



Analisis kandungan padatan tersuspensi total berdasarkan karakteristik hujan di daerah aliran Sungai Ciliwung

Analysis of total suspended solid content based on rain characteristics in the Ciliwung River basin

Sulistyo Ariebowo^a, Hadi Susilo Arifin^b, Etty Riani^c

^aProgram Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia [+62 81318136670]

^bDepartemen Arsitektur Lanskap, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

^cDepartemen Manajemen Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680, Indonesia

Article Info:

Received: 12 - 03 - 2020

Accepted: 01 - 09 - 2020

Keywords:

Ciliwung, hujan, regresi, TSS

Corresponding Author:

Sulistyo Ariebowo
Program Studi Pengelolaan
Sumberdaya Alam dan
Lingkungan, Sekolah
Pascasarjana Institut Pertanian
Bogor;
Tel. +6281318136670
Email:
tyoariebowo@gmail.com

Abstract. *Total suspended solids (TSS) is one of the parameters that determine whether or not a body of water is polluted. One of the factors that influences the amount of TSS content is the characteristic of rainfall in an area. The purpose of this study was to determine the relationship between the effect of rainfall characteristics and TSS content in the Ciliwung river. Multiple regression analysis was used for the analytical method. Results of multiple regression analysis showed that the determinant coefficient (adjusted R^2) for the factors of rainfall, discharge, and sediment shows a low correlation to changes in the content of TSS in the Ciliwung River. The value of each correlation coefficients in the upstream, middle, and downstream of the Ciliwung River are 0.26, 0.31, and 0.11 respectively.*

How to cite (CSE Style 8th Edition):

Ariebowo S, Arifin HS, Rianit E. 2020. Analisis kandungan padatan tersuspensi total berdasarkan karakteristik hujan di daerah aliran Sungai Ciliwung. *JPSL* 10(3): 352-363. <http://dx.doi.org/10.29244/jpsl.10.3.352-363>.

PENDAHULUAN

Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang melewati dua provinsi yang ada di Indonesia yaitu Provinsi Jawa Barat dan Provinsi DKI Jakarta. Kedua provinsi tersebut memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, sehingga Sungai Ciliwung memiliki peran yang sangat penting dalam menopang kebutuhan air bagi penduduk di sekitarnya. Sungai Ciliwung merupakan salah satu sungai yang tercemar berat dari 7 daerah aliran sungai utama di Provinsi Jawa Barat (BPLHD Provinsi Jawa Barat, 2013) dan satu dari 13 sungai yang mengalir di Provinsi DKI Jakarta (Yudo dan Said, 2018). Daerah konservasi yang semakin berkurang dan beban pencemaran yang tinggi menjadi dua permasalahan utama di Sungai Ciliwung (Yudo dan Said, 2018). Pada tahun 1978, luas area untuk permukiman di DAS Ciliwung sebesar 10473.07 ha (27.13%) dan pada tahun 2010 luasan area permukiman menjadi 19861.31 ha (51.44%) dari luas total penggunaan lahan di DAS Ciliwung (Arkham *et al.*, 2013). Selain itu, perubahan lahan dalam rentang waktu 30 tahun di DAS Ciliwung telah mengubah luasan badan air/ruang terbuka biru (RTB) menjadi lahan permukiman, contohnya adalah

kasus okupasi bantaran sungai di Kota Bogor dengan perubahan badan air/RTB menjadi lahan permukiman sebesar 76.39% dari total luasan badan air/RTB yang berubah (Arifin *et al.*, 2013). Beban pencemaran yang tinggi di Sungai Ciliwung diduga berasal dari sampah dan limbah domestik yang terbawa atau dibuang ke bantaran maupun badan sungai tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Riani *et al.*, 2012). Limbah yang langsung dibuang ke dalam ekosistem perairan mengakibatkan pencemaran air yang akan menurunkan kualitas perairan, yang selanjutnya membuat sumber daya air yang berkualitas semakin langka (Riani, 2017).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada Kali Surabaya, parameter padatan tersuspensi total (TSS) termasuk salah satu parameter dominan penyebab pencemaran selain DO, BOD, COD, dan N-NO₂ (Suwari *et al.*, 2010). Hasil pemantauan yang dilakukan pada daerah hulu Sungai Ciliwung menunjukkan bahwa rata-rata kandungan TSS dari enam stasiun pengamatan berkisar 8 hingga 72 mg/L pada musim hujan (BPLH Kota Bogor, 2015). Hasil pemantauan di daerah hilir Ciliwung diketahui rata-rata kandungan TSS dari 14 stasiun pengamatan di Provinsi DKI Jakarta berkisar 53.43 hingga 136.29 mg/L yang nilainya melebihi dari baku mutu kelas I dan II yaitu 50 mg/L berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (BPLHD Provinsi DKI Jakarta, 2015). Hasil pemantauan yang dilakukan oleh BPLH Kota Bogor dan BPLHD Provinsi DKI Jakarta sesuai dengan penelitian pada Sungai Code yang menunjukkan terjadi peningkatan kandungan TSS dengan kisaran 10 hingga 97 mg/L dari hulu ke hilir ketika turun hujan (Nurjanah, 2018). Mengacu kepada hasil pemantauan parameter TSS yang dilakukan oleh BPLH Kota Bogor dan BPLHD DKI Jakarta maka karakteristik hujan di daerah hulu berpengaruh meningkatkan kandungan TSS di daerah hilir Sungai Ciliwung.

Merujuk kepada hal yang telah disampaikan maka tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui perubahan kandungan TSS akibat pengaruh salah satu karakteristik hujan yaitu curah hujan. Hasil penelitian dapat dijadikan acuan terkait waktu pemantauan air Sungai Ciliwung bagi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KHLK), Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi DKI Jakarta, dan Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Provinsi Jawa Barat.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Ciliwung dari mulai bagian hulu (sebelum Masjid Atta'wun dan Bendung Katulampa), tengah (Kedung Halang, Pondok Rajeg, dan Jembatan Panus) dan hilir (Jembatan Kelapa Dua, Condet, sebelum Manggarai, dan setelah Manggarai). Pemilihan lokasi dilakukan secara sengaja (*purposive*) berdasarkan penggunaan lahan tertutup, terbuka, dan terbangun. Penelitian dilakukan selama bulan November 2019 sampai dengan Januari 2020.

Alat dan Bahan

Penelitian untuk melihat perubahan kandungan TSS di Sungai Ciliwung menggunakan peralatan yang terdiri atas kamera digital, *Global Positioning System* (GPS), dan perangkat lunak computer (*Arc GIS 10.3*, dan *Erdas Imagine 9.1*). Bahan yang digunakan terdiri atas citra DEM SRTM, peta DAS Ciliwung, peta penutupan lahan, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, data padatan tersuspensi total (TSS), data curah hujan, data tinggi muka air Sungai Ciliwung, dan data debit Sungai Ciliwung.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mendapatkan data pemantauan TSS tahun 2011 hingga 2018 dan data tutupan lahan tahun 2014 dari KLHK, DLH Provinsi DKI Jakarta, dan DLHK Provinsi Jawa Barat. Data curah hujan dan debit sungai dari tahun 2011 hingga 2018 diperoleh dari BBWS Ciliwung Cisadane dan BMKG. Data peta rupa bumi DAS Ciliwung dari Badan Informasi Geospasial. Data jenis tanah menggunakan data dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, dan data kemiringan lereng menggunakan DEM SRTM.

Metode Analisis Data

Distribusi Curah Hujan Rata-rata

Distribusi curah hujan rata-rata wilayah DAS Ciliwung digunakan untuk mendapatkan besaran erosi dengan melakukan tumpang susun dan perhitungan dalam analisis spasial. Perhitungan distribusi curah hujan rata-rata dilakukan dengan metode poligon Thiessen berdasarkan lokasi stasiun pengukur hujan dengan membuat poligon tertentu yang ditentukan luasannya dalam Arc GIS 10.3. Distribusi curah hujan wilayah DAS Ciliwung dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$X = \frac{\sum xi \times Ai}{\sum Ai} \quad (1)$$

Keterangan:

X = curah hujan rata-rata DAS (mm)

Xi = curah hujan pada stasiun ke-I (mm)

Ai = luas poligon stasiun ke-i (m²)

Analisis Prakiraan Erosi

Analisis prakiraan besaran erosi dilakukan dengan menumpangsusunkan data-data spasial berdasarkan faktor-faktor erosi metode USLE. Nilai erosi yang diperoleh akan digunakan untuk mendapatkan nilai sedimen dengan menggunakan persamaan 4. Rumus untuk mendapatkan prakiraan erosi yaitu (Widodo *et al.*, 2015; Herawati, 2010).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (2)$$

Keterangan:

A = banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun)

R = erosivitas hujan (cm)

K = erodibilitas tanah

L = panjang lereng (m)

S = kemiringan lereng (%)

C = vegetasi penutup tanah dan pengelolaan tanaman

P = tindakan pengelolaan konservasi tanah

Nilai faktor-faktor erosi yang digunakan dalam rumus 3 diperoleh dari analisis spasial peta curah hujan, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng, dan peta penutupan lahan yang ditumpangsusunkan dengan lokasi penelitian (Herawati, 2010). Tahapan memperoleh nilai faktor-faktor erosi yaitu mencari faktor erosivitas hujan, erodibilitas tanah, panjang dan kemiringan lereng, vegetasi penutup dan tindakan pengelolaan konservasi tanah.

Erosivitas hujan merupakan jumlah satuan indeks erosi hujan yang didapat dari perkalian energi kinetik hujan total (Ek) dengan intensitas hujan maksimum 30 menit (I30). Persamaan untuk mendapatkan nilai R menggunakan persamaan Bolls (Sulistyo, 2011).

$$R = 6.119 \times (\text{Rain})^{1.21} \times (\text{Days})^{-0.47} \times (\text{MaxP})^{0.53} \quad (3)$$

Keterangan:

R = rata-rata indeks erosivitas hujan (ton/ha/cm)

Rain = curah hujan rata-rata bulanan (cm)

Days = jumlah hari hujan rata-rata per bulan (hari)

MaxP = curah hujan maksimum dalam satu bulan (cm)

Erodibilitas tanah merupakan faktor kepekaan tanah yang diperoleh dengan mengolah data peta jenis tanah Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat menggunakan *software Arc GIS 10.3* sehingga diperoleh nilai faktor k (erodibilitas tanah) untuk lokasi penelitian dengan membandingkan dengan tabel klasifikasi tanah seperti yang disajikan pada Tabel 1. Nilai LS diperoleh dengan membandingkan nilai kemiringan lereng dengan tabel LS dari Departemen Kehutanan (Fitria *et al.*, 2010) pada Tabel 2.

Tabel 1 Nilai faktor erodibilitas tanah

No.	Jenis Tanah	Nilai K Rataan
1	<i>Typic epiaquepts</i>	0.31
2	<i>Typic hapludands</i>	0.5
3	<i>Andic dystrodepts</i>	0.32
4	<i>Typic dystrodepts</i>	0.32
5	<i>Typic paleudults</i>	0.2
6	<i>Typic hapludults</i>	0.14
7	<i>Typic endoaquepts</i>	0.7

Tabel 2 Kelas kemiringan lereng (LS)

No.	Kemiringan Lereng	LS
1	0-8	0.4
2	8-15	1.4
3	15-25	3.1
4	25-40	6.8
5	>40	9.5

Sumber: Fitria *et al.* (2010)

Nilai C dan P diperoleh dari studi literatur seperti yang disajikan pada Tabel 3. Pengelompokan tingkat bahaya erosi mengacu kepada tabel klasifikasi tingkat bahaya erosi seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3 Nilai C dan P untuk berbagai macam tata guna lahan

No.	Tata Guna Lahan	CP
1	Hutan	0.01-0.50
2	Semak	0.01-0.10
3	Kebun	0.02-0.20
4	Perkebunan	0.01-0.07
5	Rerumputan	0.01-0.65
6	Tanaman pertanian	0.02-0.51
7	Perladangan	0.19-0.28
8	Pertanian dengan konservasi	0.04-0.14
9	Permukiman	1
10	Tubuh air	0
11	Tanah terbuka, tanpa tanaman	1

Sumber: Kartika *et al.* (2016), Wibowo *et al.* (2015), Nugraheni *et al.* (2013)

Tabel 4 Kelas tingkat bahaya erosi

No.	Kelas	Tingkat Erosi (Ton/ha/th)	Klasifikasi
1	I	0-15	Sangat ringan
2	II	15-60	Ringan
3	III	60-180	Sedang
4	IV	180-480	Berat
5	V	>480	Sangat berat

Sumber: Kartika *et al.* (2016)

Analisis Prakiraan Besaran Sedimen

Sedimen merupakan hasil dari proses terjadinya erosi berupa sebagian tanah dan bagian-bagian tanah yang terangkut oleh air dari suatu tempat yang tererosi menuju daerah aliran sungai dan masuk ke dalam badan-badan air. Rumus umum untuk menghitung besar sedimen yaitu berdasarkan *SCS National Engineering Handbook* (Fauzi dan Maryono, 2016).

$$Y = A (SDR) L \quad (4)$$

Keterangan:

Y = hasil sedimen (ton/tahun)

A = besaran erosi total (ton/ha/tahun)

SDR = *sediment delivery ratio*

L = luas daerah tangkapan air atau lokasi penelitian (ha)

Sediment Delivery Ratio (SDR) atau nisbah pelepasan sedimen merupakan rasio tanah yang terangkut saat terjadi limpasan di suatu tempat yang tererosi (Purwadi *et al.*, 2016). Rumus dari *sediment delivery ratio* disajikan pada persamaan 5 (Purwadi *et al.*, 2016).

$$SDR = 0.41 A^{-0.3} \quad (5)$$

Keterangan:

SDR = *Sediment Delivery Ratio*

A = Luas DAS (km²)

Analisis Hubungan Kandungan TSS dengan Karakteristik Hujan

Analisis hubungan kandungan TSS dengan karakteristik hujan menggunakan analisis regresi berganda. Analisis regresi berganda adalah analisis yang membahas hubungan linier antara dua variabel atau lebih yaitu variabel bebas dan variabel tidak bebas sehingga dapat diketahui pola hubungan kausal sebab akibat antara variabel dependen dan independen (Harto, 2009).

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 \quad (6)$$

Keterangan:

\hat{Y} = TSS (mg/L)

X_2 = debit maks (m³/detik)

X_4 = curah hujan (mm)

a,b = koefisien konstanta

X_3 = debit min (m³/detik)

X_5 = sedimen (ton/bulan)

X_1 = debit rata-rata (m³/detik)

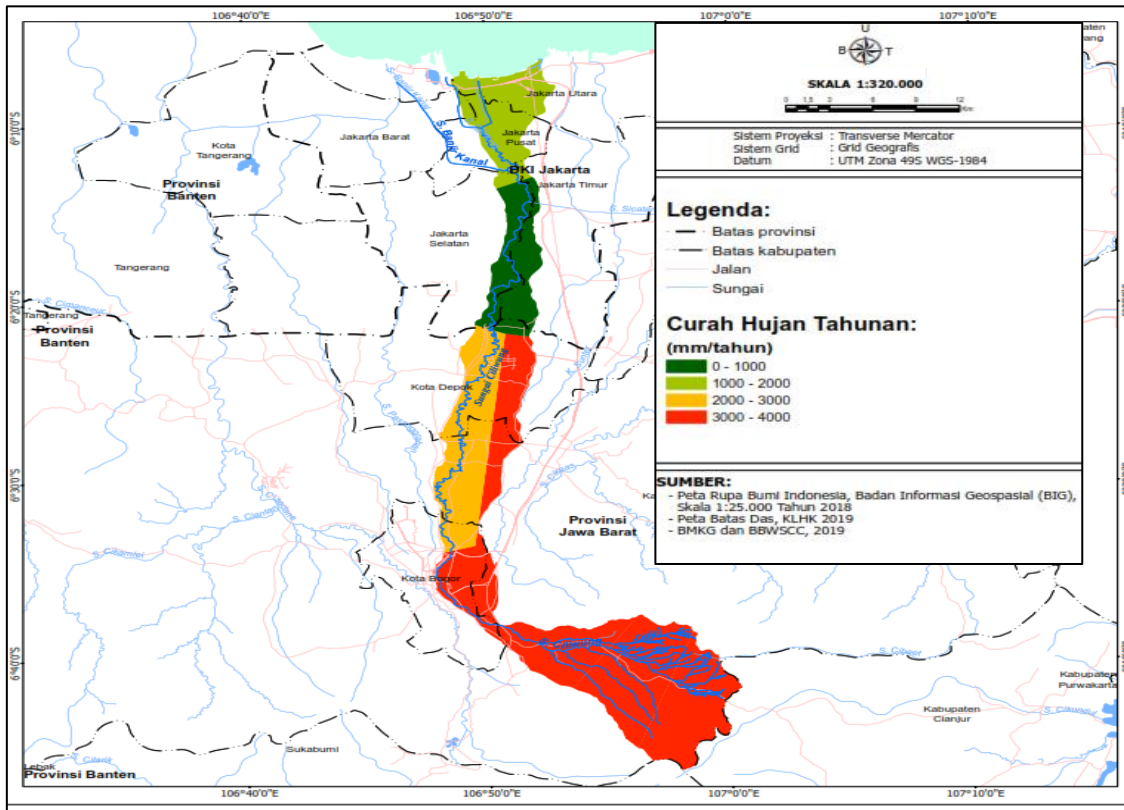
Uji selanjutnya adalah uji statistik untuk melihat hubungan ketiga variabel (debit, curah hujan, dan sedimen) terhadap TSS. Uji statistik yang dilakukan terdiri dari uji *R-Squared* (R²), uji t, dan uji F.

HASIL DAN PEMBAHASAN

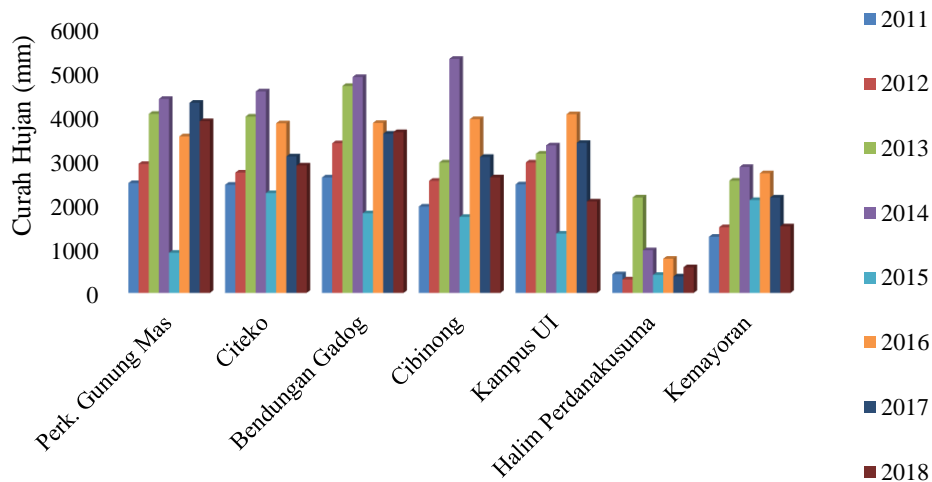
Karakteristik Hujan

Curah Hujan

Berdasarkan hasil poligon thiessen maka terdapat tujuh stasiun pengamatan hujan yang memengaruhi DAS Ciliwung yaitu Stasiun Perkebunan Gunung Mas, Citeko, Bendungan Gadog, Cibinong, Kampus UI, Halim Perdanakusuma dan Kemayoran. Curah hujan rata-rata wilayah tahunan tertinggi berada di wilayah hulu Sungai Ciliwung yang berkisar 3.000 hingga 4.000 mm/tahun (Gambar 1).



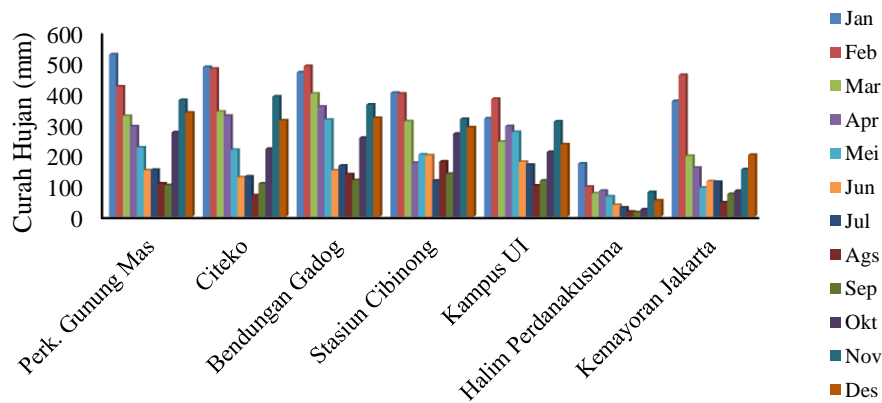
Gambar 1 Curah hujan rata-rata tahunan di DAS Ciliwung



Gambar 2 Curah hujan rata-rata tahunan di DAS Ciliwung tahun 2011-2018

Hasil perhitungan curah hujan menggunakan data dari stasiun pengamatan hujan Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane (BBWS CilCis) dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menunjukkan hasil yang bervariasi selama rentang waktu 2011 hingga 2018. Curah hujan rata-rata tahunan tertinggi pada Stasiun Cibinong sebesar 5291 mm/tahun pada tahun 2014 dan terendah pada Stasiun Halim Perdanakusuma sebesar 304 mm/tahun pada tahun 2012 (Gambar 2). Nilai yang tinggi di Stasiun Cibinong pada tahun 2014 dapat dikarenakan terdapat empat bulan (Januari, Februari, November, dan Desember) yang memiliki curah hujan >500 mm/bulan atau bersifat sangat tinggi, sedangkan rata-rata curah hujan di DAS Ciliwung selama periode 30 tahun berkisar 200 hingga 300 mm/bulan (Ariyani, 2017).

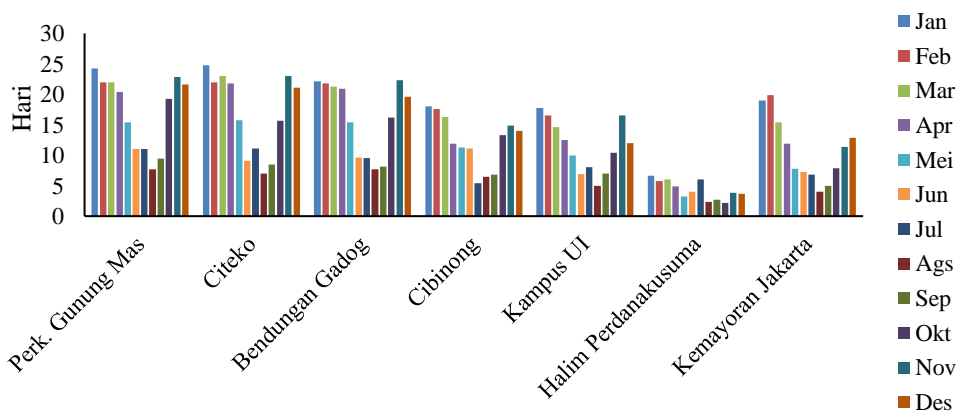
Curah hujan rata-rata bulanan berkisar antara 14 hingga 529 mm/bulan dengan curah hujan rata-rata bulanan tertinggi pada bulan Januari di Stasiun Perkebunan Gunung Mas dan terendah berada bulan September di Stasiun Halim Perdanakusuma. Pola curah hujan bulanan yang terbentuk pada Gambar 3 berupa huruf “V” yang merupakan ciri curah hujan pola musunal. Pola musunal merupakan tipe curah hujan yang bersifat unimodial (satu puncak musim hujan) dengan bulan basah (>100 mm) umumnya terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari sedangkan bulan kering (<60 mm) terjadi pada bulan Juni, Juli, dan Agustus. Berdasarkan hasil analisis, bulan basah tertinggi di DAS Ciliwung terjadi antara bulan Januari dan Februari (Gambar 3).



Gambar 3 Curah hujan rata-rata bulanan di DAS Ciliwung tahun 2011-2018

Hari Hujan

Hari hujan merupakan hari yang memiliki curah hujan ≥0.5 mm (Ulfah dan Widada, 2015). Hari hujan tertinggi terjadi pada stasiun Gunung Mas dan Citeko sebanyak 17 hari hujan dan terendah pada stasiun Halim Perdanakusuma sebanyak empat hari hujan. Rata-rata hari hujan tertinggi terdapat pada bulan Januari sebesar 19 hari dan terendah pada bulan Agustus sebesar enam hari (Gambar 4).



Gambar 4 Hari hujan rata-rata bulanan di DAS Ciliwung tahun 2011-2018

Debit Sungai Ciliwung

Debit aliran mewakili sumberdaya yang vital bagi masyarakat dan lingkungan sehingga perubahan sedikit pada debit aliran dapat mempengaruhi ketersediaan air minum, daerah irigasi, pembangkit tenaga listrik dan kebutuhan lainnya. Mengetahui jumlah debit aliran di suatu sungai sangat penting, karena debit aliran yang tinggi bisa menyebabkan erosi pada tebing sungai dan banjir, sementara debit yang rendah akan mengurangi kualitas air, mengganggu kehidupan biota air, dan mengurangi ketersediaan air untuk digunakan oleh manusia.

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa debit aliran tertinggi di DAS Ciliwung bagian hulu terjadi pada tahun 2013 sebesar 22.23 m³/detik, bagian hilir terjadi pada tahun 2014 sebesar 15.42 m³/detik, dan bagian hulu sebesar 54.44 m³/detik (Tabel 5). Selanjutnya, debit rata-rata tahunan di bagian hulu dan tengah memiliki tren meningkat. Peningkatan di hulu dan tengah DAS Ciliwung diperkirakan karena adanya peningkatan curah hujan. Sedangkan, pada bagian hilir DAS Ciliwung mengalami penurunan debit rata-rata per tahun. Penurunan debit yang terjadi di bagian hilir DAS Ciliwung dapat diakibatkan karena adanya peningkatan volume tampungan sungai karena kegiatan normalisasi Sungai Ciliwung pada tahun 2015.

Tabel 5 Debit aliran di DAS Ciliwung selama 2011-2018

No.	Tahun	Debit Hulu (m ³ /detik)			Debit Tengah (m ³ /detik)			Debit Hilir (m ³ /detik)		
		Rataan	Maks	Min	Rataan	Maks	Min	Rataan	Maks	Min
1	2011	8.14	17.40	5.00	4.52	21.67	0.87	29.07	90.40	12.70
2	2012	9.07	23.80	4.10	6.17	40.17	0.87	29.99	135.52	9.22
3	2013	22.23	78.77	10.73	12.97	218.34	3.49	30.23	259.40	9.20
4	2014	9.98	37.30	5.30	15.42	224.44	1.07	54.44	290.12	9.98
5	2015	18.19	47.40	6.20	6.87	43.41	0.29	23.78	71.50	1.50
6	2016	16.93	85.60	1.50	11.71	68.10	2.80	29.49	114.10	10.50
7	2017	20.11	71.80	1.50	8.96	91.30	0.30	20.69	79.10	0.20
8	2018	16.11	120.40	4.10	10.43	117.00	0.40	20.51	114.70	4.40

Erosi dan Sedimen

Berdasarkan hasil perhitungan USLE dengan menggunakan pendekatan spasial diperoleh tingkat bahaya erosi masing-masing luasan untuk kelas bahaya erosi DAS Ciliwung yang mana tingkat bahaya erosi pada kelas V (>480 ton/ha/tahun) seluas 6616.55 ha (Tabel 6). Kemudian, besaran erosi per tahun di DAS Ciliwung bagian hulu berkisar antara 4963.67 sampai dengan 5483.95 ton/ha/tahun, bagian tengah berkisar antara 7887.56 sampai dengan 9052.10 ton/ha/th, dan bagian hilir berkisar antara 9039.31 sampai dengan 10569.09 ton/ha/tahun (Tabel 7). Sedangkan untuk sedimen yang masuk ke hulu Sungai Ciliwung diketahui berkisar antara 85.28 sampai dengan 94.21 ton/tahun, tengah Sungai Ciliwung sebesar 135.52 hingga 155.53 ton/tahun, dan hilir Sungai Ciliwung sebesar 155.31 hingga 181.60 ton/tahun (Tabel 8).

Tabel 6 Rata-rata luasan tingkat bahaya erosi DAS Ciliwung tahun 2011-2018

No.	Kelas	Tingkat Erosi (Ton/ha/th)	Klasifikasi	Luas (ha)
1	I	0-15	Sangat ringan	14725.35
2	II	15-60	Ringan	6066.14
3	III	60-180	Sedang	6074.65
4	IV	180-480	Berat	6061.36
5	V	>480	Sangat berat	6058.20

Sumber: Hasil analisis GIS, 2019

Tabel 7 Laju erosi di DAS Ciliwung tahun 2011-2018

DAS	Erosi (ton/ha/tahun)							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hulu	4963.67	5099.27	5008.73	5224.18	5166.11	5178.99	5384.04	5483.35
Tengah	7887.56	8359.30	8335.95	8637.70	8550.74	8616.78	8923.48	9052.10
Hilir	9039.31	9601.25	9682.85	10038.97	9940.94	10016.79	10420.56	10569.09

Sumber: Hasil analisis GIS, 2019

Tabel 8 Laju sedimen di DAS Ciliwung tahun 2011-2018

DAS	Sedimen (ton/tahun)							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Hulu	85.28	87.61	86.06	89.76	88.76	88.98	92.51	94.21
Tengah	135.52	143.63	143.23	148.41	146.92	148.05	153.32	155.53
Hilir	155.31	164.97	166.37	172.49	170.80	172.11	179.04	181.60

Sumber: Hasil analisis GIS, 2019

Total Suspended Solid (TSS)

Berdasarkan data penelitian diketahui bahwa terdapat secara rata-rata kandungan TSS tertinggi pada bagian hulu (sebelum Masjid Atta'wun dan Bendung Katulampa) terjadi pada tahun 2014 sebesar 265 mg/L pada musim hujan. Bagian tengah (Kedung Halang, Pondok Rajeg, dan Jembatan Panus) memiliki kandungan TSS tertinggi pada tahun 2014 sebesar 265 mg/L pada curah hujan tinggi, sedangkan kandungan TSS tertinggi pada bagian hilir (Kelapa Dua, Condet, sebelum Manggarai, dan setelah Manggarai) terjadi pada tahun 2014 sebesar 498 mg/L pada curah hujan tinggi (Tabel 9).

Tabel 9 Kandungan TSS di DAS Ciliwung selama 2011-2018

No.	Tahun	Ulangan	Lokasi Titik Sampel								
			Hulu			Tengah			Hilir		
			SMA	BK	KH	PR	JP	KD	CT	SBM	STM
1	2011	1	5	21	13	44	67	18	19	25	48
		2	6	9	4	6	5	5	15	10	22
2	2012	1	6	58	63	116	107	388	270	270	39
		2	4	13	3	4	6	10	15	15	37
3	2013	1	19	38	50	48	64	28	36	52	132
		2	17	22	26	17	18	30	11	14	28
4	2014	1	265	25	19	107	265	62	51	88	498
		2	24	9	31	27	26	3	3	4	5
5	2015	1	12	12	12	12	12	24	31	173	144
		2	12	12	34	22	24	12	14	64	62
6	2016	1	9	12	2	15	67	6	33	313	21
		2	7	6	8	20	12	29	62	20	26
7	2017	1	24	21	10	15	12	142	62	94	275
		2	2	9	8	6	11	20	17	12	18
8	2018	1	6	10	15	17	28	28	50	80	46
		2	5	5	5	6	6	6	5	17	21

Sumber: KLHK, DLH Provinsi DKI Jakarta, dan DLHK Provinsi Jawa Barat (2019)

Keterangan: Ulangan 1 = curah hujan tinggi; ulangan 2 = curah hujan rendah; SMA = sebelum masjid atta'awun; BK = bendung katulampa; KH = kedung halang; PR = pondok rajeg; JP = jembatan panus; KD = kelapa dua; CT = condet; SBM = sebelum manggarai; STM = setelah manggarai

Kandungan TSS yang tinggi pada tahun 2014 di DAS Ciliwung sejalan dengan jumlah curah hujan tertinggi pada tahun 2014 di stasiun pantau hujan bagian hulu, tengah, dan hilir. Hasil ini menunjukkan bahwa curah hujan memiliki peranan yang cukup signifikan terhadap perubahan kandungan TSS. Kandungan TSS yang tinggi di bagian hilir sungai diperkirakan dipengaruhi curah hujan dan kandungan TSS yang tinggi di hulu dan tengah yang terbawa oleh aliran sungai yang deras menuju ke hilir.

Hubungan antara Debit Sungai Ciliwung, Curah hujan, dan Sedimen terhadap Kandungan TSS

Hasil perhitungan dengan menggunakan analisis regresi berganda diperoleh persamaan kandungan TSS di bagian hulu DAS Ciliwung: $Y_{hulu} = 0.23 (\text{curah hujan}) - 3.84 (\text{debit rata-rata}) - 0.42 (\text{sedimen})$. Persamaan analisis regresi berganda pada bagian tengah DAS Ciliwung: $Y_{tengah} = 0.28 (\text{curah hujan}) - 1.73 (\text{debit rata-rata}) - 0.84 (\text{sedimen})$. Persamaan analisis regresi berganda pada bagian hilir DAS Ciliwung: $Y_{hilir} = Y = 0.20 (\text{curah hujan}) + 1.19 (\text{debit rata-rata}) + 7.61 (\text{sedimen})$. Nilai *adjusted* R² persamaan bagian hulu, tengah, dan hilir masing-masing sebesar 0.26, 0.31, dan 0.11 yang artinya faktor debit rata-rata, curah hujan, dan sedimen memiliki pengaruh yang kecil terhadap perubahan kandungan TSS (Tabel 10). Nilai korelasi yang rendah bisa disebabkan jumlah data yang digunakan kurang banyak karena terbatasnya data yang tersedia. Selain itu, kandungan TSS diperkirakan tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan, debit, dan sedimen tetapi masih adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi kandungan TSS seperti buangan limbah domestik permukiman, limbah pertanian, limbah industri dan peternakan di sekitar daerah aliran sungai (Sutamihardja *et al.*, 2018; Yudo dan Said, 2018).

Tabel 10 Hasil analisis hubungan debit, curah hujan, dan sedimen terhadap kandungan TSS

<i>Regression Statistics</i>		Hulu		Tengah		Hilir	
<i>Multiple R</i>		0.57		0.59		0.39	
<i>R Square</i>		0.33		0.35		0.15	
<i>Adjusted R Square</i>		0.26		0.31		0.11	
<i>Standard Error</i>		39.42		36.95		92.56	
<i>Observations</i>		32.00		48.00		64.00	

	Hulu			Tengah			Hilir		
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>Sig. F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>Sig. F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>Sig. F</i>
<i>Regression</i>	3	4.5890	0.0098	3	7.9188	0.0002	3	3.5750	0.0190
<i>Residual</i>	28			44			60		
<i>Total</i>	31			47			63		

	Hulu			Tengah			Hilir		
	<i>Coeff.</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Coeff.</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Coeff.</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
<i>Intercept</i>	23.14	0.68	0.50	-133.92	-2.78	0.01	-1.272.06	-1.67	0.10
Curah Hujan	0.23	3.60	0.00	0.28	4.20	0.00	0.20	1.29	0.20
Debit Rataan	-3.84	-2.24	0.03	-1.73	-1.25	0.22	1.19	1.77	0.08
Sedimen.	-0.42	-1.04	0.31	0.84	2.39	0.02	7.61	1.70	0.10

Sumber: Hasil analisis, 2019

Selanjutnya, upaya pengendalian pencemaran air yang bisa dilakukan yaitu melarang adanya pemukiman di sempadan Sungai Ciliwung yang dituangkan dalam peraturan tata ruang daerah, memperbanyak tanaman riparian di sempadan sungai untuk menahan laju erosi terutama ketika musim hujan, dan membangun IPAL komunal di permukiman. Sedangkan upaya pengendalian untuk di bagian hilir Sungai Ciliwung yaitu memastikan setiap industri memiliki izin lingkungan dan izin pembuangan limbah cair.

SIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor-faktor yang diasumsikan memiliki korelasi yang rendah untuk mempengaruhi perubahan kandungan TSS di DAS Ciliwung. Nilai koefisien korelasi (*adjusted R²*) bagian hulu sebesar 0.26, bagian tengah sebesar 0.31, dan bagian hilir sebesar 0.11. Hal tersebut menunjukkan bahwa model statistik yang digunakan tidak cukup untuk menggambarkan perubahan kandungan TSS di DAS Ciliwung.

Berdasarkan hasil penelitian maka direkomendasikan untuk di daerah hulu dan tengah sungai Ciliwung waktu pemantauan kandungan TSS yang paling tepat dilakukan pada musim hujan di bulan Januari dan November karena curah hujan dan hari hujan tertinggi terjadi pada kedua bulan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta dan Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat yang telah membantu untuk menjadi lokasi penelitian dan menyiapkan data sehingga penelitian ini berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- [BPLH] Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bogor. 2015. *Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Kota Bogor – Provinsi Jawa Barat 2015*. Bogor (ID): Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Kota Bogor.
- [BPLHD] Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Barat. 2013. *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Barat Tahun 2013*. Bandung (ID): Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Barat.
- [BPLHD] Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah DKI Jakarta. 2015. *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta (ID): Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta.
- Arifin HS, Kaswanto RL, Nurhayati HSA. 2013. *Analisis Lanskap Agroforestri Analisis Ketersediaan Green Water dan Blue Water dalam Manajemen Lanskap yang Berkelanjutan di Daerah Aliran Sungai Ciliwung [Penelitian Strategis]*. Bogor (ID): IPB Press.
- Ariyani D. 2017. Variabilitas curah hujan dan suhu udara serta pengaruhnya terhadap neraca air irigasi di daerah aliran Sungai Ciliwung. *Jurnal Irigasi*. 12(2): 97-108.
- Arkham HS, Arifin HS, Kaswanto RL, Nurhayati HSA. 2013. Manajemen lanskap ruang terbuka biru di daerah aliran Sungai Ciliwung. *Prosiding Lokakarya Nasional dan Seminar FKPTPI*. 453-462.
- Fauzi RMZ, Maryono. 2016. Kajian erosi dan hasil sedimen untuk konservasi lahan DAS Kreo Hulu. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*. 12(4): 429-445.
- Fitria I, Sakka, Arif S. 2010. *Analisis Erosi Lahan Pertanian Dan Parameter Ekonomi Menggunakan Metode Nail (Net Agricultural Income Loss) Berbasis Sistem Informasi Geografis di Hulu DAS Jeneberang* [Internet]. [diunduh 2020 Feb 13]. Tersedia pada: <https://www.e-jurnal.com/search?q=jppertaniandd100001>.
- Harto S. 2009. *Hidrologi*. Yogyakarta (ID): Nafiri Offset.
- Herawati T. 2010. Analisis tingkat bahaya erosi di wilayah DAS Cisadane Kabupaten Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 7(4): 413-424.
- Kartika I, Indarto I, Muharyo P, Hamid A. 2016. Pemetaan tingkat bahaya erosi pada level Sub-DAS: Studi pada dua DAS Identik. *Jurnal Agroteknologi*. 10(1): 117-128.
- Nugraheni A, Sobriyah, Susilowati. 2013. Perbandingan hasil prediksi laju erosi dengan metode USLE, MUSLE, RUSLE di DAS Keduang. *E-jurnal Matriks Teknik Sipil*. 318-325.

- Nurjanah P. 2018. Analisis pengaruh curah hujan terhadap kualitas air parameter mikrobiologi dan status mutu air di Sungai Code, Yogyakarta [skripsi]. Yogyakarta (ID): Universitas Islam Indonesia.
- Purwadi TO, Kusuma DI, Lubis AM. 2016. Analisis sedimentasi di Sungai Way Besai. *Jurnal Rekayasa*. 20(3): 167-178.
- Riani E, Cordova MR, Sitepu HS. 2012. *Beban Pencemaran Limbah Domestik di Sungai Ciliwung dan Sungai Pesanggrahan* [laporan penelitian]. Jakarta (ID): Kementerian Negara Perumahan Rakyat.
- Riani E. 2017. *Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)*. Cetakan Kedua. Bogor (ID): Penerbit IPB Press.
- Sulistyo B. 2011. Pengaruh erosivitas hujan yang diperoleh dari rumus yang berbeda terhadap pemodelan erosi berbasis raster (studi kasus di DAS Merawu, Banjarnegara, Jawa Tengah). *AGRITECH*. 31(3): 250-259.
- Sutamihardja RTM, Azizah M, Hardini Y. 2018. Studi dinamika senyawa fosfat dalam kualitas air Sungai Ciliwung hulu Kota Bogor. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. 8(1): 43-49.
- Suwari, Riani E, Pramudya B, Djuwita I. 2010. Profil pencemaran air Kali Surabaya dan strategi pengendaliannya. *Buletin Penelitian dan Pengembangan*. 11(2a): 63-74.
- Ulfah A, Widada S. 2015. Penentuan kriteria awal musim *alternatif di wilayah Jawa Timur*. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. 16(3): 145-133.
- Wibowo A, Soeprobawati TR, Sudarno. 2015. Laju erosi dan sedimentasi daerah aliran Sungai Rawa Jombor dengan model USLE dan SDR untuk pengelolaan danau berkelanjutan. *Indonesian Journal of Conservation*. 4(1): 16-27.
- Widodo A, Komariah, Suyana J. 2015 Metode USLE untuk memprediksi erosi tanah dan nilai toleransi erosi sebuah sistem agricultural di Desa Genengan Kecamatan Jumantono Karanganyar. *Agrosains*. 17(2): 39-43.
- Yudo S, Said NS. 2018. Status Kualitas Air Sungai Ciliwung di Wilayah DKI Jakarta Studi Kasus: Pemasangan stasiun online monitoring kualitas air di segmen kelapa dua – Masjid Istiqlal. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 9(1): 13-22.