



ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP RESPON HIDROLOGI MENGGUNAKAN MODEL SWAT DI DAS CISOKAN

Suci Nazhafa Atqiya¹, Dwi Rustam Kendarto², Kharistya Amaru³

¹²³Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran, Indonesia

e-mail: ^{1*}suci19003@mail.unpad.ac.id, ²dwi.r.kendarto@unpad.ac.id, ³kharistya@unpad.ac.id

**Corresponding Author*

Abstrak

Perubahan tutupan lahan merupakan variabel mendasar yang mempengaruhi perubahan lingkungan fisik dan manusia. Penelitian ini menganalisis perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi menggunakan Model *Soil Water Assesment Tool* (SWAT) di DAS Cisokan. Hasil analisis perubahan tutupan lahan pada tahun 2013-2018 menunjukkan pengurangan luas hutan, perkebunan, belukar, dan badan air. Pada periode 2018-2022 menunjukkan pengurangan luas sawah, lahan terbuka, dan pertanian lahan kering. Kondisi ini berpengaruh terhadap respon hidrologi di DAS Cisokan. Berdasarkan hasil analisis model SWAT, nilai *surface runoff* dan evapotranspirasi lebih tinggi dibandingkan nilai *groundwater* dan aliran lateral. Pada periode 2013-2018, nilai *surface runoff* meningkat, sedangkan aliran lateral, *groundwater*, dan evapotranspirasi menurun. Pada periode 2018-2022, nilai *surface runoff* menurun, sedangkan aliran lateral, *groundwater*, dan evapotranspirasi meningkat. Peningkatan lahan vegetasi dapat menurunkan nilai *surface runoff* dan meningkatkan nilai *baseflow* sehingga berpengaruh baik terhadap kondisi hidrologi. Sebagai upaya pengelolaan konservasi sumber daya air di DAS Cisokan yang optimal, perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi di DAS Cisokan menggunakan pendekatan model *Soil Water Assesment Tool* (SWAT).

Kata Kunci---Tutupan Lahan; Respon Hidrologi; DAS Cisokan.

Abstract

Land cover change is a fundamental variable that influences changes in both the physical and human environment. This research analyzes land cover changes and their hydrological responses using the Soil Water Assessment Tool (SWAT) model in the Cisokan Watershed. The analysis of land cover changes from 2013 to 2018 indicates a reduction in forest area, plantations, shrubs, and water bodies. In the period from 2018 to 2022, there is a decrease in paddy fields, open land, and dryland agriculture. These conditions impact the hydrological response in the Cisokan Watershed. Based on the SWAT model analysis, the values of surface runoff and evapotranspiration are higher compared to groundwater and lateral flow. During the 2013-2018 period, surface runoff increased, while lateral flow, groundwater, and evapotranspiration decreased. In the 2018-2022 period, surface runoff decreased, while lateral flow, groundwater, and evapotranspiration increased. Increasing vegetative cover can reduce surface runoff values

and enhance baseflow values, thus positively affecting hydrological conditions. To optimize water resource conservation management in the Cisokan Watershed, further research is needed to analyze land cover changes and their hydrological responses using the Soil Water Assessment Tool (SWAT).

Keywords---Land Cover; Hydrological Response; Cisokan Watershed.

I. PENDAHULUAN

Kawasan DAS Cisokan merupakan lokasi proyek pembangunan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA ini akan memanfaatkan potensi tenaga air Sungai Cisokan dan aliran anak sungai lain di sekitarnya dengan menggunakan tipe *pumped storage*. Proyek ini dibangun dengan membendung Sungai Cirumamis menjadi bendungan atas (*upper dam*) dan Sungai Cisokan hulu menjadi bendungan bawah (*lower dam*). (PLN, 2021). Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di sekitar Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisokan mengakibatkan perluasan daerah air, yang menyebabkan degradasi lahan garapan masyarakat sehingga berpotensi adanya perambahan lahan hutan. Alih fungsi lahan hutan juga berpotensi mengurangi peran hutan sebagai regulator hidrologi di Daerah Aliran Sungai, menyebabkan peningkatan *surface runoff* dan debit puncak. Kenaikan ini mungkin memicu luapan sungai karena saluran tidak dapat menampung beban aliran air yang tinggi, terutama dikarenakan debit air yang melimpah dari limpasan curah hujan yang meningkat di Daerah Aliran Sungai.

Kajian tentang analisis perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi telah dilakukan oleh Munggaran, et.al., (2017) di Sub DAS Cimanuk Hulu. Penggunaan model hidrologi SWAT di Sub DAS Cimanuk Hulu dapat memprediksi dan mensimulasikan debit aliran dengan baik NSE 0,56 (memuaskan) dan R^2 0,70 (baik). Hasil penelitian studi Marhaento, et.al., (2017) dengan model SWAT di Sub DAS Samin, menyatakan bahwa penggundulan hutan dan perluasan pemukiman meningkatkan debit tahunan rata-rata selama 24 tahun (1990-2013) yang disebabkan oleh peningkatan daerah kedap air, yang menyebabkan penurunan kapasitas infiltrasi air hujan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat diartikan sebagai kesatuan ruang yang terdiri atas unsur abiotik (tanah, air, udara), biotik (vegetasi, binatang dan organisme hidup lainnya) dan kegiatan manusia yang saling berinteraksi dan saling ketergantungan satu sama lain, sehingga merupakan satu kesatuan ekosistem, hal ini berarti bahwa pengelolaan hutan, tanah, air, masyarakat dan lain-lain harus memperhatikan peranan dari komponen-komponen ekosistem tersebut. (Abdul et Al., 2021).

Secara hidrologi, salah satu indikator untuk memperkirakan tingkat kekritisitas dan respon hidrologi suatu DAS dapat dinilai dari kemampuan DAS tersebut dalam merespon air hujan yang dapat diwakili oleh besarnya limpasan (Sancayaningsih *et.al.*, 2017). Besarnya limpasan tergantung pada kondisi fisik lahan, termasuk jenis vegetasi yang menutupi lahan tersebut, dan bagaimana manusia memperlakukan lahan tersebut (Sudarmadji *et.al.*, 2016). Secara kelembagaan, pengelolaan DAS perlu dilakukan secara terpadu dengan melibatkan masyarakat desa, *stakeholder*, instansi pemerintah yang mengawasi DAS dari hulu hingga hilir, serta organisasi perangkat daerah lainnya. (Narendra et al., 2021).

Peningkatan jumlah penduduk yang sejalan dengan meningkatnya kegiatan manusia diberbagai sektor terutama sektor ekonomi, sehingga kebutuhan akan sumber daya lahan juga akan meningkat (Teklay et al., 2021). Perubahan tutupan lahan merupakan variabel mendasar yang mempengaruhi perubahan lingkungan fisik dan manusia serta berdampak pada perubahan iklim (Kim et al., 2019). Perubahan tutupan lahan yang terjadi disebabkan oleh banyak faktor, termasuk faktor fisik dan manusia yang terdistribusi secara spasial (Näschen et al., 2019). Tutupan lahan dapat diartikan sebagai tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati dan merupakan hasil



pengaturan, aktifitas, dan perlakuan manusia (BSN, 2014). *Platform* berbasis *cloud* yang dapat digunakan untuk menganalisis dan memantau perubahan tutupan lahan adalah *Google earth engine* (GEE). GEE menggabungkan citra satelit, data geospasial, dan alat analisis otomatis untuk memungkinkan pengguna mendeteksi perubahan, memetakan tren, dan mengukur perbedaan di permukaan bumi. (Farda, 2017).

Respon hidrologi merupakan suatu reaksi dari suatu DAS dalam mengubah curah hujan yang masuk menjadi luaran dari karakteristik fisik DAS tersebut. Respon hidrologi diukur berdasarkan jumlah debit aliran (*flow out*), aliran permukaan (*surface runoff*), aliran bawah (*lateral flow*), aliran air tanah (*groundwater flow*) dan curah hujan (*precipitation*) langsung yang jatuh ke badan sungai (Nugroho, 2013).

Sebagai upaya pengelolaan kondisi sumber daya air di DAS Cisokan yang optimal, perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi di DAS Cisokan. Pendekatan atau model hidrologi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model *Soil Water Assessment Tool* (SWAT). Model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan dapat digunakan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan DAS (Junaidi dan Tarigan, 2012).

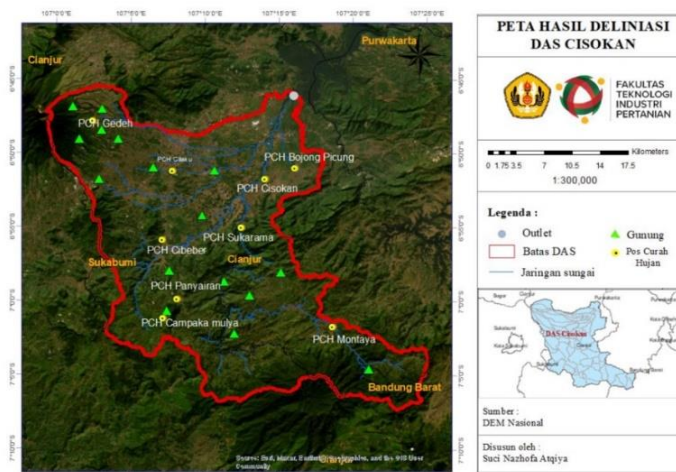
Penelitian ini bertujuan mengkaji dinamika perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi DAS Cisokan menggunakan model SWAT dalam

memprediksi debit aliran dan mengkaji kondisi DAS Cisokan berdasarkan karakteristik hidrologi.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga September 2023. Penelitian ini dilaksanakan di DAS Cisokan, Kabupaten Cianjur. DAS Cisokan terletak antara 106,986° - 107,4 10° BT dan 6,731° – 7,122° LS yang berbatasan di sebelah utara dengan Waduk Cirata, sebelah barat dengan Kabupaten Sukabumi, sebelah selatan dengan Sukanagara Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bandung Barat, serta sebelah timur dengan Kabupaten Bandung Barat. Wilayah DAS Cisokan memiliki luas sebesar 98.038,92 ha. Jaringan sungainya mengalir dari hulu hingga bermuara di hilir pada daerah Cirata. Berdasarkan topografi, DAS Cisokan dikelilingi oleh gunung dan perbukitan. Berdasarkan ketinggiannya, wilayah DAS Cisokan mempunyai ketinggian yang beragam dan tidak signifikan. Kelas ketinggian yang paling luas berada pada 250-500 m di atas permukaan laut (mdpl) dengan luas sebesar 380,89 km². Tutupan lahan DAS Cisokan didominasi oleh hutan dan sawah. Curah hujan berkisar pada nilai 59,83-341,084 mm (periode 2013-2022). Kemiringan lereng didominasi oleh kelas datar (0-8%) dengan luasan sebesar 53.685,43 ha. Jenis tanah didominasi oleh Kambisol Eutrik dengan luasan 26.550,25 ha, gleisol eutrik dengan luasan 13.589,23 ha, dan andosol eutrik dengan luasan 13.413,61 ha.



Gambar 1. Peta Wilayah DAS Cisokan
Sumber : Pengolahan *Data Elevation Model*, 2023

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah komputer dengan software ArcGIS 10.3 dengan tambahan ekstensi SWAT, *Global Positioning System* (GPS), *Google Earth Engine*, dan kamera digital. Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa data primer yang diperoleh dari observasi lapangan dan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber. Data sekunder berupa hasil analisis Citra *Landsat* 8 yang menampilkan tutupan lahan 2013, 2018, dan 2022. Data DEM (*Digital Elevation Model*) dari Badan Informasi Geospasial, data jenis tanah dan atributnya dari Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), data curah hujan dan debit harian DAS Cisokan periode 2013-2022 dari PT. PLN Nusantara Power UP Cirata, data klimatologi (2013-2022) dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

C. Metode

Tahapan kegiatan penelitian terdiri atas pengumpulan peta dan data, pengolahan data perubahan tutupan lahan, pengelolaan data model hidrologi SWAT, dan analisis model SWAT untuk meninjau perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi di DAS Cisokan.

1. Pengelolaan Data Perubahan Tutupan Lahan

Proses pengolahan data peta tutupan lahan menggunakan citra *landsat* 8 melalui *Google Earth Engine* menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan memanfaatkan bahasa pemrograman (*JavaScript*) yang merupakan salah satu *metode machine learning* yang telah disediakan *Google Earth Engine* (GEE). Kelas tutupan lahan dalam penelitian ini telah disesuaikan dengan kebutuhan masukan model SWAT yaitu Pemukiman (URHD), Hutan (FRSE), Sawah (RICE), Pertanian Lahan Kering (AGRR), Lahan Terbuka (BARR), Perkebunan (FRST), Semak (RNGB) dan Badan Air (WATR). Tahapan yang dilakukan yaitu cropping citra untuk memangkas daerah penelitian membentuk *Region of Interest*, kombinasi *band* untuk membentuk tampilan citra berwarna (*composite*) menggunakan 3 *band* citra, interpretasi citra untuk mengklasifikasikan *pixel* berdasarkan nilai spektralnya, koreksi citra untuk mentransformasi citra sehingga memiliki sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi.

2. Pengelolaan Data Model Hidrologi SWAT

Dalam model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*), proses *watershed delineation* menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) untuk membentuk jaringan sungai dan membagi dan membatasi DAS berdasarkan luas threshold yang ditentukan. Deliniasi DAS dilakukan secara otomatis melalui *Automatic Watershed Delineation* (AWD), mencakup langkah-langkah seperti penentuan outlet dan jaringan sungai. Selanjutnya, pembentukan *Hydrologic Response Unit* (HRU) dengan mengoverlay data dan peta tutupan lahan, topografi, serta jenis tanah. Langkah terakhir, basis data iklim harian model SWAT didasarkan pada input data iklim seperti curah hujan, kelembaban, temperatur, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Data curah hujan dan suhu menggunakan format teks (.txt).

3. Analisis Model SWAT

Analisis model SWAT dilakukan untuk melihat hasil simulasi prediksi harian dengan variasi tutupan lahan. Selanjutnya

dilakukan kalibrasi dengan mengubah parameter sensitif model SWAT sehingga output simulasi dapat mendekati nilai observasi. Output simulasi meliputi aliran permukaan, *baseflow*, dan debit sungai (*flow out*) harian. Kemudian dilakukan validasi kembali untuk melihat konsistensi dari nilai parameter koreksi yang digunakan dalam proses kalibrasi. Kriteria yang digunakan untuk validasi model adalah koefisien determinasi (R^2), dan koefisien *Nash-Sutcliffe* (NSE).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan lahan dalam penelitian ini dianalisis menggunakan citra satelit landsat 8 tahun 2013, 2018, dan 2022. Setiap tutupan lahan mengalami perubahan luasan pada seluruh tahun yang dianalisis. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, persentase perubahan tutupan lahan yang terjadi di DAS Cisokan dapat ditinjau pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Perubahan Tutupan lahan

No	Tutupan Lahan	Tahun 2013		Tahun 2018		Tahun 2022	
		Luas		Luas		Luas	
		ha	%	ha	%	ha	%
1	Hutan	46.052,92	46,97	36.517,59	37,25	43.392,66	44,26
2	Kebun	5.168,47	5,27	3.155,68	3,22	3.742,10	3,82
3	Sawah	20.074,87	20,48	28.338,77	28,91	26.668,46	27,20
4	Pemukiman	5.047,84	5,15	5.146,02	5,25	5.638,15	5,75
5	Belukar	1.745,09	1,78	524,65	0,54	1.951,30	1,99
6	Lahan terbuka	35,16	0,04	157,78	0,16	82,24	0,08
7	Badan Air	51,36	0,05	20,61	0,02	119,34	0,12
8	Pertanian Lahan kering	19.863,21	20,26	24.177,82	24,66	16.444,67	16,77

Sumber : Hasil Interpretasi Citra *Landsat*

Pada periode 2013-2018, terjadi konversi tutupan lahan di DAS Cisokan didominasi oleh perubahan hutan menjadi pertanian lahan kering. Lahan pertanian berkembang untuk kebutuhan sosial dan

ekonomi masyarakat. Komoditas pertanian yang berkembang yaitu jagung, kedelai, kacang tanah, ubi kayu, ubi jalar, dan lainnya. Selanjutnya, pada periode 2018-2022, perubahan tutupan lahan didominasi



oleh perubahan pertanian lahan kering menjadi sawah, yang disertai peningkatan luas tutupan lahan pemukiman. Peningkatan tutupan lahan pemukiman dapat menjadi indikator pertumbuhan populasi di wilayah DAS Cisokan, dengan dampak peningkatan kebutuhan ekonomi dan sosial masyarakat, terutama dalam pemanfaatan lahan sawah untuk kebutuhan pangan. Distribusi perubahan tutupan lahan dapat ditinjau pada Tabel 2 & 3.

Tutupan lahan hutan memiliki luasan yang paling besar dibanding dengan tutupan hutan lainnya. Deforestasi pada tahun 2013-2018 di DAS Cisokan sebagian besar terjadi akibat konversi lahan hutan menjadi lahan perkebunan seluas 979,5 ha. menjadi pertanian seluas 7246,34 ha dan sawah seluas 6331,95 ha (bersifat sementara). Sistem penanaman hutan yang diselingi dengan tanaman pertanian (tumpangsari) dan sawah menjadikan hutan yang telah ditebang menyerupai tutupan lahan pertanian dan sawah. Penebangan hutan pada area petak tertentu mengakibatkan areal hutan berubah menjadi lahan terbuka seluas 113,74 ha dan semak belukar 126,11 ha. Pesatnya laju pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi menjadikan kebutuhan lahan untuk pemukiman dan aktivitas manusia meningkat. Hal ini menjadi faktor utama yang memicu terjadinya konversi lahan khususnya dari lahan pertanian menjadi non pertanian. Konversi lahan hutan menjadi pemukiman seluas 94,53 ha, lahan perkebunan menjadi pemukiman seluas 80,02 ha, lahan pertanian

menjadi pemukiman seluas 419,18 ha, lahan sawah menjadi pemukiman seluas 1035,35 ha, lahan terbuka menjadi pemukiman 4,09 ha dan lahan semak belukar menjadi pemukiman seluas 1,68 ha.

Deforestasi lahan periode 2018-2022 sebesar 4.461,68 ha dengan rata-rata deforestasi sebesar 1.115,42 ha/tahun. Deforestasi di DAS Cisokan sebagian besar terjadi seperti periode sebelumnya bahwa terjadi konversi lahan hutan menjadi areal perkebunan seluas 1049,73 ha. Perubahan tutupan lahan hutan menjadi pertanian seluas 1823,3 ha dan sawah seluas 1109,17 ha ini bersifat sementara (tidak permanen), konversi pada lahan pertanian ini lebih besar dibandingkan lahan perkebunan karena sistem penanaman hutan yang diselingi tanaman pertanian (tumpangsari) mengakibatkan terjadi penambahan lahan pertanian. Penebangan mengakibatkan areal hutan berubah menjadi lahan terbuka seluas 10,1 ha dan semak belukar 447,12 ha (bersifat sementara). Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan peningkatan jumlah ruangan untuk pemukiman dan tempat kegiatan. Hasil distribusi perubahan tutupan lahan menunjukkan bahwa terjadinya konversi lahan hutan menjadi pemukiman seluas 22,2 ha, lahan perkebunan menjadi pemukiman seluas 10,45 ha, lahan pertanian menjadi pemukiman seluas 914,01 ha, lahan sawah menjadi pemukiman seluas 892,1 ha, lahan terbuka menjadi pemukiman 0,87 ha dan lahan semak belukar menjadi pemukiman seluas 0,42 ha.



Tabel 2. Distribusi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2013-2018

Tutupan Lahan		2018 (ha)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
2013 (ha)	(1) Pertanian	10.387,09	23,95	3.159,39	1.146,31	4.497,33	229,72	419,18	0,25	19.863,22
	(2) Lahan terbuka	21,08	0,34	3,81	2,12	3,54	0,18	4,09		35,16
	(3) Hutan	7.246,34	113,74	31.160,41	979,5	6.331,95	126,11	94,53	0,32	46.052,9
	(4) Kebun	2.522,42	6,9	1.358,61	749,21	387,15	64,18	80,02		5.168,49
	(5) Sawah	2.163,78	9,86	406,5	166,35	16.278,74	5,43	1.035,35	9,35	20.074,86
	(6) Belukar	1.130,43	2,34	389,11	97,42	26,12	97,99	1,68		1.745,09
	(7) Pemukiman							5.047,84		5.047,84
	(8) Badan air	0,3		0,25	0,05	40,58			10,18	51,36
	TOTAL	23.471,44	160,94	35.678,41	3.140,96	27971,41	912,72	6.682,69	20,35	98.038,92

Sumber : Pengolahan Cross Tabulation Tutupan Lahan, 2023

Tabel 3. Distribusi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2018-2022

Tutupan Lahan		2022 (ha)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
2018 (ha)	(1) Pertanian	10765,2	36,48	6575,88	1655,44	3214,64	1015,74	914,01	0,38	24177,77
	(2) Lahan terbuka	24,8	0,53	79,77	5,02	45,16	1,63	0,87		157,78
	(3) Hutan	1823,3	10,08	32055,71	1049,73	1109,17	447,12	22,22	0,06	36517,39
	(4) Kebun	751,47	7,54	1185,37	675,69	238,51	286,69	10,45		3155,72
	(5) Sawah	2530,89	20,11	3277,25	277,21	21144,78	92,09	892,1	104,3	28338,77
	(6) Belukar	138,44	0,28	196,62	76,81	6,57	105,52	0,42		524,66
	(7) Pemukiman							5146,03		5146,03
	(8) Badan air	0,88		0,19		4,97		0,01	14,56	20,8
	TOTAL	16034,98	154,79	39816,96	3739,9	29041,05	2145,41	6986,11	119,7	98.038,92

Sumber : Pengolahan Cross Tabulation Tutupan Lahan, 2023

Hasil simulasi Model SWAT menunjukkan nilai yang kurang baik yaitu nilai NSE sebesar 0,35 dan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.44. Nilai NSE diperoleh dengan cara membandingkan data debit simulasi dan debit observasi periode tahun 2013-2016.

Parameter SWAT digunakan untuk mempengaruhi hasil output model debit agar mendekati debit observasi. Parameter untuk kalibrasi memiliki sensitif terhadap debit aliran dan aliran permukaan, meliputi metode penuluruhan air pada aliran sungai (*routing*), parameter *baseflow*, parameter saluran sungai utama dan HRU. Beberapa

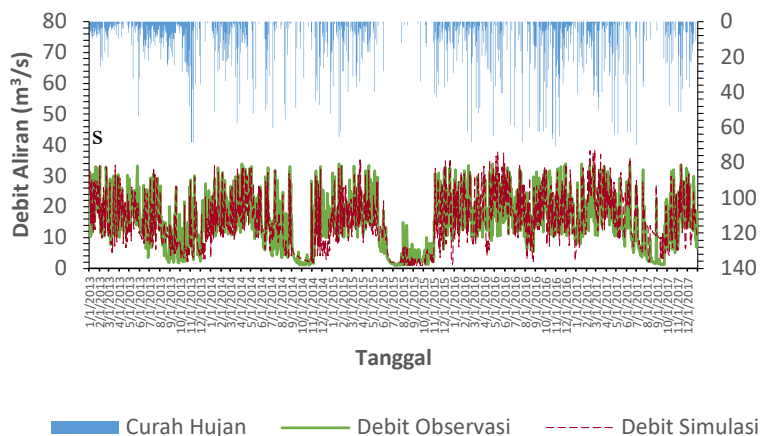
parameter yang digunakan dalam model SWAT ini seperti CN2, SOL_AWC, ESCO, EPCO, CH_N(2), dan SURLAG dapat berpengaruh terhadap jumlah aliran permukaan (*surface runoff*). (Arnold *et al.* 2012). Parameter lainnya seperti ALPHA_BF, GW_REVAP, GW_DELAY, GW_QMN, CH_N(2), dan REVAPMN dapat berpengaruh terhadap aliran dasar (*base flow*). (Arnold *et al.* 2012). Parameter sensitif yang diubah dapat dilihat pada Tabel 4.

Proses kalibrasi dilakukan pada tahun 2013-2017 dengan menggunakan *warming up* sebanyak 2 tahun yaitu 2010--2012. Hasil

kalibrasi menunjukkan nilai NSE sebesar 0,58 (memuaskan) dan R^2 (koefisien determinasi) 0,62 (kategori sedang). Hidrograf debit simulasi dan observasi hasil kalibrasi harian ditunjukkan pada Gambar 2. Sebaran debit simulasi dan observasi hasil kalibrasi harian ditunjukkan pada Gambar 3.

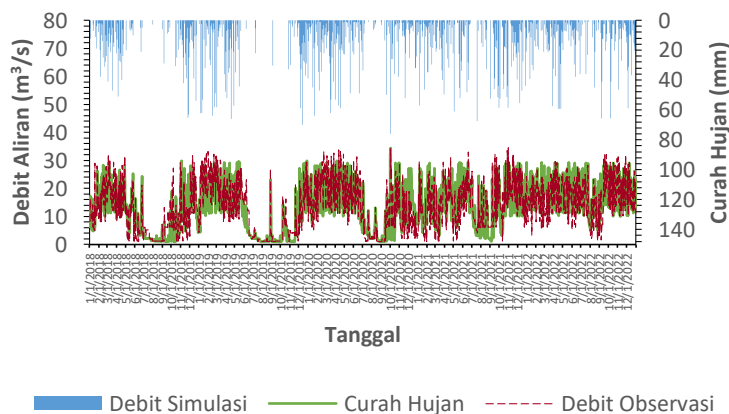
Proses validasi dilakukan pada tahun 2018 – 2022 dengan menggunakan *warming up* sebanyak 3 tahun yaitu 2015-2017. Konsistensi Model SWAT terlihat dari nilai NSE sebesar 0,69 (kategori baik) dan nilai

koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,71 (kategori tinggi). Hasil validasi menunjukkan nilai yang lebih baik dari pada kalibrasi. Berdasarkan kriteria uji akurasi Moriassi, et al., (2007), model SWAT ini dapat dilanjutkan untuk melakukan analisis hidrologi di DAS Cisokan. Hidrograf debit simulasi dan observasi hasil validasi harian dapat ditinjau pada Gambar 4. Sebaran debit simulasi dan observasi hasil validasi harian dapat ditinjau pada Gambar 5.



Gambar 2. Hidrograf debit simulasi dan observasi hasil kalibrasi

Sumber : Pengolahan hasil analisis SWAT, 2023

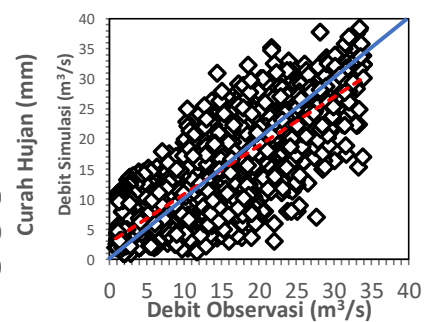


Gambar 4. Hidrograf Debit Simulasi Dan Observasi Hasil Validasi

Sumber : Pengolahan hasil analisis SWAT, 2023

Perubahan tutupan lahan Daerah Aliran Sungai dapat ditinjau dari aspek hidrologi yang berpengaruh langsung terhadap

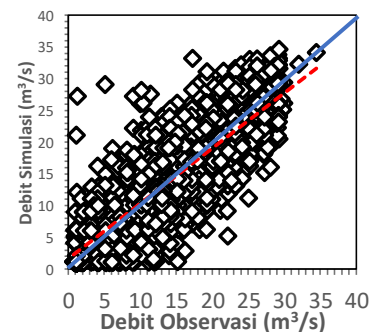
karakteristik tutupan lahan, sehingga akan mempengaruhi sistem tata air DAS. Respon hidrologi yang dianalisis berdasarkan



Gambar 3. Sebaran debit simulasi dan observasi hasil kalibrasi

Sumber :

Pengolahan hasil analisis SWAT, 2023



Gambar 5. Sebaran Debit Simulasi Dan Observasi Hasil Validasi

Sumber :

Pengolahan hasil analisis SWAT, 2023

dampak adanya perubahan tutupan lahan, diantaranya aliran permukaan (*surface runoff*), debit aliran (*flow out*), aliran dasar

(*baseflow*), *groundwater*, dan evapotranspirasi. Respon hidrologi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 6.

Tabel 4. Respon Hidrologi pada Perubahan Tutupan Lahan di DAS Cisokan

Parameter Hidrologi	2013	2018	2022
	mm/tahun	mm/tahun	mm/tahun
PRECIP	1973,4		
SURF	814,01	865,57	841,58
LAT	245,93	231,28	244,74
GW	318,83	282,66	306,69
PET	651,6	587,41	651,6
WYLD	1378,76	1379,5	1393,01

Sumber : Hasil analisis SWAT, 2023

Keterangan : PRECIP : Hujan

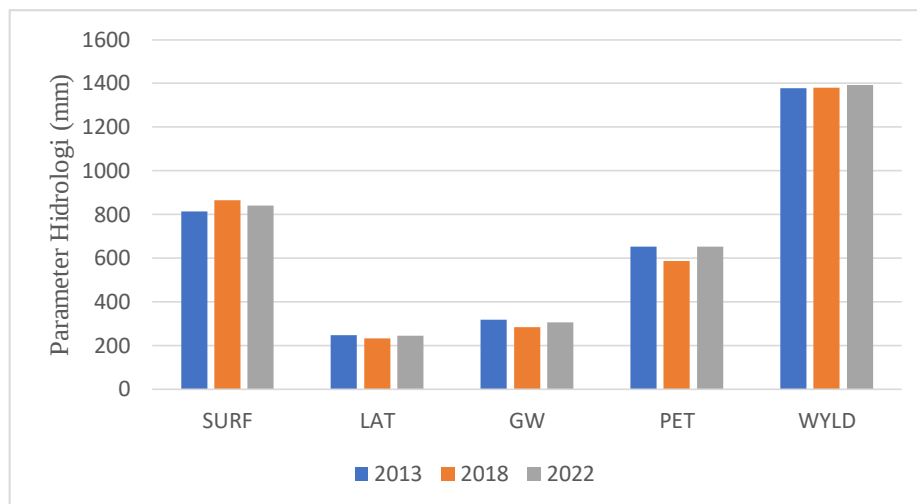
SURF : Aliran Permukaan

LAT : Aliran Lateral

GW : Air Tanah

PET : Evapotranspirasi

WYLD : Hasil air



Gambar 6. Respon Hidrologi pada Perubahan Tutupan Lahan di DAS Cisokan

Sumber : Hasil analisis SWAT, 2023

Ketersediaan air pada tahun 2013 mengalami peningkatan pada tahun 2018 dan 2022. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun curah hujannya sama pada tiap periode yaitu 1973,34 mm/tahun, tetapi kondisi tutupan lahan yang berbeda menyebabkan ketersediaan air berfluktuasi. Berdasarkan hasil penelitian, pada setiap periode tutupan lahan, nilai *surface runoff* dan evapotranspirasi lebih besar dari

groundwater dan aliran lateral. Pada periode 2013-2018 terjadi peningkatan nilai *surface runoff* dari 814.01 mm/tahun menjadi 865.57 mm/tahun. Hal ini karena terjadi peningkatan luas lahan terbuka sebesar 122,62 ha dan peningkatan luas pemukiman sebesar 98,18 ha. Adanya peningkatan luas pemukiman menyebabkan peningkatan *surface runoff*, karena daerah pemukiman merupakan kawasan daerah kedap air karena



bangunan-bangunan tersebut umumnya terbuat dari semen, batu-bata, maupun beton sehingga sulit menyerap air (Staddal, 2016).

Pada periode tahun 2018-2022 *surface run off* mengalami penurunan dari 865.57 mm/tahun pada tahun 2018 menjadi 841.58 mm/tahun pada tahun 2022, hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan lahan vegetasi seperti hutan yang meningkat sebesar 6874,94 ha, perkebunan meningkat sebesar 586,42 ha, dan semak belukar belukar sebesar 1426,65 ha. Peningkatan tutupan lahan bervegetasi menyebabkan adanya peningkatan infiltrasi yang ditunjukkan oleh nilai *baseflow* yaitu aliran lateral pada periode 2018-2022, dengan nilai

sebesar 231.28 mm/tahun meningkat menjadi 244,74 mm/tahun. Pada periode ini terjadi penurunan *surface runoff*, sehingga menunjukkan indikasi DAS Cisokan yang lebih baik.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.61/Menhut-II/2013, Koefisien Rezim Aliran (KRA) merupakan perbandingan debit maksimum (Q_{maks}) dan debit minimum (Q_{min}) sebagai salah satu indikator apakah DAS berfungsi sebagai prosesor yang baik atau tidak. Berdasarkan data tutupan lahan pada periode tahun 2013, 2018, dan 2022, hasil kriteria koefisien rezim aliran dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap fluktuasi debit DAS Cisokan tahun 2013, 2018, dan 2022

No	Tutupan Lahan	Debit sungai		KRA	Kriteria
		$Q_{max}(m^3/s)$	$Q_{min}(m^3/s)$		
1,	Tutupan Lahan 2013	32,08	0,51	62,9	sedang
2,	Tutupan Lahan 2018	37,43	0,46	81,37	tinggi
3,	Tutupan Lahan 2022	34,44	0,48	71,75	sedang

Sumber : Pengolahan Nilai KRA, 2023

Nilai koefisien rezim aliran pada periode 2013-2018 mengalami peningkatan dari 62.9 menjadi 81,37. Hal ini dikarenakan adanya perubahan tutupan lahan hutan, kebun, dan semak belukar belukar yang luasannya menurun sehingga berdampak terhadap kapasitas infiltrasi dan dapat meningkatkan nilai aliran permukaan. Hasil analisis Koefisien Rezim aliran pada periode 2018-2022 mengalami penurunan dari 81,37 menjadi 71,75. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan hutan, kebun, dan semak belukar belukar yang luasannya meningkat. Berdasarkan KRA, DAS Cisokan menunjukkan kinerja sedang pada periode 2018-2022. Menurunnya nilai KRA pada periode tutupan lahan 5 tahun terakhir menunjukkan terjadi peningkatan kinerja DAS Cisokan.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah penggunaan model hidrologi SWAT di DAS Cisokan dapat menganalisis respon hidrologi dengan baik karena pada tahap kalibrasi menunjukkan nilai NSE sebesar 0,58 dan R^2 sebesar 0,64 dan pada tahap validasi menunjukkan nilai NSE sebesar 0,69 dan R^2 sebesar 0,71. Respon hidrologi dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan seperti hutan, sawah, pertanian lahan kering, perkebunan, belukar, pemukiman, lahan terbuka, dan badan air. Peningkatan lahan vegetasi dapat menurunkan nilai *surface runoff* dan meningkatkan nilai *baseflow* seperti ditunjukkan pada periode tutupan lahan 2013-2018, sedangkan peningkatan lahan non vegetasi seperti pemukiman dapat



meningkatkan nilai *surface runoff* dan menurunkan nilai *baseflow* seperti ditunjukkan pada periode tutupan lahan 2018-2022.

V. SARAN

Saran untuk menindaklanjuti penelitian ini adalah:

1. Perlu adanya data input klimatologi dan tutupan lahan yang lebih detail sesuai dengan kebutuhan model SWAT sehingga dapat merepresentasikan kondisi hidrologi di DAS Cisokan; dan
2. Perlu adanya konservasi pada lingkungan DAS Cisokan untuk menjaga kondisi hidrologis DAS Cisokan.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Abdul Maulud, K. N., Fitri, A., Wan Mohtar, W. H. M., Wan Mohd Jaafar, W. S., Zuhairi, N. Z., & Kamarudin, M. K. A. (2021). *A study of spatial and water quality index during dry and rainy seasons at Kelantan River Basin, Peninsular Malaysia*. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(2).

Farda, N. M. (2017). *Multi-temporal Land Use Mapping of Coastal Wetlands Area using Machine Learning in Google Earth Engine*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 98(1).

Junaidi, E. dan S.D. Tarigan. (2012). *Penggunaan Model Hidrologi SWAT (Soil and Water Assessment Tool) dalam Pengelolaan DAS Cisadane*. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 9 (3) : 221 – 239.

Kim, I., Arnhold, S., Ahn, S., Le, Q.B., Kim, S.J., Park, S.J. and Koellner, T. (2019). *Land use change and*

ecosystem services in mountainous watersheds. *Environmental Modelling & Software*, 122:103982.

Munggaran, G., Hidayat, Y., Tarigan, S.D., Baskoro, D.P.T. (2017). *Analisis Respon Hidrologi dan Simulasi Teknik Konservasi Tanah Dan Air Sub DAS Cimanuk Hulu*. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 25–31.

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Liew, M. W. Van, Bingner, R. L., Harmer, R. D., & Veith, T. L. (2008). *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulation*. *Colombia Medica*, 39(3), 227–234.

Narendra, B. H., Siregar, C. A., Dharmawan, I. W. S., Sukmana, A., Pramono, I. B., Basuki, T. M., Yudono, H., Hadi, S., & Supangat, A. B. (2021). *A Review on Sustainability of Watershed Management in Indonesia*. 1–29.

Perusahaan Listrik Negara. Fakultas Teknologi Industri Pertanian UNPAD. (2021). *Executive Summary Upper Cisokan Pumped Storage Environmental and Social Impact Assessment (ESIA)*. Bandung : PLN Unit Induk Pembangunan Jawa Bagian Tengah I.

Sancayaningsih, R. P., Suprayogi, S., Purnomo, Trijoko, Semiarti, E., Fatchurohman, H., Hartantyo, R. H., & Kusumadewi, A. (2017). *Pengelolaan Ekosistem DAS di Kabupaten Gianyar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sudarmadji, Hadi, M. P., Widyastuti, M. (2016). *Pengelolaan Sumberdaya*



Air Terpadu. Yogyakarta: Gadjah
Mada University Press.

Teklay, A., Dile, Y.T., Asfaw, D.H., Bayabil,
H.K. and Sisay, K. (2021). *Impacts
of climate and land use change on
hydrological response in Gumara
Watershed, Ethiopia*. *Ecohydrology
& Hydrobiology*, 21(2).