

**KUALITAS AIR DAN BEBAN PENCEMARAN
SUNGAI CILEUNGI KABUPATEN BOGOR**

AGUS PRIYONO



**DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN DAN EKOWISATA
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2023**

Judul Artikel : KUALITAS AIR DAN BEBAN PENCEMARAN SUNGAI
CILEUNGI KABUPATEN BOGOR

Penulis : Agus Priyono

NIP : 19610812 198601 1 001

Bogor, 4 Desember 2023


Mengetahui:

Ketua Departemen Konservasi Sumberdaya
Hutan Dan Ekowisata,



Dr. Ir. Nyoto Santoso, MS
NIP. 19620315 198603 1 002

Penulis,



Ir. Agus Priyono, MS
NIP. 19610812 198601 1 001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas segala karunia-Nya sehingga penelitian ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang berjudul “Kualitas Air Dan Beban Pencemaran Sungai Cileungsi, Kabupaten Bogor” ini mulai dilaksanakan sejak bulan September hingga Nopember 2023.

Terima kasih penulis ucapkan kepada segenap pihak yang telah membantu penulis dalam pengumpulan data hingga informasi terkait judul penelitian ini, serta saran berbagai masukan berharga.

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkompetan dalam upaya pengendalian berbagai sumber pencemaran Sungai Cileungsi, termasuk Masyarakat sepanjang SubDAS Cileungsi.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Perikanan dan Peternakan Kabupaten Bogor, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bogor, dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor yang telah membantu dalam penyediaan data yang digunakan dalam penelitian ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Saran dan masukan untuk kesempurnaan tulisan ini sangat diharapkan agar menjadi informasi yang baik bagi semua pihak yang memerlukannya.

Bogor, Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
ABSTRAK	iv
I PENDAHULUAN	44
1.1 Latar Belakang	44
1.2 Tujuan Penelitian	44
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	44
1.4 Manfaat Penelitian	45
II METODE	2
2.1 Waktu dan Lokasi	2
2.2 Alat	2
2.3 Metode Pengumpulan Data	2
2.4 Metode Analisis Data	2
III HASIL DAN PEMBAHASAN	5
3.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	5
3.2 Perubahan Penggunaan Lahan	6
3.3 Kualitas Air Sungai Cileungsi	8
3.4 Status Mutu Air Sungai Cileungsi	9
3.5 Beban Pencemaran dan Pengaruhnya terhadap Kualitas air	10
IV SIMPULAN DAN SARAN	13
4.1 Simpulan	13
4.2 Saran	13
DAFTAR PUSTAKA	13

KUALITAS AIR DAN BEBAN PENCEMARAN SUNGAI CILEUNGSI KABUPATEN BOGOR

Agus Priyono

Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan Dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan
Dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK

Perkembangan penduduk wilayah Jabodetbek yang terus meningkat mengakibatkan perubahan penggunaan lahan termasuk di daerah aliran sungai (DAS). Sungai Cileungsi rentan terhadap pencemaran air yang berasal dari masukan limbah domestik, industri, peternakan, dan pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan kualitas air dan beban pencemaran Sungai Cileungsi pada periode 2015–2019. Penggunaan lahan hutan, sawah, dan lahan terbuka mengalami penurunan luas pada tahun 2019, sebaliknya luas kebun campuran dan lahan terbangun meningkat. Parameter kualitas air Sungai Cileungsi yang tidak memenuhi baku mutu air kelas II adalah TSS, BOD, COD, DO, detergen, fosfat dan nitrit. Status mutu air Sungai Cileungsi berdasarkan indeks STORET adalah “cemar sedang” pada bagian hulu dan “cemar berat” pada bagian tengah hingga hilir. Beban pencemaran tertinggi bersumber dari limbah domestik dengan beban pencemaran BOD 10,366,953 mg/detik; COD 14,254,560 mg/detik dan TSS 9,848,605 mg/detik.

Kata kunci: Sungai Cileungsi, beban pencemaran, penggunaan lahan.

ABSTRACT

The development of population in Jabodetabek causes changes in land use, including in watersheds. The Cileungsi river is vulnerable to water pollution from domestic, industrial, livestock, and agricultural waste inputs. This research aims to determine the progress of water pollution conditions in the Cileungsi river and its relationship to land use in the Cileungsi watershed in the period of 2015–2019. Land use of forest, rice fields, and bare land decreased in 2019, otherwise the area of mixed gardens and built-up land increased. The water quality parameters of the Cileungsi river that does not qualify to the class II water quality standards are TSS, BOD, COD, DO, detergent, phosphate, and nitrite. The water quality status of the Cileungsi river based on the STORET index is "moderately polluted" upstream and "heavily polluted" in the middle to downstream. The highest pollution load sourced from domestic waste with the potential BOD 10,366,953 mg/second; COD 14,254,560 mg/second dan TSS 9,848,605 mg/second.

Keywords: Cileungsi River, pollution load, land use

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk di wilayah Kabupaten Bogor yang tinggi berakibat pada meningkatnya kebutuhan lahan untuk mendukung kehidupan sosial ekonomi. Ketidaksiuaian luas lahan dengan jumlah penduduk yang harus ditampung mengakibatkan peralihan fungsi lahan, tidak terkecuali pada daerah aliran sungai (DAS). Menurut Asdak (2002), DAS merupakan suatu ekosistem yang memungkinkan terjadinya interaksi secara dinamis antara organisme dan lingkungan. Interaksi tersebut dapat menimbulkan sebuah hubungan saling ketergantungan antar tiap komponennya. Oleh sebab itu, perubahan yang terjadi pada penggunaan lahan dapat berpengaruh terhadap fungsi DAS (Susetyaningsih 2012).

Sungai Cileungsi merupakan salah satu sungai yang berada di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Sungai Cileungsi membentang dari arah selatan Kecamatan Citeurep hingga ke arah utara Kecamatan Gunung Putri. Hilir Sungai Cileungsi akan bersatu dengan hilir Sungai Cikeas dan kemudian membentuk Sungai Bekasi yang bermuara pada Pantai Utara Jawa (Pasingi *et al.* 2014). Sungai Cileungsi memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap pencemaran air. Hal tersebut dikarenakan ketika pengaliran air dari hulu hingga ke hilir, sungai menerima banyak beban pencemaran dari berbagai sumber di sekitar DAS Cileungsi (Sofia *et al.* 2010).

Sumber pencemaran dominan yang berada pada DAS Cileungsi berasal dari limbah domestik, industri, peternakan, dan pertanian. Sumber pencemar tersebut menghasilkan limbah yang akan terus berakumulasi dan dapat mengganggu ekosistem DAS (Komaruddin 2008, Mahyudin *et al.* 2015). Simon dan Hidayat (2008) juga menyatakan bahwa sungai mengalami penurunan kualitas air setelah melewati area berupa pemukiman dan pertanian. Air sejatinya adalah sumber daya yang dapat diperbaharui, namun juga mudah terkontaminasi oleh zat pencemar akibat aktivitas manusia (Darmono 1995). Oleh karena uraian tersebut, penelitian ini perlu dilakukan sebagai salah satu upaya pengendalian dampak Sungai Cileungsi akibat perubahan penggunaan lahan yang terjadi di sekitar DAS Cileungsi.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan kondisi pencemaran air Sungai Cileungsi dan hubungannya dengan penggunaan lahan DAS Cileungsi pada periode 2015 - 2019.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis laju perubahan penggunaan lahan DAS Cileungsi pada tahun 2015 hingga 2019.
2. Menganalisis kondisi kualitas air Sungai Cileungsi berdasarkan acuan baku mutu air kelas II.
3. Menentukan status mutu air Sungai Cileungsi dengan menggunakan metode Indeks STORET.
4. Menghitung besarnya beban pencemaran setiap sumber pencemaran.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terbaru mengenai kondisi kualitas air dan status pencemaran Sungai Cileungsi serta informasi sumber-sumber pencemaran di DAS Cileungsi yang memberikan kontribusi beban pencemaran dominan, sebagai bahan pertimbangan dalam menetapkan prioritas pengendalian pencemaran Sungai Cileungsi.

II METODE

2.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan, yaitu pada bulan September hingga bulan Nopember 2023. Lokasi penelitian di SubDAS Cileungsi, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Data kualitas air Sungai Cileungsi berdasarkan laporan hasil pemantauan kualitas air pada tujuh titik sampel pengamatan di 4 kecamatan di Kabupaten Bogor. Lokasi titik sampel adalah sebagai berikut:

Titik 1: Jembatan Kampung Leuwibilik, Desa Tajur, Kecamatan Citeureup

Titik 2: Jembatan Desa Tarikolot, Kecamatan Citeureup

Titik 3: Jembatan Kawasan CCIE, Kecamatan Klapanunggal

Titik 4: Jembatan PT WIKA, Kecamatan Klapanunggal

Titik 5: Jembatan Jalan Raya Alternatif Cibubur, Kecamatan Cileungsi

Titik 6: Jembatan Perumahan Kota Wisata, Kecamatan Cileungsi

Titik 7: Jembatan Perbatasan Bekasi, Desa Bojong Kulur, Kecamatan Gunung Putri.

2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari *Global Positioning System* (GPS), laptop, *stopwatch*, bola pingpong, benang, pita ukur, dan alat tulis. Pengolahan dan analisis data dibantu dengan menggunakan perangkat lunak berupa *Google Earth Pro*, *ArcGIS 10.5*, *Microsoft Excel*, *Microsoft Word*, serta platform *Google Earth Engine*.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Data primer dalam penelitian ini diperoleh berdasarkan survei lapang untuk mengetahui kondisi umum lokasi, sumber-sumber pencemar di sekitar lokasi, dan pengukuran debit air. Data industri diperoleh berdasarkan wawancara dengan Masyarakat dan pihak-pihak terkait sumber pencemaran.

Adapun data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan melalui inventarisasi data dari berbagai sumber, seperti data kependudukan, potensi pertanian, peternakan, industri, serta data kualitas air.

2.4 Metode Analisis Data

2.4.1 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan DAS Cileungsi dianalisis dengan menggunakan perbandingan luas tiap jenis penggunaan lahan yang dikaji dalam rentang waktu dari tahun 2015–2019. Laju perubahan tutupan lahan dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut:

$$\%V = \frac{n2 - n1}{n1} \times 100\%$$

Keterangan:

V = Laju perubahan penggunaan lahan (%)

n1 = Luas jenis penggunaan lahan tahun 2015 (ha)

n2 = Luas jenis penggunaan lahan tahun 2019 (ha)

Luas tiap jenis penggunaan lahan DAS Cileungsi diperoleh dengan pengolahan citra Landsat 8 pada tahun 2015 dan 2019 menggunakan *Google Earth Pro*, *Google Earth Engine*, dan *ArcGIS 10.5*. Klasifikasi penggunaan lahan DAS Cileungsi menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) yang terbagi menjadi 6 kelas. Kelas penggunaan lahan terdiri dari hutan, sawah, kebun campuran, lahan terbangun, lahan terbuka, dan badan air.

2.4.2 Analisis Kualitas Air

Penilaian kualitas air Sungai Cileungsi pada tahun 2015 – 2019 dilakukan melalui perbandingan baku mutu air kelas II berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 dan Pergub Jawa Barat No. 12 Tahun 2013 yang menetapkan peruntukan Sungai Cileungsi berada pada klasifikasi mutu air kelas II. Analisis pada parameter fisika dan kimia kualitas air bertujuan untuk mengidentifikasi parameter-parameter yang melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan. Parameter fisika kualitas air terdiri dari suhu air, *total suspended solids* (TSS), dan *total dissolved solids* (TDS), serta parameter kimia terdiri dari pH, nitrit, fosfat, *dissolved oxygen* (DO), *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), sianida, tembaga, kadmium, timbal, air raksa, dan detergen.

2.4.3 Analisis Status Mutu Air

Status mutu air dalam penelitian ini ditentukan berdasarkan Metode STORET sebagaimana direkomendasikan dalam Kepmen LH No. 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

2.4.4 Analisis Beban Pencemaran

Beban pencemaran merupakan jumlah suatu unsur pencemar yang terkandung dalam air atau air limbah (PP No. 82 Tahun 2001). Metode yang digunakan dalam analisis beban pencemaran adalah metode *rapid assessment*. Metode ini dapat digunakan untuk menduga besarnya beban pencemaran dengan mengkonversi limbah sumber pencemar ke parameter beban pencemar, yaitu BOD, COD dan TSS. Sumber pencemaran dominan pada DAS Cileungsi yang dianalisis adalah sumber-sumber *point sources* yaitu limbah industri kecil dan *non point sources* yang terdiri dari limbah domestik, pertanian dan peternakan.

Menurut Kurniawan (2013), perhitungan beban pencemaran limbah domestik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BPD = JP \times FE \times RE \times \alpha \times 0,011574$$

Keterangan:

BPD = beban pencemaran domestik (mg/detik)
 JP = jumlah penduduk (jiwa)
 FE = faktor emisi (gr/jiwa/hari) (Tabel 4)
 RE = rasio ekuivalen (wilayah pinggiran kota = 0,8)
 α = % limbah ke sungai (langsung ke sungai = 1, via saluran 0,85 dan punya WC 0,3)
 0,011574 = faktor konversi satuan

Tabel 1 Faktor emisi limbah domestik

Parameter	Unit	Faktor Emisi
BOD		40
COD	gr/jiwa/hari	55
TSS		38

Beban pencemaran dari peternakan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Kurniawan 2013):

$$BPT = JT \times FE \times 20\% \times 0,011574$$

Keterangan:

BPT = beban pencemaran peternakan (mg/detik)
 JT = jumlah ternak (ekor)
 FE = faktor emisi (gr/ekor/hari) (Tabel 5)
 20% = *run-off rasio*
 0,011574 = faktor konversi satuan

Tabel 2 Faktor emisi ternak

Parameter	Unit	Kerbau	Sapi	Kuda	Domba	Kambing
BOD	gr/ekor/hari	207	292	226	55,7	34,1
COD		530	717	558	136	92,9

Beban pencemaran pertanian (sawah dan kebun campuran) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Kurniawan 2013):

$$BPP (\text{sawah}) = \frac{LS \times FE \times 10\%}{182,5} \times 11,574$$

Keterangan:

BPP = beban pencemaran pertanian (mg/detik)
 LS = luas lahan sawah (ha)
 FE = faktor emisi (kg/ha/musim tanam) (Tabel 6)
 10% = *run-off rasio*
 182,5 = lama musim tanam (hari)
 11,574 = faktor konversi satuan

$$BPP (\text{kebun campuran}) = \frac{LK \times FE \times 1\%}{182,5} \times 11,574$$

Keterangan :

- BPP = beban pencemaran pertanian (mg/detik)
 LK = luas lahan kebun (ha)
 FE = faktor emisi (kg/ha/musim tanam) (Tabel 6)
 1% = *run-off rasio*
 182,5 = lama musim tanam (hari)
 11,574 = faktor konversi satuan

Tabel 3 Faktor emisi pertanian

Parameter	Unit	Sawah	Kebun Campuran
BOD	kg/ha/musim tanam	225	32,5
TSS		0,46	1,6
COD*		337,5	48,75

*Keterangan: nilai COD = nilai BOD x 1,5

Beban pencemaran yang berasal dari industri, perhitungannya menggunakan rumus sebagai berikut (Kurniawan 2013):

$$BPI = JB \times FE \times 0,011574$$

Keterangan:

- BPI = beban pencemaran industri (mg/detik)
 JB = jumlah bahan baku ((gr/kendaraan) / hari)
 FE = faktor emisi (gr/hari) (Tabel 7)
 0,011574 = faktor konversi satuan

Tabel 4 Faktor emisi industri

Parameter	Unit	Industri Tahu/Tempe	Jasa Pencucian Pakaian (Laundri)	Jasa Pencucian Mobil	Jasa Pencucian Motor
BOD	gr/hari	50	0,06	3,64	0,41
COD		110	0,3	7,88	0,88
TSS		80	-	8,76	0,65

III HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian

SubDAS Cileungsi memiliki luas 38.403,28 ha yang mencakup 64 desa dan 8 kecamatan yang berada di wilayah administrasi Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Kecamatan tersebut terdiri dari Kecamatan Gunung Putri, Kecamatan Cileungsi, Kecamatan Klapanunggal, Kecamatan Citeureup, Kecamatan Cibinong, Kecamatan Babakan Madang, Kecamatan Sukamakmur, dan Kecamatan Sukaraja Posisi geografis SubDAS Cileungsi terletak di 106°49'28,9" hingga 106°59'40,5" Bujur Timur dan 6°18'8,6" hingga 6°38'28,2" Lintang Selatan. Ketinggian lokasi berkisar antara 30 hingga 700 m dpl.

Menurut klasifikasi iklim Schmidh-Ferguson, iklim di SubDAS Cileungsi termasuk tipe A atau daerah bersifat sangat basah. Curah hujan diukur melalui Stasiun Pos Hujan Ciriung, Tunggilis, Dayeuh, dan Klapanunggal, dengan rata-rata curah hujan sebanyak 209 hingga 411 mm/tahun pada periode 2015–2019. Musim hujan umumnya dimulai pada bulan Oktober hingga April dengan rata-rata curah hujan sebanyak 302–448 mm/bulan, sedangkan musim kemarau dimulai dari bulan Mei hingga September dengan dengan rata-rata curah hujan sebanyak 79–358 mm/bulan.

Sungai Cileungsi mengalir sepanjang 57,6 km dari Gunung Kencana hingga ke bagian utara Kecamatan Gunung Putri. Hilir Sungai Cileungsi akan menyatu dengan hilir Sungai Cikeas di Desa Bojong Kulur, Kecamatan Gunung Putri. Persatuan kedua sungai tersebut akan menjadi hulu dari Sungai Bekasi, yang selanjutnya akan bermuara ke Pantai Utara Jawa (Pasingi *et al.* 2014). Berdasarkan pengamatan dan pengukuran lapangan, Sungai Cileungsi memiliki substrat yang didominasi oleh pasir dan bebatuan, serta debit rata-rata sesaat 8,07 m³/detik.

3.2 Perubahan Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan dapat diartikan sebagai bentuk fisik permukaan bumi yang dipengaruhi oleh kehidupan manusia (Lestari dan Arsyad 2018). Oleh sebab itu, penggunaan lahan di suatu wilayah akan sangat bergantung terhadap perkembangan sosial dan ekonomi penduduk di wilayah tersebut. Hal ini berakibat pada perubahan penggunaan lahan yang dilakukan demi pemenuhan kebutuhan penduduk akan lahan yang semakin meningkat. Lahan yang telah berubah pola penggunaannya akan berpengaruh terhadap kondisi ekosistem di sekitarnya, tidak terkecuali pada daerah aliran sungai (DAS).

Perubahan terhadap penggunaan lahan dapat dikaji dengan membandingkan hasil interpretasi citra satelit pada dua atau lebih data dalam tahun yang berbeda (Tricahyono *et al.* 2016). Penelitian ini menggunakan hasil interpretasi citra satelit Landsat 8 pada tahun 2015 dan 2019. Berdasarkan survei lapang yang telah dilakukan, terdapat enam kelas penggunaan lahan yang terdapat pada SubDAS Cileungsi. Kelas penggunaan lahan tersebut yaitu badan air, hutan, kebun campuran, lahan terbangun, lahan terbuka, dan sawah. Perubahan penggunaan lahan pada SubDAS Cileungsi tersaji pada Tabel 8.

Tabel 5 Laju perubahan penggunaan lahan SubDAS Cileungsi

Penggunaan Lahan	2015		2019		Laju Perubahan	
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
Kebun Campuran	9.161,23	23,86	11.064,17	28,81	1.902,94	20,77
Hutan	10.361,20	26,98	9.553,91	24,88	-807,28	-7,79
Lahan Terbangun	5.770,31	15,03	6.773,53	17,64	1.003,22	17,39
Sawah	5.774,01	15,04	4.386,86	11,42	-1.387,16	-24,02
Lahan Terbuka	4.528,60	11,79	4.085,43	10,64	-443,17	-9,79
Badan Air	2.807,93	7,31	2.539,38	6,61	-268,55	-9,56

Keterangan: laju perubahan yang berkurang ditandai dengan (-)

Berdasarkan Tabel 8, pada tahun 2019 telah terjadi penambahan luas pada kebun campuran sebanyak 20,77% dan lahan terbangun sebanyak

17,39%. Kedua jenis penggunaan lahan tersebut memiliki sumber-sumber pencemar di dalamnya dan akan berpengaruh terhadap kualitas air Sungai Cileungsi. Kebun campuran berpotensi menghasilkan beban pencemar berupa TSS ke Sungai Cileungsi yang diakibatkan oleh terjadinya erosi. Sedangkan lahan terbangun berupa pemukiman dan industri akan menghasilkan beban pencemar organik (BOD dan COD) maupun anorganik (nitrit, fosfat, detergen, dan logam berat).

Adapun luas penggunaan lahan hutan, sawah, dan lahan terbuka semakin berkurang yang diakibatkan oleh konversi lahan menjadi peruntukan lainnya. Lahan hutan mengalami penurunan karena telah diubah menjadi lahan pertanian untuk memenuhi permintaan kebutuhan pangan yang tinggi. Penurunan luas lahan hutan akan berakibat pada penurunan fungsi hutan dan berpengaruh bagi kualitas dan kuantitas air sungai (Wiryo 2013). Lahan terbuka mengalami penurunan luas dikarenakan lahan tersebut telah mengalami pembangunan untuk dimanfaatkan menjadi lahan terbangun.

Lahan terbangun mengalami kenaikan luas sebesar 1.003,22 ha (17,39%) pada tahun 2019, sehingga luasnya menjadi 6.773,53 ha. Hal ini menandakan bahwa terjadi peningkatan jumlah penduduk di sekitar SubDAS Cileungsi yang mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan. Lahan terbangun merupakan lahan yang telah dilakukan pembangunan dan diperuntukkan untuk kebutuhan hidup penduduk seperti badan jalan, perumahan, industri, dan gedung lainnya. Lahan terbangun mendominasi di bagian utara (hilir) DAS Cileungsi karena lokasi tersebut dekat dengan berbagai kota besar lainnya, yaitu DKI Jakarta dan Bekasi.

Kebun campuran mengalami kenaikan luas lahan sebesar 1.902,94 ha (20,77%), sedangkan sawah mengalami penurunan sebesar 1.387,16 ha (-24,02%). Kebun campuran pada umumnya dapat dilakukan pada lahan yang mempunyai luas 0,25 hingga 2 ha, sehingga sangat cocok dibudidayakan bagi petani yang tidak memiliki luas lahan dan modal yang cukup. Petani juga lebih diuntungkan dengan adanya kebun campuran karena dapat menghasilkan berbagai macam komoditas untuk dijual. Apabila salah satu jenis tanaman mengalami gagal panen, petani masih dapat menjual hasil panen dari jenis tanaman lainnya. Hal tersebut akan berdampak positif bagi keseimbangan sumber penghasilan para petani (Hairiah *et al.* 2003).

Perubahan terhadap penggunaan lahan menyebabkan peningkatan terhadap limpasan permukaan yang membawa zat pencemar mengalir ke dalam sungai (Sandhyavitri *et al.* 2015). Setiap jenis penggunaan lahan memiliki laju limpasan yang berbeda, bergantung pada komposisi tutupan tanah dan vegetasi. Limpasan permukaan pada lahan terbangun akan lebih besar karena tanah telah tertutupi oleh bangunan dan jalanan yang beraspal serta kurangnya vegetasi menyebabkan air hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah dan akan langsung melimpas menuju ke sungai (Puspaningsih 1997). Hutan dan kebun campuran mempunyai vegetasi yang beragam dan multistrata. Hal tersebut dapat membantu menahan air hujan agar tidak langsung mengenai permukaan tanah dan mengefektifkan penyerapan air, sehingga limpasan permukaan akan mengecil (daroin dan Hizbaron 2019).

3.3 Kualitas Air Sungai Cileungsi

Penggunaan lahan SubDAS Cileungsi yang telah berubah tentunya berpengaruh terhadap kualitas air Sungai Cileungsi. Penelitian ini menggunakan 15 parameter yang terdiri dari parameter fisika dan kimia berdasarkan pengukuran sebanyak dua kali pada setiap tahunnya. Pengukuran yang pertama dilakukan antara bulan Februari hingga Maret, sedangkan pengukuran yang kedua dilakukan antara bulan Agustus hingga Oktober. Hasil pengukuran yang didapat kemudian dibandingkan dengan baku mutu air kelas II, yaitu peruntukan sebagai prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan pertanian, dan atau peruntukan lainnya yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Hasil pengukuran setiap parameter pada tahun 2015 hingga 2019 disajikan pada Lampiran 2. Sebagian besar parameter memenuhi baku mutu air kelas II. Parameter yang melampaui baku mutu air adalah TSS, BOD, COD, DO, detergen, fosfat, dan nitrit. Peningkatan jumlah penduduk dari tahun 2015 ke tahun 2019 sebesar 159.736 jiwa (11,69%) dan pesatnya pertumbuhan industri di DAS Cileungsi dapat menjadi penyebab terbesar dari tingginya potensi limbah organik maupun anorganik yang masuk ke sungai.

TSS terdiri dari zat padat (zat hidup dan sedimen) yang tersuspensi di dalam air. Zat padat yang hidup berupa fitoplankton, zooplankton, bakteri, dan fungi. Zat padat yang tak hidup terdiri dari detritus dan partikel anorganik berupa pasir, lumpur, dan tanah liat (Doraja *et al.* 2012). Zat tersebut akan menghalangi masuknya sinar matahari dan menyebabkan simpanan oksigen berkurang (Gazali *et al.* 2013). TSS bersumber dari erosi yang terjadi di lahan pertanian, lahan terbuka, dan lahan terbangun.

Parameter BOD dan COD yang melampaui baku mutu disebabkan oleh pencemaran limbah domestik, industri, peternakan, dan pertanian. Nilai BOD dan COD yang tinggi disebabkan oleh proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme di dalam air yang membutuhkan oksigen sebagai sumber energinya (Daroini dan Arisandi 2020). Semakin banyak jumlah bahan organik yang terdapat di dalam air, kadar oksigen terlarut (DO) akan semakin menurun. Berbeda dengan parameter lainnya, DO sangat dibutuhkan dalam jumlah yang tinggi dalam suatu perairan karena dapat menandakan jumlah kandungan oksigen di dalam air.

Kandungan detergen di dalam Sungai Cileungsi selalu meningkat dari tahun 2015 dan puncaknya berada pada tahun 2017, dengan nilai rata-rata pada tahun 2017 sebesar 1.192,36 $\mu\text{g/l}$. Nilai tersebut tentunya sangat jauh melampaui baku mutu air, yaitu sebesar 200 $\mu\text{g/l}$. Hal tersebut dapat disebabkan belum meratanya penggunaan sistem pengolahan air limbah yang baik di pemukiman penduduk yang berada di DAS Cileungsi pada tahun tersebut. Akibatnya penduduk melakukan pembuangan limbah dari kegiatan mandi, cuci, dan kakus secara langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu.

Pencemaran detergen menyebabkan terurainya fosfat ke perairan dan busa di permukaan sungai. Busa yang dihasilkan dari detergen berasal dari bahan surfaktan bernama *alkyl benzene sulfonate* (ABS). Bahan tersebut berbahaya apabila masuk ke dalam sungai karena sulit terurai. Busa dapat

menutupi permukaan sungai yang menyebabkan sinar matahari tidak dapat menembus masuk ke dalam sungai (Santi 2009). Pemerintah mulai menggencarkan pemerataan sistem pengolahan limbah seperti tangki septik kepada para penduduk di wilayah SubDAS Cileungsi pada tahun 2018. Hal tersebut dapat tercermin pada menurunnya kandungan detergen yang terkandung di dalam Sungai Cileungsi. Nilai rata-rata kandungan detergen pada tahun 2018 adalah sebesar 476,63 $\mu\text{g/l}$, sedangkan pada tahun 2019 sebesar 100,05 $\mu\text{g/l}$. Nilai rata-rata pada tahun 2019 dapat menjadi pencapaian bagi parameter detergen karena telah berhasil memenuhi baku mutu air yang telah ditetapkan.

Kandungan fosfat yang melampaui baku mutu air dapat bersumber dari limbah domestik yaitu detergen dan limbah pertanian yaitu pupuk fosfat. Senyawa fosfat merupakan salah satu bahan penyusun detergen yang berfungsi menahan noda untuk tidak melekat kembali pada benda yang sedang dicuci (Yudo 2010). Fosfat dapat mempercepat pertumbuhan alga dan menutupi permukaan sungai, sehingga dapat mempengaruhi proses masuknya sinar matahari dan menurunkan jumlah oksigen. Hal tersebut dapat menyebabkan kematian pada biota air lainnya yang hidup di dalam sungai (Lestari 2016).

Kandungan nitrit paling banyak ditemukan pada titik sampel 4 yang didominasi oleh lahan terbangun. Nitrit dapat terbentuk dari proses oksidasi bahan organik bernitrogen di dalam air yang bersumber dari masukan limbah seperti limbah domestik, industri, peternakan, dan pertanian (Prabowo 2016). Nitrit memiliki sifat racun bagi biota perairan jika bereaksi dengan hemoglobin yang terdapat di dalam darah (Effendi 2003). Hal ini tentunya dapat berdampak negatif karena Sungai Cileungsi memiliki peruntukan sebagai pembudidayaan ikan air tawar dan peternakan.

3.4 Status Mutu Air Sungai Cileungsi

Penentuan status mutu air dalam penelitian ini menggunakan data kualitas air setiap tahunnya pada tujuh titik sampel Sungai Cileungsi. Hasil perhitungan metode STORET pada Tabel 9 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa kondisi status mutu air pada bagian hulu (titik sampel 1) termasuk “cemar sedang” dengan skor antara -11 hingga -30, sedangkan bagian tengah dan hilir (titik sampel 2 hingga titik sampel 7) termasuk kategori “cemar berat” dengan skor ≥ -31 .

Tabel 6 Hasil perhitungan Metode Storet

Tahun	Titik Sampel						
	1	2	3	4	5	6	7
2015	-22	-30	-40	-40	-46	-46	-44
2016	-20	-42	-42	-49	-39	-42	-37
2017	-32	-35	-42	-42	-44	-42	-42
2018	-26	-33	-36	-46	-57	-61	-60
2019	-18	-30	-36	-28	-40	-40	-46

Daerah hulu Sungai Cileungsi merupakan wilayah dengan penggunaan lahan yang didominasi oleh hutan dan lahan pertanian, sehingga beban pencemaran yang dihasilkan lebih kecil. Sedangkan daerah tengah hingga

hilir sungai, didominasi oleh lahan terbangun yang menghasilkan masukan berupa limbah domestik dan limbah industri yang menyebabkan buruknya status mutu air Sungai Cileungsi di daerah tersebut.

Semua titik sampel pada Sungai Cileungsi memiliki status mutu air yang cenderung tetap selama periode 2015 hingga 2019. Namun pada tahun 2019, titik sampel 2 dan 4 mengalami peningkatan status mutu dari yang sebelumnya “cemar berat” menjadi “cemar sedang”. Sebaliknya, pada titik sampel 1 mengalami penurunan status mutu pada tahun 2017 menjadi “cemar berat”.

Semua titik sampel pada tahun 2017 memiliki status mutu yang sama, yaitu “cemar berat”. Hal tersebut diduga karena curah hujan yang terjadi pada tahun tersebut cukup tinggi. Rata-rata curah hujan pada tahun 2017 sebesar 348 mm/tahun, dengan curah hujan tertinggi pada bulan Februari sebesar 520 mm dan curah hujan terendah pada bulan Agustus sebesar 173 mm. Curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan laju limpasan permukaan yang membawa zat pencemar masuk ke dalam sungai (Setyowati 2010).

3.5 Beban Pencemaran

DAS Cileungsi berada di wilayah administrasi Kabupaten Bogor yang identik dengan padatnya penduduk dengan beragam aktivitas yang memerlukan lahan untuk mendukung pemukiman, industri maupun lahan usaha lainnya. Menurut Widodo *et al.* (2013), aktivitas manusia dapat memungkinkan terjadinya penurunan kualitas air pada sungai.

Manusia seringkali menggunakan sungai sebagai tempat pembuangan limbah, namun tindakan tersebut tidak disertai dengan pengolahan limbah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai sehingga dapat mencemari air di sungai tersebut. Kondisi debit sungai juga mempengaruhi dampak beban pencemaran terhadap perubahan kualitas air. Semakin tinggi beban pencemaran akan menyebabkan pula tingginya tingkat pencemaran pada suatu sungai akibat dari kenaikan nilai parameter-parameter kualitas air sungai. Hasil perhitungan beban pencemaran dan pengaruhnya terhadap kualitas air berdasarkan debit air disajikan pada Tabel 10.

Tabel 7 Hasil perhitungan sumber pencemar Sungai Cileungsi

Sumber Pencemar	Beban Pencemaran (mg/detik)		
	BOD	COD	TSS
Domestik	10.366.953	14.254.560	9.848.605
Industri	1.641.107	3.611.702	2.625.069
Peternakan	8.132	20.390	-
Pertanian	6.488	9.732	24
Total	12.022.680	17.896.384	12.473.698

Tabel 10 menunjukkan bahwa beban pencemar terbesar ke Sungai Cileungsi adalah limbah domestik, kemudian disusul oleh limbah industri. Kecilnya beban pencemaran yang dihasilkan oleh limbah pertanian dan peternakan disebabkan oleh kondisi DAS Cileungsi yang telah berkembang sebagai wilayah urban dengan terbatasnya usaha peternakan dan lahan pertanian.

Menurut Binilang dan Halim (2016), limbah domestik yang dihasilkan oleh penduduk terdiri dari tiga jenis, yaitu tinja (feses), air seni (urine), dan air bekas cucian (*grey water*) yang mengandung banyak bakteri pembusuk. Tinja mengandung mikroba patogen, air seni mengandung nitrogen dan fosfor, sedangkan air bekas cucian yang berasal dari dapur, mesin cuci, ataupun kamar mandi mengandung gugus sulfonat, polifosfat, dan surfaktan dari sabun dan detergen yang digunakan. Hal ini menjadi penyebab tingginya kenaikan BOD, COD dan TSS di Sungai Cileungsi, disamping kenaikan detergen dan fosfat.

Penduduk yang tidak memiliki sistem sanitasi yang baik di rumahnya akan membuang langsung limbah domestik tersebut ke parit yang akhirnya akan menuju ke sungai (Al Idrus 2015). Persentase setiap kecamatan yang langsung membuang limbah domestiknya ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu disajikan pada Tabel 11.

Ditinjau dari sebaran sumber pencemar di setiap kecamatan, kondisinya berbeda pada setiap kecamatan sebagaimana Tabel 11.

Kecamatan Sukaraja memiliki persentase tertinggi dalam pembuangan limbah yang langsung menuju ke Sungai (30,17%), dengan jumlah penduduk sebanyak 107.034 jiwa dan berada di hulu Sungai Cileungsi, tepatnya di titik sampel 1. Namun, titik sampel 1 tetap memiliki status mutu “cemar sedang” karena pertumbuhan penduduk dan industri hulu DAS Cileungsi ini masih lebih rendah dibandingkan wilayah hilirnya. Persentase terendah di Kecamatan Klapanunggal sebesar 3,17%. Rendahnya pembuangan limbah domestik ke sungai sangat penting untuk mengurangi kontribusi beban pencemaran yang akan masuk ke sungai.

Tabel 11 Persentase limbah langsung ke sungai pada setiap kecamatan

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	% Limbah ke Sungai
1	Sukaraja	107.034	30,17
2	Gunung Putri	496.171	25,36
3	Citeureup	239.716	24,31
4	Sukamakmur	23.667	23,37
5	Babakan Madang	129.048	20,52
6	Cileungsi	207.162	8,35
7	Cibinong	85.242	7,43
8	Klapanunggal	78.636	3,17

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Bogor dan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia

Kecamatan Gunung Putri berada di urutan kedua tertinggi dalam persentase limbah yang langsung dibuang ke sungai yaitu sebesar 25,36%. Kecamatan Gunung Putri memiliki jumlah penduduk terbanyak dari seluruh kecamatan, yaitu 496.171 jiwa. Kecamatan Gunung Putri memanjang dari tengah hingga ke hilir Sungai Cileungsi. Kecamatan ini harus lebih diperhatikan dalam pembuatan dan pemerataan sistem sanitasi seperti tangki septik karena kecamatan ini dapat menjadi sumber penyumbang potensi beban pencemaran terbesar di Sungai Cileungsi.

Industri yang diteliti dalam penelitian ini merupakan industri skala kecil yang berada di sekitar DAS Cileungsi. Industri skala kecil umumnya tidak

mengolah limbahnya dan belum terdata secara resmi oleh dinas karena tidak memiliki dokumen terkait pengelolaan lingkungan sebagai salah satu syarat perizinan usahanya (Nurhayati *et al.* 2011).

Beban pencemaran yang masuk ke Sungai Cileungsi akan menyebabkan peningkatan BOD sebesar 203 mg/l, COD 447 mg/l, dan TSS 325 mg/l yang diakibatkan oleh masukan zat pencemar yang bersumber dari industri kecil. Bahkan nilai potensi beban pencemarannya menempati posisi kedua teratas setelah limbah domestik. Industri skala kecil pada penelitian ini adalah usaha pencucian pakaian dan kendaraan, serta industri tahu dan tempe yang semuanya tidak memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL).

Industri pencucian, baik itu pencucian pakaian (laundri) maupun pencucian kendaraan menggunakan bahan pembersih berupa sabun, sampo, ataupun detergen dalam melaksanakan usahanya. Bahan pembersih tersebut umumnya mengandung surfaktan sebagai pembersih noda dan kotoran (Santi 2009). Hal ini dapat merusak habitat dan menyebabkan kematian pada biota air yang hidup di sungai tersebut (Yuliani *et al.* 2015).

Proses produksi tahu dan tempe menghasilkan limbah cair dan limbah padat. Limbah padat berupa ampas kedelai dihasilkan dari proses penyaringan dan penggumpalan kedelai. Lokasi industri tahu dan tempe umumnya berada di dekat badan air untuk memudahkan kebutuhan produksi yang memerlukan air dalam jumlah cukup besar dan juga sekaligus sebagai tempat pembuangan limbah cair yang dihasilkan (Mardhia *et al.* 2018). Limbah cair yang dihasilkan mengandung bahan organik yang tinggi. Penguraian zat pencemar yang masuk ke dalam sungai menyebabkan penurunan oksigen terlarut dan dapat meningkatkan konsentrasi BOD, COD, dan TSS di dalam air.

Usaha ternak besar seperti sapi, kerbau, dan kuda, serta ternak sedang yang terdiri dari kambing dan domba menghasilkan limbah padat (feses dan sisa pakan) dan limbah cair berupa air bekas pencucian kandang, air bekas pencucian alat ternak, air bekas memandikan ternak, dan air seni ternak (urine) (Putri dan Kuspriyanto 2019). Menurut Saputra dan Utami (2017), limbah peternakan yang dibuang langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan berhasil meningkatkan kadar BOD di dalam air. Menurut Kurniawan (2013), peternakan hanya menyumbang potensi beban pencemaran pada parameter BOD dan COD saja. Beban pencemar peternakan ke dalam Sungai Cileungsi relatif kecil karena jumlah ternak di wilayah DAS Cileungsi juga sedikit.

Lahan pertanian merupakan penggunaan lahan terluas di DAS Cileungsi, namun memiliki potensi beban pencemaran terendah. Hal tersebut dikarenakan kondisi kemiringan lahan DAS Cileungsi yang rendah sehingga dampak aliran permukaan yang membawa erosi dan limbah ketika terjadinya hujan relatif kecil. Beban pencemar dari limbah pertanian yang meningkatkan parameter TSS sebanyak 0,003 mg/l di dalam air adalah sedimen yang diakibatkan oleh erosi (Putri dan Kuspriyanto 2019). Selain itu, serasah atau daun yang jatuh juga dapat ikut terbawa limpasan permukaan menuju ke sungai dan mempengaruhi nilai BOD dan COD.

IV SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil analisis perkembangan kualitas air Sungai Cileungsi dan perubahan penggunaan lahan SubDAS Cileungsi periode 2015-2019, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Perubahan penggunaan lahan SubDAS Cileungsi cenderung pada penurunan luas hutan, sawah dan lahan terbuka. Sebaliknya, kebun campuran dan lahan terbangun mengalami peningkatan luas.
2. Kualitas air selama periode 2015–2019 agak berfluktuasi dengan parameter-parameter yang melampaui baku mutu air kelas II adalah TSS, BOD, COD, DO, detergen, fosfat dan nitrit.
3. Secara spasial status mutu air Sungai Cileungsi dari hulu hingga ke hilir mengalami pencemaran dari status mutu “cemar sedang” di hulu hingga “cemar berat” pada bagian tengah dan hilir.
4. Secara temporal, status pencemaran Sungai Cileungsi dari tahun 2015 hingga 2019 cenderung tetap pada setiap titik sampel, kecuali pada bagian hulu yang mengalami penurunan status mutu hanya pada tahun 2017 menjadi “cemar berat”, serta titik sampel 2 dan 4 yang mengalami peningkatan pada tahun 2019 menjadi “cemar sedang”.
5. Beban pencemaran terbesar yang mencemari Sungai Cileungsi adalah limbah domestik disusul limbah industri, peternakan, dan pertanian.

4.2 Saran

Beberapa hal yang perlu ditingkatkan dalam mengendalikan beban pencemaran Sungai Cileungsi, adalah:

1. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi sumber pencemaran lainnya yang memiliki kontribusi terhadap pencemaran Sungai Cileungsi.
2. Pemantauan terhadap kualitas air secara rutin setiap tahunnya secara periodik minimal 6 kali untuk mengetahui perubahan kualitas air yang lebih representative.
3. Pembangunan dan pemerataan penggunaan sistem pengolahan limbah seperti tangki septik atau IPAL komunal, baik di pemukiman penduduk dan industri kecil perlu menjadi perhatian bagi pemerintah sebagai upaya dalam penurunan masukan zat pencemar ke Sungai Cileungsi.
4. Penegakan hukum perlu ditingkatkan bagi penduduk ataupun industri yang melanggar peraturan sehingga menyebabkan terhambatnya usaha pengendalian pencemaran Sungai Cileungsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Idrus SW. 2015. Analisis pencemaran air menggunakan metode sederhana pada Sungai Jangkuk, Kekalik dan Sekarbela Kota Mataram. *J. Pijar MIPA*. 10(1):37–42.
- Asdak C. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Binilang FMA, Halim F. 2016. Perencanaan sistem pengolahan air limbah domestik di Kelurahan Istiqlal Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*. 4(3):211–223.
- Canter LW. 1977. *Environmental Impact Assesment*. New York (NY): McGraw Hill Book Company.
- Christiana R, Anggraini IM, Syahwanti H. 2020. Analisis kualitas air dan status mutu serta beban pencemaran Sungai Mahap di Kabupaten Sekadau Kalimantan Barat. *Serambi Engineering*. 5(2):941–950.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press.
- Daroini TA, Arisandi A. 2020. Analisis BOD (*Biological Oxygen Demand*) di perairan Desa Prancak Kecamatan Sepulu, Bangkalan. *Juvenil*. 1(4):558–566.
- Doraja PH, Shovitri M, Kuswytasari ND. 2012. Biodegradasi limbah domestik dengan menggunakan inokulum alami dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1(1):44–47.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gazali I, Widiatmono BR, Wirosodarmo R. 2013. Evaluasi dampak pembuangan limbah cair pabrik kertas terhadap kualitas air Sungai Klinger Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 1(2):1–8.
- Hairiah K, Sardjono MA, Sabarnurdin S. 2003. *Pengantar Agroforestri*. Bogor: World Agroforestry Centre – ICRAF.
- Hindriani H, Safei A, Suprihatin, Machfud. 2013. Pengendalian pencemaran Sungai Ciujung berdasarkan analisis daya tampung beban pencemaran. *Jurnal Sumber Daya Air*. 9(2):169–184.
- [Kepmen] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. 2003.
- Komaruddin N. 2008. Penilaian tingkat bahaya erosi di Sub Daerah Aliran Sungai Cileungsi, Bogor. *Jurnal Agrikultura*. 19(3):173–178.
- Kurniawan B. 2013. *Inventarisasi dan Identifikasi Sumber Pencemar*. Jakarta: Deputi Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup Kementerian Lingkungan Hidup.
- Lestari LP. 2016. Penentuan kadar senyawa fosfat di Sungai Way Kuripan dan Sungai Way Kuala dengan Spektrofotometer UV-Vis [skripsi]. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Lestari SC, Arsyad M. 2018. Studi penggunaan lahan berbasis data citra satelit dengan metode sistem informasi geografis (sig). *JSPF*. 14(1):81–88.
- Mahyudin, Soemarno, Prayogo TB. 2015. Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang. *JPAL*. 6(2):105–114.
- Mardhia D, Abdullah V. 2018. Studi analisis kualitas air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *JBT*. 18(2):182–189. doi:10.29303/jbt.v18i2.860.
- Mim A, Hizbaron DR. 2019. Pengaruh penggunaan lahan di sempadan Sungai Progo bagian tengah terhadap kualitas air dan aliran permukaan. *Jurnal Bumi Indonesia*. 8(2):1–16.

- Nurhayati I, Pungut AS, Sugito. 2011. Pengolahan air limbah pabrik tempe dengan biofilter. *Jurnal Teknik WAKTU*. 9(2):1–5.
- Pasisingi N, Pratiwi NTM, Krisanti M. 2014. Kualitas perairan Sungai Cileungsi bagian hulu berdasarkan kondisi fisik-kimia. *Depik*. 3(1):56–64.
- [Pergub] Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 12 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air dan Pengendalian Pencemaran Air Sungai Cimanuk, Sungai Cilamaya dan Sungai Bekasi. 2013.
- Prabowo R. 2016. Kadar nitrit pada sumber air sumur di Kelurahan Meteseh, Kec. Tembalang, Kota Semarang. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*. 1(2):55–61. doi:10.3194/ce.v1i2.1725.
- Priyambada IB, Oktiawan W, Suprpto RPE. 2008. Analisa pengaruh perbedaan fungsi tata guna lahan terhadap beban cemaran BOD sungai (studi kasus: Sungai Serayu - Jawa Tengah). *Jurnal Presipitasi*. 5(2):55–62.
- Puspaningsih N. 1997. Studi perencanaan pengelolaan penggunaan lahan Sub DAS Cisadane Hulu Kabupaten Bogor [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Putri EAYA, Kuspriyanto. 2019. Analisis sebaran air limbah aktifitas peternakan sapi terhadap kualitas air sungai di Desa Babadan, Kecamatan Pace, Kabupaten Nganjuk. *Swara Bhumi e-Journal Pendidikan Geografi FIS Unesa*. 1(2):112–118.
- Sandhyavitri A, Sutikno S, Iqbal M. 2015. Analisis pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap ketersediaan air di daerah aliran sungai (DAS) Siak, Provinsi Riau. *JTS*. 13(2):45–55.
- Santi SS. 2009. Penurunan konsentrasi surfaktan pada limbah deterjen dengan proses fotokatalitik sinar uv. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(1):260–264.
- Santoso AD. 2018. Keragaan nilai DO, BOD dan COD di danau bekas tambang batu bara studi kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 19(1):89–96.
- Saputra AD, Utami WS. 2017. Eksistensi peternakan sapi perah terhadap kondisi sosial dan lingkungan di Desa Tropodo Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo. *Swara Bhumi e-Journal Pendidikan Geografi FIS Unesa*. 5(4):74–81
- Setyowati DL. 2010. Hubungan hujan dan limpasan pada sub das kecil penggunaan lahan hutan, sawah, kebun campuran di DAS Kreo. *Forgeo*. 24(1):39–56. doi:10.23917/forgeo.v24i1.5014.
- Simon SB, Hidayat R. 2008. Pengendalian pencemaran sumber air dengan ekoteknologi (*wetland* buatan). *JSDA*. 4(2):111–124.
- Sofia Y, Tontowi, Rahayu S. 2010. Penelitian pengolahan air sungai yang tercemar oleh bahan organik. *JSDA*. 6(2):145–160.
- Susetyaningsih A. 2012. Pengaturan penggunaan lahan di daerah hulu DAS Cimanuk sebagai upaya optimalisasi pemanfaatan sumberdaya air. *Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut*. 10(1):1–8.
- Tarru RO, Tarru HE, Rapang D. 2015. Analisis dampak buangan limbah cair pada aliran Sungai Sa'dan (studi kasus pabrik tahu dan tempe sumber wangi tallunglipu). *Jurnal AgroSainT*. 6(1):14–17.

- Tricahyono K, Riyono JN, Latifah S. 2016. Analisis perubahan penutupan lahan menggunakan citra satelit landsat ETM7+ pada kawasan Taman Nasional Gunung Palung di Kabupaten Kayong Utara Provinsi Kalimantan Barat. *JHL*. 4(4):401–408. doi: 10.26418/jhl.v4i4.16627.
- Widodo B, Kasam, Ribut L, Ike A. 2013. Strategi penurunan pencemaran limbah domestik di Sungai Code DIY. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 5(1):36–47.
- Wiryono. 2013. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Bengkulu: Pertelon Media.
- Yudo S. 2010. Kondisi kualitas air Sungai Ciliwung di wilayah DKI Jakarta ditinjau dari paramater organik, amoniak, fosfat, deterjen dan bakteri coli. *JAI*. 6(1):34–42.
- Yuliani RL, Purwanti E, Pantiwati Y. 2015. Pengaruh limbah detergen industri laundry terhadap mortalitas dan indeks fisiologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Biologi, Sains, Lingkungan, dan Pembelajarannya*. Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS; [waktu dan tempat pertemuan tidak diketahui]. Surakarta: Biologi FKIP UNS. hlm 822–828; [diakses 2021 Agt 5]. <http://eprints.umm.ac.id/id/eprint/72319>.