

PENCEMARAN SUNGAI CIHIDEUNG PADA SEGMENT KAMPUS IPB DRAMAGA, BOGOR

Oleh: Ir. Agus Priyono, MS
Dosen Departemen Konservasi Dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan dan
Lingkungan, IPB University

ABSTRAK

Sungai Cihideung merupakan anak sungai dari Sungai Cisadane yang mengalir dari kaki Gunung Salak hingga bermuara di Sungai Cisadane di segmen Kampus IPB Darmaga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi kualitas air, status pencemaran dan menghitung besarnya beban pencemaran dari penggunaan lahan sempadan 100 m kiri-kanan Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga. Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juni 2023. Pengumpulan data kualitas air dan makrozoobentos pada 4 titik sampling dengan 2 kali ulangan (pagi dan sore hari), serta identifikasi sumber-sumber pencemaran antar titik-titik sampling. Analisis data menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) dan *Hilsenhoff Biotic Index* (HBI), serta perhitungan beban pencemaran dengan metode *rapid assessment*. Hasil penelitian menunjukkan kondisi segmen sungai yang diteliti sepanjang 3 250 m dengan substrat didominasi batuan dan kerikil, kedalaman sungai rata-rata 0.54 m, lebar sungai rata-rata 14.53 m, dan debit air rata-rata sebesar 5.01 m³/det. Kualitas air berdasarkan parameter fisik kimia masih memenuhi baku mutu air kelas II. Adapun status kualitas air berdasarkan metode IP tergolong “*tercemar ringan*” dan berdasarkan nilai HBI tergolong tercemar “*baik*”. Kondisi tersebut disebabkan rendahnya total beban pencemaran dari sempadan sungai, meskipun beban terbesar adalah permukiman.

Kata Kunci: beban pencemaran, penggunaan lahan, status kualitas air

ABSTRACT

The Cihideung River is a tributary of the Cisadane River which flows from the foot of Mount Salak to empty into the Cisadane River in the IPB Darmaga Campus segment, Bogor Regency, West Java. This research aims to analyze water quality conditions, pollution status and calculate the magnitude of pollution load from land use along the 100 m left and right borders of the Cihideung River in the IPB Dramaga Campus segment. The research was conducted in May-June 2023. Collecting data on water quality and macrozoobenthos at 4 sampling points with 2 repetitions (morning and evening), as well as identifying sources of pollution between sampling points. Data analysis uses the Pollution Index (IP) and Hilsenhoff Biotic Index (HBI) methods, as well as calculating the pollution load using the rapid assessment method. The research results show that the condition of the river segment studied is 3 250 m long with a substrate dominated by rocks and gravel, an average river depth of 0.54 m, an average river width of 14.53 m, and an average water discharge of 5.01 m³/sec. Water quality based on physical and chemical parameters still meets class II water quality standards. The water quality status based on the IP method is classified as "lightly polluted" and based on the HBI

value it is classified as "good" polluted. This condition is due to the low total pollution load from river borders, although the largest burden is on settlements.

Keyword: land use, pollution load, water quality

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sungai Cihideung merupakan anak sungai dari Sungai Cisadane yang mengalir melewati beberapa desa seperti Desa Purwasari, Desa Situ Daun, Desa Neglasari, Desa Cinangneng, Cihideung Ilir, Desa Leuwikopo dan Desa Cibanteng. Hulu sungai ini terletak di kaki Gunung Salak dan bermuara di Sungai Cisadane tepatnya di belakang gedung Unit Satwa Harapan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor di Desa Babakan. Sungai ini oleh masyarakat dimanfaatkan sebagai irigasi, perikanan, media pembuangan air limbah rumah tangga serta untuk kegiatan mandi, cuci dan kakus (MCK) (Kristianiarso 2009).

Ekosistem sungai merupakan ekosistem terbuka dimana interaksi penggunaan lahan di sekitar sungai berpengaruh besar terhadap kualitas air sungai. Berbagai kasus pencemaran sungai telah banyak terjadi di Indonesia baik di Jawa maupun luar Jawa yang disebabkan oleh aliran limbah dari sempadan sungai dan daerah aliran sungai. Beberapa sumber pencemar yang berasal dari sekitar sungai yang umum dijumpai di Indonesia yaitu permukiman, pertanian dan peternakan, industri serta pertambangan. Pencemaran sungai terbesar di beberapa sungai besar berasal dari limbah domestik. Menurut penelitian Suriawiria (2003) pada Sungai Ciliwung, aktivitas rumah tangga di sepanjang sungai adalah kontributor limbah domestik terbesar yang menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Berdasarkan pantauan KLH dalam Dawud *et al.* (2016), sebanyak 75% sungai di Indonesia tercemar berat akibat buangan air limbah rumah tangga termasuk Sungai Cisadane di Kota Tangerang.

Sumber-sumber pencemar yang paling berpengaruh berasal dari sempadan sungai. Hal ini disebabkan sempadan sungai merupakan bagian lahan DAS yang paling dekat dengan sungai. Sempadan sungai atau *riparian zone* adalah zona penyangga antara ekosistem perairan (sungai) dan daratan agar fungsi sungai dan kegiatan manusia tidak saling terganggu. Sempadan sungai memiliki peran penting dalam mencegah erosi tepi sungai dan menjadi filter sedimen tererosi yang terbawa aliran permukaan (Safitri 2018). Segala material yang akan masuk ke dalam sungai terlebih dahulu masuk melalui tepi sungai. Tutupan lahan bagian tepi sungai berupa hutan (pepohonan) merupakan tutupan lahan terbaik yang secara ekologi mencegah erosi dan aliran permukaan yang besar. Alih fungsi lahan untuk kegiatan pertanian, perkebunan dan permukiman berpotensi menurunkan kualitas perairan sebagai badan penerima masukan yang berasal dari aktivitas di sekitar sungai. Tafangenyasha dan Dzinomwa (2005) menyatakan perubahan kondisi kualitas air pada aliran sungai merupakan dampak buangan yang berasal dari penggunaan lahan yang ada. Perubahan kondisi tutupan lahan dan penggunaan lahan di sempadan Sungai Cihideung dari lahan berhutan menjadi lahan-lahan lain seperti perkebunan, pertanian hingga permukiman menyebabkan menurunnya fungsi penyangga

ekologis, termasuk dampaknya terhadap kualitas air Sungai Cihideung. Oleh karena itu, perlu dikaji lebih khusus mengenai kualitas air Sungai Cihideung pada Segmen Kampus IPB Dramaga.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis kondisi kualitas air dan status pencemaran Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga.
2. Menganalisis sumber-sumber pencemar dan menghitung besarnya beban pencemaran di Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis kualitas air dan status pencemaran air berdasarkan parameter fisik kimia pada masing-masing penggunaan lahan di sempadan Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga.
2. Mengidentifikasi biota makrozoobenthos dan menghitung indeks pencemaran berdasarkan Indeks Biotik Hilsenhoff (HBI) pada masing-masing penggunaan lahan sempadan Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga.
3. Menghitung besar beban pencemaran Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga dengan metode *rapid assessment*.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini untuk:

1. Memberikan informasi status pencemaran Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga.
2. Mengidentifikasi sumber pencemar terbesar di sempadan sungai berdasarkan perhitungan beban pencemaran.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pemerintah setempat maupun pihak masyarakat dalam penentuan kebijakan dan pengelolaan Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga.

METODE

Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2023. Lokasi penelitian meliputi sungai dan sempadan Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga. Lokasi penelitian dimulai dari tengah hingga ke hilir yang berada di Desa Babakan, tepatnya di belakang gedung Unit Satwa Harapan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Lokasi meliputi 3 segmen berdasarkan perbedaan dominasi komposisi penggunaan lahan, serta pengambilan contoh air dan biota air pada 4 titik contoh. Pada masing-masing titik dilakukan 2 pengulangan, yaitu pada waktu pagi

dan sore hari. Identifikasi jenis makrozoobenthos dilakukan di Laboratorium Biologi Mikro Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Identifikasi sifat fisika-kimia sampel air dilakukan di Laboratorium PPLH, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *roll meter*, tiang berkala dan bola pingpong untuk mengukur fisik sungai, wadah penampung air, jala surber untuk pengumpulan spesimen makrozoobenthos, wadah spesimen menggunakan botol plastik, pinset untuk mengambil spesimen, kertas label untuk memberi nama pada botol spesimen, GPS (*Global Positioning System*), mikroskop untuk mengidentifikasi spesimen, serta *Google Earth Pro versi 7.3.2*. Sedangkan bahan penelitian adalah sampel air, spesimen makrozoobenthos dan larutan alkohol 70% untuk mengawetkan spesimen makrozoobenthos.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi : (1) kondisi fisik perairan seperti: lebar, kedalaman, dan kecepatan arus; (2) kualitas air sungai meliputi parameter fisik: suhu air, *Total Dissolved Solid (TDS)*, *Total Suspended Solid (TSS)*, parameter kimia organik: pH, *Dissolve Oxygen (DO)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, dan Nitrat ($N-NO_3$); (3) komunitas makrozoobentos sebagai parameter biologi; (4) Beban pencemaran. Adapun teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data Fisik Perairan

- a. Lebar sungai diukur menggunakan *roll meter*.
- b. Kedalaman sungai diukur menggunakan tiang berskala.
- c. Kecepatan arus sungai diukur dengan metode apung, yaitu dengan cara menghitung kecepatan aliran pada jarak 20 m menggunakan bola pingpong pada masing-masing segmen. Hasil kecepatan kemudian digunakan untuk menghitung debit air.

2. Kualitas Air Sungai

Pengambilan contoh air menggunakan metode contoh gabungan waktu (*composite sample*) pada tepi dan tengah sungai, masing-masing dengan menggunakan *water sampler* sebanyak 1000 ml. Sampel air diambil pada tengah sampai hilir sungai ke 3 segmen yang terbagi menjadi 4 titik. Pada masing-masing titik dilakukan 2 kali pengulangan yaitu pada pagi dan sore hari. Hasil sampel kemudian dianalisis di Laboratorium PPLH IPB.

3. Komunitas Makrozoobentos

Indikator biotik yang digunakan dalam penelitian ini adalah makrozoobenthos. Menurut Zulkifli dan Setiawan (2011) makrozoobenthos merupakan bagian dari makroinvertebrata yang hidup di dasar perairan, memiliki pergerakan relatif lambat serta dapat hidup relatif lama sehingga memiliki kemampuan untuk merespon kondisi kualitas perairan sungai. Sampel makrozoobenthos di lokasi penelitian diambil pada 4 (empat) titik, mengikuti lokasi pengambilan contoh kualitas air. Pengambilan sampel makrozoobenthos pada setiap titik

dilakukan pada bagian tepi dan tengah sungai menggunakan alat surber. Spesimen makrozoobenthos yang terkumpul selanjutnya diidentifikasi di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB.

4. Beban Pencemaran

Beban pencemaran dari lahan sempadan sungai Cihideung meliputi beban pencemaran permukiman dan beban pencemaran kebun campuran/tegalan.

- a. Beban pencemaran lahan permukiman berdasarkan parameter BOD, COD, dan TSS dilakukan dengan mengetahui jumlah penduduk yang tinggal di lebar sempadan 100 m di kanan dan kiri aliran sungai
- b. Beban pencemaran lahan kebun/tegalan berdasarkan parameter BOD, COD, TSS, dan Nitrogen (N) dengan mengetahui luas lahan menggunakan peta *Google Earth Pro*.

Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Debit Sungai

Debit air sungai sesaat dapat dihitung dengan rumus berikut (Norhadi *et al.* 2015):

$$Q = A \times V$$

Keterangan:

Q : Debit aliran sesaat (m³/det)

A : Luas penampang sungai (lebar x kedalaman) (m²)

V : Kecepatan arus (m/det)

2. Kualitas Air

Kualitas air hasil pengukuran dibandingkan dengan baku mutu air kelas II berdasarkan PP No 82 tahun 2001 untuk menggambarkan parameter yang memenuhi baku mutu dan yang melampaui baku mutu.

3. Indeks Pencemaran

Analisis kualitas air sungai dapat diketahui dengan menggunakan Indeks Pencemaran (IP). Penentuan indeks pencemaran menggunakan semua parameter kualitas air yang diukur dan membandingkannya dengan baku mutu sesuai peruntukan (Effendi *et al.* 2015). Nilai pembobotan dari masing-masing parameter dijumlahkan untuk memperoleh nilai akhir. Rumus Indeks Pencemaran sebagai berikut:

$$IP_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 M + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 R}{2}}$$

Keterangan:

IP_j : Indeks pencemaran bagi peruntukan (j)

C_i : Konsentrasi parameter kualitas air (i)

L_{ij} : Konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu peruntukan air (j)

M : Nilai maksimum
R : Nilai rata-rata

Setelah didapatkan hasil maka dapat dikategorikan sesuai kelasnya yaitu berdasarkan Tabel 1.

Tabel 1 Kategori kelas Indeks Pencemaran (IP)

Nilai	Kategori
$0 \leq IP \leq 1.0$	Memenuhi baku mutu (<i>good</i>)
$1.0 \leq IP \leq 5.0$	Tercemar ringan (<i>Slightly polluted</i>)
$5.0 \leq IP \leq 10$	Tercemar sedang (<i>fairly polluted</i>)
$IP > 10.0$	Tercemar berat (<i>heavy polluted</i>)

4. Kepadatan Makrozoobenthos

Kepadatan jenis individu makrozoobentos dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan makrozoobentos} = \frac{N_i}{A}$$

Keterangan:

N_i : Jumlah seluruh individu famili ke-i

A : Luas seluruh daerah pengambilan contoh (m^2)

5. Indeks Biotik Hilsenhoff (HBI)

Indeks Biotik Hilsenhoff merupakan indeks yang digunakan untuk menunjukkan tingkat pencemaran organik pada suatu lingkungan perairan (Setiawan 2008). Indeks Biotik Hilsenhoff melihat hubungan antara nutrien di dalam sungai dengan kelimpahan makrozoobenthos sesuai dengan tingkat toleransi dari makrozoobenthos Hilsenhoff (1988) dalam Setiawan (2008). Evaluasi mengenai kualitas air dengan perhitungan dengan rumus HBI dapat dilihat pada Tabel 2. Rumus dari Indeks Biotik Hilsenhoff yaitu:

$$HBI = \sum \frac{n_i \times t_i}{N}$$

Keterangan:

HBI : Nilai HBI

n_i : Jumlah makrozoobentos jenis-i

t_i : Nilai toleransi jenis-i

N : Jumlah total individu makrozoobentos yang didapatkan

Tabel 2 Nilai dari Indeks Biotik Hilsenhoff (HBI)

Index Biotik Hilsenhoff	Kualitas Air
0.00 – 3.75	Sangat baik
3.76 – 4.25	Baik sekali
4.26 – 5.00	Baik
5.01 – 5.75	Cukup
5.76 – 6.50	Agak buruk
6.51 – 7.25	Buruk
7.26 – 10.00	Sangat buruk

6. Potensi Beban Pencemaran

Perhitungan beban pencemaran dari lahan pertanian dihitung sebagai berikut:

$$\text{BPP (palawija dan perkebunan lain)} = \text{Lh} \times \text{FE} \times 1 \%$$

Keterangan :

BPP : Beban pencemaran pertanian per musim tanam (kg/tahun)

Lh : Luas lahan (ha)

FE : Faktor emisi (kg/ha/musim tanam) (Tabel 3)

$$\text{BPP (COD)} = \text{BPP (BOD)} \times 1.5$$

Tabel 3 Faktor emisi pertanian

Parameter	Satuan	Sawah	Perkebunan lain/Tegalan/ Kebun campuran
BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	kg/ha/musim tanam	225.00	32.50
TN (Total Nitrogen)		20.00	3.00
TP (Total Phospat)		10.00	1.50
TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)		0.46	1.60

Beban pencemaran yang berasal dari limbah domestik dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Kurniawan 2013):

$$\text{BPd} = \text{JPd} \times \text{FE} \times \text{RE} \times \text{Alfa}$$

Keterangan :

BPd : Beban pencemaran domestik (gr/hari)

JPd : Jumlah penduduk (jiwa)

FE : Faktor emisi (gr/orang/hari: BOD = 40; COD = 55; TSS = 38)

RE : Rasio ekivalen (wilayah pinggiran kota = 0.8)

Alfa : % limbah ke sungai (pakai septic tank = 0.3; langsung sungai =1)

7. Hubungan Kondisi Lahan Sempadan dengan Kualitas Air

Hubungan beban pencemaran tiap segmen berupa lahan kebun campuran dan permukiman pada setiap lebar sempadan 100 m terhadap kualitas air tiap segmen dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Peningkatan KA} = \frac{\text{BP} \times \text{LS} \times 0.0317}{\text{Q}}$$

Keterangan :

KA : Kualitas air (BOD, COD, TSS, TN)

BP : Beban pencemaran (kg/ha/th)

LS : Luas segmen (ha)

Q : Debit air (lt/det)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lokasi

Sungai Cihideung merupakan anak sungai dari Sungai Cisadane. Hulu sungai ini terletak di kaki Gunung Salak dan bermuara di Sungai Cisadane tepatnya di belakang gedung Unit Satwa Harapan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor di Desa Babakan (Kristianiarso 2009). Berdasarkan hasil kajian lapangan, substrat Sungai Cihideung pada segmen Kampus IPB didominasi oleh batu-batuan dan kerikil. Panjang Sungai Cihideung pada lokasi penelitian yaitu 3 250 m, kedalaman sungai rata-rata 0.54 m, lebar sungai rata-rata 14.53 m, dan debit air rata-rata sebesar 5.01 m³/det. Sungai Cihideung lokasi penelitian memiliki kecepatan arus rata-rata sebesar 0.70 m/det. Menurut Macon dan Welch (1980) dalam Sujati *et al.* (2017) tipe arus berdasarkan kecepatannya dapat dibagi menjadi 5 tipe yaitu sungai arus sangat cepat > 1 m/det, arus cepat 0.5-1 m/det, arus sedang 0.2-0.5 m/det, arus lambat 0.1-0.2 m/det dan arus sangat lambat < 0.1 m/det. Berdasarkan tipe tersebut, kecepatan arus Sungai Cihideung tergolong ke dalam sungai dengan arus cepat. Menurut Norhadi *et al.* (2015) kecepatan arus sungai berperan sangat penting pada transpor material erosi, polutan, bahan organik, nutrien dan iktioplankton serta biota air lainnya.

Penggunaan Lahan Sempadan Sungai

Daerah sempadan sungai atau yang disebut juga sebagai *riparian zone* menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat No. 28 tahun 2015 merupakan daerah penyangga antara ekosistem sungai dan daratan yang umumnya didominasi oleh tetumbuhan. Daerah sempadan dapat menjadi ukuran kesehatan suatu DAS, dimana hal tersebut tidak lepas dari tutupan lahan dan penggunaan lahan yang terdapat di sempadan sungai. Penggunaan lahan pada daerah sempadan selebar 100 m kanan dan kiri lokasi penelitian terbagi atas lahan kebun campuran, dominasi pepohonan, dan permukiman. Segmen 1 (titik 1 dan titik 2) memiliki panjang 1 300 m, lahan didominasi pepohonan dengan luas 12.91 ha dan permukiman dengan luas 3.67 ha. Adapun jumlah penduduk pada lahan permukiman segmen 1 sebanyak 272 jiwa. Berbeda dengan segmen 1, pada segmen 2 (titik 2 dan titik 3) yang memiliki panjang 1 300 m, lahan didominasi oleh kebun campuran dan sedikit permukiman dengan luas masing-masing yaitu 10.81 ha dan 1.23 ha. Jumlah penduduk pada segmen 2 sebanyak 166 jiwa. Segmen 3 (titik 3 dan titik 4) memiliki panjang 650 m, penggunaan lahan pada segmen 3 didominasi oleh kebun campuran dengan luas 5.78 ha dan sedikit lahan permukiman seluas 0.06 ha n jumlah penduduk sebanyak 12 jiwa.

Perubahan penggunaan lahan dari kondisi penutupan lahan lebih rapat (hutan) menjadi areal pertanian/perkebunan dapat mengakibatkan pertambahan nilai koefisien aliran permukaan dari 0.05-0.25 pada areal hutan menjadi 0.2-0.5 pada areal pertanian (Asdak 2002). Hal ini berarti perubahan penggunaan lahan akan menyebabkan jumlah air yang menjadi aliran langsung ke sungai akan bertambah, khususnya pada musim hujan. Faktor kekasaran permukaan, serasah yang lebih banyak dan sistem perakaran yang lebih dalam menyebabkan kecepatan aliran permukaan akan lebih rendah dan akan memperbesar peluang terjadinya infiltrasi

ke dalam tanah. Perubahan penggunaan lahan sempadan menyebabkan perubahan sifat biofisik suatu DAS. Sunahardi *et al.* (2015) dalam penelitiannya di kawasan DAS Kaligarang menyatakan bahwa telah terjadi alih fungsi lahan di kawasan DAS Kaligarang selama kurun waktu 8 (delapan) tahun terakhir dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2006. Perubahan alih fungsi lahan terutama dari perkebunan dan sawah menjadi tegalan dan pemukiman mempengaruhi fungsi lahan sebagai penyangga air hujan, aliran permukaan, erosi dan sedimen sebelum masuk ke sungai.

Kualitas Air (Parameter Fisik-Kimia)

Hasil analisis parameter fisik kimia pada lokasi penelitian yang dilakukan di Laboratorium PPLH diperoleh rata-rata dari masing-masing parameter seperti yang tersaji pada Tabel 4. Nilai standar untuk parameter fisik dan kimia dalam penelitian ini mengacu pada Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dengan Baku Mutu Air (BMA) kelas II.

Tabel 4 Hasil analisis parameter fisik kimia

Parameter	Satuan	BMA Kelas II	Lokasi			
			Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
Suhu	°C	Dev. 3	24.00	24.00	24.00	24.00
TSS	mg/L	50	41.78	36.53	45.03	39.70
TDS	mg/L	1000	19.50	18.50	18.00	19.00
pH	-	6-9	6.57	6.51	6.54	6.53
BOD	mg/L	3	1.56	2.32	1.32	4.07
COD	mg/L	25	16.22	8.38	16.83	25.75
DO	mg/L	4	6.61	6.69	6.66	6.48
N-N03	mg/L	10	3.04	2.93	3.04	3.01

Secara umum kondisi kualitas air Sungai Cihideung pada keempat titik menunjukkan kondisi air yang masih memenuhi baku mutu air kelas II. Oksigen terlarut (DO) menunjukkan volume oksigen yang terkandung di dalam air. Oksigen masuk ke perairan dapat melalui fotosintesis dan difusi dari udara. Konsentrasi oksigen terlarut pada lokasi penelitian berkisar antara 6.48-6.69 mg/L. Menurut Yulis (2018) semakin tinggi kandungan DO semakin bagus kualitas air tersebut. Sedikit tingginya konsentrasi oksigen terlarut di lokasi penelitian dapat disebabkan pergerakan air yang cukup tinggi. Menurut Radwan *et al.* (2003) perairan mengalir cenderung memiliki kandungan oksigen terlarut yang tinggi dibandingkan dengan perairan tergenang karena pergerakan air memberikan peluang terjadinya difusi oksigen dari udara ke air.

Tabel diatas juga menunjukkan pada lokasi penelitian parameter BOD memiliki nilai yang lebih rendah dari nilai parameter DO. Menurut Boyd (1982) bahwa nilai BOD selalu berbanding terbalik dengan nilai DO. Sugianti dan Astuti (2018) menyatakan dalam penelitiannya, air yang bersih mempunyai nilai DO yang tinggi dan nilai BOD yang rendah. Rataan nilai BOD di Sungai Cihideung berkisar antara 1.32 mg/L pada titik 1 dan 4.07 mg/L pada titik 4. Nilai BOD yang relatif tinggi pada titik 4 diduga karena saat pengambilan contoh di titik 4 sedang terjadi longsor yang membawa tumpukan sampah yang turun ke perairan. Selain itu, nilai

tersebut juga dapat mengindikasikan tingginya bahan organik yang bersumber dari sisa tumbuhan berupa daun dan kayu di dasar sungai. Yudo (2010) menyatakan konsentrasi BOD meningkat bila konsentrasi bahan organik meningkat. Selain nilai parameter BOD yang relatif sedikit tinggi di titik 4, parameter COD juga menunjukkan nilai yang serupa. Rataan nilai parameter COD berkisar antara 8.38 mg/L pada titik 2 dan 25.75 mg/L pada titik 4. Menurut Radwan *et al.* (2003) umumnya nilai COD akan selalu lebih besar dibandingkan dengan nilai BOD. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan oksigen untuk total oksidasi BOD terbatas hanya terhadap bahan organik yang bisa diuraikan secara biologis saja, sementara nilai COD menggambarkan kebutuhan oksigen untuk total oksidasi baik terhadap senyawa yang dapat diuraikan secara biologis maupun kimiawi.

Nitrat di perairan berasal dari penguraian bahan organik. Menurut Patty (2015) kandungan fosfat dan nitrat secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri yaitu melalui proses penguraian, pelapukan ataupun dekomposisi tumbuh-tumbuhan dan sisa-sisa organisme mati. Selain itu, kandungan fosfat dan nitrat tergantung pada keadaan sekeliling diantaranya sumbangan dari daratan melalui sungai yang bermuara ke perairan, seperti buangan limbah ataupun sisa pakan dengan adanya bakteri terurai menjadi zat hara (Skoczko *et al.* 2017). Buangan limbah yang paling besar berdampak pada nilai fosfat adalah limbah deterjen. Yudo (2010) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa komposisi input fosfat 40% berasal dari derivasi deterjen. Hasil tabel di atas menunjukkan kadar nitrat rata-rata di Sungai Cihideung berkisar antara 2.93 mg/L - 3.04 mg/L. Nilai nitrat pada setiap titik tidak jauh berbeda dan relatif sangat rendah. Kadar nitrat meningkat seiring dengan meningkatnya kadar BOD dan COD. Menurut Irham *et al.* (2017) bila kadar salah satu BOD atau COD meningkat, maka nilai kadar nitrat juga ikut meningkat.

TSS adalah padatan yang tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap, terdiri dari partikel-partikel yang ukuran serta beratnya lebih kecil dari sedimen seperti tanah liat, sel-sel mikroorganisme, dan bahan-bahan organik tertentu. Nilai TSS pada lokasi penelitian berkisar antara 36.53 mg/L-45.03 mg/L. Cukup tingginya nilai tersebut diduga karena erosi pada lahan kebun dan tebing sungai serta kikisan tanah yang terbawa arus. Menurut Fithria (2010) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa kejadian erosi dan sedimentasi yang berasal dari perubahan tutupan lahan melalui kegiatan limbah domestik, pertanian, perkebunan, peternakan menyebabkan tinggi nilai TSS. Kandungan TSS yang tinggi akan menghalangi matahari untuk masuk perairan dan berpengaruh terhadap proses fotosintesis organisme perairan yang menyebabkan turunnya oksigen terlarut yang dilepas oleh tanaman ke dalam air (Ruhmawati *et al.* 2017).

Status Pencemaran

Status pencemaran air sungai pada lokasi penelitian diketahui berdasarkan perhitungan Indeks Pencemaran maupun Indeks Biotik.

Indeks Pencemaran

Indeks Pencemaran digunakan untuk mengetahui kualitas perairan dengan menghitung besarnya penyimpangan kualitas air hasil pengukuran dengan baku mutu air yang telah ditetapkan. Hasil perhitungan IP tersebut dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil Indeks Pencemaran

Lokasi	Pagi		Sore	
	Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
Titik 1	1.43	Tercemar ringan	1.22	Tercemar ringan
Titik 2	2.15	Tercemar ringan	1.13	Tercemar ringan
Titik 3	2.20	Tercemar ringan	1.19	Tercemar ringan
Titik 4	2.84	Tercemar ringan	1.31	Tercemar ringan

Hasil perhitungan status kualitas air pada lokasi penelitian dengan menggunakan Indeks Pencemaran (IP) menunjukkan kategori status kualitas air “Tercemar ringan”. Tabel 5 menunjukkan tingkat pencemaran baik pagi dan sore hari dari ke 4 titik sampling masih dalam kategori tercemar ringan, meskipun secara angka terdapat perbedaan. Hal ini dapat dikarenakan pada pagi hari aktivitas sumber pencemar lebih banyak seperti aktivitas mandi, cuci dan kakus. Pada pengulangan pagi dan sore hari nilai IP tertinggi terdapat di titik 4 dengan nilai berturut-turut 2.84 dan 1.31. Relatif tingginya nilai tersebut pada titik 4 diduga disebabkan bahan pencemar yang terakumulasi dari hulu kemudian terbawa hingga ke hilir dan tingginya konsentrasi tiap parameter pencemar yang terdapat pada titik 4 pada saat pengambilan sampel seperti BOD dan COD. Rahmawati (2015) menyebutkan bahwa kadar BOD yang tinggi ditentukan oleh aktivitas lingkungan sekitar seperti persawahan, mandi, cuci, kakus, dan perkebunan yang mengakibatkan masuknya beberapa bahan organik sehingga dapat menurunkan kualitas air di mata air tersebut. Perbedaan nilai indeks di titik 4 pada pagi dan sore hari dapat disebabkan juga oleh kecepatan arus yang cukup cepat akibat hujan di malam hari sehingga pada waktu pengambilan contoh di pagi hari dihasilkan nilai parameter pencemar lebih tinggi dibandingkan sore hari. Menurut Effendi (2003) kecepatan arus pada sungai berpengaruh pada kecepatan bahan pencemar untuk sampai pada lokasi tertentu pada sungai tersebut jika di hulu terjadi pencemaran.

Keanekaragaman Makrozoobenthos

Makrozoobenthos merupakan salah satu biota yang dapat digunakan sebagai parameter biologi untuk menentukan kondisi suatu perairan karena habitat hidupnya yang cenderung relatif menetap. Makrozoobenthos terdapat diseluruh badan sungai mulai dari hulu sampai ke hilir. Kondisi setiap lingkungan sebagai tempat hidup makrozoobentos berpengaruh terhadap keanekaragaman, kelimpahan, dan kekayaan makrozoobenthos. Makrozoobenthos akan ditemukan pada kondisi lingkungan dimana makrozoobenthos telah mengalami penyesuaian (Noortiningsih *et al.* 2008).

Hasil sampling makrozoobentos di empat titik lokasi penelitian mendapatkan makrozoobentos sebanyak 7 famili dari 5 ordo. Ordo yang ditemukan dengan jumlah individu terbanyak yaitu berasal dari ordo Ephemeroptera dan ordo Trichoptera dengan masing-masing jumlah 39 individu dan 28 individu. Hasil penelitian lain seperti Sujati *et al.* (2017) pada Sungai Ciliwung segmen Kebun Raya juga mendapatkan ordo Ephemeroptera dan Trichoptera memiliki jumlah dan kelimpahan yang tinggi. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Safitri (2018) pada Sungai Ciliwung segmen Sempur menemukan makrozoobenthos terbanyak berasal dari ordo Ephemeroptera. Menurut Hadiati (2000) kualitas perairan dapat dikatakan baik jika masih ditemukan larva makrozoobenthos dari jenis Trichoptera,

Ephemeroptera, dan Plecoptera. Rekapitulasi hasil sampling makrozoobenthos dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil sampling makrozoobenthos

No	Famili	Ordo	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4
1	Hydropsychidae	Trichoptera	9	10	4	5
2	Pyralidae	Lepidoptera	2	1	1	0
3	Baetidae	Ephemeroptera	0	5	28	0
4	Ephemerellidae	Ephemeroptera	0	2	3	1
5	Oligochaeta	Oligochaeta	1	3	0	1
6	Decapoda	Decapoda	3	3	0	6
7	Lymnaeidae	Mollusca	2	1	1	1

Dalam penelitian ini, kepadatan makrozoobentos paling tinggi berada pada titik 3 sebesar 925 ind/m² dan pada titik 4 diperoleh kepadatan paling rendah sebesar 350 ind/m². Famili yang memiliki kepadatan paling tinggi pada titik 3 adalah famili Baetidae dari ordo Ephemeroptera sebesar 700 ind/m². Hal tersebut dapat disebabkan substrat berupa batu besar pada titik 3 yang menjadi tempat dari hidupnya organisme tersebut. Menurut Rahayu *et al.* (2015) dalam penelitiannya di Sungai Cisadane, pada substart berbatu dan musim hujan famili Baetidae banyak ditemukan dan mendominasi. Famili dari ordo Trichoptera yang ditemukan pada penelitian ini didominasi oleh Hydropsychidae dengan kepadatan yang sama seperti famili Baetidae yaitu sebesar 700 ind/m². Hasil ini sejalan dengan Sujati *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa hasil penelitiannya famili dari ordo Trichoptera yang ditemukan Hydropsychidae merupakan jenis mendominasi. Dalam penelitian ini famili Hydropsychidae ditemukan pada semua titik, meskipun jumlah yang ditemukan pada setiap titik berbeda-beda. Hal tersebut dapat disebabkan jenis ini memiliki persebaran yang luas dan memiliki ketahanan yang cukup tinggi terhadap polusi baik dari alam maupun manusia. Individu makrozoobenthos yang paling sedikit ditemukan berasal dari ordo Lepidoptera yaitu 4 individu. Hal ini sejalan dengan penelitian Safitri (2018) pada Sungai Ciliwung yang menemukan jumlah individu paling sedikit juga berasal dari ordo Lepidoptera. Individu yang berasal dari ordo Lepidoptera merupakan ulat dari kupu-kupu yang hidup di perairan. Ulat ini hanya hidup di jenis perairan aliran air yang tidak deras (Vallenduk dan Hub, 2004).

Indeks Biotik Hilsenhoff (HBI)

Indeks Hilsenhoff digunakan untuk mengetahui organisme mana yang lebih peka terhadap kandungan oksigen terlarut karena adanya masukan bahan organik. Nilai kepekaan ini didasarkan pada ketahanan dari makrozoobentos untuk hidup dalam kondisi yang tercemar (Ecosprak 2013). Nilai HBI di perairan Sungai Cihideung dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Nilai HBI makrozoobenthos

Lokasi	HBI	Kriteria
Titik 1	4.94	Baik
Titik 2	4.60	Baik
Titik 3	3.84	Baik sekali
Titik 4	5.07	Cukup baik

Hasil Indeks Biotik Hilsenhoff pada Tabel 7 menunjukkan kualitas air masuk ke dalam kategori “Baik” yang artinya perairan tersebut hanya sedikit tercemar bahan organik. Pada titik 3 terjadi penurunan nilai, hal ini mengindikasikan bahwa terjadi perbaikan kualitas air dari arah titik 2 ke titik 3, dimana pada titik 2 penggunaan lahan didominasi oleh pepohonan. Hasil penelitian Sujati *et al.* (2017) pada Sungai Ciliwung segmen Kebun Raya juga terjadi penurunan nilai Indeks Biotik Hilsenhoff pada outlet KRB, yang menunjukkan adanya perbaikan kualitas air Sungai Ciliwung setelah melewati KRB. Selain itu, pada titik 3 ditemukan famili Baetidae dengan jumlah 28 individu. Famili tersebut memiliki nilai toleransi 4 pada tabel acuan Hilsenhoff, nilai tersebut menunjukkan bahwa jenis ini merupakan jenis dengan kepekaan sedang dan hanya ditemukan pada perairan yang relatif masih baik. Zulkifli dan Setiawan (2011) dalam penelitiannya di Sungai Musi menyatakan bahwa titik sampling atau stasiun yang memiliki komunitas vegetasi tingkat pohon di sepanjang tepi sungai akan menunjang kehidupan komunitas makrozoobentos ditunjukkan dengan indeks keanekaragaman lebih tinggi dan kepadatan individu yang tinggi. Menurut Anzani (2012) kandungan bahan organik yang semakin tinggi pada sungai menyebabkan makrozoobentos yang bertahan semakin melimpah dan beberapa jenis dari makrozoobentos menghilang karena terjadi persaingan antar makrozoobentos dalam memperoleh oksigen dan dominannya organisme makrozoobentos tertentu pada perairan. Hasil Indeks Hilsenhoff dalam penelitian ini sejalan dengan hasil Indeks Pencemaran. Pendugaan kualitas air menggunakan indeks biotik sangat bermanfaat untuk melihat kondisi perairan dalam jangkau waktu yang lama. Hal ini karena parameter yang digunakan di dalam indeks ini merupakan makrozoobentos yang hampir seluruh hidupnya menetap pada suatu perairan sehingga cocok digunakan untuk mengetahui kondisi perairan secara akumulatif (Gretchen 2007).

Beban Pencemaran

Penelitian kualitas air sungai tidak lepas dari penggunaan lahan dan tutupan lahan yang terdapat di sempadannya. Perubahan Penggunaan lahan dan aktivitas manusia mengakibatkan adanya beban ekologis berupa beban pencemaran yang semakin berat. Menurut PP RI No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, beban pencemaran adalah jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung di dalam air atau air limbah. Kondisi wilayah pengambilan data berupa permukiman dan kebun campuran. Analisis mengenai beban pencemaran dalam penelitian ini dibedakan menjadi beban pencemaran BOD, COD, TSS dan Nitrat. Hasil perhitungan beban pencemaran dan penambahan beban pencemaran terhadap parameter kualitas air yang terdapat di sempadan Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8 Beban Pencemaran Sungai Cihideung Segmen Kampus IPB

Lokasi	Luas (%)	Beban pencemaran (kg/th/ha)			
		BOD	COD	TSS	TN
Segmen 1					
Permukiman	0.141	14.784	20.329	14.046	
Kebun	0.102	0.034	22.178	0.002	0.003

			14.818	42.507	14.048	0.003
Segmen 2						
	Permukiman	0.047	9.023	12.407	8.572	
	Kebun	0.416	0.135	13.535	0.007	0.012
			9.158	25.942	8.579	0.012
Segmen 3						
	Permukiman	0.005	1.305	1.794	1.239	
	Kebun	0.445	0.144	1.957	0.007	0.013
			1.449	3.751	1.246	0.013
Total			25.426	72.200	23.873	0.029

Tabel 9 Kontribusi penambahan beban pencemaran terhadap kualitas air

Lokasi	Penambahan beban pencemaran (mg/l)			
	BOD	COD	TSS	TN
Segmen 1	2.44×10^{-3}	6.99×10^{-3}	2.31×10^{-3}	5×10^{-3}
Segmen 2	1.51×10^{-3}	4.27×10^{-3}	1.41×10^{-3}	2×10^{-3}
Segmen 3	1.2×10^{-4}	3.1×10^{-4}	1×10^{-4}	1.1×10^{-3}

Hasil analisis diketahui bahwa secara umum beban pencemaran Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga memiliki potensi yang relatif rendah per hektarnya pada masing-masing parameter. Hasil Tabel 8 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan potensi beban pencemaran pada setiap segmen, hal ini disebabkan adanya komposisi penggunaan lahan yang berbeda setiap segmennya sebagaimana yang dipaparkan pada pembahasan penggunaan lahan. Segmen 1 memberikan beban pencemaran tertinggi karena penggunaan lahan berupa permukiman yang terdapat pada segmen 1 lebih banyak dibandingkan segmen lainnya dengan jumlah penduduk sebanyak 272 jiwa atau 10 jiwa/ha. Bahan organik merupakan pencemar tertinggi yang dicerminkan dari nilai COD dan BOD yang masuk ke perairan Sungai Cihideung mencapai 72.200 kg/th/ha dan 25.426 kg/th/ha. Segmen 1 memberikan kontribusi tertinggi dibandingkan kedua segmen lainnya dengan nilai COD 42.507 kg/th/ha dan BOD 14.818 kg/th/ha, hal ini diduga banyaknya perumahan dipinggir sungai yang membuang limbah domestik ke dalam sungai seperti sisa makanan dan lainnya. Tatangindatu *et al.* (2013) menyatakan dalam penelitiannya hasil pembuangan sisa limbah makanan merupakan buangan bahan organik yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga hal ini akan menaikkan populasi mikroorganisme di perairan kemudian menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme dalam mengoksidasi bahan organik, dimana dalam hal ini kadar BOD akan naik. Selain itu, Tabel 8 juga menunjukkan beban pencemaran untuk parameter total nitrat relatif rendah pada semua segmen tiap hektarnya. Hal ini karena pemberian pupuk yang tidak intensif pada penggunaan lahan berupa kebun. Hasil penelitian Santosa (2018) menyebutkan beban pencemaran total nitrat dan pospat pada sawah lebih tinggi karena pemberian pupuk berupa pupuk kandang, urea dan pospat selama proses penanaman yang sangat intensif dibandingkan kebun dan tegalan.

Potensi beban pencemaran penelitian Safitri (2018) yang dilakukan di Sungai Ciliwung segmen Sempur dengan kondisi wilayah pengambilan data berupa permukiman padat penduduk, nilai COD dan BOD masing-masing mencapai 12 679 kg/th/ha dan 9 221 kg/th/ha. Hal ini mengindikasikan pada sempadan padat penduduk menghasilkan limbah organik yang tinggi. Hasil analisis tersebut juga menunjukkan bahwa beban pencemaran Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga masih relatif kecil jika dibandingkan dengan Sungai Ciliwung penelitian Safitri (2018) karena pada Sungai Cihideung tidak sepenuhnya penggunaan lahan adalah permukiman, melainkan terdapat juga lahan pepohonan dan kebun campuran. Data pada Tabel 9 dengan dasar debit air sesaat sebesar 5.01 m³/det atau sebesar 5 010 lt/det menunjukkan penambahan konsentrasi parameter BOD, COD, TSS dan TN ke dalam Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga yang relatif sangat rendah sehingga tidak menyebabkan adanya perubahan status kelas kualitas air pada Sungai Cihideung untuk standar baku mutu air kelas II.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Hasil analisis status kualitas air (parameter fisik-kimia) Sungai Cihideung di segmen Kampus IPB Dramaga menunjukkan kualitas air yang secara umum memenuhi baku mutu air kelas II. Berdasarkan Indeks Pencemaran (IP), Sungai Cihideung termasuk ke dalam kategori “tercemar ringan”. Adapun berdasarkan Indeks Biotik Hilsenhoff (HBI), sungai ini tergolong ke dalam kategori kualitas air “baik” dengan besar indeks 3.84-5.07.
2. Sumber-sumber pencemar yang terdapat di Sungai Cihideung segmen Kampus IPB Dramaga berupa limbah permukiman dan kebun campuran. Beban pencemaran yang dihasilkan dari sumber pencemar pada masing-masing parameter hanya sebesar 25.43 kg/th/ha untuk BOD, 72.20 kg/th/ha untuk COD, 23.87 kg/th/ha untuk TSS, dan 0.03 kg/th/ha untuk Nitrat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengaruh potensi beban pencemaran Sungai Cihideung masih relatif kecil pada masing-masing pencemar. Jumlah tersebut belum menimbulkan perubahan kualitas air kelas II untuk Sungai Cihideung segmen Kampus IPB.

Saran

Perlu dilakukan pemantauan kualitas air berkala dengan menggunakan parameter fisik-kimia dan indeks biotik sehingga menggambarkan tingkat status pencemaran yang lebih lengkap. Perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui dinamika perubahan kualitas air di berbagai segmen penggunaan lahan sempadan yang sama ataupun berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anzani YM. 2012. Makrozoobenthos sebagai bioindikator kualitas perairan di Sungai Ciambulawung, Lebak, Banten [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Asdak C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Boyd CE. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. New York (US): Elsevier Scientific Company Amsterdam.
- Dawud M, Namara I, Cahyati N, Muhammad F. 2016. Analisis sistem pengendalian pencemaran air Sungai Cisadane Kota Tangerang berbasis masyarakat. *Jurnal UMJ* 1(1): 1-8
- EcoSpark. 2013. *Water Quality Monitoring with Benthic Macroinvertebrates Field Guide 2013*. Toronto (US): EcoSpark.
- Effendi H, Kristianiarso AA, Adiwilaga EM. 2013. Karakteristik kualitas air Sungai Cihideung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Ecolab*. 7(2): 4910
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Penerbit Kanisius.
- Effendi H. 2015. *Simulasi Penentuan Indeks Pencemaran dan Indeks Kualitas Air (NSF-WQI)*. Jakarta (ID): Puslitbang Kualitas dan Laboratorium Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Fithria H. 2010. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Dan Pemanfaatan Sumberdaya Air Terhadap Kualitas Air Sungai Di Daerah Aliran Sungai Cisadane Segmen Hulu. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Gretchen AH. 2007. *Methods for the collection and analysis of benthic macroinvertebrate assemblages in wadeable streams of the Pacific Northwest*. Washington (US): Pacific Northwest Aquatic Monitoring Partnership.
- Hadiati R. 2000. Struktur Komunitas Makrozoobenthos Sebagai Indikator Biologi Kualitas Lingkungan Perairan Sungai Cihideung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Irhama MF, Abrar V, Kurnianda. 2017. Analisis BOD dan COD di Perairan Krueng Cut, Banda Aceh. *Jurnal Depik* 6(3): 199-204.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2015. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 28 Tahun 2015 Tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai Dan Garis Sempadan Danau. Jakarta (ID): Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Kristianiarso AA. 2009. Kondisi Kualitas Perairan Sungai Cihideung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. [Skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Kurniawan B. 2013. Inventarisasi dan Identifikasi Sumber Pencemar. Jakarta (ID): Deputi Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup Kementerian Lingkungan Hidup.
- Noortiningsih, Ikna S, Sri H. 2008. Keanekaragaman makrozoobentos, meiofauna, dan foraminifera di Pantai Pasir Putih Barat dan muara Sungai Cikamal Pangandaran, Jawa Barat. *Jurnal Vis Vitalis*. 1(1): 34-42.
- Norhadi A, Marzuki A, Wicaksono L, Yacob RA. 2015. Studi debit pada Sungai Antasan Kelurahan Sungai Andai Banjarmasin Utara. *Jurnal Poros Teknik*. 7(1): 1-53.

- Patty SI. 2015. Karakteristik Fosfat, Nitrat dan Oksigen Terlarut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 2(1): 1-7.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2011. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Sungai. Jakarta(ID): Sekretariat Negara.
- Radwan M, Willems P, El-Sadek A, Berlamont J. 2003. Modelling of dissolved oxygen and biochemical oxygen demand in river water using a detailed and a simplified model. *Journal of River Basin Management*. 1(2): 97-103,
- Rahayu DM, Yoga GP, Effendi H, Wardiatno Y. 2015. Penggunaan makrozoobentos sebagai indikator status perairan hulu Sungai Cisadane, Bogor. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*. 20(1): 1-8.
- Ruhmawati T, Sukandar D, Karmini M, Roni TS. 2017. Penurunan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) air limbah pabrik tahu dengan metode fitoremediasi. *Jurnal Permukiman*. 12(1): 25-32.
- Safitri R. 2018. Hubungan Sempadan Permukiman Dan Kualitas Air Sungai Ciliwung, Segmen Sempur, Kota Bogor. [Skripsi]. Bogor (ID): IPB.
- Santosa AM. 2018. Hubungan Tipe Penggunaan Lahan Dengan Kualitas Air Sungai Di Taman Kehati Babakan Pari, Sukabumi, Jawa Barat. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Setiawan D. 2008. Struktur komunitas makrozoobentos sebagai indikator kualitas lingkungan perairan hilir sungai musi. [Tesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana IPB.
- Skoczko I, Sokolowska JS, Ofman P. 2017. Seasonal change in nitrogen, phosphorous, BOD, and COD removal in Bystre wastewater treatment plant. *Journal of Ecological Engineering*. 18(4): 185-191.
- Sugianti Y, Astuti LP. 2018. Respon oksigen terlarut terhadap pencemaran dan pengaruhnya terhadap keberadaan sumber daya ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19 (2): 203-21.
- Sujati AB, Priyono A, Rushayati SB. 2017. Karakteristik kualitas air Sungai Ciliwung di segmen Kebun Raya Bogor. *Jurnal Media Konservasi*. 22(2): 111-117.
- Sunarhadi RM, Suharjo, Anna AN, Anwar BS. 2015. *Penentuan Lebar Sempadan Sebagai Kawasan Lindung Sungai di Kabupaten Sukoharjo*. Surakarta (ID): UMS.
- Suriawiria U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung (ID): Alumni.
- Tafangenyasha C, Dzinomwa T. 2005. Land-use impacts on river water quality in Lowveld Sand River systems in South-East Zimbabwe. *Land Use and Water Resources Research* 5(3): 3.1-3.10.
- Tatangindatu F, Kalesaran O, Rompas R. 2013. Studi parameter fisika kimia air pada areal budidaya ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Budidaya Perairan*. 1(2): 8-19.
- Vallenduk HJ, Hub MJC. 2004. Aquatic living caterpillars (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae) of Central Europe. A key to the larvae and autecology. *Lauterbornia*. 49(1): 1-17.
- Yudo S. 2010. Kondisi kualitas air Sungai Ciliwung di wilayah DKI Jakarta ditinjau dari parameter organik, amoniak, fosfat, deterjen dan bakteri coli. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 6(1): 34-42.

- Yulis PAR, Desti, Febliza A. Analisis Kadar DO, BOD, dan COD air Sungai Kuantan terdampak penambangan emas tanpa izin. *Jurnal bioterdidik*. 6(3): 1-11.
- Zulkifli H dan Setiawan D. 2011. Struktur komunitas makrozoobentos di Perairan Sungai Musi Kawasan Pulokerto sebagai instrumen biomonitoring. *Jurnal Natur Indonesia* 14(1): 95-99.