapangan (*in situ*). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat DO meter dengan tipe JPB-70A dengan cara menekan power untuk menghidupkan alat lalu masukkan batang probe ke badan air. Kemudian tunggu sampai stabil lalu catat nilai temperatur.

Analisis Debit

Pengukuran debit sungai dilakukan secara langsung di lapangan (*in situ*) dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan *line transect*. Data yang diperlukan dalam pengukuran tersebut meliputi kecepatan arus dan kedalaman sungai. Pengukuran debit sungai dilakukan pada setiap stasiun dengan membagi 3 segmen sungai yang didasarkan pada lebar sungai. Skema pengukuran debit disajikan pada Gambar 3. Pengukuran debit sungai dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

Kecepatan arus dan kedalaman diukur pada setiap 1 meter lebar segmen sungai tersebut;

Debit dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = W_1 \frac{(d_0+d_1)}{2} \times \frac{(v_0+v_1)}{2} + W_2 \frac{(d_1+d_2)}{2} \times \frac{(v_1+v_2)}{2} + \dots + W_n \frac{(d_{n-1}+d_n)}{2} \times \frac{(v_{n-1}+v_n)}{2}$$

Keterangan:

Q = Debit air (m³/s)

W = Lebar segmen (m)

d = Kedalaman (m)

v = Kecepatan arus rata-rata (m/s) - $V = \frac{s}{t}$

Hasil dan Pembahasan

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi pengukuran kualitas air dan pengambilan sampel air Sungai Beringin dilakukan pada tiga stasiun dengan karakteristik masing-masing. Stasiun 1 terletak di Kelurahan Wonosari, Semarang Barat, Kota Semarang, dengan titik koordinat 110°19'1,408" Bujur Timur dan 6°58'59,515" Lintang Selatan. Stasiun ini merupakan muara dari Sungai Beringin. Stasiun 1 merupakan sungai yang berada di tengah permukiman yang tidak padat penduduk. Stasiun ini mempunyai aliran berkelok, terdapat sedikit bebatuan, dan memiliki arus yang cukup deras. Kondisi perairan pada stasiun 1 warna air cukup keruh, terdapat sampah dan cukup banyak riparian yang berada di pinggiran sungai.

Stasiun 2 berada di Kelurahan Wonosari, Semarang Barat, Kota Semarang, dengan titik koordinat 110°18'20,642" Bujur Timur dan 6°58'32,248" Lintang Selatan. Jarak antara stasiun 1 dan 2 yaitu 8,29 KM. Stasiun 2 berada dekat dengan perkampungan dan juga terdapat beberapa pabrik antara lain terdapat pabrik industri tarpaulin PVC, keramik, sarung tangan, tekstil, dan lain-lain. Stasiun ini mempunyai pola aliran yang lurus dan terdapat banyak saluran pembuangan air yang masuk kedalam sungai serta terdapat banyak sampah yang ada di pinggiran sungai.

Stasiun 3 berada di Kelurahan Mangkang Wetan, Semarang Barat, Kota Semarang, dengan titik koordinat 110°18'27,350 Bujur Timur dan 6°58'16,114" Lintang Selatan. Jarak antara stasiun 2 dan 3 yaitu 1,8 KM. Stasiun 3 merupakan sungai yang mempunyai aliran sungai yang lurus dan terdapat cukup banyak riparian di sekitarnya. Kondisi perairan cukup keruh, terdapat sampah dan riparian yang terdapat pada pinggiran sungai.

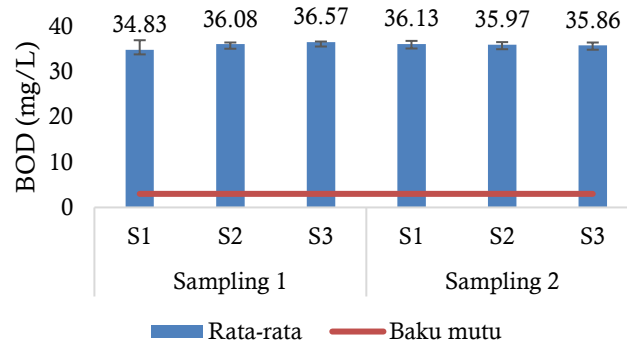
Kualitas Air di Sungai Beringin

Hasil pengukuran parameter kualitas air di Sungai Beringin disajikan dalam Tabel 1. Nilai DO atau oksigen terlarut Sungai Beringin pada sampling 1 dan 2 berkisar antara 3,73 mg/L - 6,13 mg/L. Berdasarkan hasil yang didapat diketahui bahwa nilai DO atau oksigen terlarut paling tinggi terdapat pada stasiun 2 sampling 2 dengan nilai sebesar 6,13 mg/L. Menurut Prahutama (2013), semakin tinggi kandungan DO semakin bagus kualitas air tersebut. Penurunan DO dalam perairan akan sangat berbahaya terutama bagi kehidupan akuatik. Nilai pH yang didapat pada sampling 1 dan 2 berkisar antara 6,82 - 7,15. Nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun 2 sampling 2 dengan nilai 7,15, dimana nilai tersebut masih berada pada rentang baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 6-9. Perubahan nilai pH di suatu perairan akan mempengaruhi kehidupan biota, karena tiap biota memiliki batasan tertentu terhadap nilai pH yang bervariasi (Saraswati *et al.*, 2017). Nilai temperatur yang didapat berkisar antara 26,7°C-30,23°C. Nilai temperatur tertinggi terdapat pada stasiun 3 sampling 1 yaitu 30,23°C. Menurut Patty (2013), temperatur air permukaan di perairan Indonesia pada umumnya berkisar antara 28-31°C. Temperatur yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar atau sedang terjadi proses dekomposisi mikroorganisme. Nilai debit yang didapatkan berkisar antara 0,36 m³/s - 2,83 m³/s. Nilai debit tertinggi terdapat pada stasiun 2 sampling 2 yaitu 2,83 m³/s. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi besar kecilnya debit sungai antara lain, yaitu hujan, topografi, geologi, keadaan tumbuh-tumbuhan dan manusia (Neno *et al.*, 2016).

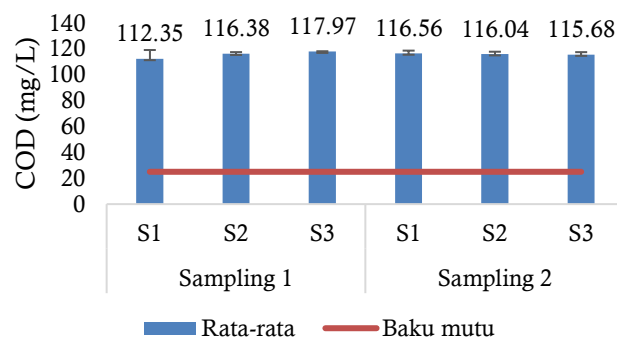
Tabel 1. Kualitas Air di Sungai Beringin

Parameter	Sampling 1			Sampling 2		
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
DO (mg/L)	4,5 ± 0,2	4,7 ± 0,44	4,23 ± 0,15	5,77 ± 0,21	6,13 ± 0,15	3,73 ± 0,31
pH	6,82 ± 0,04	6,9 ± 0,02	6,85 ± 0,02	7,11 ± 0,09	7,15 ± 0,01	7,05 ± 0,01
Temperatur (°C)	27,47 ± 0,31	28,17 ± 0,21	30,23 ± 0,59	27,9 ± 1,01	26,7 ± 0,1	29,83 ± 1,17
Debit (m ³ /s)	0,36 ± 0,06	1,30 ± 0,19	0,44 ± 0,09	1,81 ± 0,45	2,83 ± 0,51	1,43 ± 0,12

Hasil Analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*)

**Gambar 1.** Nilai BOD di Sungai Beringin

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan didapatkan hasil untuk nilai BOD yang disajikan pada Gambar 1. Nilai BOD yang terdapat di Sungai Beringin yang telah dirata-rata pada sampling 1 dan 2 berkisar antara 34,83 mg/L-36,57 mg/L. Nilai rata-rata BOD tertinggi didapatkan pada stasiun 3 sampling 1 yaitu 36,57 mg/L sedangkan nilai rata-rata BOD terendah didapatkan pada stasiun 1 sampling 1 yaitu 34,83 mg/L. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan menunjukkan bahwa nilai BOD yang telah dirata-rata pada sampling 1 lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang telah dirata-rata pada sampling 2. Tingginya nilai BOD pada stasiun 3 sampling 1 menunjukkan bahwa limbah organik sebagai pencemar dominan. Hal ini diperkuat oleh Cahyono *et al.*, (2018), semakin besarnya konsentrasi BOD mengindikasikan bahwa perairan tersebut telah tercemar. Konsentrasi BOD yang tingkat pencemarannya masih rendah dan dapat dikategorikan sebagai perairan yang baik memiliki kadar BOD berkisar antara 0-10 mg/L. Perairan yang memiliki konsentrasi BOD lebih dari 10 mg/L dianggap telah tercemar (Prakoso & Wahyuni, 2019).

**Gambar 2.** Nilai COD di Sungai Beringin

Hasil pengukuran nilai COD disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa nilai COD yang terdapat di Sungai Beringin yang telah dirata-rata pada sampling 1 dan 2 berkisar antara 112,35 mg/L - 117,97 mg/L. Nilai rata-rata COD tertinggi didapatkan pada stasiun 3 sampling 1 yaitu 117,97 mg/L sedangkan nilai COD terendah didapatkan pada stasiun 1 sampling 1 yaitu 112,35 mg/L. Rendahnya nilai COD pada stasiun 1 sampling 1 dikarenakan di sekitar stasiun 1 tidak terdapat pabrik apapun, hanya terdapat permukiman penduduk yang tidak terlalu padat sehingga menunjukkan sedikitnya pencemar organik yang terdapat di perairan stasiun 1. Nilai COD memberikan informasi tentang jumlah

oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik menjadi karbondioksida dan air. Nilai COD akan selalu lebih besar dari BOD karena kebanyakan senyawa lebih mudah teroksidasi secara kimia daripada secara biologi (Haerun *et al.*, 2018).

Hasil Analisis Rasio BOD/COD di Sungai Beringin

Tabel 2. Rasio BOD/COD di Sungai Beringin

Rasio BOD/COD			
Sampling 1			
Pengulangan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
P1	0,31	0,31	0,31
P2	0,31	0,31	0,31
P3	0,31	0,31	0,31
Sampling 2			
Pengulangan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3
P1	0,31	0,31	0,31
P2	0,31	0,31	0,31
P3	0,31	0,31	0,31

Rasio BOD/COD Sungai Beringin disajikan pada Tabel 2, rasio BOD/COD yang diperoleh pada stasiun 1, 2 dan 3 baik sampling 1 maupun sampling 2 adalah 0,31. Hasil tersebut menunjukkan bahwa limbah yang masuk ke Sungai Beringin merupakan limbah organik yang mudah terurai atau *biodegradable*. Hasil tersebut termasuk baik karena rasio BOD/COD yang digunakan untuk proses biologis adalah di dalam range *biodegradable* yaitu 0,2 - 0,5. Semakin tinggi rasio BOD/COD suatu air limbah maka tingkatan biodegradabilitas dari air limbah semakin rendah. Menurut Sari *et al.*, (2020), bahwa rasio BOD/COD merupakan sebuah indikator untuk dampak *output* dari zat organik yang berada pada air, limbah, lindi, kompos dan lain-lain baik dari alam maupun buatan.

Analisis Beban Pencemaran di Sungai Beringin

Berdasarkan hasil perhitungan beban pencemaran di Sungai Beringin yang disajikan pada Tabel 3 dan 4, variabel COD mempunyai beban pencemaran tertinggi dibandingkan dengan variabel BOD, yaitu sebesar 7.022,82 kg/hari dan 20.345,39 kg/hari. Hal ini menunjukkan bahwa masih banyak dilakukannya kegiatan-kegiatan yang dapat meningkatkan COD seperti pembuangan sisa deterjen, pembuangan air sisa cucian, pembuangan sisa makanan dan pembuangan sampah. Limbah domestik yang berasal dari rumah tangga langsung dibuang ke badan sungai, mengakibatkan penurunan kualitas air. Bahan organik seperti kotoran manusia dan hewan merupakan sumbangan beban pencemaran yang berasal dari limbah domestik. Menurut Asmawati *et al.*, (2019), bahwa uji COD pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih besar daripada uji BOD. Tingginya COD merupakan petunjuk bahwa pada limbah domestik cair terdapat banyak senyawa organik yang tidak dapat diurai secara biologis oleh mikroorganisme dan bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD.

Beban pencemaran rata-rata BOD dan COD di Sungai Beringin pada sampling 1 yaitu sebesar 2.176,97 kg/hari dan 7.022,82 kg/hari kemudian pada sampling 2 yaitu sebesar 6.306,69 kg/hari dan 20.345,39 kg/hari. Apabila dibandingkan dengan Beban Pencemaran Maksimum (BPM), Beban Pencemaran Aktual (BPA) yang masuk pada perairan Sungai Beringin jauh melebihi batas maksimum, dimana rata-rata BPM BOD dan COD pada sampling 1 yaitu sebesar 181,44 kg/hari dan 1512 kg/hari kemudian pada sampling 2 yaitu sebesar 525,31 kg/hari dan 4.377,6 kg/hari. Beban Pencemaran Aktual (BPA) lebih besar daripada Beban Pencemaran Maksimum (BPM) dikarenakan debit dan beban pencemaran limbah memberikan kontribusi pencemaran besar terhadap parameter BOD dan COD. Hal ini diperkuat oleh Sampe *et al.*, (2018), apabila hasil dari BPA lebih besar dari BPM maka dapat dipastikan bahwa sungai sudah tidak dapat lagi menampung beban pencemar.

Beban pencemaran BOD dan COD tertinggi pada sampling 1 dan 2 terdapat pada stasiun yang sama yaitu 2-P1 sebesar 4.709,42 kg/hari ; 15.192,02 kg/hari dan 10.567,45 kg/hari ; 34.094,14 kg/hari. Tingginya beban pencemaran pada stasiun 2 diakibatkan karena disekitar sungai tersebut merupakan tempat pembuangan limbah domestik warga setempat serta limbah industri dari pabrik industri tarpaulin PVC, pabrik industri keramik, pabrik industri sarung tangan dan pabrik industri tekstil yang berada dekat stasiun tersebut. Menurut Roman *et al.*, (2016), bahwa tingginya beban pencemaran disebabkan oleh saluran pembuangan limbah rumah tangga penduduk yang langsung dibuang ke sungai tanpa pengolahan

sebelumnya. Kegiatan permukiman menyebabkan BOD dan COD dari hulu ke hilir semakin meningkat. Sumber pencemar yang berada di sekitar sungai menyumbang beban cemaran cukup tinggi, yang mengindikasikan adanya penurunan kualitas lingkungan di sekitar sungai dan adanya perubahan tata guna lahan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Beban Pencemaran di Sungai Beringin Sampling 1

Stasiun	Pengulangan	Debit (m ³ /s)	Debit per hari (m ³ /s)	BPA(kg/hari)		BPM (kg/hari)	
				BOD	COD	BOD	COD
1	P1	0,29	25.056	812,82	2.621,61	75,17	626,4
	P2	0,38	32.832	1.166,85	3.763,53	98,50	820,8
	P3	0,41	35.424	1.293,33	4.172,59	106,27	885,6
	Rata-rata	0,36	31.104	1.091	3.519,24	93,31	777,6
2	P1	1,52	131.328	4.709,42	15.192,02	393,98	3.283,2
	P2	1,17	101.088	3.690,72	11.907,16	303,26	2.527,2
	P3	1,22	105.408	3.779,93	12.193,60	316,22	2.635,2
	Rata-rata	1,30	112.610	4.060,03	13.097,59	337,82	2.815,2
3	P1	0,33	28.512	1.040,97	3.358,43	85,54	712,8
	P2	0,50	43.200	1.584,58	5.111,42	129,60	1.080
	P3	0,48	41.472	1.514,14	4.884,99	124,42	1.036,8
	Rata-rata	0,44	37.728	1.379,9	4.451,61	113,18	943,2
Total		-	-	2.176,97	7.022,82	181,44	1512

Beban pencemaran BOD dan COD terendah pada sampling 1 terdapat pada stasiun 1-P1 sebesar 812,82 kg/hari dan 2.621,61 kg/hari sedangkan pada sampling 2 terdapat pada stasiun 3-P1 sebesar 4.082,83 kg/hari dan 13.170,64 kg/hari. Hal tersebut dikarenakan stasiun 1 berada di tengah permukiman yang tidak padat penduduk sehingga pencemaran yang masuk ke dalam sungai lebih sedikit. Menurut Roman *et al.*, (2016), sumbangan beban pencemaran terhadap kualitas air sungai, aktivitas permukiman memberikan masukan beban pencemaran bahan organik yang paling tinggi. Faktor yang mempengaruhi kontribusi beban pencemaran dari kegiatan domestik meliputi jumlah penduduk serta jarak antara permukiman penduduk dengan sungai. Hal ini diasumsikan semakin dekat jarak antara permukiman dengan sungai maka semakin besar kontribusinya terhadap beban pencemaran pada sungai.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Beban Pencemaran di Sungai Beringin Sampling 2

Stasiun	Pengulangan	Debit (m ³ /s)	Debit per hari (m ³ /s)	BPA(kg/hari)		BPM (kg/hari)	
				BOD	COD	BOD	COD
1	P1	1,45	125.280	4.553,93	14.690,33	375,84	3.132
	P2	1,68	145.152	5.134,03	16.561,84	435,46	3.628,8
	P3	2,31	199.584	7.320,74	23.614,78	598,75	4.989,6
	Rata-rata	1,81	156.672	5.669,57	18.288,98	470,02	3.916,8
2	P1	3,35	289.440	10.567,45	34.093,14	868,32	7.236
	P2	2,82	243.648	8.617,83	27.800,24	730,94	6.091,2
	P3	2,33	201.312	7.251,26	23.394,47	603,94	5.032,8
	Rata-rata	2,83	244.8	8.812,18	28.429,28	734,4	6.120
3	P1	1,30	112.320	4.082,83	13.170,64	336,96	2.808
	P2	1,51	130.464	4.699,31	15.161,22	391,39	3.261,6
	P3	1,49	128.736	4.532,79	14.621,83	386,21	3.218,4
	Rata-rata	1,43	123.84	4.438,31	14.317,9	371,52	3.096
Total		-	-	6.306,69	20.345,39	525,31	4.377,6

Beban pencemaran bahan organik mempengaruhi oksigen terlarut. Beban pencemaran yang tinggi di stasiun 2 dapat mengakibatkan rendahnya konsentrasi oksigen terlarut yang dapat dilihat pada Tabel 1, dimana konsentrasi oksigen terlarut pada stasiun 3 memiliki konsentrasi paling kecil dibandingkan dengan stasiun yang lainnya. Menurut Androva dan Harjanto (2017), bahwa oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi serta reduksi bahan organik dan anorganik. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga.

Menurut Rahadi *et al.*, (2019), bahwa umumnya konsentrasi oksigen terlarut di suatu perairan akan bersifat sementara atau musiman dan berfluktuasi dari waktu ke waktu. Konsentrasi oksigen terlarut pada perairan sungai semakin ke hilir akan semakin turun hingga tidak memenuhi baku mutu yang sudah ditetapkan. Konsentrasi oksigen terlarut menurun karena alirannya semakin lambat dan percikan airnya kecil sehingga oksigen lebih rendah. Semakin besarnya konsentrasi BOD mengindikasikan bahwa perairan tersebut telah tercemar. Makin besar konsentrasi BOD suatu perairan, menunjukkan konsentrasi bahan organik di dalam air juga tinggi. Peningkatan BOD berpengaruh terhadap konsentrasi oksigen terlarut berkurang.

Konsentrasi oksigen terlarut yang rendah pada stasiun 3 (3,73 mg/L) langsung dapat mempengaruhi kehidupan organisme akuatik yang berada di dalamnya, karena oksigen sangat diperlukan oleh organisme akuatik baik untuk proses pertumbuhan, respirasi dan bereproduksi. Organisme dalam badan air akan mati bukan namun karena kombinasi kerusakan organ pernafasan dan kekurangan oksigen. Ikan yang hidup di perairan tawar tropis membutuhkan oksigen ± 5 mg/L. Menurut Sa'diyah *et al.*, (2018), bahwa oksigen di dalam air digunakan oleh bakteri dalam proses penguraian bahan organik. Penguraian bahan organik secara terus menerus dengan kandungan oksigen terlarut yang semakin habis akan mengakibatkan terbentuknya H₂S di perairan tersebut.

Analisis Status Pencemaran di Sungai Beringin

Status pencemaran Sungai Beringin dihitung menggunakan metode indeks pencemaran yang kemudian dibandingkan dengan baku mutu air sungai kelas II sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berdasarkan hasil indeks pencemaran diketahui bahwa pada stasiun 1 - 3 mempunyai status mutu air tercemar ringan dengan kisaran nilai 4,82 - 4,84. Nilai indeks pencemaran selain dipengaruhi oleh banyaknya limbah yang masuk ke perairan juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran sungai.

Indeks pencemaran yang didapat pada stasiun 1 baik pada sampling 1 dan sampling 2 adalah 4,82 tergolong dalam kategori tercemar ringan. Hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lainnya. Pencemaran yang terjadi di stasiun 1 disebabkan karena terdapat pemupukan pencemaran yang berasal dari stasiun 2 dan stasiun 3. Selain itu, pabrik-pabrik yang terdapat di sekitaran stasiun 2 tersebut kebanyakan membuang air buangan langsung ke sungai. Menurut Putri *et al.*, (2019), bahwa bahan pencemar yang dihasilkan setiap kegiatan akan dibawa oleh arus sungai menuju wilayah hilir, kemudian terakumulasi di daerah muara sehingga seringkali kawasan sekitar muara mengandung bahan pencemar yang cukup tinggi. Hal ini tentu dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme yang mendiami kawasan tersebut. Hasil perhitungan indeks pencemaran (IPj) menunjukkan bahwa Sungai Beringin masih termasuk dalam kriteria tercemar ringan. Hal tersebut mungkin saja terjadi mengingat sungai memiliki kemampuan memulihkan dirinya sendiri (*self purification*) dari bahan pencemar. Kemampuan *self purification* sungai terjadi karena penambahan konsentrasi oksigen terlarut dalam air yang berasal dari udara dan air hujan. Kandungan oksigen di dalam air akan menerima tambahan akibat turbulensi sehingga berlangsung perpindahan (difusi) oksigen dari udara ke air yang disebut proses aerasi. Hasil perhitungan indeks pencemaran Sungai Beringin disajikan pada Tabel 5.

Peningkatan status pencemaran pada stasiun 2 terjadi seiring dengan tingginya nilai beban pencemaran di stasiun 2 yang disajikan pada Tabel 3 dan 4. Hal tersebut dibuktikan dengan tingginya konsentrasi BOD dan COD yang berakibat rendahnya kandungan oksigen terlarut di dalam air. Oksigen terlarut yang rendah juga dipengaruhi oleh tingginya temperatur. Temperatur yang tinggi akan mengakibatkan meningkatnya proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba di perairan. Temperatur air mempunyai peranan dalam mengatur kehidupan biota perairan, terutama dalam proses metabolisme. Kenaikan temperatur menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen, namun di lain pihak juga mengakibatkan turunnya kelarutan oksigen dalam air. Oleh karena itu, maka pada kondisi tersebut organisme akuatik seringkali tidak mampu memenuhi kadar oksigen terlarut untuk keperluan proses metabolisme dan respirasi. Menurut Asrini *et al.*, (2017), penyebaran temperatur juga disebabkan oleh arus air dan turbulensi di wilayah hulu, tengah dan hilir berbeda. Intensitas cahaya matahari semakin banyak ke wilayah hilir, pertukaran panas antara air dan udara ke hilir lebih besar sehingga terjadi peningkatan temperatur.

Nilai indeks pencemaran stasiun 2 adalah 4,82 yang termasuk dalam kategori tercemar ringan. Pencemaran yang terjadi di stasiun 2 disebabkan oleh limbah domestik dan limbah industri yang dibuang langsung ke perairan. Banyaknya penduduk menunjukkan semakin banyaknya aktivitas masyarakat yang menghasilkan limbah seperti air cucian, sampah plastik maupun sisa makanan. Menurunnya kualitas air

disebabkan oleh limbah rumah tangga baik organik maupun anorganik. Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan suatu daerah berakibat pola perubahan konsumsi masyarakat yang cukup tinggi dari tahun ke tahun, dengan luas lahan yang tetap akan mengakibatkan tekanan lingkungan semakin berat. Aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya yang berasal dari industri dan kegiatan rumah tangga akan menghasilkan limbah yang memberi sumbangan pada penurunan kualitas air sungai (Azizah & Humairoh, 2015).

Tabel 5. Hasil perhitungan indeks pencemaran

Waktu	Stasiun	Indeks Pencemaran (IP)	Keterangann
Sampling 1	1	4,82	Tercemar ringan
	2	4,82	Tercemar ringan
	3	4,84	Tercemar ringan
Sampling 2	1	4,82	Tercemar ringan
	2	4,82	Tercemar ringan
	3	4,82	Tercemar ringan

Indeks pencemaran yang diperoleh pada stasiun 3 adalah 4,84 pada sampling 1 dan 4,82 pada sampling 2, kedua nilai tersebut masih tergolong dalam kategori tercemar ringan. Hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut masih layak dimanfaatkan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain. Pencemaran yang terjadi di stasiun 3 ini mempunyai nilai paling besar dibandingkan dengan stasiun yang lain. Hal ini terjadi karena stasiun ini merupakan hilir sungai yang dilewati oleh aliran dari hulu dan tengah. Hal tersebut ditunjukkan oleh hasil pengukuran COD pada stasiun 3 yang mempunyai konsentrasi paling tinggi dibandingkan dengan stasiun yang lain. Apabila dilihat dari hasil analisis BOD/COD yang disajikan pada Tabel 2, pada stasiun 3 mempunyai nilai rasio BOD/COD yaitu 0,31 yang berarti bahwa bahan pencemar yang masuk di stasiun 3 masih tergolong bahan pencemar yang mudah terurai. Secara keseluruhan status pencemaran yang dimiliki oleh Sungai Beringin mempunyai kualitas air yang buruk jika dilihat dari variabel DO, BOD serta COD. Ketiga variabel ini mempunyai konsentrasi yang tidak memenuhi baku mutu kelas II.

Simpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah Beban pencemaran BOD di perairan Sungai Beringin pada sampling 1 yaitu sebesar 2.176,97 kg/hari lebih rendah dibandingkan pada beban pencemaran BOD pada sampling 2 yaitu sebesar 6.306,69 kg/hari. Beban pencemaran COD di perairan Sungai Beringin pada sampling 1 yaitu sebesar 7.022,82 kg/hari lebih rendah dibandingkan pada beban pencemaran COD pada sampling 2 yaitu sebesar 20.345,39 kg/hari. Hasil dari kedua sampling tersebut menunjukkan tingkat pencemaran tinggi yang dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup terganggu. Hasil perhitungan Indeks Pencemaran perairan Sungai Beringin yang berkisar antara 4,82-4,84 termasuk dalam kategori tercemar ringan, yang artinya bahwa bahan pencemar yang masuk ke perairan Sungai Beringin telah melebihi daya tampung.

Daftar Referensi

- Androva, A. & Harjanto, I. 2017. Studi Peningkatan Kadar *Dissolved Oxygen* Air, Setelah di Injeksi dengan Aerator Kincir Angin *Savonius Arreus*, Menggunakan DO Meter *Type Lutron DO-5510*. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 3(2): 114-122.
- Asmawati, H., Haeruddin, dan Sulardiono, B. 2019. Analisis Status Mutu Air Sungai Siangker Berdasarkan Indeks Kualitas Air. *Diponegoro Journal of Maquares*, 8(4): 275-282.
- Asrini, N. K., Adnyana I. W. S., dan Rai, I. N. 2017. Studi Analisis Kualitas Air di Daerah Aliran Sungai Pakerisan Provinsi Bali. *ECOTROPHIC*, 11(2): 101-107.
- Azizah, M. dan Humairoh, M. 2015. Analisis Kadar Amonia (NH₃) Dalam Air Sungai Cileungsi. *Jurnal Nusa Sylva*, 15(1): 47-54.
- Cahyono, A., Nurhayati, dan U. A. Gani. 2018. Karakteristik Kualitas Air Pada Daerah Tangkapan Hujan Parit Bansir. *Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(1):1-16.
- Doraja, P. H., Shovtri, M. & Kuswytasari, N. D. 2012. Biodegradasi Limbah Domestik dengan Menggunakan Inokulum Alami Dari Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1): 44-47.

- Fariz, H. K., Herdiansah, D., dan Noormansyah, Z. 2016. Analisis Kapabilitas Petani dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Dalam Usaha Tani Padi Sawah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 2(2): 87-96.
- Haerun, R., Mallongi, A. & Nasir, M. F. 2018. Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2): 1-11.
- Harisnor, A. & Amalia, M. 2016. Analisa Parameter Hidraulik pada Sungai Veteran Kota Banjarmasin. *Jurnal Poros Teknik*, 8(2): 97-103.
- Indriyani, E. 2017. Pengaruh Ukuran Perusahaan dan Profitabilitas Terhadap Nilai Perusahaan. *Jurnal Ilmu Akuntansi*, 10(2): 333-348.
- Mitsch, W., & Gosselink, J. 1993. *Wetlands. In Water Quality Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrand Reinhold, New York. 722 pages.*
- Neno, A. K., Harijanto, H. & Wahid, A. 2016. Hubungan Debit Air dan Tinggi Muka Air di Sungai Lambagu Kecamatan Tawaeli Kota Palu. *Warta Rimba*, 4(2): 1-8.
- Patty, S. I. 2013. Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(3): 148-157.
- Prahutama, A. 2013. Estimasi Kandungan DO (*Dissolved Oxygen*) di kali Surabaya dengan Metode Kriging. *Statistika*, 1(2): 9-14.
- Prakoso, B., & Wahyuni, T. T. 2019. Analisis Parameter Fisika-Kimia Sebagai Salah Satu Penentu Kualitas Sungai Lok Ulo, Kabupaten Kebumen. *Jurnal Kridatama*, 1(1): 12-17.
- Putri, W. A. E., Purwiyanto, A. I. S., Fauziyah, Agustriani, F. & Suteja, Y. 2019. Kondisi Nitrat, Nitrit, Amonia, Fosfat dan BOD di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1): 65-74.
- Rahadi, B., Suharto, B. & Monica, F. Y. 2019. Identifikasi Daya Tampung Beban Pencemaran dan Kualitas Air Sungai Lesti Sebelum Pembangunan Hotel. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 6(3): 1-10.
- Roman, M., Duan, F. K. & Suwari. 2016. Kontribusi Limbah Domestik Penduduk di Sekitar Sungai Biknoi Terhadap Kualitas Air Bendungan Biknoi Sebagai Sumber Baku Air Minum Serta Upaya Penanganannya. *Jurnal Bumi Lestari*, 16(2): 155-162.
- Sa'diyah, H., Afiati, N. & Purnomo, P. W. 2018. Kandungan Bahan Organik Sedimen dan Kadar H₂S Air di Dalam dan di Luar Tegakan Mangrove Desa Bedono, Kabupaten Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, 7(1): 78-85.
- Sahabuddin, E.S. 2012. Cemar Air dan Tercapainya Lingkungan Sumber Daya Alam Yang Berkelanjutan. *Jurnal Publikasi Pendidikan*, 11(2): 102-111.
- Sampe, H. R., Juwana, I. & Marganingrum, D. 2018. Kajian Perhitungan Beban Pencemaran Sungai Cisangkuy di Cekung Bandung dari Sektor Pertanian. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(2): 165-175.
- Saraswati, N. L. G. R. A., Yulius, Rustam, A., Salim, H. L., Heriati, A. dan Mustikasari, E. 2017. Kajian Kualitas Air Untuk Wisata Bahari di Pesisir Kecamatan Moyo Hilir dan Kecamatan Lape, Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Segara*, 13(1): 37-47.
- Sari, S. V., Narwati, dan Hermiyanti, P. 2020. Pengaplikasian Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*) dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, dan TSS Pada Limbah Cair Laboratorium di RSUD Besuki Kabupaten Situbondo. *JKP*, 8(1): 11-14.