

Analisis Indikator Kimia dan Fisika Air Untuk Menentukan Kualitas Air di Sub Daerah Aliran Sungai Biyonga Provinsi Gorontalo

Iswan Dunggio^{1*}, Weni JA Musa², Hendri Iyabu²

¹Program Studi Magister Kependudukan dan Lingkungan Hidup Program Pascasarjana Universitas Negeri Gorontalo,

²Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas lingkungan di Sub Daerah Aliran Sungai Biyonga berdasarkan karakteristik kualitas kimia dan fisika air. Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan di 3 bagian wilayah sub DAS Biyonga Kabupaten Gorontalo. Metode pengujian kualitas air diukur langsung di lapangan dan di laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan pada wilayah hulu, tengah dan hilir sub DAS Biyonga. Parameter yang diuji adalah suhu, pH, TSS, BOD, COD, DO, ntrat, total nitrogen dan total coliform. Hasil analisis di bagian hulu sub DAS Biyonga yang terletak di Desa Tapaluloo (titik 1) menunjukkan parameter COD dan BOD tidak memenuhi syarat baku. Selanjutnya pada bagian tengah kelurahan Biyonga (titik 2) dan bagian hilir sub DAS Biyonga parameter TSS, COD, BOD dan DO berada diatas baku mutu atau tidak memenuhi syarat baku mutu air. Akumulasi kegiatan pertanian, aktivitas rumah tangga dan industri kecil yang menghasilkan limbah cair merupakan penyebab utama dari makin rendahnya kualitas air di bagian hilir sub DAS Biyonga. Berdasarkan hasil pengujian kimia dan fisika air, maka sumber air yang terdapat di wilayah tengah dan hilir sungai Biyonga tidak bisa dijadikan sebagai sumber air baku

Kata kunci: daerah aliran sungai; kimia; fisika

ABSTRACT

This study aims to determine the environmental quality in Biyonga Sub Watershed based on chemical and physical water quality characteristics. The research was conducted for 3 months in 3 parts of Biyonga sub-watershed area in Gorontalo Regency. Water quality was measured directly in the field and in the laboratory. Sampling was carried out in the upstream, middle and downstream areas of the Biyonga sub-watershed. Parameters tested were temperature, pH, TSS, BOD, COD, DO, nitrate, total nitrogen and total coliform. The results of the analysis in the upstream part of the Biyonga sub-watershed in the village of Tapaluloo (point 1) showed that the COD and BOD parameters did not meet the standard requirements. Furthermore, in the middle part of Biyonga village (point 2) and in the downstream part of Biyonga sub-watershed, the TSS, COD, BOD and DO parameters are above the quality standards or do not meet the water quality standards. The accumulation of agricultural activities, domestic activities and small industries producing liquid wastes are the main causes of the lower water quality in the downstream part of the Biyonga sub-watershed. Based on the results of chemical and physical water tests, the water sources in the middle and lower reaches of the Biyonga River cannot be used as freshwater sources..

Keywords: watershed; chemical; physical

Received: 07-08-2023, Accepted: 11-01-2024, Online: 28-02-2024

PENDAHULUAN

Sub daerah aliran sungai (Sub-DAS) Biyonga merupakan salah satu sub DAS penting bagi DAS Limboto. Wilayah sub DAS Biyonga dapat digolongkan menjadi 3 wilayah yaitu wilayah hulu, wilayah tengah dan wilayah hilir yang memiliki karakteristik berbeda. Wilayah hulu dan tengah merupakan wilayah perkebunan dan pertanian, sedangkan bagian hilir merupakan wilayah pemukiman penduduk yang relatif padat karena terletak di ibukota Kabupaten

*Corresponding author:

iswan@ung.ac.id

Gorontalo yaitu Limboto. Sub DAS Biyonga merupakan salah satu sub DAS Penting bagi DAS Limboto yang merupakan DAS prioritas nasional. dengan dan merupakan bagian dari DAS Limboto (Cahyono *et al*, 2021). Posisi sub DAS Biyonga yang berada pada areal pertanian, perkebunan dan perkotaan berpotensi memberikan dampak kepada kualitas lingkungan di sub DAS Biyonga. Menurut Thamrin *et al* (2022) mengemukakan bahwa wilayah perkotaan yang mempunyai mempunyai resiko pencemaran terbesar dibandingkan dengan lokasi pedesaan karena tingginya populasi dan berbagai aktivitas jasa yang berkontribusi pada timbulan sampah. Kilic (2021) menambahkan bahwa pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas industri dan kegiatan manusia menyebabkan air menjadi tidak aman untuk dikonsumsi dan dapat mengakibatkan air menjadi semakin langka. Pencemaran air pada sungai dapat berdampak luas pada ekosistem DAS, karena air dan ekosistem DAS berada pada satu kesatuan ekosistem. Menurut Sukhla (2018) bahwa pencemaran air pada wilayah DAS berasal dari berbagai sumber antara lain aktivitas pertanian dan aktivitas pemukiman masyarakat di wilayah perkotaan. Pencemaran air yang berasal dari pertanian umumnya berasal dari kegiatan pemupukan dan penggunaan pestisida, sedangkan dari wilayah perkotaan, sumber pencemaran berasal dari aktivitas industri dan rumah tangga, selain itu tipe pencemaran air akan sangat dipengaruhi oleh tipe tutupan lahan (Efendi *et al*, 2018; Sing,*et al*, 2017). Pencemaran air yang diakibatkan oleh industri baik skala kecil maupun industri besar yang sering terjadi di lingkungan daerah aliran sungai (DAS) sangat sulit dihindari karena penyebarannya sulit terdeteksi dan lebih mengkhawatirkan lagi limbah-limbah yang berasal dari aktivitas industri semakin lama semakin meningkat (Prihatiningsih dkk, 2019; Iqbal dkk. 2019). Pencemaran yang diakibatkan oleh limbah industri sangat mengganggu pasokan air bersih yang dikonsumsi oleh manusia yang membutuhkan air baku sesuai standart baku mutu (Gbadegesin and Akintola 2020; Berhe, 2020). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa hampir 80% limbah yang dibuang ke lingkungan sekitar tidak melalui perlakuan atau *treatment* pengelolaan air limbah. Hal ini mengindikasikan bahwa bahwa hampir seluruh wilayah di dunia tidak memiliki sistem pengelolaan limbah yang baik (Exum dkk., 2019; Kayiwa dkk., 2020).

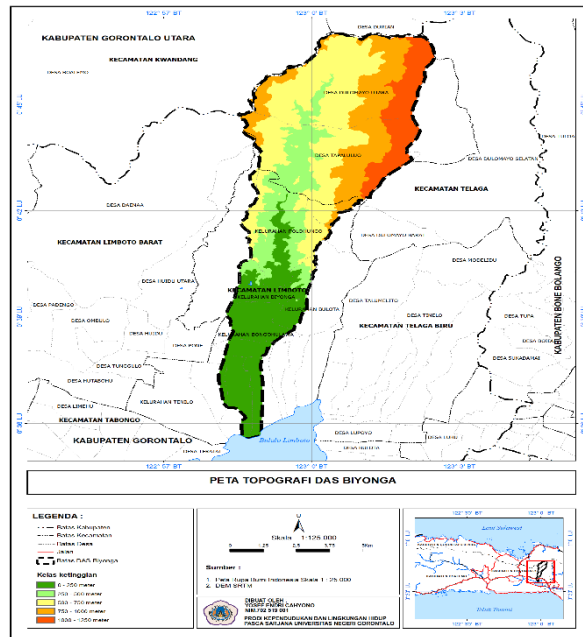
Temuan awal terhadap riset ini menunjukkan, aktivitas masyarakat yang memanfaatkan sungai utama Biyonga relatif lebih tinggi sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan hidup di daerah aliran sungai seperti aktivitas pertanian yang mencapai 3.376 Ha (45,68 %) dan permukiman seluas 254 Ha (3,44 %) sebagaimana yang diungkapkan oleh Cahyono, *et al* (2021). Tingginya aktivitas pertanian dan luasnya wilayah pemukiman karena sebagian besar wilayah sub DAS Biyonga berada di ibukota kabupaten Gorontalo yaitu Limboto. Kegiatan pertanian dapat menyebabkan penumpukan pupuk kimia pada lahan dan badan air, sedangkan aktivitas rumah tangga dapat menyebabkan pencemaran air yang disebabkan oleh pembuangan limbah rumah tangga. Pembuangan limbah cair yang berasal dari sektor jasa juga dapat memperparah tingkat kerusakan

Selain menimbulkan bau pembuangan limbah organik langsung ke sungai dapat menimbulkan pencemaran dan sedimentasi di sepanjang aliran sungai (Cahyono *et al*, 2021). Selanjutnya menurut Dunggio & Ichsan (2022), pencemaran yang terjadi akibat aktivitas industri dapat menimbulkan degradasi di daerah aliran sungai (DAS). Penilaian kualitas lingkungan di sub DAS Limboto dapat dilakukan dengan cara mengetahui kualitas mutu air Kualitas air secara biologis ditentukan oleh banyak parameter, yaitu parameter mikroba pencemar, patogen dan penghasil toksin. Terdapat banyak mikroba yang sering bercampur dengan air khususnya pada air tanah dangkal (Fadzry dkk, 2020; Sulistia & Septisya, 2020). Beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas mutu limbah cair antara lain TSS, pH, COD, BOD. Berdasarkan latar belakang ini, maka dibutuhkan sebuah data informasi terkait baku mutu air di sub DAS Biyonga. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas lingkungan di Sub Daerah Aliran Sungai Biyonga berdasarkan karakteristik kualitas kimia dan fisika air

METODE PENELITIAN

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah Sub DAS Biyonga yang meliputi 11 desa dan 2 kecamatan yaitu kecamatan Telaga Biru dan Kecamatan Limboto di Kabupaten Gorontalo yang dimulai pada bulan September – Desember 2022. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang dianalisis secara deskriptif.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Sub DAS Biyonga Kabupaten Gorontalo

Teknik pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian meliputi pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari data pengukuran kualitas air seperti Suhu, pH, BOD, COD, TSS. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sampel air dari beberapa titik badan air sungai biyonga yang merupakan sungai utama dari Sub DAS Biyonga. Sedangkan data sekunder adalah yang dikumpulkan melalui proses wawancara dengan petani yang memanfaatkan lahan dan pelaku usaha yang tinggal di sub DAS Biyonga. Data sekunder diperlukan untuk melakukan triangulasi data yang didapatkan dari lokasi sub DAS Biyonga yang menjadi sasaran pengambilan sampel

Teknik analisis data

Pengambilan sampel air dilakukan secara langsung di badan air yang sedang dipantau dan sampel ini hanya menggambarkan karakteristik air pada saat pengambilan sampel. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dan mewakili karakteristik hulu, tengah dan hilir sub DAS. Pengujian parameter fisik dilakukan di lapangan sedangkan parameter kimia dan biologi dilakukan di laboratorium limbah Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah.

Tabel 1. Parameter, satuan dan metode pengujian kualitas air di badan air sungai Biyonga

Parameter	Satuan	Metode	Keterangan
Fisik			
Suhu	°C	QI/LKA/12 (Termometri)	Pengujian lapangan
TSS	Mg/ltr	APHA.2540D,2005	Pengujian laboratorium
Kimia			
pH	-	QI/LKA/08 (Elektrometri)	Pengujian lapangan
COD	Mg/ltr	QI/LKA/19 (Spektrofotometri)	Pengujian laboratorium
BOD	Mg/ltr	APHA.2510 B,- 1998	Pengujian laboratorium

Analisa pengukuran suhu air permukaan

Pengukuran suhu air permukaan dilakukan secara langsung di lokasi kegiatan pengambilan sampel yang telah ditentukan sebelumnya. Kedua sampel air dimasukkan ke dalam dua buah gelas kimia masing-masing 500 mL. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *termometer* untuk mengetahui suhu air yang terdapat pada gelas kimia tersebut. Pengambilan data dilakukan sebanyak dua kali.

Analisa pengukuran TSS

Adapun prosedur dalam melakukan ekstraksi data Total Suspended Solid (TSS) adalah sebagai berikut.

1. Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Dan basahi saringan dengan sedikit air suling.
2. Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetic untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
3. Pipet contoh uji dengan volume tertentu. Langkah ini dilakukan pada saat contoh diaduk dengan pengaduk magnetic.
4. Cuci kertas saring atau saringan 3 (tiga) kali dengan 10 mL air suling. Biarkan kering sempurna dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 (tiga) menit agar dapat memperoleh penyaringan yang sempurna. Diperlukan pencucian tambahan untuk contoh uji dengan pada terlarut yang tinggi.
5. Pindahkan kertas saring dengan hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika menggunakan cawan Gooch, maka pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
6. Keringkan dalam oven dengan rentang waktu kurang lebih 1 jam pada suhu 103° C sampai dengan 105°
7. Didinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu. Timbanglah setelah langkah ini selesai dilakukan.
8. Ulangi tahapan 6 dan 7 sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% dari berat timbang sebelumnya (lebih kecil dari 0,5 mg).

TSS dihitung menggunakan rumus : $TSS (mg/L) = W_1 - W_0 \times 1000 / V$

Keterangan :

W_0 = berat media penyaring awal (mg)

W_1 = berat media penyaring + residu (mg)

V = volume contoh uji (mL) 1000 onversi mL ke liter

Analisa pengukuran pH

Pengukuran pH air dilakukan langsung pada badan air sungai biyonga dengan cara sampel air diambil sebanyak 1000 mL dibagi menjadi dua bagian masing masing 500 mL dan dimasukkan kedalam gelas kimia. Sampel air kemudian diuji dengan menggunakan pH meter untuk mengetahui derajat keasamannya. Pengambilan data dilakukan sebanyak dua kali (diplo) untuk menghindari data yang error.

Analisa pengukuran COD

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks, karena menggunakan peralatan khusus reflux, penggunaan asam pekat, pemanasan, dan titrasi (APHA, 1989, Umaly dan Cuvin, 1988). Peralatan reflux diperlukan untuk menghindari berkurangnya air sampel karena pemanasan. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan

Perhitungan COD

- a. Perhitungan Kurva Kalibrasi

$$a = \frac{(\sum yi - (b \sum xi))}{n}$$

$$b = \frac{\sum xiyi - \sum xi yi/n}{\sum xi^2 - (\sum xi)^2/n}$$

Keterangan:

a : nilai a

b : nilai b

x : konsentrasi sampel (mg/l)

y : absorbansi sampel (A)

- b. Perhitungan Nilai COD $y = bx + a$

Keterangan:

a : nilai a

b : nilai b

x : konsentrasi sampel (mg/l)

y : absorbansi sampel (a)

Analisa pengukuran BOD

BOD atau Biochemical Oxygen Demand adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Prinsip pengukuran BOD pada dasarnya cukup sederhana, yaitu mengukur kandungan oksigen terlarut awal (DO_i) dari sampel segera setelah pengambilan contoh, kemudian mengukur kandungan oksigen terlarut pada sampel yang telah diinkubasi selama 5 hari pada kondisi gelap dan suhu tetap ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) yang sering disebut dengan DO_5 . Selisih DO_i dan DO_5 ($DO_i - DO_5$) merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam miligram oksigen per liter (mg/L). Pengukuran oksigen dapat dilakukan secara analitik dengan cara titrasi (metode Winkler, iodometri) atau dengan menggunakan alat yang disebut DO meter yang dilengkapi dengan probe khusus. Jadi pada prinsipnya dalam kondisi gelap, agar tidak terjadi proses fotosintesis yang menghasilkan oksigen, dan dalam suhu yang tetap selama lima hari, diharapkan hanya terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganime, sehingga yang terjadi hanyalah penggunaan oksigen, dan oksigen tersisa ditera sebagai DO_5 . Yang penting diperhatikan dalam hal ini adalah mengupayakan agar masih ada oksigen tersisa pada pengamatan hari kelima sehingga DO_5 tidak nol. Bila DO_5 nol maka nilai BOD tidak dapat ditentukan

Analisis BOD dilakukan dengan formulas sebagai berikut

$$\text{Nilai BOD} = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{VB} \right) / VC}{P}$$

Keterangan:

BOD_5 : Nilai BOD_5 contoh uji (mg/L)

A_1 : kadar DO contoh uji sebelum inkubasi 0 hari (mg/L)

A_2 : kadar DO contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L)

B1 : kadar DO blanko sebelum inkubasi 0 hari (mg/L)
 B2 : kadar DO blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L)
 VB : volume suspensi mikroba dalam botol DO blanko
 Vc : volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji
 P : perbandingan volume contoh uji (V1) per volume total (V2)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi wilayah penelitian

Secara geografis DAS Biyonga terletak antara 122° 58' 3,7"- 123° 2' 29,3" BT dan 00° 35' 34"- 1° 47' 1,7" LU. Kondisi topografi DAS Biyonga sebagian besar berbukit dengan ketinggian tempat antara 0-1250 m dpl. Sub DAS Biyonga memiliki luas ± 7.391 hektar dan sebagian besar luasannya berada di wilayah Kecamatan Limboto. Curah hujan di DAS Biyonga berkisar antara 1.250 mm/tahun sampai 2.250 mm/tahun dengan temperatur udara rata-rata terendah 26,6° C terjadi pada bulan Juli dan temperatur rata-rata tertinggi 28,3° C terjadi pada bulan Mei. Jenis tanah mediteran merah kuning mendominasi daerah bagian utara DAS Biyonga dengan luas 2.356 ha. Jenis tanah *brown forest soil*, aluvial, aluvial hidromorf dengan luas 914 ha berada bagian bawah DAS sedangkan jenis tanah grumusol, mediteran merah kuning seluas 427 ha berada di sekitar danau limboto. Berdasarkan luasan DAS maka sub DAS Biyonga termasuk dalam kategori DAS kecil

Penutupan lahan di sub DAS Biyonga terdiri dari hutan lahan kering primer seluas 2.356 ha (31,9%), belukar seluas 1.580 ha (21,4%), permukiman seluas 338 ha (4,6%), belukar rawa seluas 50 ha (0,7%), pertanian lahan kering seluas 377 ha (5,1 %), pertanian lahan kering campuran seluas 1.888 ha (25,5 %) dan badan air seluas 32 ha (0.4%). Total jumlah penduduk di sub DAS Biyonga mencapai 32.101 jiwa. Adapun jumlah penduduk pada desa yang masuk wilayah sub DAS Biyonga secara detail dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Jumlah Penduduk per desa dalam DAS Biyonga Tahun 2022

Kecamatan	Desa	Jenis Kelamin		Jumlah Penduduk
		laki-laki	Perempuan	
Limboto	Biyonga	852	889	1.741
	Bolihuwanga	2.330	2.309	4.639
	Bongohulawa	863	907	1.770
	Bulota	1091	1.059	2.150
	Hunggaluwa	3.802	3.965	7.767
	Kayubulan	3.528	3.486	7.014
	Kayumerah	1.388	1.404	2.792
	Malahu	442	438	880
	Polohungo	871	849	1.720
<i>Jumlah Penduduk Kec. Limboto</i>		<i>15.167</i>	<i>15.306</i>	<i>30.473</i>
Telaga	Dulomayo Utara	609	572	1.181
Biru	Tapaluluo	237	210	447
<i>Jumlah Penduduk Kec. Telaga Biru</i>		<i>846</i>	<i>782</i>	<i>1.628</i>
Jumlah Penduduk DAS Biyonga		16.013	16.088	32.101

(Sumber : BPS Kabupaten Gorontalo Tahun 2022)

Dalam konteks kelembagaan, DAS merupakan sebuah bentang alam yang mampu menyediakan produk barang dan jasa. Beberapa hasil penelitian menunjukkan, aktivitas industri, pertanian, perkebunan yang masih menggunakan input bahan kimia dalam proses produksi terbukti memberikan andil besar dalam pencemaran di wilayah DAS (Ali, 2019).

Mengintegrasikan kegiatan konservasi dan pembangunan melalui partisipasi masyarakat serta kolaborasi antar para pihak semakin diakui sebagai sebuah pendekatan yang menjanjikan dalam pemulihan ekosistem di DAS yang tercemar (Mengistu & Assefa, 2021)

Indikator Kimia dan Fisika Air di wilayah Hulu sub DAS Biyonga (titik 1; Desa Tapaluluo)

Berdasarkan hasil sampling air di Desa Biyonga yang merupakan representasi wilayah hulu sub DAS Biyonga menunjukkan BOD dan COD tidak memenuhi syarat baku mutu air. Sedangkan indikator lain seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2 masih memenuhi syarat baku mutu air. Menurut Royani *et al* (2021) kandungan COD dan BOD dalam air dikaji untuk yang menggambarkan banyaknya zat organik yang terlarut dalam air tersebut. COD merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Selanjutnya Muara *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa COD menggambarkan total organik yang ada dalam perairan dan bisa berasal limpasan pertanian dan aktivitas manusia yang bermukim di sekitar aliran sungai. Amonia berasal dari senyawa nitrogen yang berubah menjadi NH_4 dalam pH rendah yang berasal dari kotoran manusia. Semakin tinggi aktivitas manusia terutama aktivitas pada pertanian, limbah pemukiman maka akan menaikkan kandungan COD dalam air. Zat organik yang memicu tingginya COD berpotensi naik jika di wilayah tersebut terdapat industri yang memiliki tata kelola penanganan limbah yang kurang baik. BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air. Menurut Puspitasari *et al.*, (2017) BOD di perairan dapat bermanfaat untuk mendapatkan informasi berkaitan tentang jumlah beban pencemaran yang terdapat di perairan akibat air buangan penduduk atau industri. semakin tinggi nilainya maka kondisi perairan semakin tercemar. Parameter biologi diukur dengan keberadaan bakteri *coliform* golongan fekal (di antaranya *Escherichia coli*) dalam perairan yang berasal dari kotoran manusia dan hewan, serta golongan non fekal (diantaranya *Aerobacter* dan *Klebsiella*) yang berasal dari hewan atau tanaman yang sudah mati. Selanjutnya oksigen terlarut atau disebut juga *dissolved oxygen* (DO) diperlukan semua makhluk hidup di bumi untuk proses pernapasan, menghasilkan energi melalui pertukaran zat pada proses pertumbuhan dan perkembangbiakan (Yuliantari *et al*, 2021). Koda *et al* (2017) dalam penelitiannya menyatakan bahwa COD dan BOD merupakan indikator untuk menentukan kualitas air lindi. Hasil pengukuran DO pada pada wilayah hulu sungai Biyonga menunjukkan kondisi yang baik, semakin tinggi kandungan oksigen terlarut dalam air maka semakin baik kualitas air tersebut. Hasil pengukuran terhadap TSS di wilayah hulu menunjukkan *performance* baik. Tidak ditemukan adanya pengendapan lumpur atau pasir disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Indikator TSS yang memenuhi syarat baku mutu air menunjukkan kondisi hutan di wilayah ini sangat baik. Payuyu *et al* (2023) melaporkan hutan pada beberapa wilayah DAS Limboto termasuk sub DAS Biyonga masih dalam kondisi baik dan luasnya mencapai 32% dari total luasan sub DAS Biyonga.

Tabel 3. Hasil pengukuran kualitas kimia dan fisika air di hulu sungai Biyonga, Desa Tapaluluo

Parameter	Satuan	Hasil	Syarat Mutu	Keterangan
Suhu	°C	23,5	23-26	Memenuhi syarat
Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	66	40	Memenuhi syarat
Derajat Keasamaan (pH)	-	6,1	6-9	Memenuhi syarat
Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2,1670	2	Tidak memenuhi syarat
Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	28,7129	10	Tidak memenuhi syarat
Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6,781	Min.6	Memenuhi syarat
Nitrat (sebagai N)	mg/L	3,679	10	Memenuhi syarat
Total Nitrogen	mg/L	3,4037	15	Memenuhi syarat
Total Fosfat sebagai P	mg/L	<0,01	0,2	Memenuhi syarat

Parameter	Satuan	Hasil	Syarat Mutu*	Keterangan
Suhu	°C	23,5	23-26	Memenuhi syarat
Fecal Coliform *)	Jumlah/100 mL	23	100	Memenuhi syarat
Total Coliform	Jumlah/100 mL	47	1000	Memenuhi syarat

*Lampiran VI PP. RI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya Berdasarkan Kelas

Secara umum berdasarkan hasil pengukuran sampel air Sungai Biyonga, wilayah hulu (titik I) yang terletak di Desa Biyonga kualitas air sungai masih di bawah baku mutu yang telah dipersyaratkan PP. RI No. 22 Tahun 2021. Namun beberapa parameter BOD dan COD melebihi syarat baku mutu 1 dan 2 atau tercemar ringan. Tingginya kandungan BOD dalam air sungai dipengaruhi oleh jumlah mikroorganisme yang sedikit. Jumlah dan aktivitas mikroorganisme mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai. Ketika jumlah mikroorganisme sedikit, proses pemecahan secara biokimia tidak terjadi atau intensitas pemecahan secara biokimia tidak signifikan. Pada kondisi natural, efek ini selalu diakibatkan oleh sejumlah komponen toksik (seperti logam berat) yang berdampak buruk terhadap aktivitas enzim mikroorganisme dan adanya tekanan terhadap mikroorganisme. Hasil pengukuran COD cukup tinggi disebabkan terjadi proses dekomposisi oleh mikroorganisme.

Indikator Kimia dan Fisika Air di wilayah tengah sub DAS Biyonga (titik 2: Kelurahan Biyonga)

Meskipun terjadi peningkatan suhu pada badan air di wilayah tengah sub DAS yang terletak di desa Hutuo, namun peningkatan suhu air masih dalam batas normal. Suhu sangat penting dalam mempengaruhi kemampuan air menyerap oksigen dari udara. Menurut Marlina *et al* (2017) suhu air yang tinggi disebabkan oleh intensitas sinar matahari yang masuk ke badan air cukup tinggi. Wilayah tengah hulu sub DAS Biyonga daerah terbuka yang terkena sinar matahari secara langsung yang berdampak pada intensitas paparan radiasi sinar matahari langsung masuk ke badan air. Kerapatan vegetasi disekitar sub DAS Biyonga semakin sedikit, karena wilayah tengah hulu DAS merupakan wilayah padat penduduk dimana vegetasi yang berperan dalam stabilisator temperature dan kelembaban udara, pemasok oksigen, penyerap CO₂ menjadi tidak maksimal. Jika berjalan normal maka kemampuan bahan organik dalam melakukan dekomposisi akan berjalan baik. Perbedaan nilai suhu air pada wilayah hulu dan tengah disebabkan oleh dinamika aktifitas warga yang terdapat disepanjang Sungai Biyonga

Tabel 4. Hasil pengukuran kualitas kimia dan fisika air di bagian tengah sungai Biyonga, Kelurahan Biyonga

Parameter	Satuan	Hasil	Syarat Mutu ¹⁾	Keterangan
Suhu	°C	24,7	23-26	Memenuhi syarat
Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	68	40	Tidak memenuhi syarat
Derajat Keasamaan (pH)	-	6,8	6-9	Memenuhi syarat
Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	3,481	2	Tidak memenuhi syarat
Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	36,721	10	Tidak memenuhi syarat
Oksigen terlarut (DO)	mg/L	4.1116	Min.6	Tidak memenuhi syarat
Nitrat (sebagai N)	mg/L	3,1446	10	Memenuhi syarat

Total Nitrogen	mg/L	4,0377	15	Memenuhi syarat
Total Fosfat sebagai P	mg/L	<0,01	0,2	Memenuhi syarat
Fecal Coliform *)	Jumlah/100 mL	40	100	Memenuhi syarat
Total Coliform	Jumlah/100 mL	81	1000	Memenuhi syarat

*Lampiran VI PP. RI No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya Berdasarkan Kelas

Hasil pengukuran terhadap kualitas air di bagian tengah DAS Biyonga yang dilakukan pada cabang sungai biyonga menunjukkan, parameter BOD, COD dan DO tidak memenuhi syarat baku mutu air. Parameter kimia dan fisika air lainnya menunjukkan memenuhi syarat, meskipun beberapa parameter mengalami kenaikan dibandingkan dengan kualitas baku mutu air. Penurunan kualitas air dibagian tengah sub DAS Biyonga disebabkan karena tingginya aktivitas masyarakat. Bagian tengah sub DAS Biyonga merupakan wilayah ibukota Kabupaten Gorontalo yang meliputi kelurahan Bulota dan Bongohulawa. Kedua wilayah ini identik dengan wilayah pemukiman, industri kecil, jasa dan pusat pemerintahan. Tekanan yang kuat terhadap kualitas sub DAS Biyonga bisa terjadi karena segala macam limbah dan kotoran dibuang ke sungai tanpa ada pengolahan lebih dahulu. Desey et al (2022) mengemukakan, sungai-sungai yang melewati kota besar pada umumnya kualitas airnya tercemar oleh limbah baik dari industri, rumah tangga, perikanan, dan pertanian. Dampak yang ditimbulkan dari segi kesehatan sangat berbahaya, karena air sungai masih dipergunakan untuk keperluan sehari-hari baik mandi, mencuci ataupun untuk air minum. Polusi air juga akan mengancam beberapa fauna di wilayah perairan sub DAS Biyonga

Indikator Kimia dan Fisika Air di wilayah hilir sub DAS Biyonga (titik 3: Kelurahan Kayumerah)

Hasil identifikasi dan analisa terhadap seluruh parameter kualitas air di bagian hilir Sub Das Biyonga yang terletak di kelurahan Kayumerah kecamatan Limboto menunjukkan peningkatan jika dibandingkan dengan hasil pengujian di bagian hulu dan tengah sub DAS Biyonga. Beberapa parameter seperti TSS, BOD, COD dan DO mengalami peningkatan dan tidak memenuhi syarat baku mutu air seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini

Tabel 5. Hasil pengukuran kualitas kimia dan fisika air di bagian tengah sungai Biyonga, Kelurahan Kayumerah

Parameter	Satuan	Hasil	Syarat mutu	Metode Uji
Suhu	°C	25,3	23-26	Memenuhi syarat
Residu Tersuspensi (TSS)	mg/L	72	40	Tidak memenuhi syarat
Derajat Keasamaan (pH)	-	7,2	6-9	Memenuhi syarat
Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	3,7660	2	Tidak memenuhi syarat
Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	37,1814	10	Tidak Memenuhi syarat
Oksigen terlarut (DO)	mg/L	4,0172	Min.6	Memenuhi syarat
Nitrat (sebagai N)	mg/L	5,0584	10	Memenuhi syarat
Total Nitrogen	mg/L	7,3412	15	Memenuhi syarat
Total Fosfat sebagai P	mg/L	<0,01	0,2	Memenuhi syarat
Fecal Coliform *)	Jumlah/100 mL	44	100	Memenuhi syarat
Total Coliform	Jumlah/100 mL	92	1000	Memenuhi syarat

Tingginya TSS pada bagian hilir sub DAS Biyonga berdampak pada meningkatnya indikator kimia berupa BOD, COD dan DO. Tingginya nilai COD disebabkan adanya penurunan bahan organik maupun anorganik yang diakibatkan oleh aktivitas rumah tangga dan beberapa industri kecil yang beroperasi di Kelurahan Kayu Merah. Secara administrasi kelurahan Kayumerah merupakan pusat pemerintahan dan jasa Kabupaten Gorontalo. Kandungan COD yang tinggi di badan air sungai Biyonga diduga berasal dalam air limbah rumah tangga dan industri kecil yang beroperasi disepanjang aliran sungai Biyonga. Kandungan COD tinggi mengakibatkan miskinnya kandungan oksigen dalam limbah sehingga biota air yang berfungsi untuk mengurai limbah cair tidak akan hidup di dalam air limbah tersebut (Andika dkk, 2020; Zhao dkk, 2021; MacCabe dkk, 2021). Penelitian yang dilakukan di beberapa lokasi industri kecil di Kota Solo, Minahasa menunjukkan indikator TSS, BOD dan COD di lokasi industri berada diatas baku mutu (Pambudi dkk, 2021, Sayow dkk 2020). Penanganan terhadap limbah cair telah dilakukan oleh beberapa peneliti salah satunya oleh Aris dkk (2021) yang menggunakan media tanaman bayam dan kangkung yang mampu menurunkan parameter BOD, COD dan TSS.

Pencemaran air berdampak terhadap menurunnya kegiatan ekonomi dan sosial akibat banyaknya bahan organik yang melebihi standar baku mutu atau kandungan zat beracun di perairan. Kondisi tersebut dapat merusak kadar kimia air dan menyebabkan kandungan oksigen terlarut di perairan menjadi kritis. Kadar kimia air yang rusak tersebut akan berpengaruh terhadap peran atau fungsi dari perairan. Jumlah polutan yang terdapat di perairan dapat mempengaruhi tingginya pencemaran yang ditampung oleh badan perairan akibat air buangan domestik yang berasal dari penduduk maupun buangan dari proses-proses industri

SIMPULAN

Hasil analisis di bagian hulu sub DAS Biyonga yang terletak di Desa Tapaluloo (titik 1) menunjukkan parameter COD dan BOD tidak memenuhi syarat baku mutu Titik 1. Kegiatan pertanian yang intensif yang menyebabkan indikator kualitas air COD dan BOD tidak memenuhi syarat baku mutu. Bagian hulu sub DAS Biyonga merupakan kawasan yang relatif jauh dari permukiman penduduk, sehingga nilai parameter TSS, DO, total nitrogen, fosfat dan total coliform rendah. Selanjutnya hasil analisis pada bagian tengah sub DAS Biyonga yang terletak di kelurahan Biyonga parameter TSS, COD, BOD dan DO berada diatas baku mutu atau tidak memenuhi syarat baku mutu air. Parameter selain TSS, COD, BOD dan DO menunjukkan trend kenaikan meskipun masih dalam batas memenuhi syarat baku mutu air. Kegiatan pertanian dan aktivitas rumah tangga disepanjang daerah aliran sungai yang tinggi menyebabkan kualitas air makin menurun

Selanjutnya hasil identifikasi pada bagian hilir sub DAS Biyonga yang terletak di kelurahan Kayumerah menunjukkan seluruh parameter kualitas air menunjukkan trend penurunan kualitas meskipun masih dalam batas baku mutu air. Parameter baku mutu TSS, COD, BOD dan DO berada di atas baku mutu. Akumulasi kegiatan pertanian, aktivitas rumah tangga dan industri kecil yang menghasilkan limbah cair merupakan penyebab utama dari makin rendahnya kualitas air di bagian hilir sub DAS Biyonga. Aktivitas manusia yang tinggi di kawasan padat penduduk yang memanfaatkan sungai untuk kegiatan mandi, mencuci, dan buang air diduga mengakibatkan kandungan TSS, fosfat, nitrogen dan total *coliform* mengalami trend peningkatan yang artinya semakin ke bagian hilir kualitas air makin menurun. Pencemaran limbah organik yang terjadi di bagian hilir sub DAS Biyonga disebabkan oleh aktivitas antropogenik berupa pemanfaatan lahan pertanian dan permukiman. Perubahan fungsi dan pemanfaatan lahan harus dikontrol sesuai dengan prinsip pengelolaan lingkungan, yaitu konservasi, pendayagunaan, pengendalian, dan tidak melebihi daya tampung dan daya dukung lingkungan. Manajemen tata kelola lahan dan pemantauan, pengawasan serta pengelolaan limbah menjadi solusi agar kualitas air tidak semakin menurun dimasa yang akan datang

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Bone Bolango (BPDAS Bone Bolango) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang telah membiaya penelitian ini melalui kegiatan pemantauan DTA Danau Limboto tahun 2022. Ucapan terima kasih juga dihaturkan kepada Forum DAS Provinsi Gorontalo yang telah memberikan masukan terhadap hasil-hasil temuan di lapangan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ali, M.I. 2019 *Status Of Water Quality In Watersheds Due To Mining Industry Activities*. International Journal of Scientific and Technology Research (IJSTR), 8 (12). pp. 1799-1805. ISSN 2277-8616 <http://eprints.unm.ac.id/id/eprint/17748>.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., Fajri, R. 2020. Penentuan Nilai Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. Volume 2, Nomor 1, April 2020. ISSN 2716-0963 e-ISSN 2716-1218. online: <https://ejournalunsam.id/index.php/JQ>
- Aris, B.S., Rudi, R., Lasarido, L. 2021. Pengelolaan Limbah Industri Tahu Menggunakan Berbagai Jenis Tanaman Dengan Metode Fitoremediasi. *AGRIFOR : Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*. Vol 20, No 2 (2021). DOI: <https://doi.org/10.31293/agrifor.v20i2.5621>
- Berhe, B. A. (2020). Evaluation Of Groundwater and surface water quality suitability for drinking and agricultural purposes in Kombolcha town area, eastern Amhara region, Ethiopia. *Applied Water Science*, 10, 127. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01210-6>
- Deseay, H., Lihawa, F., & Dunggio, I (2022) Strategi Pengelolaan Limbah Cair Industri Kecil Menengah Di Kabupaten Gorontalo Utara. *RADIAL : Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*. DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.v10i1.262>
- Dunggio, I., Ichsan, A.C. 2022. Efektifitas pembuatan tanaman vegetatif dalam menanggulangi erosi dan sedimentasi. *Jurnal Belantara* Vol. 5, No.1, Maret 2022 (45-58). E-ISSN 2614-3453 P-ISSN 2614-7238. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbl.v5i1.882>
- Dunggio, I., Abdullah, S., & Risma Neswati. (2021). Impact Of Pandemic Covid-19 On Environmental And Agriculture In The Province Of Gorontalo. *Jurnal Ecosolum*, 10(1), 82-96. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v10i1.14235>
- Exum NG, Kibira SPS, Ssenyonga R, Nobili J, Shannon AK, Ssempebwa JC, et al. (2019) The prevalence of schistosomiasis in Uganda: A nationally representative population estimate to inform control programs and water and sanitation interventions. *PLoS Negl Trop Dis* 13(8): e0007617. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007617>
- Effendi H, Muslimah S and Permatasari, A. 2018 Relationship between land use and water quality in Pesanggrahan River IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 149, The 4th International Symposium on LAPAN-IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring 9–11 October 2017, Bogor, Indonesia. DOI 10.1088/1755-1315/149/1/012022
- Efendi S., Guridno E., Sugiyono E., Sufyati HS. 2019. Penguatan industri kecil dan menengah (IKM) di Indonesia. Universitas Nasional. ISBN: 9786025668593

- Gbadegesin, O. A. and Akintola, S. O. (2020). A legal approach to winning the 'Wash' war in Nigeria. *European Journal of Environment and Public Health*, 4(2), em0043. <https://doi.org/10.29333/ejeph/8237>
- Iqbal, M., Abbas, M., Nisar, J., Nazir, A. 2019. Bioassays based on higher plants as excellent dosimeters for ecotoxicity monitoring: A review. *Chemistry International*, 5, 1-80
- Kayiwa, D., Mugambe, R., & Mselle, J., Isunju, J.B., Ssempebwa, J., Wafula, S., Ndejjo, R., Kansime, W., Nalugya, A., Wagaba, B., Byansi, J., Bwire, C., Buregyeya, E., Radooli, M., Kimbugwe, C., Namanya, E., Bateganya, N., McGriff, J., Wang, Y., Yakubu, H. (2020). Assessment of water, sanitation and hygiene service availability in healthcare facilities in the greater Kampala metropolitan area, Uganda. *BMC Public Health*. 20. 1767. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09895-9>
- Kilc, Z. 2021. Water Pollution: Causes, Negative Effects and Prevention Methods. *Istanbul Sabahattin Zaim University Journal of the Institute of Science and Technology*. Issue:3 No:2 Year: 2021. E-ISSN: 2667-792X. <https://doi.org/10.47769/izufbed.862679>
- Koda, E., Miszkowska, A., and Siczka, A. (2017). Levels of Organic Pollution Indicators in Groundwater at the Old Landfill and Waste management Site. *Applied Sciences*, 7(6): 1-22.
- McCabe, K.M.; Smith, E.M.; Lang, S.Q.; Osburn, C.L.; Benitez-Nelson, C.R. 2021. Particulate and Dissolved Organic Matter in Stormwater Runoff Influences Oxygen Demand in Urbanized Headwater Catchments. *Environ. Sci. Technol.* 55, 952–961
- Marlina N., Hudori., Hafidh R. 2019. Pengaruh Kekasaran Saluran Dan Suhu Air Sungai Pada Parameter Kualitas Air COD, TSS Di Sungai Winongo Menggunakan Software Qual2kw. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. Volume 9, Nomor 2, Juni 2017 Hal. 122-133. ISSN:2085-1227 dan e-ISSN:2502-6119
- Mengistu, F., & Assefa, E. (2021) Community participation in watershed management: analysis of the status and factors affecting community engagement in the upper Gibe basin, South West Ethiopia. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64 (2), 252-288,
- Muara DI, Banyuasin S, Selatan S, Banyuasin OF, Estuary R, Sumatera S. 2019. Kondisi nitrat, nitrit, amonia, fosfat dan bod di muara sungai banyuasin, sumatera selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 11: 65–74. DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.18861>
- Pambudi, YS., Sudaryantiningih, C., Geraldita, G. 2021. Analisis Karakteristik Air Limbah Industri Tahu dan Alternatif Proses Pengolahannya Berdasarkan Prinsip-Prinsip Teknologi Tepat Guna. **Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia**, [S.l.], v. 6, n. 8, p. 4180-4192, aug. 2021. ISSN 2548-1398. Date accessed: 17 may 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v6i8.3739>.

- Payuyu, E., Lihawa, F., & Dunggio, I. (2023). Aplikasi Model Builder Pada Sistem Informasi Geografi untuk Menduga Potensi Erosi Di Sub Das Marisa Kabupaten Gorontalo. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 6(1), 34-47.
- Prihatiningsi, B., Kusuma, Z., Suharyanto, A., Leksono, A. 2019. Prediction Spatial Model of Domestic Liquid Waste Distribution in Sawojajar Village, Malang City of Indonesia. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding* 6(5):186 DOI:[10.18415/ijmmu.v6i5.1063](https://doi.org/10.18415/ijmmu.v6i5.1063)
- Royani S., Fitriana AS., Enarga ABP., Bagaskara HZ. Kajian COD Dan BOD dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Volume 13, Nomor 1, Januari 2021 Hal. 40-49. p-ISSN:2085-1227 dan e-ISSN:2502-6119
- Singh, S., Brandenburg, N.A., Ahiablame, L.M., González, A., Kjaersgaard, J.H., Trooien, T.P., & Kumar, S. (2017). Response of Winter Manure Application on Surface Runoff Water Quantity and Quality from Small Watersheds in South Dakota. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228, 1-11.
- Shukla, A. K., Ojha, C. S. P., Mijic, A., Buytaert, W., Pathak, S., Garg, R. D., & Shukla, S. (2018). Population growth, land use and land cover transformations, and water quality nexus in the Upper Ganga River basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(9), 4745. <https://link.gale.com/apps/doc/A553856308/AONE?u=anon~a80ddd27&sid=google Scholar&xid=c251b368>
- Thamrin, H., Dunggio, I., & Rahim, S. (2022). Evaluasi Pengelolaan Sampah Di Kota Gorontalo. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 4(1), 44-55. DOI: <https://doi.org/10.34312/jebj.v4i1.14421>
- Yuliantari RV., Novianto D., Hartono MA, Widodo TR. 2021. Pengukuran Kejenuhan Oksigen Terlarut pada Air menggunakan Dissolved Oxygen Sensor. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, Volume 18, Nomor 2, Agustus 2021. 1819-796X (p-ISSN); 2541-1713 (e-ISSN). DOI: <https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.9997>
- Zhao, Y.; Shen, J.; Feng, J.; Sun, Z.; Sun, T.; Liu, D.; Xi, M.; Li, R.; Wang, X. The Estimation of Chemical Oxygen Demand of Erhai Lake Basin and Its Links with DOM Fluorescent Components Using Machine Learning. *Water* 2021, 13, 3629. <https://doi.org/10.3390/w13243629>