

Perubahan Penggunaan Lahan dan Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu

(The Landuse and Hydrological Characteristic Changes of the Upper Citarum Watershed)

Muhammad Yahya Fadhill^{1*}, Yayat Hidayat², Kukuh Murtiaksono², Dwi Putro Tejo Baskoro²

(Diterima September 2020/Ditetujui Februari 2021)

ABSTRAK

Das Citarum merupakan salah satu DAS prioritas karena permasalahan lahan kritis, banjir, erosi, dan sedimentasi yang terus meningkat tiap tahun. Sebagai daerah resapan utama yang berkontribusi menjaga ketersediaan sumber daya air, DAS Citarum hulu terus mengalami pengurangan hutan dan peningkatan lahan terbangun. Penelitian yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan penggunaan lahan pada karakteristik hidrologi telah dilakukan di DAS Citarum Hulu. Metode yang digunakan meliputi interpretasi data citra SPOT, analisis perubahan penggunaan lahan, dan menentukan nilai KRA dan KAT. Hasil analisis kondisi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2009–2018 terjadi pengurangan luas hutan (-5,5%), sawah (-17,4%), dan semak belukar (-60,8%). Penggunaan lahan meningkat pada lahan terbangun (39,7%), pertanian lahan kering (13%), perkebunan (6,4%), dan lahan terbuka (95,5%). Debit tertinggi terjadi pada tahun 2010 sebesar 606,3 m³/detik dan debit terendah pada tahun 2012 sebesar 4,3 m³/detik. Nilai KRA dan KAT rata-rata DAS Citarum Hulu adalah rendah dan sedang. Faktor lain yang mempengaruhi peningkatan debit sungai adalah kemiringan lereng lahan, pola curah hujan, dan metode pemanfaatan lahan yang tidak memadai.

Kata kunci: DAS Citarum Hulu, karakteristik hidrologi, perubahan penggunaan lahan

ABSTRACT

The Citarum watershed is one of the priority watersheds due to problems of critical land, flooding, erosion, and sedimentation which continue to increase every year. As the main catchment area that contributes to maintaining the availability of water resources, the upstream Citarum watershed continues to experience a reduction in forest and an increase in built-up land. A research aimed to analyze land use changes to the hydrological characteristics was carried out at the Watershed. The methods used include interpretation of SPOT image data, analysis of land use changes, and determining the values of KRA and KAT. The results of the analysis of land use change conditions in 2009–2018 saw a reduction in forest area (-5.5%), rice fields (-17.4%), and shrubs (-60.8%). Land use increased in built up land (39.7%), dry land agriculture (13%), plantations (6.4%), and open land (95.5%). The highest discharge occurred in 2010 at 606,3 m³/second and the lowest discharge in 2012 was 4,3 m³/second. The KRA and KAT values of the Upper Citarum watershed were moderate and very high. The multiple linear regression model of the relationship between land use changes that affect river flow fluctuations is $Y = 2380.5 + 0.9 \text{ rainfall} - 206.5 \text{ forest} + 6.1 \text{ build-up area} - 31.8 \text{ dryland agriculture} + e$. Other factors that influence the increase in river discharge are the slope of land slopes, rainfall patterns, and inadequate land use methods.

Keywords: hydrological characteristics, landuse change, Upper Citarum watershed

PENDAHULUAN

Kondisi beberapa DAS di Indonesia pada saat ini telah banyak mengalami penurunan fungsi dalam menjaga ketersediaan air dan kesehatan lingkungan. Jumlah DAS kritis di Indonesia terus bertambah dan semakin memburuk walaupun sudah dilakukan banyak program rehabilitasi beberapa DAS di Indonesia

(Tarigan 2009). Perubahan karakteristik DAS yang terlihat di antaranya adalah peningkatan titik luapan genangan banjir, erosi lahan pertanian, dan sedimentasi pada sungai. Menurut Utami *et al.* (2020), perubahan karakteristik hidrologi DAS salah satunya diakibatkan pertambahan jumlah penduduk dan kebutuhan sarana penunjangnya. Meningkatnya jumlah penduduk berbanding terbalik dengan kondisi tutupan lahan yang semakin menurun kualitas lingkungannya, sehingga memberikan dampak yang nyata terhadap berkurangnya kuantitas dan kualitas sumber daya air.

Secara morfologi daerah aliran sungai terbagi kedalam 3 bagian yaitu hulu, tengah, dan hilir. DAS hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, kerapatan drainase tinggi, didominasi permukaan kemiringan

¹ Sekolah Pascasarjana, Program Studi Ilmu Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

² Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

* Penulis Korespondensi:

Email: yahya_fadhill@apps.ipb.ac.id

lereng lebih dari 15%. DAS bagian tengah dan hilir dicirikan sebagai wilayah pemanfaatan sumber daya air (Asdak 2014). Perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum sangat pesat khususnya pada bagian hulu yang seharusnya memegang peranan penting menjaga kualitas dan kuantitas sumberdaya air. Salah satu cara untuk menilai kondisi hidrologi suatu DAS adalah dengan memperhatikan respon hidrologi hulu DAS. Dalam Asdak (2014) juga dinyatakan bahwa hulu DAS berperan besar sebagai wilayah resapan air dan berkontribusi pada ketersediaan air, terutama pada musim kemarau.

Terdapat program rehabilitasi dan arahan tata ruang yang belum efektif dalam mengendalikan kerusakan DAS Citarum Hulu. Menurut Hasan *et al.* (2011), beberapa instansi pemerintah dan stakeholder di DAS Citarum Hulu yang terlibat dalam pengelolaan dan pemanfaatan lahan dengan tujuan berbeda. Hidayat *et al.* (2013) menyebutkan fungsi resapan di DAS Citarum Hulu mengalami penurunan yang ditandai dengan peningkatan luas lahan terbangun dan pengurangan lahan hutan. Muin *et al.* (2015) menjelaskan salah satu akibat dari penurunan fungsi resapan adalah peningkatan peluang kejadian banjir. Banjir selalu terjadi setiap tahun dengan kerugian besar, khususnya di wilayah yang berdekatan dengan titik suplesi aliran menuju Sungai Citarum. Wilayah-wilayah yang berpotensi banjir selain merugikan sektor permukiman juga berdampak pada sektor pertanian. Agaton *et al.* (2016) menambahkan perubahan penggunaan lahan yang dominan terjadi adalah deforestasi luas hutan, ekspansi lahan pertanian berlebih, dan pengembangan lahan terbangun.

Perubahan karakteristik hidrologi memengaruhi peningkatan debit sungai pada musim penghujan,

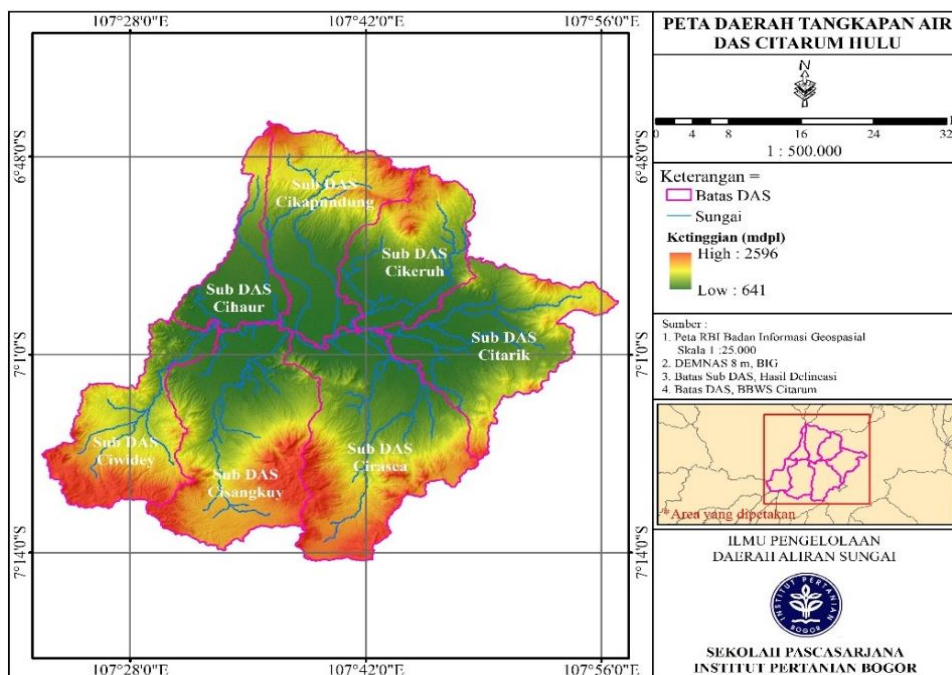
namun kekurangan air pada musim kemarau (Widiatmoko 2020). Permasalahan yang ada di DAS Citarum Hulu diduga terjadi akibat pola perubahan penggunaan lahan yang simultan. Hal ini menyebabkan peluang terjadinya luapan sungai dan banjir semakin meningkat. Oleh karena itu, dibutuhkan kajian yang mampu mengidentifikasi pola perubahan penggunaan lahan yang berpengaruh pada perubahan karakteristik DAS Citarum hulu. Penelitian ini bertujuan untuk 1) menganalisis pola perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum Hulu dan 2) mengkaji pengaruh perubahan penggunaan lahan pada karakteristik hidrologi.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Citarum Hulu dengan luas 175.158,9 ha (Gambar 1). DAS Citarum Hulu berada di beberapa wilayah administrasi yaitu Kota Cimahi, Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kabupaten Sumedang, Kabupaten Bandung Barat, dan Kabupaten Garut. Secara geografis, DAS Citarum Hulu terletak antara 107°24'0"–107°48'0" Bujur Timur dan 6°45'0"–7°12'0" Lintang Selatan. DAS Citarum Hulu berbatasan dengan DAS lain, diantaranya adalah:

- Sebelah utara : Berbatasan dengan DAS Citarum tengah, DAS Cipunagara
- Sebelah selatan: Berbatasan dengan DAS Cilaki, Cipandak, dan Cibuni
- Sebelah barat : Berbatasan dengan Sub DAS Ciminyak
- Sebelah timur : Berbatasan dengan DAS Cimanuk



Gambar 1 Peta batasan Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk survei lapangan terdiri dari GPS (*Global Positioning System*), kamera digital, alat tulis menulis, dan peta titik survei, Pengolahan dan analisis data menggunakan laptop yang terinstal software ArcGIS, *Erdas Imagine*, R Studio, SPSS, dan *Microsoft Office*. Bahan yang digunakan di antaranya adalah data debit terukur, data curah hujan terukur, Citra Satelit SPOT 5 kondisi pada tahun 2009, Citra Satelit SPOT 6 dan 7 kondisi pada tahun 2018, data DEMNAS 8 m, peta rupa bumi, data stasiun curah hujan dan debit, serta batasan DAS Citarum Hulu.

Metode Analisis Data

Metode analisis yang dilakukan terbagi menjadi analisis perubahan penggunaan lahan dan analisis respon hidrologi. Analisis perubahan penggunaan lahan memiliki tahapan, yaitu interpretasi data citra satelit, uji akurasi data citra, dan analisis perubahan penggunaan lahan. Selanjutnya, analisis respon hidrologi dilakukan untuk menilai pengaruh fluktuasi aliran sungai akibat curah hujan dan penggunaan lahan berdasarkan nilai KRA dan KAT. Data, sumber data, analisis, dan keluaran data dalam penelitian disajikan pada Tabel 1.

• **Analisis Perubahan Penggunaan Lahan**

Analisis perubahan penggunaan lahan diawali dengan analisis perubahan penggunaan lahan diawali dengan melakukan analisis data citra SPOT kondisi pada tahun 2009 dan 2018. Interpretasi data citra secara visual menggunakan metode *on-screen digitation* dengan membagi habis permukaan lahan DAS Citarum Hulu ke dalam setiap kelas penggunaan lahan. Pemilihan metode *visual classification* mampu mengurangi error data akibat perbedaan resolusi citra. Interpretasi visual penggunaan lahan dilakukan

berdasarkan 10 elemen kunci interpretasi. Sepuluh kunci interpretasi di antaranya *tone, colour, size, shape, texture, pattern, site, association, height, dan shadow* (Lilliesand *et al.* 2004). Penentuan kelas penggunaan lahan dipilih berdasarkan SNI 7465-2010 tentang klasifikasi penutupan lahan pada skala 1: 25.000. Interpretasi dilakukan pada 8 kelas penggunaan lahan, yaitu hutan, semak/belukar, perkebunan, sawah, pertanian lahan kering, tanah terbuka, lahan terbangun, dan badan air.

Kualitas hasil interpretasi nilai diuji akurasi dengan mengacu dalam McHugh (2012) di mana, nilai kriteria Kappa Accuracy (KA) kurang dari 20% adalah *slight agreement*, 21–40% adalah *fair agreement*, 41–60% adalah *moderate agreement*, 61–80% adalah *substantial agreement*, dan nilai 81–100% adalah *almost perfect agreement*. Data penggunaan lahan pada tahun 2009 dan 2018 dibandingkan untuk melihat pola perubahan lahan dominan yang terjadi di DAS Citarum Hulu. Informasi perubahan penggunaan memperlihatkan kondisi penambahan (+) dan penurunan (-) tiap kelas penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan tiap kelasnya dievaluasi untuk mendapatkan perubahan dominan ke arah negatif atau positif respons hidrologi DAS Citarum.

• **Analisis Respons Hidrologi**

Analisis respon hidrologi dilakukan untuk menilai pengaruh fluktuasi aliran debit sungai terukur berdasarkan curah hujan wilayah DAS Citarum Hulu. Parameter yang dianalisis adalah koefisien regim aliran (KRA) dan koefisien aliran tahunan (KAT). Analisis perhitungan KAT dan KRA mengacu pada klasifikasi Permenhut Indonesia No.61/Menhut-II/2014 tentang monitoring dan evaluasi DAS. Kriteria kelas KAT dan KRA disajikan pada Tabel 2 besar aliran langsung (*direct runoff*) dan aliran dasar (*base flow*). Pemisahan

Tabel 1 Data, sumber data, analisis, dan keluaran dalam penelitian

Jenis data	Sumber data	Analisis dan keluaran
DEMNAS Resolusi 8 m	http://tides.big.go.id	Analisis:
Peta Batas DAS Citarum Hulu	BBWS Citarum	Interpretasi citra secara visual masing-masing periode
Peta Administrasi Jawa Barat		Keluaran:
Data citra SPOT 6, dan 7 pada tahun 2009–2018	Badan Informasi Geospasial (BIG)	Pola perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum Hulu (1)
Kondisi penggunaan lahan di lokasi kegiatan	Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN)	
	Titik <i>ground check</i> data di DAS Citarum Hulu	
Data curah hujan harian pada tahun 2009–2018		Analisis:
Data debit terukur harian pada tahun 2009–2018	BBWS Citarum, Pusair Jawa Barat	Permenhut No 60 Tahun 2014
		Keluaran:
		Pengaruh perubahan PL pada karakteristik DAS Citarum Hulu (2)
		Analisis:
	Data analisis penggunaan lahan (1) dan data debit dan curah hujan harian (2)	Regresi Linear Berganda
		Keluaran:
		Hubungan perubahan PL dengan debit sungai Citarum Hulu

Tabel 2 Klasifikasi kelas Koefisien Aliran Tahunan (KAT) dan Koefisien Regim Aliran (KRA)

KAT		KRA	
Nilai	Kelas	Nilai	Kelas
$KAT \leq 0,2$	Sangat rendah	$KRA \leq 20$	Sangat rendah
$0,2 < KAT \leq 0,3$	Rendah	$20 \leq KRA < 50$	Rendah
$0,3 < KAT \leq 0,4$	Sedang	$50 \leq KRA < 80$	Sedang
$0,4 < KAT \leq 0,5$	Tinggi	$80 \leq KRA < 110$	Tinggi
$KAT > 0,5$	Sangat tinggi	$KRA \geq 110$	Sangat tinggi

Sumber: *Menteri Kehutanan Republik Indonesia No 60 Tahun 2014 dan **Menteri Kehutanan Republik Indonesia No 61 Tahun 2014.

Keterangan: KAT = Koefisien Aliran Tahunan dan KRA = Koefisien Regim Aliran.

hidrograf aliran menggunakan metode *straight line method*.

Hidrograf adalah kurva hubungan antara parameter aliran permukaan dan waktu. Hidrograf aliran mempunyai komponen pembentukan yaitu aliran sungai (total runoff), base flow, dan direct runoff (Triatmodjo 2016). Penelitian ini melakukan pemisahan hidrograf (*hydrograph separation*) untuk mengetahui Koefisien Regim Aliran (KRA) merupakan perbandingan debit aliran sungai antara debit maksimum (Q_{maks}) dan debit minimum (Q_{min}) yang menunjukkan kemampuan daya resapan lahan di DAS Citarum terhadap air hujan yang jatuh. KRA dihitung dengan persamaan:

$$KRA = \frac{Q_{maks}}{Q_{min}} \quad (1)$$

Koefisien Aliran Tahunan merupakan perbandingan nilai total aliran permukaan dengan nilai total curah hujan. Koefisien Aliran Tahunan (KAT) digunakan sebagai jumlah curah hujan (dalam persen) yang berpotensi menjadi aliran permukaan (runoff) di DAS Citarum Hulu. Tebal aliran (Q) tahunan merupakan nilai rasio aliran *direct runoff* (m^3/det) dikalikan dengan koefisien dan dibagi dengan luas daerah tangkapan air dalam satuan m^2 . Penentuan KAT tiap tahunnya menggunakan rumus:

$$KAT = \frac{\text{Tebal Aliran tahunan}}{P \text{ tahunan}} \quad (3)$$

$$\text{Tebal Aliran Tahunan (mm)} = \frac{\text{volume aliran tahunan} \times 60 \times 60 \times 24}{\text{Luas DAS (m}^2\text{)}} \times 1000 \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum DAS Citarum Hulu

Batas penelitian luas DAS Citarum Hulu adalah 175.158,9 ha dengan titik outlet SPAS Nanjung sebagai batas hilir penelitian. Terdapat 7 wilayah administrasi di dalam DAS Citarum Hulu, yaitu Kabupaten Bandung yang meliputi 75,6% dari luas keseluruhan, Kota Bandung 9,5%, Kabupaten Sumedang 7,8%, Kabupaten Bandung Barat 6,2%, Kabupaten Garut 0,69%, Kota Cimahi 0,02%, dan Kabupaten Subang 0,02%. Topografi DAS dikelilingi oleh pegunungan dan punggung bukit membentuk sebuah cekungan dengan elevasi tertinggi 2.600 m dan terendah 640 m. Panjang aliran sungai Citarum dari

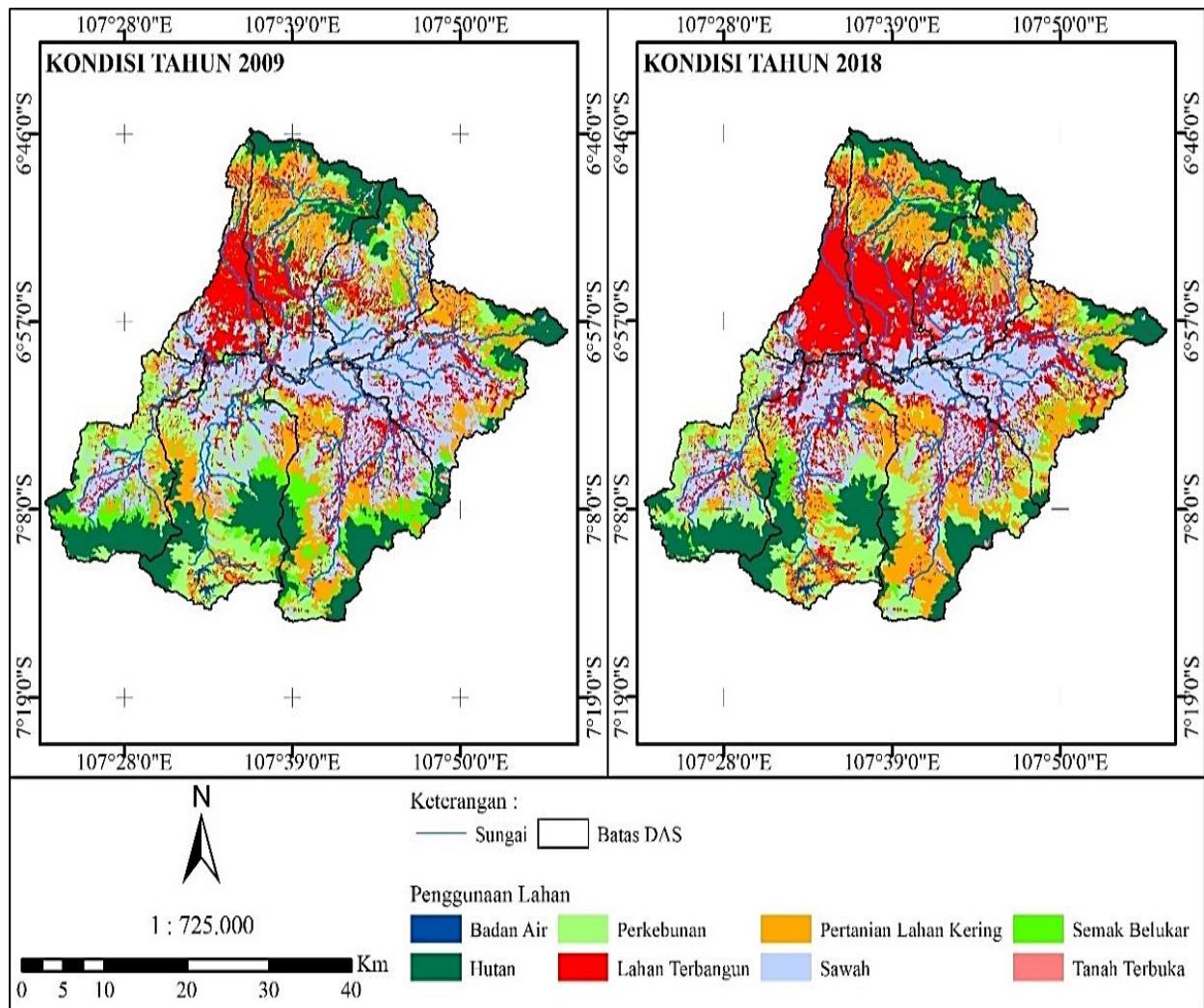
hulu Situ Cisanti hingga titik SPAS Nanjung adalah 70.2 km. Kelas kemiringan lereng dominan adalah kelas datar mencapai 44% dari luasan total DAS Citarum Hulu. Kelas kemiringan lereng lainnya adalah kelas landai (23,9%), kelas agak curam (22%), kelas curam (9,7%), dan kelas sangat curam (0,4%). Curah hujan wilayah rata-rata selama 10 tahun terakhir adalah 2.535 mm/tahun dan curah hujan terdistribusi tidak merata mengikuti kondisi topografi permukaan.

Pola Perubahan Tutupan Lahan di DAS Citarum Hulu

Hasil uji akurasi tergolong bagus sehingga dapat menggambarkan kondisi sebenarnya dengan nilai Kappa Accuracy (KA) sebesar 90,6%. Hal ini sejalan dengan penilaian nilai KA Congalton (1991); McHugh (2012), nilai KA yang dihasilkan *level of agreement* adalah *almost perfect*. Peta sebaran penggunaan lahan pada tahun 2009 dan 2018 disajikan pada Gambar 2 dan luas penggunaan lahan disajikan pada Tabel 3.

Penggunaan lahan dominan pada tahun 2009 adalah pertanian lahan basah atau sawah yang mencapai 27,1% dari total luas DAS Citarum Hulu. Penggunaan lahan yang mendominasi selanjutnya adalah hutan 29.529,1 ha (16,9%) dan pertanian lahan kering 28.787,7 ha (16,4%). Kondisi ini menjelaskan sebaran lahan pertanian kumulatif merupakan yang terluas di DAS Citarum Hulu. Lahan terbangun di DAS Citarum Hulu pada tahun 2009 memiliki luas mencapai 16% dari luas keseluruhan. Hal ini mengindikasikan lahan terbangun tersebar di beberapa batas administrasi. Area terbangun terpusat pada wilayah Kota Bandung, dan hal ini mendorong peningkatan kebutuhan lahan dan pengembangan wilayah sekitar menjadi tinggi. Jenis penggunaan lahan hutan tersebar di sekeliling batas DAS Citarum Hulu yang dicirikan atas daerah pegunungan dan bukit dengan kemiringan lereng agak curam (15–25%) hingga sangat curam (>40%).

Kondisi Das Citarum Hulu pada tahun 2018 terjadi peningkatan luas lahan terbangun dengan perubahan +39,7% dari kondisi pada tahun 2009. Perubahan yang paling pesat terjadi pada bagian wilayah yang berdekatan dengan Kota Bandung serta wilayah dengan slope datar (0–8%). Perubahan lahan terbangun yang meningkat terdiri atas pembangunan permukiman, industri, jalan, dan fasilitasnya.



Gambar 2 Peta penggunaan lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu pada tahun 2009 dan 2018.

Tabel 3 Penggunaan Lahan pada Tahun 2009 dan 2018 Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu

Penggunaan Lahan	Tahun 2009		Tahun 2018		Perubahan	
	ha	%	ha	%	ha	%
Sawah	47.501,5	27,1	39.258,6	22,4	-8.243	-17,4
Hutan	29.529,1	16,9	27.918,4	15,9	-1.611	-5,5
Pertanian lahan kering	28.787,7	16,4	32.535,0	18,6	+3.747	+13,0
Lahan terbangun	28.470,4	16,2	39.777,2	22,7	+11.305	+39,7
Perkebunan	26.054,5	14,9	27.716,4	15,8	+1.662	+6,4
Semak/belukar	13.073,1	7,5	5.125,8	2,9	-7.947	-60,8
Tanah terbuka	1.070	0,6	2.091,6	1,2	+1.022	+95,5
Badan air	672,4	0,4	736,0	0,4	+64	+9,5
Total	175.158,9	100	175.158,9	100		

Perubahan lahan menjadi lahan terbangun terjadi di DAS Citarum Hulu sejalan dengan kebutuhan penduduk yang terus meningkat. Peningkatan luas juga terjadi pada jenis penggunaan lahan pertanian lahan kering dan perkebunan masing masing sebesar +13%, dan +6,4% dari kondisi pada tahun 2009. Peningkatan lahan tersebut terjadi akibat konversi lahan lain di daerah berbukit. Penurunan lahan sawah sebesar -17,4%, hutan -5,5%, dan semak/belukar -60,8% dibandingkan dengan kondisi pada tahun 2009, yang mengindikasikan terjadi peralihan fungsi lahan yang besar secara simultan. Perubahan lahan

pertanian campuran dan sawah di DAS Citarum Hulu merupakan indikasi bahwa program pemerintah tentang lokasi lahan pertanian berkelanjutan (LPPB) belum efektif untuk menekan peralihan fungsi lahan pertanian dan degradasi lahan produktif.

Perubahan lahan terjadi pada kelas hutan yang mengalami pengurangan akibat deforestasi menjadi penggunaan lahan lainnya, seperti semak/belukar, perkebunan, bahkan pertanian lahan kering. Pengurangan luas hutan berpotensi terjadi karena keinginan masyarakat untuk membuka lahan usaha baru maupun mendapatkan nilai hasil hutan berupa

penebangan kayu. UU No.41 tahun 1999 menyebutkan bahwa minimal luas hutan dalam suatu DAS adalah 30%, sedangkan luas hutan DAS Citarum Hulu adalah 15,9% dari luas keseluruhan. Hal ini perlu menjadi perhatian bagi pemerintah daerah karena laju deforestasi terjadi akibat kurangnya pengendalian dan pengawasan. Hal ini dapat memengaruhi terus perubahan kondisi hidrologi pada DAS Citarum Hulu. Menurut Salim *et al.* (2019), tajuk pohon, cabang/ranting, perakaran, bahkan serasah lahan hutan dapat memperlambat laju aliran permukaan dan meningkatkan waktu air untuk meresap di permukaan tanah. Oleh karena itu, kelestarian hutan dalam suatu DAS berhubungan erat dengan ketersediaan air dan pengendalian banjir di bagian hilir DAS.

Hubungan perubahan penggunaan lahan terhadap debit sungai dilihat dengan membuat matriks transisi periode 2009–2018. Informasi perubahan lahan periode 2009–2018 disajikan dalam matriks transisi Tabel 4. Data matriks transisi menunjukkan perubahan lahan akan berhenti pada jenis lahan terbangun dan begitu besar peralihannya dari tahun 2009. Lahan terbangun adalah jenis penggunaan lahan yang hampir tidak mungkin mengalami perubahan ke penggunaan lahan lain. Jenis penggunaan lahan pertanian, perkebunan, area terbuka, dan semak belukar adalah jenis penggunaan lahan yang mudah berubah ke penggunaan lahan lain. Perubahan lahan menjadi hutan adalah kondisi peralihan lahan yang paling sulit terjadi perubahan

Pengaruh perubahan penggunaan lahan pada Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu

Total aliran debit air tahunan pada suatu DAS dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim (curah hujan dan potensi penguapan) dan karakteristik permukaan DAS (Zhang *et al.* 2018). Nilai KRA yang rendah

menandakan DAS mampu mempertahankan fungsi resapan dan pengendalian aliran Sungai. Nilai KRA yang besar menandakan terdapat gap yang besar antara debit minimum dan maksimum yang merupakan indikasi terjadi permasalahan respons hidrologi di permukaan DAS. Nilai KRA DAS Citarum Hulu pada periode 2009–2018 disajikan pada Tabel 5.

Respons hidrologi KRA DAS Citarum Hulu terlihat mengalami perubahan tiap tahunnya, rata-rata kondisi 10 tahunan adalah termasuk kelas rendah. Debit tertinggi Sungai Citarum tercatat pada tahun 2010 sebesar 606,3 m³/detik, sedangkan debit terendah terjadi pada tahun 2012 sebesar 4,3 m³/detik. Kategori nilai KRA pada tahun 2009 termasuk rendah, kemudian terjadi perubahan di tahun 2018 yang termasuk kelas sedang. Kondisi respons KRA DAS membaik pada tahun 2010–2017 dengan kategori sangat rendah. Kondisi ini menandakan gap debit maksimum dan minimum Sungai Citarum masih tergolong baik

Respons hidrologi DAS juga dilihat berdasarkan nilai KAT dimana dilihat berdasarkan besar curah hujan terhadap tebal aliran tahunan DAS Citarum Hulu. Nilai Koefisien Aliran Tahunan (KAT) DAS Citarum hulu pada periode 2009–2018 disajikan pada Tabel 6.

Curah hujan rata-rata wilayah selama 10 tahun terakhir adalah 2.514,2 mm. Tebal aliran tahunan pada tahun 2009 sebesar 651,8 mm dan tahun 2018 sebesar 615,0 mm. Nilai KAT DAS Citarum Hulu periode 2009–2018 termasuk kedalam kelas sedang. Nilai KAT terbesar terjadi pada tahun 2017 sebesar 0,39 dan nilai KAT terendah di tahun 2012 sebesar 0,26. Perbedaan nilai KAT ini menunjukkan ada permasalahan respon hidrologi DAS Citarum Hulu. Rataan respons KAT termasuk kelas sangat sedang. Respon DAS Citarum Hulu pada saat turun hujan akan cenderung lebih besar melimpas menuju badan air dibandingkan tertahan atau meresap.

Tabel 4 Matriks transisi perubahan penggunaan lahan Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu

PL 2009	Tahun 2018 (ha)									
	Ba	H	Pbn	At	Plk	Swh	Sb	Lk	Tot	
Ba	625	-	2	16	6	20	0,04	2,4	672	
H	-	26.013	1.715	5	1.118	60	619	-	29.529	
Pbn	0,04	921	15.555	3.112	3.370	2.524	417	154	26.055	
At	-	2	295	27.395	322	342	6	108	28.470	
Plk	-	439	2.194	1.442	22.672	492	1.244	305	28.788	
Swh	111	143	1.719	6.006	2.986	35.580	298	660	47.502	
Sb	-	383	6.156	1.694	2.054	241	2.543	0,3	13.073	
Lk	0	18	79	106	5	-	-	862	1.070	
Tot	736	27.918	27.716	39.777	32.535	39.259	5.126	2.092	175.159	

Keterangan: Ba = Badan Air; H = Hutan; Pbn = Perkebunan; At = Lahan Terbangun; Plk = Pertanian Lahan Kering; Swh = Sawah; Sb = Semak Belukar; dan Lk = Lahan Terbuka.

Tabel 5 Nilai koefisien regim aliran Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum Hulu

Thn	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Ave
Qmax	319,6	606,3	287,2	332,5	385,4	462,6	314,0	345,2	333,5	430,3	
Qmin	10,3	38,1	6,8	4,3	7,2	8,9	10,0	11,9	17,6	7,9	
KRA	30,9	15,9	42,3	77,3	53,9	51,9	31,4	29,1	18,9	54,3	40,6
Kelas	R	SR	R	S	S	S	R	R	SR	S	R

Keterangan: Satuan Qmax dan Qmin = m³/detik; Kelas SR = Sangat Rendah; R = Rendah; S = Sedang; T = Tinggi; dan ST = Sangat Tinggi.

Faktor besarnya nilai KAT DAS Citarum Hulu juga dipengaruhi oleh kelerengan permukaan lahan. Bentuk DAS Citarum Hulu dikelilingi bukit dan gunung dan bagian tengah DAS memiliki kelerengan yang landai hingga datar. Hal ini menyebabkan aliran permukaan lebih mudah terakumulasi ke dalam aliran Sungai Citarum. Dalam Yulianto *et al.* (2020) disebutkan bahwa beberapa wilayah kecamatan yang sering kali terdampak luapan sungai di antaranya Dayeuh Kolot, Baleendah, dan Bojongsoang. Hal ini diakibatkan oleh profil wilayah yang datar terhadap anak-anak sungai Citarum dan tidak jauh dari titik pertemuan aliran anak-anak sungai Citarum.

Peralihan fungsi lahan pertanian dan pemanfaatan lahan pertanian masih dijumpai pada area berbukit tanpa konservasi lahan memadai serta deforestasi hutan tiap tahunnya. Hal ini terlihat dari persamaan yang menunjukkan negatif pada variabel tebal aliran sungai. Menurut Auliyani (2020), praktik konservasi tanah dan air yang melibatkan pelaku usaha pertanian mampu mencegah lahan terdegradasi dan akan terus berkelanjutan.

Nilai KRA dan KAT mencerminkan bahwa terjadi permasalahan kondisi DAS Citarum Hulu yang harus segera dilakukan perbaikan. Pemanfaatan dan pembangunan di seluruh batas DAS Citarum sebaiknya mengikuti arahan Rencana Tata Ruang Wilayah Jawa Barat. RTRWP memiliki fungsi sebagai penyelaras kebijakan penataan ruang nasional, daerah, kabupaten/kota serta sebagai acuan bagi instansi pemerintah, pemerintah daerah, dan masyarakat untuk mengarahkan lokasi dan menyusun program pembangunan dalam pemanfaatan ruang (Listyarini 2018).

Pemanfaatan lahan sesuai arahan pola ruang RTRWP akan mampu mempertahankan kemampuan DAS Citarum Hulu dalam mengendalikan dan meresapkan aliran permukaan. Sitorus *et al.* (2019), menyebutkan bentuk pengendalian penggunaan lahan dapat dilakukan dengan cara memberikan imbalan insentif atau disinsentif dan penerapan sanksi terhadap pelaksanaan kegiatan pemanfaatan ruang. Pemberian insentif dapat berupa keringanan pajak dan kompensasi terhadap kegiatan yang sejalan dengan tata ruang. Adapun penerapan sanksi sebagai salah satu instrumen pengendalian yang ditujukan kepada setiap aktivitas pemanfaatan ruang yang tidak selaras dengan tata ruang.

Peralihan fungsi lahan pertanian dan pemanfaatan lahan pertanian masih dijumpai pada area berbukit tanpa konservasi lahan memadai serta deforestasi hutan tiap tahunnya. Hal ini terlihat dari persamaan yang menunjukkan negatif pada variabel tebal aliran sungai. Menurut Auliyani (2020), praktik konservasi tanah dan air yang melibatkan pelaku usaha pertanian mampu mencegah lahan terdegradasi dan akan terus berkelanjutan.

Nilai KRA dan KAT mencerminkan bahwa terjadi permasalahan kondisi DAS Citarum Hulu yang harus segera dilakukan perbaikan. Pemanfaatan dan

KESIMPULAN

Perubahan lahan pertanian dan semak belukar ke penggunaan lahan lain adalah yang paling luas terjadi, sedangkan lahan terbangun adalah jenis penggunaan lahan yang hampir tidak mengalami perubahan fungsi lahan. Peningkatan luas lahan terbangun dan penurunan luas hutan telah secara nyata meningkatkan tebal aliran sungai dan menurunkan resapan DAS Citarum Hulu. Faktor lain yang memengaruhi peningkatan fluktuasi debit sungai adalah kondisi lereng wilayah, pola curah hujan, serta teknik pengelolaan lahan. Pemanfaatan lahan di DAS Citarum dinilai belum sepenuhnya mengikuti arahan pola ruang RTRWP. Akibatnya terjadi permasalahan DAS dengan nilai rata-rata KRA sedang dan KAT tinggi selama periode 2009–2018. Oleh karena itu, solusi untuk mengembalikan fungsi hidrologi adalah dengan melakukan pengendalian perubahan penggunaan lahan yang mengikuti RTRWP. Hal ini akan mampu menjaga kelestarian fungsi hidrologi DAS Citarum Hulu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Diucapkan terima kasih kepada pembimbing dan Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan DAS IPB, BBWS Citarum, BPDAS Citarum, Pusair Bandung, dan Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN) yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Bapak Faisal dan Ibu Widiawati selaku orang tua penulis atas kesabarannya dan dukungannya selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Agaton M, Setiawan Y, Effendi H. 2016. Land use/land cover change detection in an urban watershed: a case study of upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*. 33: 654–660. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.120>
- Asdak C. 2014. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Auliyani D. 2020. Upaya Konservasi Tanah dan Air pada Daerah Pertanian Dataran Tinggi di Sub-Daerah Aliran Sungai Gandul. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 25(3): 382–387. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.3.382>
- Congalton RG. 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed

- Data. *Remote Sensing of Environment*. 37: 35–46. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-B](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-B)
- Hasan M, Sapei A, Purwanto J, Sukardi. 2011. Kajian Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air pada Daerah Aliran Sungai Citarum. *Jurnal Sumber Daya Air*. 7(2): 105-118
- Hidayat Y, Murti Laksono K, Wahjunie ED, Panuju DR. 2013. Pencirian Debit Aliran Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 18(2): 109–114.
- Listyarini D, Hidayat Y, Tjahjono B. 2018. Mitigasi Banjir DAS Citarum Hulu Berbasis Model Hec-Hms. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 20(1): 40–48. <https://doi.org/10.29244/jitl.20.1.40-48>
- [Menhut] Menteri Kehutanan Republik Indonesia. 2014. *Kriteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai, Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2014*. Jakarta (ID): Menteri Kehutanan Republik Indonesia.
- [Menhut] Menteri Kehutanan Republik Indonesia. 2014. *Monitoring Dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2014*. Jakarta (ID): Menteri Kehutanan Republik Indonesia.
- Mchugh ML. 2012. Interrater Reability The Kappa Statistic. *Biochermia Medica*. 22(3): 276–282. <https://doi.org/10.11613/BM.2012.031>
- Muin SF, Boer R, Suharnoto Y. 2015. Pemodelan Banjir dan Analisis Kerugian Akibat Bencana Banjir di DAS Citarum Hulu. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 39(2): 75–84.
- Salim AG, Dharmawan IWS, Narenda BH. 2019. Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(2): 333–340. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.333-340>
- Tarigan SD. 2009. Pengembangan Informasi Spasial Berbasis Web (Web GIS) untuk Sinergi Rehabilitasi DAS Kritis Nasional. Prosiding Seminar Nasional Himpunan Informatika Pertanian Indonesia. ISBN: 978-979-95366-0-7. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Triatmodjo B. 2016. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta (ID) : Beta Offset Yogyakarta.
- Utami WU. 2020. Karakteristik Hidrologi dan Pengelolaannya dengan Model Hidrologi SWAT Sub DAS Cisadane Hulu. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 25(3): 344–350. <https://doi.org/10.18343/ipi.25.3.342>
- Widiatmoko N, Tarigan SD, Wahjunie ED. Analisis Respon Hidrologi untuk Mendukung Perencanaan Pengelolaan Sub-DAS Opak Hulu, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 25(4): 503-514. <https://doi.org/10.18343/10.18343/jipi.25.4.503>
- Yulianto F, Suwarsono, Nugroho UC, Nugroho NP, Sunarmodo W, Khomarudin MR. 2020. Spatial-Temporal Dynamics Land Use/ Land Cover Change and Hazard Mapping in the Upstream Citarum Watershed, West Java, Indonesia. *Quaestiones Geographicae*. 39(1): 125-146. <https://doi.org/10.2478/quageo-2020-0010>
- Zhang L, Cheng L, Chiew F, Fu Bojie. 2018. Understanding The Impacts of Climate and Landuse Change On Water Yield. *Elsevier*. 33: 167–174. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.04.017>