



Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Respon Hidrologi di Sub Daerah Aliran Sungai Cimeta Menggunakan Model *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT)

Eka Kusuma Putra^{1*}, Kharistya Amaru², Dwi Rustam Kendarto³

^{1,2,3}Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jawa Barat, Indonesia

ARTIKEL INFO

Sejarah artikel
Diterima 30/10/2023
Diterima dalam bentuk revisi 18/12/2023
Diterima dan disetujui 12/02/2024
Tersedia online 04/06/2024
Terbit 21/06/2024

Kata kunci
Daerah aliran sungai
Hidrologi
Model SWAT
Perubahan tutupan lahan
Respon hidrologi

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan berupa tutupan lahan yang tidak terencana dapat menyebabkan kerusakan pada suatu Daerah Aliran Sungai, yang diindikasikan dengan adanya kondisi hidrologi yang menurun. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi berupa nilai aliran permukaan, aliran lateral, air tanah dan debit aliran menggunakan *Model Soil and Water Assessment Tool* (SWAT). Kondisi tutupan lahan menggunakan citra satelit landsat pada tahun 2000, 2015 dan 2022. Klasifikasi tutupan lahan menghasilkan 8 kelas tutupan lahan menggunakan *Google Earth Engine* dengan tingkat akurasi *Kappa Index* tahun 2000, 2015, 2022 adalah 78.18%, 86.88%, 88.82%. Hasil tersebut memenuhi nilai kriteria kepuasan *Kappa Index* untuk digunakan dalam proses simulasi model SWAT. Terjadi peningkatan tutupan lahan Pemukiman, Lahan Terbuka dan Hutan pada tahun 2000-2022, yaitu sebesar 182.47 ha, 831.06 ha, dan 2469.85 ha. Simulasi Model SWAT dilakukan pada tahun 2015-2022, serta dilakukan kalibrasi dengan uji statistik koefisien determinasi (R^2) dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) dengan nilai 0.66 dan 0.58 yang menunjukkan hasil memuaskan. Respon hidrologi di Sub Daerah Aliran Sungai Cimeta ditunjukkan dengan terjadinya peningkatan nilai aliran permukaan dan penurunan aliran air tanah sebesar 686.44 dan 241.08 mm/tahun pada tahun 2000, 714.45 dan 227.9 mm/tahun pada tahun 2015, 731.66 dan 222.54 mm/tahun pada tahun 2022. Debit aliran di Sub Daerah Aliran Sungai Cimeta termasuk dalam kategori sedang yang artinya Sub Daerah Aliran Sungai Cimeta menunjukkan pola aliran yang relatif konsisten dengan perubahan yang tidak terlalu berfluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau.

© 2024 Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari



ABSTRACT

Land use change in the form of unplanned land cover can cause damage to a watershed, which is indicated by the presence of declining hydrological conditions. This study was conducted to determine the effect of land cover change on hydrological responses in the form of surface flow, lateral flow, groundwater and flow discharge values using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. Land cover conditions using Landsat satellite images in 2000, 2015 and 2022. Land cover classification resulted in 8 land cover classes using Google Earth Engine with Kappa Index accuracy levels in 2000, 2015, 2022 of 78.18%, 86.88%, 88.82%. These results meet the Kappa Index satisfaction criteria value to be used in the SWAT model simulation process. There was an increase in land cover of Settlement, Open Land and Forest in 2000-2022, which amounted to

182.47 ha, 831.06 ha, and 2469.85 ha. The SWAT Model simulation was carried out in 2015-2022, and calibration was carried out with statistical tests of the coefficient of determination (R^2) and Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) with values of 0.66 and 0.58 which showed satisfactory results. The hydrological response in Cimeta Subwatershed is shown by the increase of surface flow and decrease of groundwater flow by 686.44 and 241.08 mm/year in 2000, 714.45 and 227.9 mm/year in 2015, 731.66 and 222.54 mm/year in 2022. The flow discharge in the Cimeta Sub-watershed is included in the medium category, which means that the Cimeta Sub-watershed shows a relatively consistent flow pattern with changes that are not too fluctuating between the rainy season and the dry season.

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daratan yang dibatasi oleh punggung – punggung bukit atau gunung yang dapat menyimpan, menampung dan mengalirkan air yang berasal dari air hujan ke danau atau laut melalui sungai utama (Asdak, 2010). Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimeta termasuk ke dalam DAS Citarum bagian tengah yang terletak di wilayah Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Sub DAS Cimeta memiliki luas sekitar 168.74 km² (Wicaksono, 2019) dengan wilayah administratif yang mencakup beberapa kecamatan di Kabupaten Bandung Barat, di antaranya Kecamatan Cimahi Selatan, Cipatat, Padalarang dan Ngamprah dengan curah hujan rata-rata tahunan <1500–3500 mm/tahun. Sub DAS Cimeta memiliki karakteristik topografi pegunungan dan perbukitan (Legowo et al., 2006). Sub Cimeta merupakan salah satu wilayah penting di Kabupaten Bandung Barat yang memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan kehidupan masyarakat di sekitarnya. Sungai Cimeta yang terdapat di DAS Cimeta dimanfaatkan menjadi sumber air bersih dan industri kota Padalarang dan Ngamprah, air irigasi untuk

beberapa Daerah Irigasi seluas 825 ha (PUPR, 2014), dan sebagai penyuplai air bagi Waduk Cirata yang bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan air baku bagi masyarakat, pemasok air irigasi dan sebagai pencegah banjir serta penyedia energi listrik (Wicaksono, 2019).

Namun, Sub DAS Cimeta masih menghadapi beberapa masalah yang perlu diatasi. Sebagai Sub DAS pemasok air bagi Waduk Cirata, menurut studi yang telah dilakukan oleh pihak PT PJB BPWC Sungai Cimeta menghasilkan sedimentasi terbesar yang masuk ke Waduk Cirata yang dipengaruhi oleh tingginya laju erosi yang disebabkan oleh perubahan tata guna lahan di daerah hulu. Sedimentasi yang dihasilkan Sub DAS Cimeta adalah sebesar 934.714,322 ton/tahun (Aditya et al., 2017). Berdasarkan analisis tutupan lahan, Sub DAS Cimeta didominasi oleh kelas penggunaan lahan ladang dan kebun masing-masing sebesar 3.721,84 ha (26,6%) dan 3.229,30 ha (23,08%) dari total luas Sub DAS Cimeta. Sedangkan luas hutan di Sub DAS Cimeta hanya (9,07%) atau 1.269,99 ha dari total luas sub DAS Cimeta (Nurrohman & Adlina, 2018). Luasan hutan yang minimal ini berpotensi meningkatkan

aliran permukaan dan menyumbang angka sedimentasi yang tinggi bagi Waduk Cirata. Selain itu, pada tahun 2018 didapatkan hasil analisis debit banjir Sungai Cimeta adalah sebesar 85.42 m³/s. Besarnya debit banjir dipengaruhi oleh perubahan tata guna lahan dari hutan campuran menjadi area pertanian lahan kering campuran (Nurrochman *et al.*, 2018). Tingkat pencemaran air yang dilakukan pada penelitian Cahyaningsih & Harsoyo (2010) menunjukkan Sub DAS Cimeta termasuk ke dalam tercemar berat dengan sumber pencemar berasal dari daerah pemukiman dan industri. Hal tersebut menyebabkan keberlangsungan hidup manusia dan ekosistem yang ada di sekitar DAS Cimeta menjadi terancam dan potensi airnya kurang dimanfaatkan secara efektif dan efisien.

Perubahan penggunaan lahan berupa tutupan lahan yang tidak terencana dapat menyebabkan kerusakan pada suatu DAS, yang diindikasikan dengan adanya kondisi hidrologi yang menurun. Penggunaan lahan dan sistem hidrologi merupakan suatu sistem yang saling terkait dimana penggunaan lahan mengontrol proses terkait evaporasi, aliran permukaan, infiltrasi dan pengisian air permukaan (Sunandar *et al.*, 2016). Perubahan tutupan lahan dapat mempengaruhi aliran air di daerah hilir, seperti saat musim hujan akan terjadi fluktuasi debit air sungai yang dapat menimbulkan banjir sedangkan saat musim kemarau jumlah ketersediaan air akan semakin sedikit bahkan mengalami kekeringan (Surahman, 2017).

Analisis kondisi Sub DAS Cimeta menggunakan model hidrologi *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) yang terhubung dengan SIG. SWAT dipilih karena keunggulannya mampu memprediksi dampak jangka panjang dari pengelolaan lahan terhadap air, sedimen dan kimia

pertanian dalam berbagai ukuran DAS yang kompleks dengan berbagai skenario tanah, penggunaan lahan dan pengelolaan yang beragam dengan interval waktu harian (Junaidi, 2015). Penelitian menggunakan model hidrologi SWAT telah banyak digunakan dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Menurut Widiatmoko *et al.* (2020), penggunaan model hidrologi SWAT merupakan alternatif dalam menentukan kondisi perencanaan pengelolaan DAS terbaik.

Sebagai wilayah yang penting dalam pengelolaan sumber daya air di Sub DAS Cimeta, kondisi perubahan tutupan lahan dan hidrologi di wilayah Sub DAS Cimeta perlu diketahui agar pemanfaatan fungsi Sub DAS Cimeta sebagai penyuplai air irigasi, penyedia air bersih masyarakat sekitar serta pemasok air bagi Waduk Cirata dapat dimanfaatkan secara optimal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian tentang pengaruh perubahan tutupan lahan dengan menggunakan model SWAT diharapkan dapat mengetahui pengaruh perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi agar dapat memberikan informasi untuk pengelolaan DAS yang diperlukan guna mempertahankan fungsi dari Sub DAS Cimeta di masa mendatang.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Agustus 2023 yang bertempat di Sub DAS Cimeta Kabupaten Bandung Barat dengan luasan 169.15 km². Bahan yang digunakan yaitu: 1) Peta penggunaan lahan dari interpretasi Citra Landsat tahun 2000,2015,2022; 2) Data klimatologi periode tahun 2015-2022 dari stasiun Bandung; 3) Data curah hujan harian periode tahun 2015-2022 dari Stasiun Cimeta, Stasiun Pangheotan dan Stasiun Cipatat; dan 4) Data debit harian dari PT.PJB

Cirata periode tahun 2018-2022. Alat yang digunakan adalah *Software ArcGIS 10.3*, *ArcSWAT* versi tahun 2012, *Google Earth Pro* dan *Google Earth Engine*.

Analisis klasifikasi tutupan lahan pada penelitian ini menggunakan *Google Earth Engine*. Klasifikasi yang digunakan yaitu klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*). Hasil yang didapatkan akan dilakukan uji akurasi Kappa Index. Proses yang dihasilkan dalam klasifikasi penutupan lahan di Sub DAS Cimeta terbagi ke dalam 8 kelas penutupan lahan yaitu Badan Air, Hutan, Kebun/Perkebunan, Semak Belukar, Pemukiman, Sawah, Pertanian, serta Lahan Terbuka.

Analisis respon hidrologi menggunakan model SWAT memiliki tahapan pertama dengan mengumpulkan data sekunder untuk pembuatan *database* pada input model SWAT. Dilanjutkan dengan analisis hasil simulasi model SWAT. Analisis model SWAT berupa: 1) Melakukan deliniasi DAS; 2) Analisis *Hydrology Response Unit* (HRU); 3) Input data iklim; 4) *Running* model SWAT; 5) Kalibrasi model SWAT; dan 6) Analisis respon hidrologi.

Metode statistik yang digunakan dalam melakukan kalibrasi pada penelitian ini adalah

koefisien determinasi (R^2) dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE). Koefisien determinasi digunakan untuk meninjau keakuratan pola hasil *output* model dengan hasil observasi aktual. Rumus yang digunakan untuk perhitungan R^2 yaitu:

$$R^2 = \frac{(x-\bar{x})-(x-y)^2}{(x-\bar{x})^2} \tag{1}$$

Dimana x merupakan data observasi, \bar{x} merupakan data obeservasi rata-rata, Y merupakan data hasil simulasi atau data perhitungan model. Hasil perhitungan R^2 yang mendekati satu, artinya menunjukkan adanya pengaruh variabel bebas (X) yang besar terhadap variabel terikat (Y). Jika nilai R^2 lebih dari 0,5 maka model tersebut dianggap layak untuk digunakan. Rumus yang digunakan untuk persamaan model *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) yaitu:

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{obs} - \bar{y}^{obs})^2} \right] \tag{2}$$

Dimana Y_{obsi} merupakan data observasi ke- i , Y_{simi} merupakan data simulasi ke- i , dan \bar{y}^{obs} merupakan data simulasi rata-rata, n merupakan jumlah observasi.

Tabel 1. Kriteria Kesesuaian Nilai NSE

NSE	Kriteria
0.75<NSE<1.0	Sangat Baik
0.65<NSE<0.7.5	Baik
0.50<NSE<0.65	Memuaskan
NSE≤0.50	Kurang Memuaskan

Sumber: [Moriassi et al. \(2007\)](#)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Tutupan lahan menjadi indikasi penting terhadap respon hidrologi yang terjadi pada suatu DAS. Klasifikasi tutupan lahan dalam penelitian ini dibagi menjadi 8 kelas yang disesuaikan untuk input SWAT, yaitu badan air, semak belukar, hutan, kebun, pertanian, pemukiman, sawah dan lahan terbuka. Menurut

Sampurno & Thoriq (2016) jumlah piksel pada setiap kelasnya yang harus diambil adalah sebanyak jumlah band yang digunakan ditambah satu (N+1). Hasil Klasifikasi menggunakan *Google Earth Engine* dengan sampel yang digunakan sebanyak 50 sampel untuk setiap kelas tutupan lahannya. Dalam uji akurasi menggunakan *Google Earth Engine* terdapat nilai *Overall Accuracy* atau akurasi keseluruhan dan nilai Koefisien Kappa.

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi Tahun 2000

Kelas	Hasil Simulasi								Jumlah	User Acc (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Pertanian	11	0	1	2	0	0	0	1	15	73.33
Badan Air	0	2	0	0	0	0	0	0	2	100.00
Pemukiman	1	0	12	4	0	0	0	1	18	66.67
Perkebunan	3	0	2	130	0	2	0	7	144	90.28
Semak	0	0	0	5	9	0	0	0	14	64.29
Lahan Terbuka	0	0	0	2	0	7	1	1	11	63.64
Sawah	0	0	1	9	0	0	16	0	26	61.54
Hutan	0	0	0	4	0	0	0	81	85	95.29
Jumlah	15	2	16	156	9	9	17	91	315	
Producer Acc%	73.3	100.0	75.0	83.3	100.0	77.7	94.1	89.0		
	3	0	0	3	0	8	2	1		
<i>Overall Accuracy 85.08% dan Kappa Index 78.18%</i>										

Uji akurasi dengan menggunakan algoritma *Random Forest* pada tahun 2000 yang ditunjukkan pada Tabel 2 yang menggunakan

citra landsat 7 memiliki nilai akurasi keseluruhan sebesar 85.08% dengan koefisien Kappa-nya sebesar 78.18%.

Tabel 3. Hasil Uji Akurasi Tahun 2015

Kelas	Hasil Simulasi								Jumlah	User Acc (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Pertanian	53	0	1	8	1	2	2	5	72	73.61
Badan Air	2	9	0	0	0	0	4	0	15	60.00
Pemukiman	1	0	16	1	0	1	0	0	19	84.21
Perkebunan	1	0	0	101	2	0	1	0	105	96.19
Semak	0	0	0	2	10	0	0	0	12	83.33
Lahan Terbuka	0	0	2	0	0	11	0	1	14	78.57

Sawah	1	0	0	1	0	0	23	0	25	92.00
Hutan	1	0	1	1	2	0	1	210	216	97.22
Jumlah	59	9	20	114	15	14	31	216	478	
Producer	89.8	100.0	80.0	88.6	66.6	78.5	74.1	97.2		
Acc%	3	0	0	0	7	7	9	2		
<i>Overall Accuracy 90.59% dan Kappa Index 86.88%</i>										

Tabel 3 menunjukkan tahun 2015 dengan menggunakan citra landsat 8 didapatkan nilai

akurasi keseluruhan sebesar 90.59% dengan Koefisien Kappa-nya sebesar 86.88%.

Tabel 4. Hasil Uji Akurasi Tahun 2022

	Kelas	Hasil Simulasi								Jumlah	User Acc (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Hasil Interpretasi	Pertanian	25	0	0	1	3	0	3	1	33	75.76
	Badan Air	0	13	0	0	0	0	2	0	15	86.67
	Pemukiman	0	0	18	0	0	1	0	0	19	94.74
	Perkebunan	1	0	0	59	2	0	0	3	65	90.77
	Semak	0	0	0	1	10	0	0	2	13	76.92
	Lahan Terbuka	2	0	0	0	0	32	1	0	35	91.43
	Sawah	3	0	0	2	0	0	29	1	35	82.86
	Hutan	2	0	0	3	0	0	1	249	255	97.65
	Jumlah	33	13	18	66	15	33	36	256	470	
	Producer	75.7	100.0	100.0	89.3	66.6	96.9	80.5	97.2		
Acc%	6	0	0	9	7	7	6	7			
<i>Overall Accuracy 92.55% dan Kappa Index 88.82%</i>											

Tabel 4 menunjukkan tahun 2022 dengan menggunakan citra landsat 8 didapatkan nilai akurasi keseluruhan sebesar 92.55% dengan nilai Koefisien Kappa-nya sebesar 88.82%. Hasil akurasi citra landsat 8 lebih besar dibandingkan dengan citra landsat 7. Berdasarkan Tabel 2, nilai Koefisien Kappa pada tahun 2015 dan 2022 termasuk kedalam kriteria *Almost Perfect Agreement* dengan nilai (81% < KI < 100%) sehingga layak digunakan untuk melakukan analisis selanjutnya (Moriasi et al., 2007).

Tutupan lahan di Sub DAS Cimeta mengalami perubahan tiap tahunnya. Tutupan lahan hutan mengalami peningkatan pada tiap

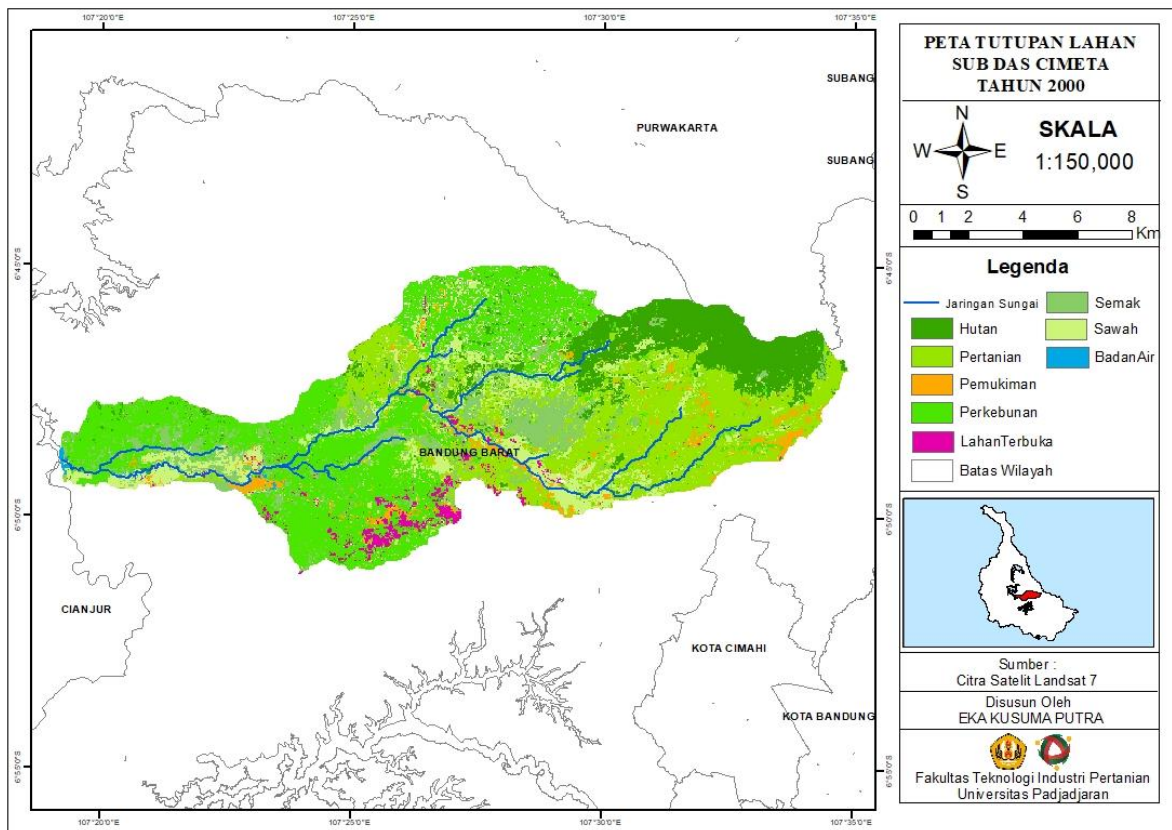
tahunnya, hal ini menandakan kondisi hidrologi Sub DAS Cimeta tidak terlalu buruk dari tahun ke tahun. Peningkatan hutan terjadi karena adanya program Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) yang dilakukan oleh BPDASHL Citarum Ciliwung sejak tahun 2017. Luasan hutan pada tahun 2000 menjadi luasan yang paling sedikit dibandingkan dengan tahun lainnya, hal ini terjadi karena tingkat kebakaran hutan yang tinggi serta adanya deforestasi besar-besaran pada tahun 1996 hingga tahun 2000 (Kementrian Lingkungan Hidup dan Hutan, 2019). Lahan terbuka yang meningkat dikarenakan semakin banyaknya bangunan industri yang memproduksi tambang di daerah

Padalarang hingga Cipatat. Tutupan Lahan pada tahun 2000 didominasi oleh perkebunan dengan luasan sebesar 5669.62 ha atau 33.85% dari total luasan Sub DAS Cimeta. Tutupan lahan tahun 2015 didominasi oleh pertanian dengan luasan sebesar 5317.36 ha atau 31.72% dari

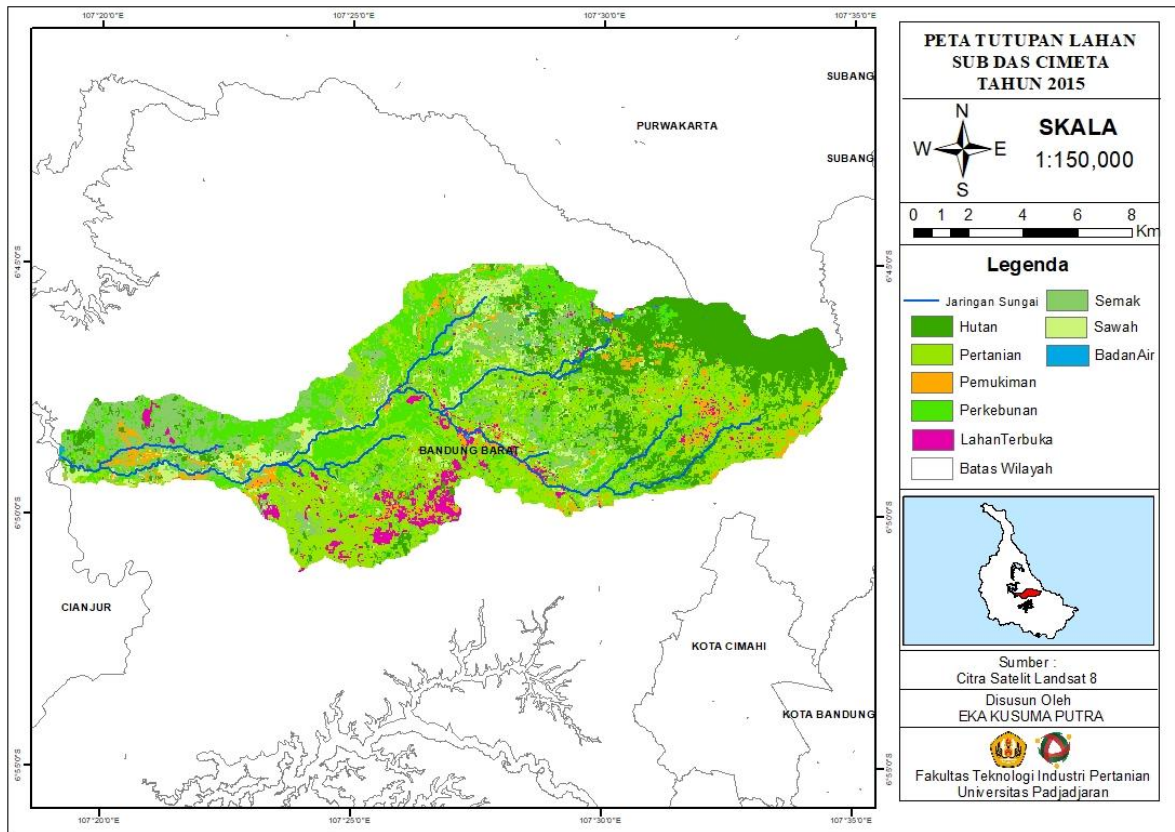
luasan Sub DAS Cimeta. Tutupan lahan tahun 2022 didominasi oleh hutan dengan luasan sebesar 4682.17 ha atau 27.92% dari luasan Sub DAS Cimeta. Berikut luasan tiap tutupan lahan dan peta hasil klasifikasi ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 1,2 dan 3.

Tabel 5. Luasan Tutupan Lahan Sub DAS Cimeta

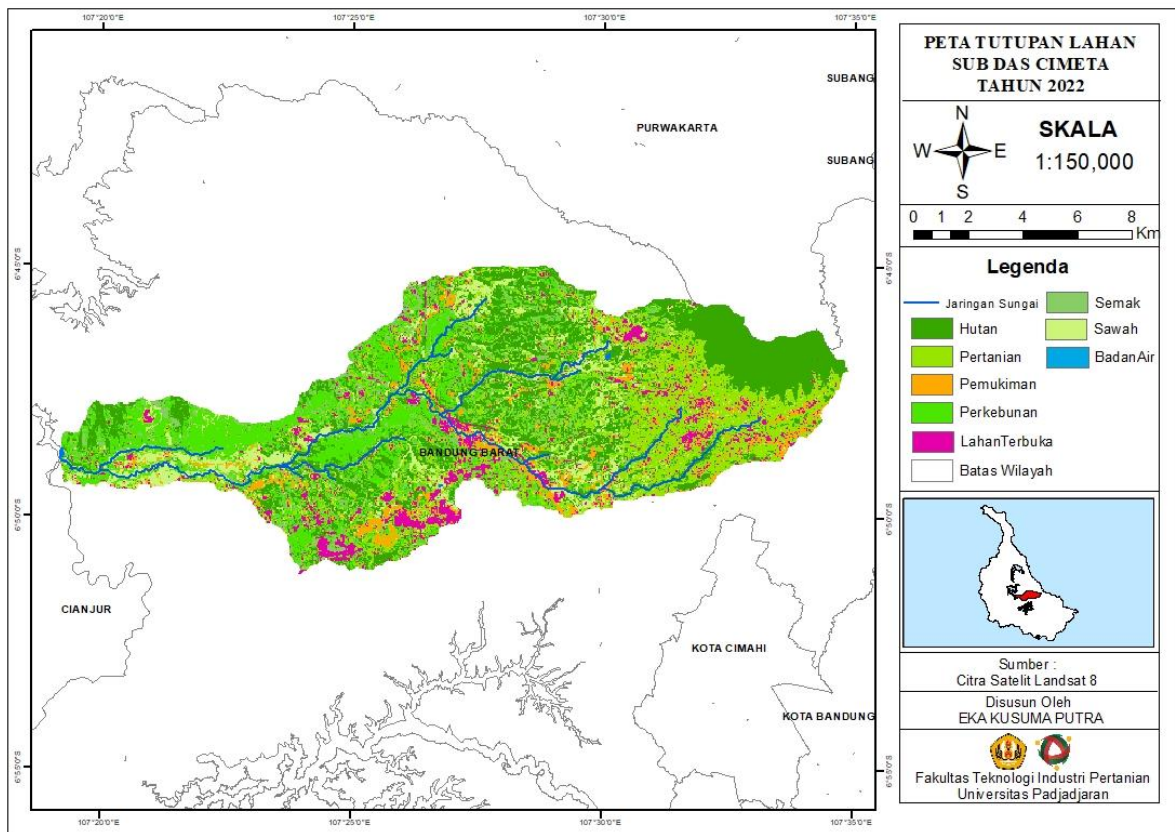
Tutupan Lahan	Tahun					
	2000		2015		2022	
	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%	Luas (ha)	%
Badan Air	47.51	0.28	49.39	0.29	20.33	0.12
Hutan	2212.32	13.21	3039.22	18.13	4682.17	27.92
Lahan Terbuka	360.61	2.15	611.50	3.65	1191.58	7.11
Pemukiman	608.61	3.63	670.07	4.00	791.08	4.72
Perkebunan	5669.62	33.85	3355.70	20.01	3292.60	19.64
Pertanian	4008.38	23.93	5317.36	31.72	3912.68	23.34
Sawah	2049.19	12.24	1351.35	8.06	1716.74	10.24
Semak	1791.61	10.70	2371.40	14.14	1159.99	6.92



Gambar 1. Peta tutupan lahan tahun 2000



Gambar 2. Peta tutupan lahan tahun 2015



Gambar 3. Peta tutupan lahan tahun 2022

Perubahan yang terjadi pada setiap periode tidak selalu linear, tetapi berfluktuatif karena perubahan jenis tutupan lahan hampir

setiap tahun terjadi baik bertambah maupun berkurang pada setiap luasannya. Perubahan tutupan lahan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perubahan Luasan Tutupan Lahan Sub DAS Cimeta

Tutupan Lahan	Luas (ha)	
	2000-2022	%
Badan Air	-27.17	-40.06
Hutan	2469.85	35.82
Lahan Terbuka	831.06	53.54
Pemukiman	182.47	13.04
Perkebunan	-2377.01	-26.52
Pertanian	-95.69	-1.21
Sawah	-332.45	-8.83
Semak	-631.62	-21.40

Ket: (-) menunjukkan penurunan

Distribusi perubahan tutupan lahan secara spasial dilakukan dengan cara tabulasi silang (*Crosstable*) pada periode tahun 2000-2015 dan tahun 2015-2022 karena perubahan tutupan lahan di Sub DAS Cimeta saling terkait

antara peningkatan luas suatu jenis tutupan lahan dengan penurunan luas suatu jenis tutupan lahan lainnya. Berikut distribusi perubahan tutupan lahan ditunjukkan pada tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Distribusi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2000-2015

Tutupan lahan	Tahun 2015								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
WATR	8.7	5.3	0.2	2.4	6.9	4.5	9.9	7.9	45.8
FRSE	15.2	1419.3	21.7	22.7	155.7	262.8	128.2	129.8	2155.4
BARR	0.4	11.7	134.5	15.2	24.3	131.8	23.1	10.9	351.9
URHD	0.2	23.5	44.1	189.7	46.4	254.5	16.6	22.3	597.4
FRST	11.5	392.9	207.4	172.5	1672.2	1544.9	371.4	1133.8	5506.6
AGRC	1.0	724.1	85.1	127.4	651.2	1893.4	121.7	329.5	3933.4
RICE	5.5	209.6	55.3	87.5	299.9	618.0	449.1	213.2	1938.1
RNGB	3.4	176.0	47.4	27.7	384.1	500.2	187.1	412.5	1738.5
Total	46.0	2962.4	595.6	645.2	3240.8	5210.1	1307.1	2259.9	16267.0

Perubahan tutupan lahan tertinggi di sub DAS Cimeta selama 15 tahun yaitu, perubahan dari tutupan lahan perkebunan menjadi lahan pertanian sebesar 1544.9 ha. Perubahan ini

dapat disebabkan karena tingkat kebutuhan ekonomi masyarakat Sub DAS Cimeta sebagian besar berasal dari hasil pertanian.

Tabel 8. Distribusi Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2015-2022

		Tahun 2022								
Tutupan lahan		1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Tahun 2015	WATR	7.9	12.4	2.8		3.4	7.7	10.5	2.8	47.6
	FRSE	4.1	1663.3	81.0	26.3	195.4	674.9	229.4	107.9	2982.4
	BARR	0.4	30.0	227.6	73.5	30.2	151.3	68.0	19.2	600.2
	URHD	1.8	30.6	98.0	262.0	50.4	127.0	75.5	8.3	653.7
	FRST	2.0	688.7	149.0	77.4	1304.9	526.7	208.4	339.2	3296.3
	AGRC	1.4	928.1	543.7	303.5	754.5	1940.0	391.2	379.3	5241.7
	RICE	1.8	409.1	38.9	21.9	124.7	164.8	496.1	77.2	1334.5
	RNGB	0.8	807.6	42.1	23.0	759.0	238.5	205.7	225.0	2302.6
	Total	20.3	4569.6	1183.2	788.5	3222.6	3830.9	1685.0	1158.9	16459.0

Perubahan tutupan lahan tertinggi pada periode tahun 2015-2022 selama 8 tahun yaitu, perubahan dari tutupan lahan pertanian menjadi hutan sebesar 928.1 ha. Hal ini ditandai dengan adanya program pemerintah berupa *Ecoforestry* dan *Eduforestry* sebagai upaya pemanfaatan hasil hutan untuk kesejahteraan masyarakat.

Simulasi SWAT

Simulasi SWAT menggunakan inputan data curah hujan harian dari tahun 2015-2022, data iklim dari stasium BMKG Geofisika Bandung, dikarenakan alat pengukur iklim di daerah Sub DAS Cimeta sudah tidak beroperasi. Data curah hujan dan iklim (kelembaban, lama

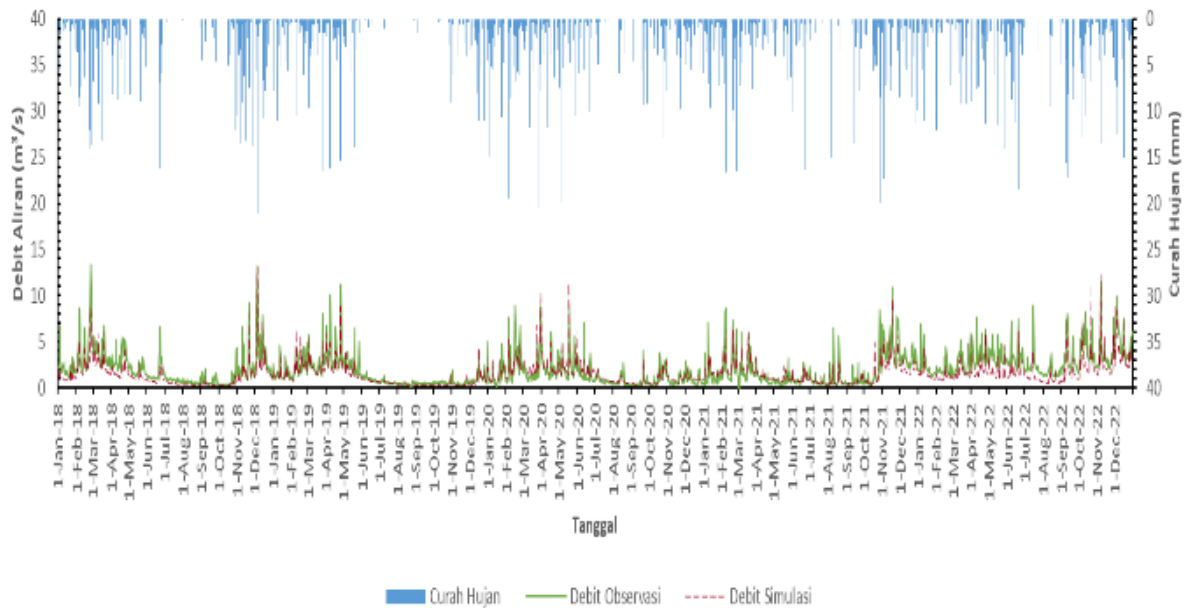
penyinaran, temperatur minimum dan maksimum, kecepatan angin) digunakan untuk inputan simulasi model SWAT. Simulasi pertama didapatkan nilai R² dan NSE yang kurang baik yaitu 0.39 dan 0.17. Maka diperlukan proses kalibrasi manual dengan merubah 9 parameter sensitif terhadap debit secara *trial and error*. Proses kalibrasi dilakukan dengan memperbarui parameternya dan menjalankan ulang simulasi SWAT hingga nilai R² dan NSE memiliki kriteria baik. Parameter sensitif yang didapatkan terdapat pada tabel berikut.

Tabel 9. Perubahan Nilai Parameter Sensitif

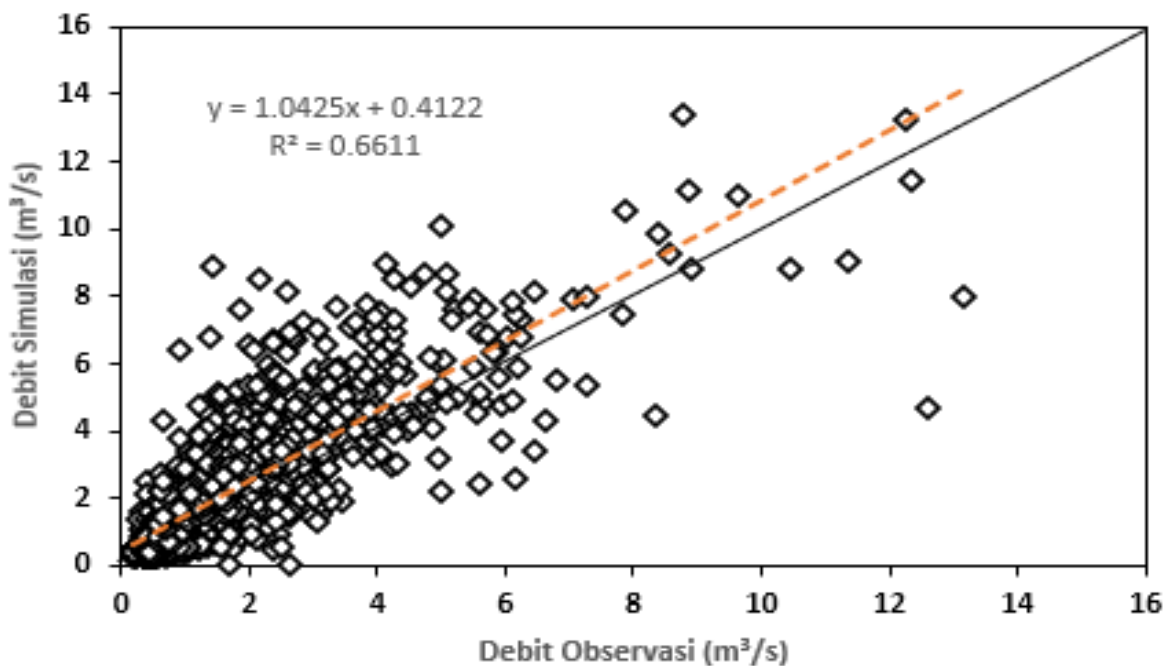
Parameter yang diubah		Sebelum	Fitted Value	Sesudah
CN	ALL	80.81	1.02	82.39
SOL_AWC	ALL	0.16	1.875	0.3
GW_DELAY	ALL	31	100	100
CH_K2	ALL	0	5	5
GWQMN	ALL	1000	100	100
ALPHA_BF	ALL	0.048	0.952	1
GWREVAP	ALL	0.02	0.09	0.09
ESCO	ALL	0.95	-0.15	0.8
CH_N2	ALL	0.014	0.286	0.3

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data debit observasi dengan data debit simulasi dari tahun 2018-2022. Didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) dan *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) masing-masing sebesar 0.66 dan 0.58, hasil pengujian statistik tersebut menunjukkan bahwa kinerja model

SWAT telah memenuhi kriteria memuaskan ($0.50 < NSE < 0.65$) yang dapat diterapkan untuk memprediksi hidrologi di Sub DAS Cimeta (Moriasi *et al.*, 2007). Hidrograf debit dan grafik sebaran dapat dilihat pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Hidrograf curah hujan terhadap debit observasi dan debit simulasi



Gambar 5. Grafik sebaran debit simulasi dan debit observasi

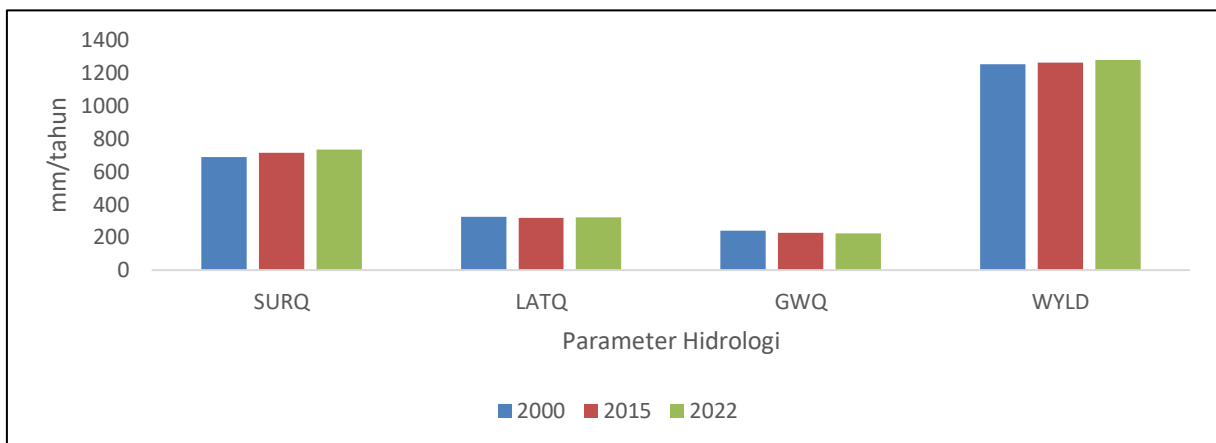
Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan terhadap Respon Hidrologi

Respon Hidrologi didapatkan dari hasil simulasi model SWAT dengan mengasumsikan kondisi iklim yang menjadi masukan model adalah tetap dengan kondisi tutupan lahan yang

berbeda. Penggunaan tutupan lahan yang digunakan di Sub DAS Cimeta menggunakan data tutupan lahan pada tahun 2000, 2015, dan 2022. Berikut nilai respon hidrologi ditunjukkan pada Tabel 10 dan Gambar 6.

Tabel 10. Respon Hidrologi Sub DAS Cimeta

Parameter Hidrologi	Tahun		
	2000	2015	2022
Hujan (mm)		1976.5	
Limpasan Permukaan (mm)	686.44	714.45	731.66
Aliran Lateral (mm)	323.24	317.9	321.44
Air Tanah (mm)	241.08	227.9	222.54
Hasil Air (mm)	1250.76	1260.25	1275.72



Gambar 6. Grafik respon hidrologi Sub DAS Cimeta

Pengaruh perubahan tutupan lahan menjadikan aliran dasar (*baseflow*) mengalami penurunan setiap periodenya karena peningkatan tutupan lahan terbuka sebesar 831.06 ha, pemukiman 182.47 ha, serta penurunan lahan bervegetasi berupa perkebunan sebesar 2377.01 ha yang menyebabkan kondisi tanah tidak mampu menyerap lebih banyak air ke dalam tanah. Air yang tidak terserap diiringi dengan curah hujan

yang besar seperti saat musim hujan akan menyebabkan debit air menjadi semakin tinggi dan di musim kemarau, pengisian air tanah akan semakin berkurang.

Nilai aliran permukaan di Sub DAS Cimeta lebih besar dibandingkan dengan nilai aliran dasar (*baseflow*) karena peningkatan lahan terbuka dan pemukiman. Tahun 2022 memiliki nilai aliran yang lebih besar dibandingkan tahun lainnya yaitu sebesar

731.66 mm karena tutupan lahan terbuka dan pemukiman mengalami peningkatan. Tahun 2015 memiliki nilai aliran permukaan sebesar 714.45 mm. Pada tahun 2000 memiliki nilai aliran yang paling kecil yaitu sebesar 686.44 mm karena tutupan lahan terbuka dan pemukiman yang minim.

Fluktuasi debit dapat dilihat dari nilai Koefisien Rezim Aliran (KRA) yang membandingkan nilai debit maksimum dan debit minimum. Nilai Koefisien Rezim Aliran di Sub DAS Cimeta didapat berdasarkan simulasi debit (*flowout*) pada model SWAT.

Tabel 11. Perubahan Debit Aliran Sub DAS Cimeta

Tahun	Qmax (m ³ /s)	Qmin (m ³ /s)	KRA (Qmax/Qmin)	Kategori
2000	68.16	1.22	55.96	Sedang
2015	68.59	1.16	59.28	Sedang
2022	70.09	1.12	61.74	Sedang

Nilai Koefisien Rezim Aliran (KRA) di Sub DAS Cimeta pada semua periode analisis menunjukkan kinerja DAS Cimeta termasuk ke dalam kategori sedang. Tahun 2000 memiliki nilai KRA 55.96, terjadi peningkatan di tahun 2015 menjadi 59.28 dan terjadi peningkatan kembali pada tahun 2022 menjadi 61.74.

Berdasarkan dari Peraturan Menteri Kehutanan No. P.61/Menhut-II/2014 (Kementrian Kehutanan, 2014) kriteria KRA dibagi menjadi beberapa kelas, yaitu sangat rendah (≤ 20), rendah ($20 < KRA \leq 50$), sedang ($50 < KRA \leq 80$), tinggi ($80 < KRA \leq 110$), sangat tinggi (> 110). Sub DAS Cimeta memiliki kinerja DAS dalam kategori sedang ($50 < KRA \leq 80$) pada setiap tahun yang dianalisis. Berdasarkan nilai KRA yang didapatkan dapat dinyatakan bahwa kondisi sungai di Sub DAS Cimeta menunjukkan pola aliran yang relatif konsisten dengan perubahan yang tidak terlalu berfluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau. Selain itu, sungai Cimeta mencerminkan risiko banjir dan

kekeringan yang moderat di wilayah Sub DAS Cimeta. Kategori sedang menunjukkan bahwa Sub DAS Cimeta lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor alamiah seperti curah hujan dan kondisi morfologi daripada oleh aktivitas manusia yang signifikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, model SWAT mampu memprediksi dampak perubahan tutupan lahan terhadap respon hidrologi dengan nilai koefisien efisiensi (NSE 0.58 dan R^2 0.66). Tutupan lahan tahun 2000-2015 mengalami perubahan, yaitu peningkatan pada tutupan lahan pertanian dan penurunan luasan yang signifikan adalah pada tutupan lahan perkebunan. Pada tahun 2015-2022 terjadi peningkatan luasan tutupan lahan hutan dan penurunan luasan pada tutupan lahan pertanian. Perubahan tutupan lahan dapat mempengaruhi respon hidrologi di Sub DAS Cimeta yang ditunjukkan dengan peningkatan aliran permukaan pada setiap tahun penelitian, yaitu

tahun 2000, 2015, dan 2022 sebesar 686.44 mm, 714.45 mm, dan 731.66 mm. Serta terjadi penurunan air tanah pada setiap tahunnya yang diakibatkan daerah resapan air yang semakin berkurang akibat dari peningkatan pemukiman. Nilai KRA pada semua periode analisis menunjukkan kinerja Sub DAS Cimeta termasuk kedalam kategori sedang, artinya Sub DAS Cimeta menunjukkan pola aliran yang relatif konsisten dengan perubahan yang tidak terlalu berfluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau.

Saran pada penelitian kali ini adalah Sub DAS Cimeta sebagai daerah tangkapan Waduk Cirata diperlukan input data yang lebih rinci dan lengkap terutama data iklim yang sesuai dengan daerah penelitian dan data tanah yang sesuai dengan kebutuhan input SWAT agar hasil simulasi diharapkan lebih baik.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Dalam artikel ini, Eka Kusuma Putra berperan sebagai kontributor utama dan kontributor korespondensi, sementara Kharistya Amaru dan Dwi Rustam Kendarto sebagai kontributor anggota.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, T., Soekarno, I. & Wasito, S. (2017). Analisis Efektifitas Kegiatan Pengerukan untuk Pengendalian Sedimentasi Waduk Cirata. Institut Teknologi Bandung.
- Asdak, C. (2010) *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Cahyaningsih, A., & Harsoyo, B. (2010). Distribusi spasial tingkat pencemaran air di DAS Citarum. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 11(2), 1-9.
- Junaidi, E. (2015). Pemanfaatan Soil And Water Assessment Tool (Swat) Sebagai Alat Pengambil Keputusan Dalam Pengelolaan Das (Studi Kasus Di Das Cisadane). *Jurnal Teknik Hidraulik*, 6(2), 147-162.
- Kementrian Kehutanan. (2014). *Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Hutan. (2019). *Deforestasi Dinilai Isu Sensitif Terkait Politik Dan Ekonomi*.
- Legowo, S., Hadihardaja, I. K., & Rabuanawati, S. (2006). Pengoperasian dan Umur Guna Waduk (Studi Kasus: Waduk Cimeta Padalarang). *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 13(4), 183-200.
- Moriassi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885-900.
- Nurrochman, E., Joy, B., & Asdak, C. (2018). Kajian sistem hidrologi akibat perubahan tataguna lahan di kawasan Bandung Utara (studi kasus Kabupaten Bandung Barat). *Envirosan*, 1(1), 26-28.
- Nurrohman, A. & Adlina, A. (2018) 'Pemetaan Kondisi Tutupan Lahan Di Sub Daerah Aliran Sungai (Das) Sebagai Tolok Ukur Perencanaan Tata Ruang Wilayah Studi Kasus: Sub DAS Citarum yang ada di Kawasan Bandung Utara', *Seminar Nasional Geomatika*, 3, p. 269.
- PUPR. (2014). *Pola Pengembangan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Citarum*. Jakarta.
- Sampurno, R. M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 61-70.
- Sunandar, A. D. (2016). Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologis di DAS Asahan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 13(1), 49-60.
- Surahman, S. (2017). Perubahan penggunaan lahan dan dampaknya terhadap

karakteristik hidrologi sub das tanralili provinsi sulawesi selatan menggunakan model SWAT. *Jurnal Agrotan*, 3(2), 50-67.

Wicaksono, A.S. (2019). *Perencanaan Bangunan Pengendali Sedimen di Sungai Cimeta Sebagai Upaya Mempertahankan Usia Guna Waduk Cirata*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Widiatmoko, N., Tarigan, S. D., & Wahjunie, E. D. (2020). Analisis respons hidrologi untuk mendukung perencanaan pengelolaan Sub-DAS Opak Hulu, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(4), 503-514.