

Pengaruh faktor hidrologi terhadap pencemaran sampah padat di sungai (Studi kasus: Sungai Citarum, Jawa Barat)

The influence of hydrological factors on solid waste pollution in rivers (Case study: Citarum River, West Java)

Jauhar Zainalarifin^{1,2,3*}, Hefni Effendi^{2,3}, Taryono³

¹Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, IPB University, Bogor, Indonesia

²Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, IPB University, Bogor, Indonesia

³Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, IPB University, Bogor, Indonesia

Abstrak.

Faktor hidrologi sungai diduga mempengaruhi tingkat pencemaran sampah padat yang terjadi di Sungai Ciliwung, hal tersebut menjadi salah satu permasalahan yang menyebabkan penurunan kualitas air sungai serta mengancam kesehatan lingkungan sekitar. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh faktor hidrologi terhadap kondisi pencemaran sampah padat di sungai tersebut. Penelitian dilakukan pada April-Juni dan Agustus-November 2021 di lima lokasi pemantauan yang tersebar di Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Kabupaten Purwakarta dan Kabupaten Bekasi. Analisis yang digunakan berupa regresi linear dengan peubah lebar sungai (X_1), tinggi muka air (X_2) dan kecepatan arus (X_3) terhadap kelimpahan sampah padat (Y). Model persamaan yang diperoleh dari analisis tersebut adalah $Y = 0,0394 - 0,0041 X_1$ dengan nilai koefisien determinasi sebesar 9,33% dan koefisien korelasi yang mencapai 30,55%. Penelitian ini membuktikan bahwa semakin sempit lebar sungai maka dapat meningkatkan kelimpahan sampah padat. Meskipun faktor hidrologi mempengaruhi kelimpahan sampah padat, namun pengaruh yang lebih kuat diduga berasal dari faktor perilaku manusia yang membuang sampah secara langsung ke sungai.

Kata kunci: kelimpahan sampah padat, faktor hidrologi, Sungai Ciliwung

Abstract.

River hydrological factors are thought to influence the level of solid waste pollution that occurs in the Ciliwung River, this is one of the problems that causes a decline in river water quality and threatens the health of the surrounding environment. This research aims to analyze the influence of hydrological factors on the condition of solid waste pollution in the river. The research was conducted in April-June and August-November 2021 at five monitoring locations spread across Bandung Regency, West Bandung Regency, Purwakarta Regency and Bekasi Regency. The analysis used is a linear regression with the river width (X_1), water level (X_2) and current speed (X_3) on solid waste reporting (Y). The analytical equation model obtained from this is $Y = 0.0394 - 0.0041 X_1$ with a coefficient of determination value of 9.33% with a correlation coefficient reaching 30.55%. This research proves that narrow river width can increase the distribution of solid waste. Although hydrological factors influence forest ecosystems, a stronger influence is thought to come from human behavior factors that throw rubbish directly into rivers.

Keywords: solid waste abundance, hydrological factors, Ciliwung River

1. PENDAHULUAN

Pencemaran sampah yang terjadi di Sungai Citarum merupakan salah satu permasalahan lingkungan perairan yang dapat memberikan dampak negatif terhadap makhluk hidup dan lingkungan sekitar. Pencemaran tersebut diduga berasal dari limbah domestik dan industri yang berdiri di sekitar aliran sungai (Djuwita *et al.* 2021). Secara umum timbunan sampah padat di badan air sungai berasal dari aktivitas manusia yang kurang peduli terhadap kelestarian sungai dan sebagian besar dilakukan oleh masyarakat di sekitar aliran sungai (Kaza *et al.* 2018).

* Korespondensi Penulis
Email : jauharzainalarifin@apps.ipb.ac.id

Dampak timbunan sampah yang muncul di permukaan air sungai dapat menurunkan kualitas air dan mengganggu kesehatan lingkungan perairan, termasuk mengganggu biota akuatik yang hidup di dalam kolom perairan (Owa 2013). Limbah yang masuk ke dalam lingkungan perairan mengandung bahan pencemar perairan berupa gas, bahan terlarut dan partikulat (Effendi 2003, 2016). Pencemaran sampah padat pada lingkungan perairan sungai dapat ditandai dengan menurunnya konsentrasi oksigen terlarut yang dapat mempengaruhi proses metabolisme organisme perairan. Benbow *et al.* (2020) menyatakan bahwa proses dekomposisi secara anaerob dapat terjadi ketika kandungan oksigen terlarut dalam perairan habis, sehingga dapat menyebabkan kematian pada biota perairan karena toksik yang dihasilkan dari senyawa yang tidak stabil.

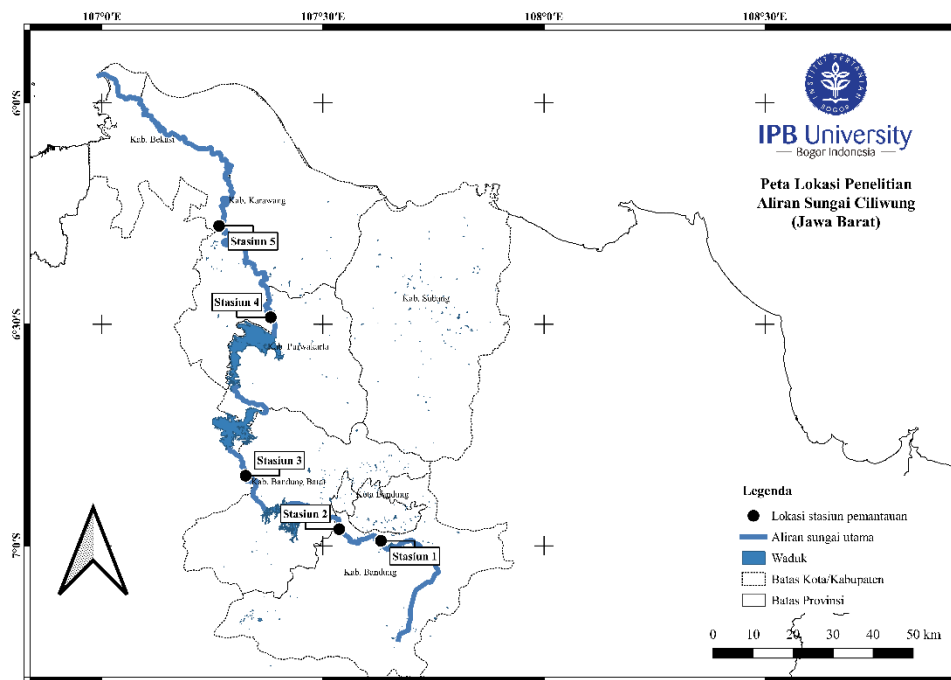
Faktor hidrologi sungai dapat mempengaruhi kondisi perairan yang mengalir, terutama debit sungai. Kondisi hidrologi sungai yang bervariasi dari hulu hingga hilir sungai menyebabkan terjadinya perubahan kondisi lingkungan. Hal tersebut secara umum disebabkan perbedaan kondisi geologi sehingga mempengaruhi kualitas air sungai, keberadaan biota perikanan dan ekosistem perairan (Zhao *et al.* 2020). Kondisi hidrologi tersebut merupakan faktor pendukung penting dalam ekosistem sungai karena berperan dalam mempengaruhi proses perubahan energi, interaksi biologi dan kondisi fisik habitat. Menurut Guo *et al.* (2022), aktivitas manusia memegang peran penting dalam perubahan kondisi hidrologi sungai. Faktor lain yang dapat mempengaruhi perubahan kondisi hidrologi sungai yaitu curah hujan dan potensi evapotranspirasi.

Pencemaran sampah padat yang terjadi di Sungai Citarum secara umum disebabkan oleh aktivitas manusia. Kondisi perairan sungai yang mengalir dari hulu hingga hilir memiliki peran penting dalam menentukan kondisi hidrologi sungai. Perubahan kondisi hidrologi sungai tersebut diduga dapat mempengaruhi tingkat pencemaran sampah padat di sungai. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh faktor hidrologi terhadap kondisi pencemaran sampah padat di Sungai Citarum.

2. METODOLOGI

2.1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan April hingga Juni dan Agustus hingga November 2021. Pengambilan contoh dilakukan setiap bulan dengan tiga kali ulangan, yaitu pagi, siang dan sore pada lima stasiun pemantauan. Lokasi pengambilan dilakukan pada sungai utama (Sungai Citarum) dan anak sungai (Sungai Cibeet dan Sungai Cikapundung) yang terletak di Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Kabupaten Purwakarta dan Kabupaten Bekasi (**Gambar 1**).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian pada aliran Sungai Citarum, Jawa Barat.

2.2. Pengumpulan data

2.2.1. Pengambilan contoh sampah padat

Pengambilan contoh sampah padat dilakukan menggunakan *framed pocket net* (FPN) yang berukuran 2 m x 1 m x 2 m. FPN ditempatkan pada bagian tengah dan pinggir aliran sungai dan didiamkan selama 10-30 menit sehingga sampah yang mengalir di permukaan terkumpul di jaring. Contoh sampah padat tersebut kemudian diangkat, dikeringkan dan diukur bobotnya menggunakan neraca digital.

2.2.2. Pengambilan data hidrologi sungai

Data hidrologi sungai yang diambil secara langsung adalah lebar sungai, tinggi muka air (TMA) dan kecepatan arus. Pengukuran lebar sungai dan TMA dapat menggunakan alat pengukur berskala, sementara kecepatan arus diperoleh menggunakan alat *flow meter*. Debit air merupakan data hidrologi yang dapat diketahui berdasarkan perhitungan luas penampang sungai dan kecepatan arus dengan **Persamaan 1** berikut.

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

Q = Debit air sungai (m³/s)

A = Luas penampang sungai (m²)

v = Kecepatan arus (m/s)

2.3. Prosedur analisis data

2.3.1. Perhitungan kelimpahan sampah padat

Kelimpahan sampah padat dihitung berdasarkan bobot contoh sampah yang ditemukan, kemudian distandarkan terhadap kondisi debit yang terjadi. Perhitungan tersebut merupakan modifikasi perhitungan kelimpahan plankton di perairan berdasarkan APHA (2017). Kondisi debit sungai berbeda setiap stasiun pemantauan, sehingga dalam pendugaan kelimpahan sampah padat perlu dikonversi melalui penyetaraan waktu pengukuran yaitu selama satu jam. Hal tersebut menyebabkan dalam perhitungan rumus dilakukan penyetaraan waktu pengamatan selama 60 menit atau setara dalam satu jam. Perhitungan kelimpahan sampah padat tersebut dapat diperoleh melalui **Persamaan 2** berikut.

$$D = \frac{N}{As} \times \frac{60}{t} \times \frac{Ac}{Q} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

D = Kelimpahan sampah padat (kg/m³/jam)

N = Bobot total sampah padat (kg)

As = Luas penampang FPN yang dimasuki sampah padat (m²)

t = Waktu pengamatan (menit)

Ac = Luas penampang sungai (m²)

Q = Debit air sungai (m³/s)

2.3.2. Analisis pengaruh faktor hidrologi

Analisis pengaruh faktor hidrologi terhadap kelimpahan sampah padat menggunakan Uji Regresi Linear Berganda (RLB) yang ditunjukkan **Tabel 1**. RLB digunakan untuk menentukan hubungan peubah terikat dengan peubah bebas yang jumlahnya lebih dari satu (Padilah dan Adam 2019). Peubah pengujian tersebut berupa lebar sungai (X_1), TMA (X_2) dan kecepatan arus (X_3) terhadap kelimpahan sampah padat (Y). Analisis dilakukan menggunakan *software* Microsoft Excel 365.

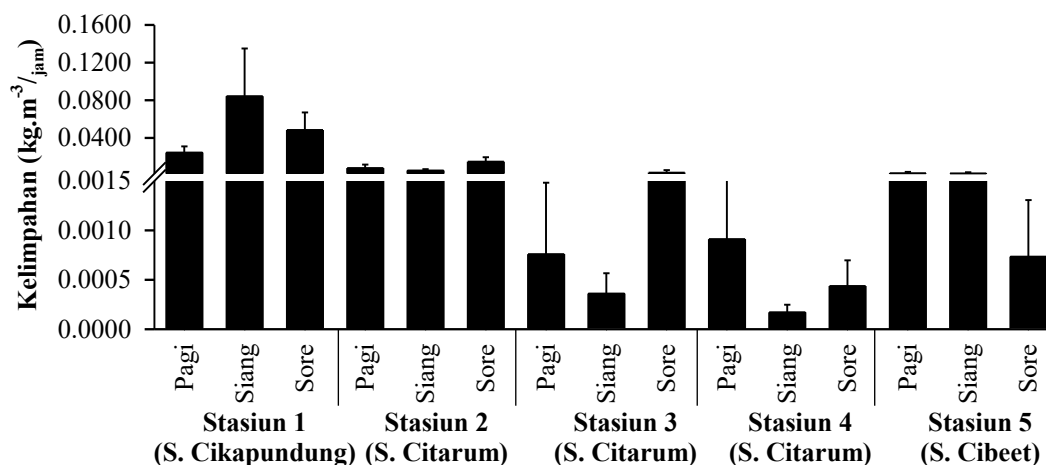
Tabel 1. Uji regresi linear pada beberapa peubah.

Uji regresi	Model persamaan	Peubah	Keterangan
Regresi linear berganda	$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \varepsilon$	X_1	Lebar sungai
		X_2	Tinggi muka air
		X_3	Kecepatan arus
		Y	Kelimpahan sampah padat

Y = peubah terikat, yaitu rata-rata kelimpahan sampah padat; X = peubah bebas; a = konstanta; b = koefisien regresi; ε = error term.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

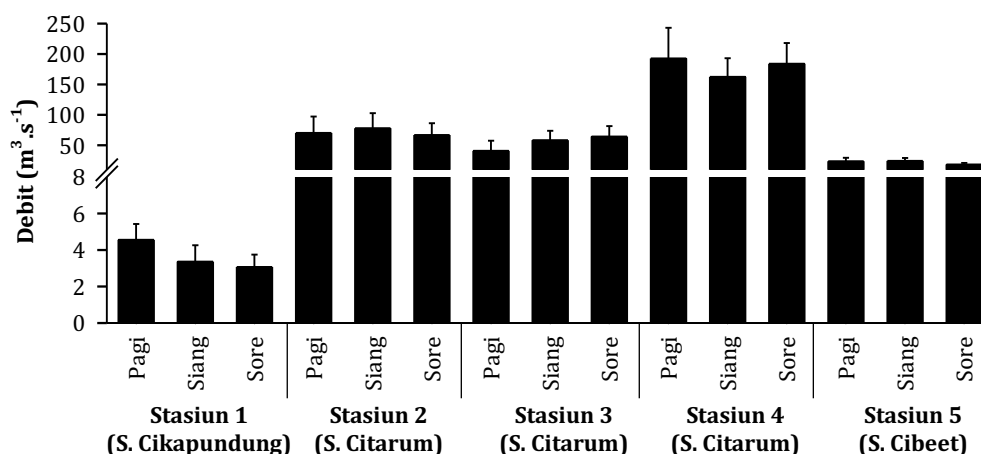
Kelimpahan sampah padat dan kondisi hidrologi yang terpantau di Sungai Citarum menunjukkan kondisi yang berfluktuasi (**Gambar 2**). Kelimpahan sampah padat tertinggi terjadi di Stasiun 1 (Sungai Cikapundung) yang nilainya mencapai $0,0522 \pm 0,0180$ kg/m³/jam, sementara yang terendah terjadi di Stasiun 4 (Sungai Citarum) yang hanya mencapai $0,0005 \pm 0,0002$ kg/m³/jam. Stasiun 1 (Sungai Cikapundung) merupakan anak Sungai Citarum yang melewati wilayah perkotaan yaitu Kota Bandung dan Kabupaten Bandung. Kondisi aliran di sekitar sungai tersebut didominasi dari banyaknya rumah-rumah warga, pasar dan beberapa industri skala kecil yang dibangun di sepanjang aliran. Menurut Aguilar *et al.* (2021), tingginya jumlah penduduk yang tinggal di sekitar aliran sungai mengindikasikan adanya aktivitas pembuangan sampah secara langsung ke sungai, sehingga dapat meningkatkan kelimpahan sampah padat.



Gambar 2. Kelimpahan sampah padat yang terjadi di Sungai Citarum.

Debit sungai yang terjadi selama pemantauan cenderung berfluktuasi di setiap ruas sungai (**Gambar 3**). Debit sungai tertinggi cenderung terjadi di Stasiun 4 (Sungai Citarum) yang mencapai 162-193 m³/s, sementara debit terendah cenderung terjadi di Stasiun 1 (Sungai Cikapundung) yang hanya mencapai 3-4 m³/s. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat gap debit yang besar antar ruas sungai karena variasi jenis sungai yang berbeda pada stasiun pemantauan. Alif *et al.* (2019) menyatakan bahwa kondisi debit yang terjadi di suatu ruas sungai menjadi faktor penentu dalam melakukan pengelolaan daerah aliran sungai di suatu wilayah.

Kondisi hidrologi yang terjadi di Sungai Citarum cenderung berfluktuasi, namun jika ditinjau berdasarkan jenis alirannya maka aliran utama memiliki kondisi debit yang lebih tinggi dari anak sungai. Secara umum, kondisi sungai terbesar dalam lima stasiun tersebut adalah Stasiun 4 yang merupakan aliran utama Sungai Citarum, sementara yang terkecil adalah Stasiun 1 yang merupakan anak sungai yaitu Sungai Cikapundung. Depetris (2021) menyatakan bahwa debit sungai dapat mendeteksi perubahan kondisi iklim dan lingkungan karena dapat merepresentasikan beberapa kondisi seperti kualitas air, iklim, kondisi biologi, geologi dan topografi.



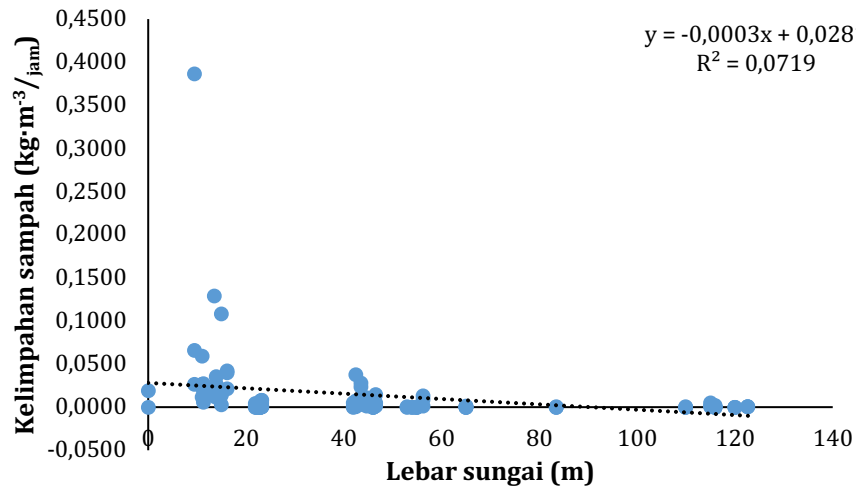
Gambar 3. Debit yang terukur pada setiap ruas sungai.

Kondisi debit di aliran Sungai Citarum menunjukkan kondisi yang selaras dengan lebar sungai, tinggi muka air dan kecepatan arus yang merupakan faktor yang diperhitungkan dalam menentukan nilai debit (**Tabel 2**). Oleh karena itu, perbedaan kondisi hidrologi tersebut diduga memiliki pengaruh terhadap kelimpahan sampah padat yang mengalir di Sungai Citarum.

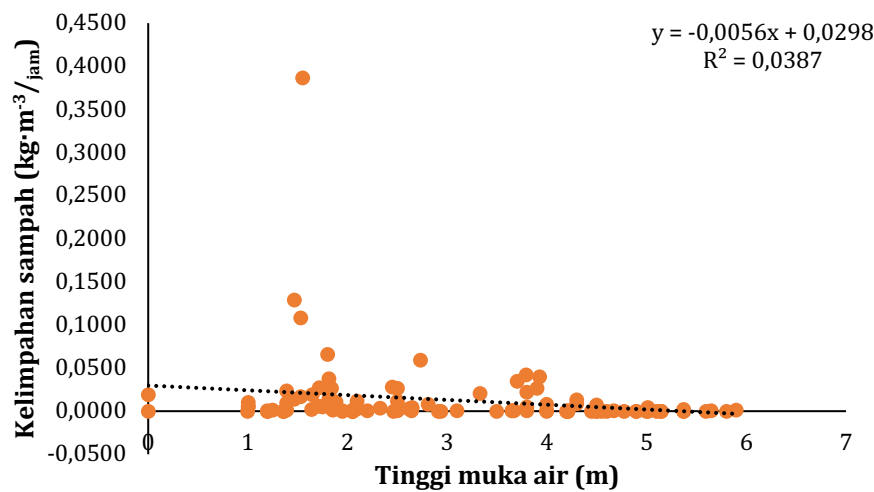
Tabel 2. Hasil pemantauan kelimpahan sampah padat dan kondisi hidrologi sungai.

Stasiun pemantauan	Debit (m^3/s)	Lebar sungai (m)	Tinggi muka air (m)	Kecepatan Arus (m/s)
Stasiun 1	$3,66 \pm 2,02$	$12,95 \pm 2,40$	$2,41 \pm 0,96$	$0,11 \pm 0,02$
Stasiun 2	$71,84 \pm 61,53$	$45,89 \pm 4,73$	$2,07 \pm 0,99$	$0,68 \pm 0,17$
Stasiun 3	$58,36 \pm 32,27$	$54,28 \pm 8,67$	$2,93 \pm 1,93$	$0,43 \pm 0,16$
Stasiun 4	$179,23 \pm 97,42$	$111,88 \pm 13,13$	$3,76 \pm 1,06$	$0,39 \pm 0,15$
Stasiun 5	$23,21 \pm 11,50$	$22,80 \pm 0,54$	$3,97 \pm 0,73$	$0,25 \pm 0,11$
Rata-rata	$67,26 \pm 38,95$	$49,56 \pm 5,05$	$3,03 \pm 0,46$	$0,37 \pm 0,05$

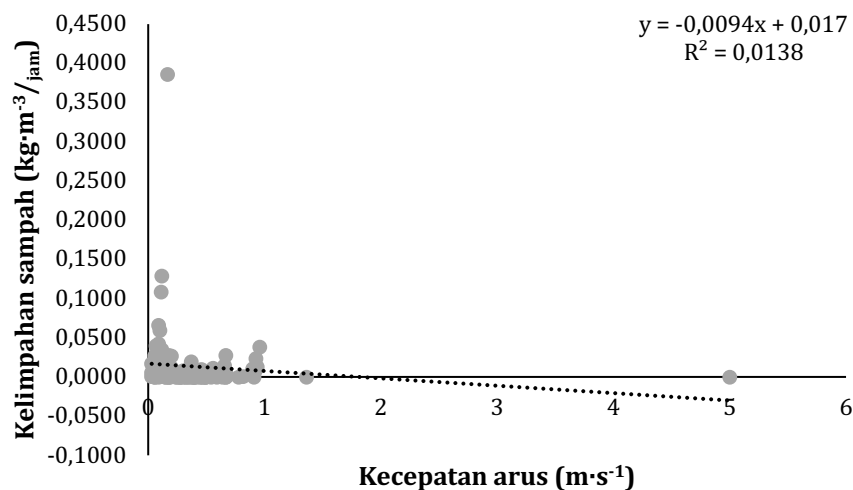
Jika ditinjau berdasarkan hubungan antara kelimpahan sampah padat dan faktor hidrologi sungai, kondisi yang terjadi menunjukkan hubungan yang negatif. Baik pada faktor lebar sungai (**Gambar 4**), tinggi muka air (**Gambar 5**) dan kecepatan arus (**Gambar 6**) memiliki hubungan pengaruh yang negatif terhadap nilai kelimpahan sampah. Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa setiap penurunan lebar sungai, tinggi muka air dan kecepatan arus dapat meningkatkan jumlah timbunan sampah padat di permukaan sungai. Meskipun demikian, perlu dilakukan analisis lebih lanjut terkait pengaruh faktor hidrologi terhadap kelimpahan sampah padat.



Gambar 4. Hubungan antara lebar sungai dengan kelimpahan sampah padat di Sungai Citarum.



Gambar 5. Hubungan antara tinggi muka air dengan kelimpahan sampah padat di Sungai Citarum.



Gambar 6. Hubungan antara kecepatan arus dengan kelimpahan sampah padat di Sungai Citarum.

Analisis pengaruh faktor hidrologi sungai terhadap kelimpahan sampah padat melalui uji regresi linear dengan tiga peubah bebas yaitu lebar sungai (X_1), tinggi muka air (X_2) dan kecepatan arus (X_3) (**Tabel 3**). Nilai F hitung dalam analisis tersebut menunjukkan nilai yang lebih besar dari F tabel, hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat setidaknya satu faktor hidrologi sungai yang memiliki pengaruh terhadap kelimpahan sampah padat. Jika ditinjau lebih lanjut, maka diperoleh nilai *p-value* dalam analisis tersebut menunjukkan salah satu faktor hidrologi yang memiliki pengaruh terhadap kelimpahan sampah padat yaitu lebar sungai pada selang kepercayaan 95%.

Tabel 3. Hasil uji regresi linear.

	db	JK	KT	F hit	F tab
Regresi	3	0,0169	0,0056	3,4664	1,3855
Sisa/galat	101	0,1646	0,0016		
Total	104	0,1816			

	Coefficients	Standard error	t Stat	P-value
Intercept	0,0394	0,0099	3,9873	0,0001
X_1 (Lebar sungai)	-0,0003	0,0001	-2,1537	0,0336*
X_2 (Tinggi muka air)	-0,0041	0,0028	-1,4729	0,1439
X_3 (Kecepatan arus)	-0,0043	0,0079	-0,5415	0,5893

*Berpengaruh nyata karena *p-value* lebih kecil dari $\alpha=0.05$.

Pengaruh faktor hidrologi yang terjadi di Sungai Citarum tersebut dapat diilustrasikan melalui model persamaan: $Y = 0,0394 - 0,0041 X_1$. Jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2), maka berdasarkan model persamaan tersebut dapat dimaknai bahwa kelimpahan sampah padat di Sungai Citarum dipengaruhi oleh lebar sungai dan tinggi muka air sebesar 9,33%. Namun dalam persamaan tersebut nilai koefisien korelasi (r) hanya mencapai 30,55%, sehingga persamaan tersebut dinilai lemah dalam menggambarkan kondisi nyata pengaruh faktor hidrologi terhadap kelimpahan sampah padat di sungai.

Hubungan lebar sungai terhadap kelimpahan sampah padat memiliki kondisi yang cenderung negatif. Lebar sungai tersebut berpengaruh negatif terhadap kelimpahan sampah padat, yaitu semakin rendah nilai faktor tersebut maka dapat meningkatkan nilai kelimpahan sampah padat yang mengalir di sungai. Menurut Mattotorang (2019), faktor hidrologi sungai dapat mempengaruhi kondisi debit sungai, jika kondisinya semakin besar maka dapat menyebabkan gerusan pada tebing dan dasar sungai sehingga memicu proses erosi dan deposisi dalam tubuh sungai.

Jenis timbunan sampah padat yang ditemukan pada daerah aliran sungai secara umum didominasi jenis sampah anorganik yang berbentuk potongan sampah plastik, kain, besi, pampers dan jenis sampah organik seperti potongan kayu (Zainalarifin *et al.* 2023). Penggunaan bahan-bahan berbasah dasar plastik banyak digunakan masyarakat untuk berbagai keperluan karena kepraktisan dan bentuk yang dapat dimodifikasi (Liu *et al.* 2019). Bobot sampah plastik yang ringan mengakibatkan mudah terapung pada permukaan aliran sungai, sehingga secara visual dapat diamati secara langsung (Moningga *et al.* 2021). Prayoga *et al.* (2023) menyatakan bahwa timbunan sampah padat yang ditemukan tersebut diduga dapat mengganggu kualitas perairan sungai melalui peningkatan kandungan bahan organik dan peningkatan kekeruhan pada sungai.

Timbunan sampah padat yang ditemukan di aliran sungai dipengaruhi kuat akibat perilaku manusia yang membuang sampah secara langsung ke aliran tersebut. Produktivitas sampah dapat dipengaruhi oleh tingkat penduduk yang tinggal di suatu wilayah (Aguilar *et al.* 2021). Penelitian Alpiyah (2022) membuktikan bahwa jarak tempat tinggal dengan aliran sungai dapat memungkinkan masyarakat untuk melakukan tindakan membuang sampah ke sungai. Pencemaran yang terjadi di aliran sungai banyak bersumber dari limbah industri dan rumah tangga (Djuwita *et al.* 2021). Menurut Aprilia *et al.* (2022), kondisi sungai yang mengalami pencemaran dapat diindikasikan dari parameter kualitas air yang tidak memenuhi baku mutu, seperti kandungan oksigen yang rendah dan kandungan bahan organik yang tinggi.

Sumber pencemar pada sungai yang melewati kawasan perkotaan secara umum berasal dari aktivitas manusia, terutama pada kegiatan rumah tangga, hotel, rumah sakit, restoran dan industri skala kecil (Effendi *et al.* 2021). Meskipun manusia menjadi faktor utama dalam menentukan tingkat kelimpahan sampah padat yang ditemukan di aliran sungai, faktor hidrologi juga dapat mempengaruhi kelimpahan sampah padat tersebut terutama lebar dan tinggi muka air. Oleh karena itu, pengelolaan lingkungan perairan dalam menghadapi masalah pencemaran sampah tersebut perlu diperkuat dengan melibatkan berbagai *stakeholder* dalam menghadapi permasalahan tersebut.

4. KESIMPULAN

Faktor hidrologi sungai terutama lebar sungai dapat mempengaruhi kelimpahan sampah padat, yaitu semakin sempit lebar sungai maka dapat meningkatkan kelimpahan sampah padat di Sungai Citarum. Model hubungan persamaan lebar dan tinggi muka air terhadap tingkat kelimpahan sampah padat tersebut dapat dipercaya pada selang kelas 95%, namun hanya memiliki pengaruh sebesar 9,33% dengan hubungan linear yang cenderung lemah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada beberapa institusi berikut: Norwegian Institute for Water Research (NIVA) yang telah memberikan pendanaan riset kepada ASEANO Project untuk melakukan aktivitas penelitian; Pusat Penelitian Lingkungan Hidup IPB University (PPLH-IPB) yang telah melaksanakan aktivitas pemantauan riset sampah plastik pada 2021; dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi-Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah memberikan kesempatan beasiswa pendidikan kepada penulis melalui Program Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU).

6. DAFTAR PUSTAKA

Aguilar JAA, Valencia MNR, Aguilar HAN, Hernández RFG, Salinas RIM and Lara CMG. 2021. Prioritization and analysis of watershed: A study applied to municipal solid waste. Sustainability 13(15):1–18.

- Alif F, Lestari DL, Putri MD and Azmi KN. 2019. Optimization of water resources management of Depok City with Water Stress Index and SWOT Analysis. *CSID-JID* 2(1):84.
- Alpiyah S. 2022. Produksi dan perilaku membuang sampah rumah tangga ke sungai di Desa Sundawenang, Sub-DAS Cicatih, Sukabumi, Jawa Barat [Skripsi]. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University. Bogor.
- APHA. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). American Public Health Association. Washington DC.
- Aprilia M, Effendi H and Hariyadi S. 2022. Water quality status based on Pollution Index and Water Quality Index of Ciliwung River, DKI Jakarta Province. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 1109(1):012051.
- Benbow ME, Receveur JP and Lamberti GA. 2020. Death and decomposition in aquatic ecosystems. *Front Ecol Evol* 8(17):1–12.
- Depetris PJ. 2021. The importance of monitoring river water discharge. *Front Water* 3:745912.
- Djuwita MR, Hartono DM, Mursidik SS and Soesilo TEB. 2021. Pollution load allocation on water pollution control in the Citarum River. *Journal of Engineering and Technology Sciences* 53(1):1–15.
- Effendi H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Effendi H. 2016. Evaluation of water quality status of Ciliwung River based on Pollution Index. A paper presented at 36th Annual Conference of the International Association for Impact Assessment (IAIA 16), Aichi-Nagoya, Japan, 11-14 May 2016.
- Effendi H, Prayoga G, Azhar AR and Azhar R. 2021. Pollution source of Cileungsi-Cikeas-Bekasi River. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 744(1):012014.
- Guo W, Zhou H, Jiao X, Huang L and Wang H. 2022. Analysis of alterations of the hydrological situation and causes of river runoff in the Min River, China. *Water* 14(7).
- Kaza S, Yao LC, Bhada-Tata P and Van Woerden F. 2018. What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank. Washington DC.

- Liu J, Li Q, Gu W and Wang C. 2019. The impact of consumption patterns on the generation of municipal solid waste in China: Evidences from Provincial Data. *IJERPH* 16(10):1717.
- Mattotorang UH. 2019. Studi pengaruh lebar sungai terhadap karakteristik aliran sedimen di dasar. *JlIT* 4(1):77.
- Moningga ITL, Sangari JRR, Wantasen AS, Lumingas LJL, Moningkey RD dan Pelle WE. 2021. Distribusi spasial sampah laut di esisir Pantai Perairan Minahasa Bagian Utara. *Jurnal Ilmiah PLATAX* 9(1):145–156.
- Owa FD. 2013. Water pollution: Sources, effects, control and management. *Mediterranean Journal of Social Sciences* 4(8):65–68.
- Padilah TN dan Adam RI. 2019. Analisis regresi liner berganda dalam estimasi produktivitas tanaman padi di Kabupaten Karawang. *FBC* 5(2):117–128.
- Prayoga G, Zainalarifin J, Mufawwaz T, Firmansyah FS, Rizal H, Mursalin, Effendi H, Liyantono, Panggabean G, Supalal Y, *et al.* 2023. Spatio-temporal analysis of river water pollution levels in the Angke-Pesanggrahan watershed. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1266(1): 012049.
- Zhao CS, Yang Y, Yang ST, Xiang H, Ge YR, Zhang ZS, Zhao Y, and Yu Q. 2020. Effects of spatial variation in water quality and hydrological factors on environmental flows. *Science of The Total Environment* 728:138695.
- Zainalarifin J, Effendi H and Taryono. 2023. Abundance and composition of solid waste in the Citarum River, West Jawa Province. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1266(1):012056.