

Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan di Sub DAS Cimanuk Hulu Menggunakan *Model Soil and Water Assessment Tool* (SWAT)

Aji Trirahadi¹, Nurpilihan Bafdal², Kharistya Amaru³, Iwan Ridwansyah⁴

¹Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran, Indonesia

^{2,3}Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Padjadjaran, Indonesia

⁴Pusat Riset Limnologi dan Sumberdaya Air Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia

aji17001@mail.unpad.ac.id¹, nurpilihan.bafdal@unpad.ac.id², kharistya@unpad.ac.id³,

iwanr@limnologi.lipi.go.id⁴

Keywords:

SWAT Model,
Land Use Change,
Surface runoff,
Hydrology,
Upper Cimanuk Sub-
Watershed.

Abstract: Land-use change in a watershed (DAS) can be one of the main factors for increasing surface runoff. The purpose of this study is to determine the amount of surface runoff due to land-use change using the Model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) in the Upper Cimanuk Sub-watershed with an area of 145,677 Ha. Land-use classification using Landsat 7 satellite imagery in 2010 and Landsat 8 in 2015 and 2020 in the Upper Cimanuk Sub-watershed resulted in 8 land use classes based on the input of the SWAT model with an accuracy value of Kappa Index 96.43% in 2015 and 97.86% in 2020. Results this meets the criteria in the SWAT model simulation process. The SWAT model simulation carried out from 2010-2020. The model has been validated by calibrating and verifying the statistically tested coefficient of determination (R^2) with a value of 0.71 and Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) with a value of 0.68. These results indicate satisfactory criteria and can be used to analyze land-use changes in surface runoff. Land-use change have an impact on increasing surface runoff values and decreasing groundwater values, namely in 2010 by 56.12 mm/year and 672.48 mm/year, in 2015 by 120.97 mm/year and 625.85 mm/year, in 2020 by 154.47 mm/year and 601.16 mm/year.

Kata Kunci:

Model SWAT,
Perubahan Tata Guna
Lahan,
Limpasan Permukaan,
Hidrologi,
Sub DAS Cimanuk Hulu.

Abstrak: Perubahan tata guna lahan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat menjadi salah satu faktor utama terhadap limpasan permukaan yang terjadi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah limpasan permukaan akibat perubahan tata guna lahan dengan menggunakan *Model Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) di Sub DAS Cimanuk Hulu dengan luas sebesar 145,677 Ha. Klafisikasi penggunaan lahan menggunakan citra satelit Landsat 7 tahun 2010 dan Landsat 8 tahun 2015 dan tahun 2020 di Sub DAS Cimanuk Hulu menghasilkan 8 kelas penggunaan lahan berdasarkan masukkan model SWAT dengan nilai akurasi *Kappa Index* 96.43% pada tahun 2015 dan 97.86% pada tahun 2020. Hasil ini memenuhi kriteria dalam proses simulasi model SWAT. Simulasi model SWAT dilakukan pada tahun 2010-2020. Model divalidasi dengan melakukan kalibrasi dan verifikasi uji statistik koefisien determinasi (R^2) dengan nilai 0.71 dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) dengan nilai 0.68. Hasil tersebut menunjukkan kriteria memuaskan sehingga dapat digunakan pada analisis perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan. Perubahan tata guna lahan berdampak terhadap peningkatan nilai *surface runoff* dan terjadi penurunan terhadap nilai *ground water* yaitu pada tahun 2010 sebesar 56.12 mm/tahun dan 672.48 mm/tahun, tahun 2015 120.97 mm/tahun dan 625.85 mm/tahun, tahun 2020 154.47 mm/tahun dan 601.16 mm/tahun.

Article History:

Received: 13-07-2022

Online : 04-08-2022



This is an open access article under the **CC-BY-SA** license



A. LATAR BELAKANG

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak sungainya, yang memiliki fungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (KLHK, 2019). Daerah Aliran Sungai (DAS) Cimanuk memiliki tiga bagian yaitu bagian Hulu, bagian tengah, dan bagian Hilir. Berdasarkan peta administratif, wilayah Sub DAS Cimanuk Hulu meliputi Kabupaten Garut, sebagian Kabupaten Sumedang dan sebagian kecil Kabupaten Bandung dengan mata air yang berasal dari gunung Papandayan. Secara geografis Sub DAS Cimanuk hulu terletak di $107^{\circ}42'161''$ - $108^{\circ}10'54''$ BT dan $06^{\circ}45'0''$ - $07^{\circ}24'30''$ LS. Ketinggian sub DAS Cimanuk hulu mencapai 1350 mdpl dan memiliki luas sebesar 145,677 Ha. Sub DAS cimanuk hulu memiliki karakteristik fisik bergelombang dan curam (Rahman, 2017).

Perubahan fungsi lahan di kawasan hulu DAS merupakan permasalahan aktual dari faktor manusia yang terjadi saat ini, diantaranya hutan yang dialih fungsikan menjadi lahan budidaya dan penggundulan hutan. Berkurangnya fungsi air resapan, meningkatnya perbedaan debit, besarnya limpasan permukaan, banjir dan juga sedimentasi merupakan dampak alih fungsi lahan hutan menjadi lahan budidaya sehingga terjadi perubahan tata guna lahan yang dapat mempengaruhi limpasan permukaan. Perubahan tata guna lahan merupakan berubahnya penggunaan lahan dari suatu lahan ke fungsi penggunaan lainnya. Perubahan fungsi tutupan lahan dari kawasan hutan atau lahan hijau menjadi kawasan lahan terbangun dapat mempengaruhi besarnya laju erosi dan sedimentasi di wilayah tersebut dan membuat genangan di suatu daerah dapat disebut dengan banjir (Alimin et al., 2015).

Salah satu banjir yang pernah terjadi di Kabupaten Garut diantaranya adalah pada tanggal 10 April 2020 yang merendam 4 kecamatan di Kabupaten Garut dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Garut Mencatat sekitar 300 kepala keluarga terdampak banjir. Kepala Bidang Pencegahan dan Kesiapsiagaan, BPBD Kabupaten Garut, Tubagus Agus Sofyan mengungkapkan banjir itu disebabkan intensitas hujan tinggi yang terjadi beberapa hari. Akibatnya terjadi luapan air dari aliran sungai. Penyebab utama Garut dapat terjadi banjir adalah tata guna lahan yang mengalami perubahan yang membuat air yang mengalir di sungai melampaui kapasitas. Kajian mengenai perubahan tata guna lahan saat ini penting untuk mengetahui daerah mana yang sudah banyak alih fungsi lahannya dan perlu dilakukan analisis untuk mengetahui dampak perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan yang dapat menyebabkan banjir karena berkurangnya daerah resapan air yang di alih fungsikan.

Seiring dengan perkembangan zaman, untuk menganalisis perubahan tata guna lahan sangat mudah dan gratis. Data mengenai tata guna lahan sudah tersedia di beberapa lembaga yang melakukan analisis tata guna lahan bahkan kita dapat menganalisis menggunakan citra satelit. Analisis yang dilakukan penulis dalam perubahan tata guna lahan yaitu dengan Sistem Informasi Geospasial (SIG). Sistem Informasi Geospasial (SIG) merupakan suatu teknologi yang memudahkan dan menjadi alat bantu (tools) yang sangat esensial dalam menyimpan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan kondisi-kondisi alam dengan bantuan data atribut dan spasial. Harapan penulis bahwa dengan menggunakan SIG efisien dan mampu mengelola data dengan struktur yang kompleks dan dengan jumlah yang besar dan dapat membantu dalam hal proses pengambilan keputusan dengan akurasi dan ketepatan dan akurasi yang dapat dipertanggung jawabkan (Kertawidana, 2019).

Penggunaan aplikasi ArcGIS yaitu suatu aplikasi SIG yang digunakan untuk melihat luasan perubahan tata guna lahan terhadap koefisien limpasan permukaan, untuk kemudian ditinjau

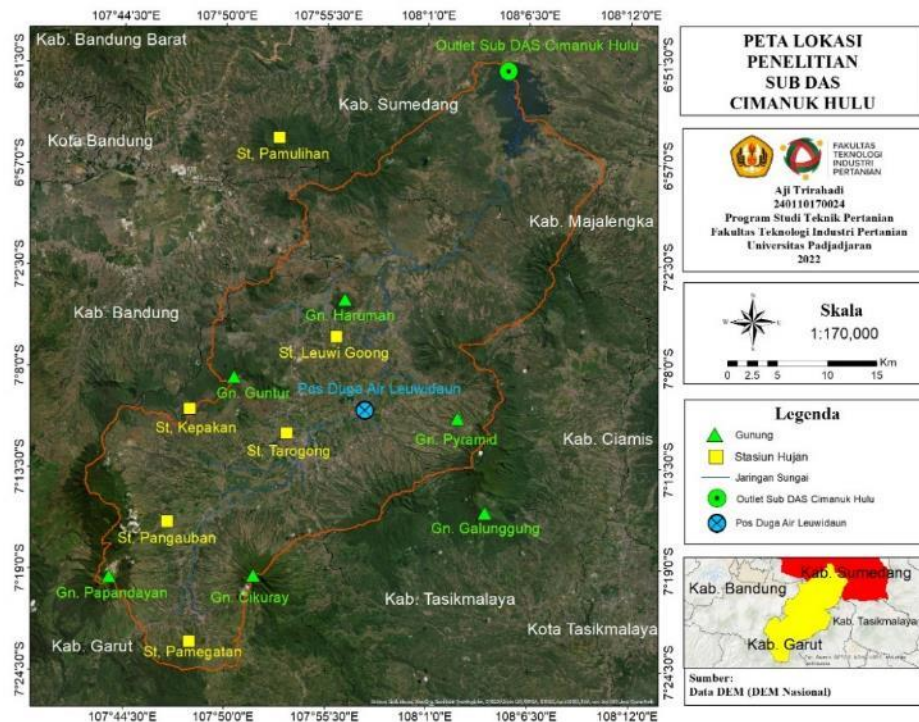
dampaknya terhadap besarnya perbedaan limpasan permukaan pada tahun 2010, 2015, dan tahun 2020. Penggunaan Aplikasi ArcGIS juga digunakan untuk mendeliniasi atau menentukan batas Sub DAS yang ada di Cimanuk Hulu. Analisis spasial dilakukan untuk menghasilkan output Peta Tata Guna Lahan dengan menggabungkan Peta Digitasi Penutupan Lahan menggunakan metode Overlay untuk mengetahui perubahan luas penutupan lahan di Sub DAS Cimanuk Hulu. Metode yang digunakan dalam menentukan prediksi besarnya dampak perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan di Sub DAS Cimanuk Hulu, diprediksi dengan menggunakan model SWAT. Model ini dapat melakukan beberapa simulasi diantaranya praktek-praktek pengolahan di lahan dan di saluran sungai (Hidayat et al., 2017). Oleh sebab itu, penelitian dengan menggunakan model SWAT dengan pendekatan SIG diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan di wilayah Sub DAS Cimanuk Hulu.

Sebagai upaya mengetahui kondisi akibat perubahan tata guna lahan, maka dilakukan penelitian perubahan tata guna lahan terhadap limpasan permukaan Sub DAS Cimanuk Hulu. Penelitian ini dilakukan di Sub DAS yang ada di Cimanuk hulu untuk mengetahui besarnya limpasan permukaan akibat perubahan tata guna lahan. Informasi mengenai besarnya limpasan ini dapat diketahui melalui proses pengumpulan data, pengolahan data dan perhitungan. Metode deliniasi digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui batas Sub DAS Cimanuk Hulu. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran berupa peta luasan kondisi perubahan tata guna lahan Sub DAS Cimanuk Hulu pada tahun 2010, 2015, dan 2020 serta besaran limpasan permukaan akibat perubahan tata guna lahan dengan iklim yang sama selama 2010-2020 (11 tahun) namun penggunaan lahan yang berbeda. Sehingga dapat memberikan referensi kepada masyarakat, instansi dan seluruh pihak terkait dalam pemanfaatan alih fungsi lahan yang akan datang, untuk itu penulis melakukan penelitian dengan judul "Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Limpasan Permukaan di Sub DAS Cimanuk Hulu Menggunakan Model *Soil and Water Assesment Tool*(SWAT)".

B. METODE

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di sub DAS Cimanuk Hulu, yang secara administratif berada di Wilayah Kabupaten Garut, Kabupaten Sumedang, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat. Luas sub DAS Cimanuk Hulu 145.677 Ha. Wilayah sungai DAS Cimanuk ini merupakan sungai yang berhulu dari kompleks pegunungan Garut diantaranya Gunung Papandayan, Gunung Cikuray, Gunung Pyramid, Gunung Guntur, dan Gunung Haruman. Lokasi daerah penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

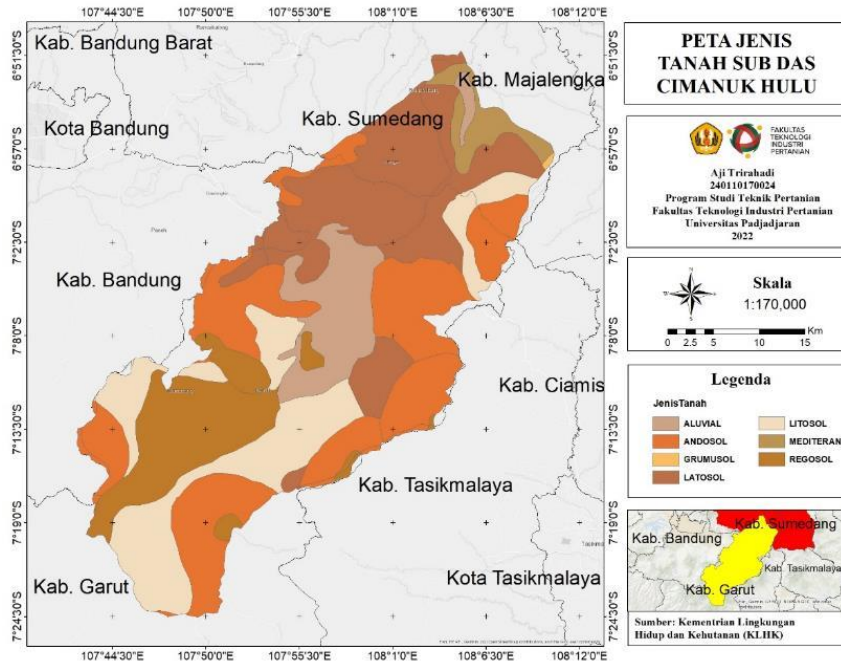
2. Alat dan Bahan

Bahan pendukung penelitian terdiri dari data sekunder yang terdapat pada Tabel 1 dan Gambar 2. Alat pendukung penelitian terdiri dari aplikasi ArcGIS 10.3, ArcSWAT versi 2012.10.3, Global Positioning System (GPS), Google Earth Pro, dan kamera telepon genggam dengan GPS.

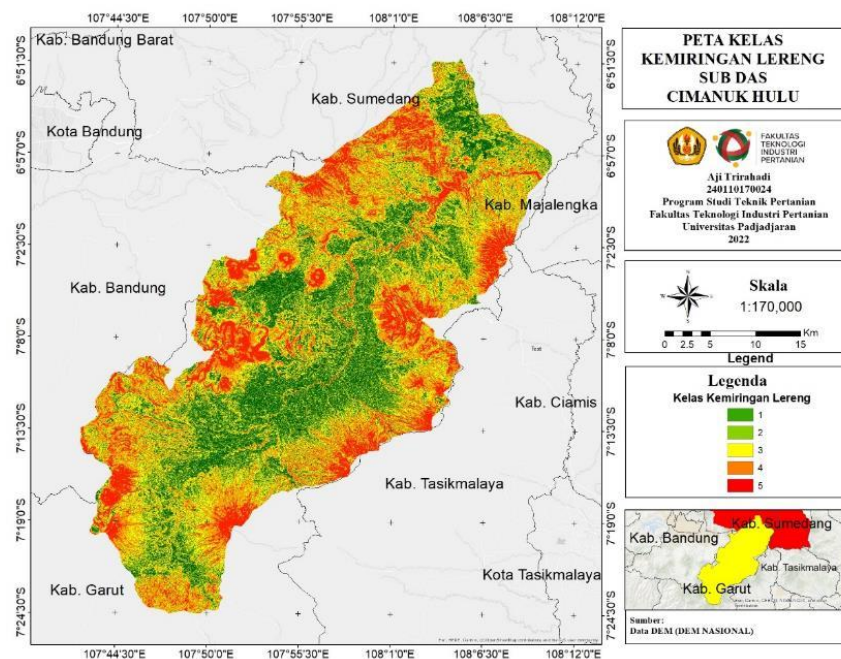
Tabel 1. Jenis dan Sumber Data

No	Data	Sumber Data
1	Citra Satelit Landsat 7 tahun 2010 resolusi 30 meter	Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa BRIN
2	Citra Satelit Landsat 8 tahun 2015 dan 2020 resolusi 30 meter	Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa BRIN
3	Data Curah Hujan Harian periode 11 tahun (2010 – 2020)	Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air Bandung
4	Data Debit Harian periode 11 tahun (2010 – 2020)	Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Cimanuk-Cisanggarung
5	Data Klimatologi Harian Stasiun Bandung Geofisika periode 11 tahun	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG);
6	Peta <i>Digital Elevation Model</i> (DEM) resolusi 8 meter	DEM Nasional Badan Informasi Geospasial (BIG)
7	Peta RBI Wilayah Sub DAS Cimanuk Hulu Tahun Skala 1:50.000	BPDASHL Cimanuk-Citanduy
8	Peta Jenis dan Karakteristik Tanah dengan 1:250.000	Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK); Pusat Riset Limnologi dan Sumberdaya Air BRIN

Data spasial digunakan untuk melakukan analisis spasial wilayah, data spasial yang digunakan yaitu: penggunaan lahan yang sudah teruji Kappa Indeksnya, jenis tanah, dan kemiringan lereng.



Gambar 2. Peta Jenis Tanah di Sub DAS Cimanuk Hulu



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng di Sub DAS Cimanuk Hulu

3. Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian terdiri atas pengumpulan peta dan data, klasifikasi perubahan penggunaan lahan, simulasi model SWAT, kalibrasi dan validasi dengan verifikasi uji statistik koefisien determinasi (R^2) dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) Model SWAT dan simulasi penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan (Azanniyah et al., 2020).

a. Klasifikasi Perubahan Penggunaan Lahan

Data Citra Landsat dengan Path/Row 121/065 dilakukan crop citra agar sesuai dengan batas wilayah Sub DAS Cimanuk Hulu dengan dilakukan kombinasi band citra agar membentuk tampilan citra berwarna (komposit), citra ditampilkan dalam format RGB (Red Green Blue). Kombinasi band pada penelitian ini menggunakan kombinasi band pada Landsat 8 (Zulkarnain et al., 2015). Data sistem koordinat citra yang dianalisis dengan bentuk aslinya dipermukaan bumi dilakukan koreksi geometrik WGS 1984 48s. *Supervised classification* dilakukan untuk penentuan kelas penggunaan lahan dengan metode *training sample area* dan melakukan uji akurasi untuk memepertimbangkan faktor kesalahan pengujian pada setiap kelas penggunaan lahan dengan metode *Kappa Index*. Metode *cross tabulation* (tabulasi silang) dilakukan untuk mengetahui terjadinya luas perubahan penggunaan lahan dari suatu klasifikasi menjadi klasifikasi lainnya.

b. Simulasi Model SWAT

Simulasi SWAT dilakukan setelah seluruh data *input* terkumpul lengkap dan disesuaikan dengan format SWAT. Data *input* spasial model SWAT berupa data Digital Elevation Model (DEM) untuk deliniasi batas Sub DAS Cimanuk Hulu secara otomatis melalui *Automatic Watershed Delineation* (AWD). *Hydrology Response Unit* (HRU) dibentuk menggunakan model SWAT dengan menggabungkan (*overlay*) peta penggunaan lahan, peta tanah dan kemiringan lereng. Kemiringan lereng Sub DAS Cimanuk Hulu dibuat secara otomatis dari data DEM yang diinput kedalam lima kelas kemiringan yaitu 0-8% (datar), 8- 15% (landai), 15-25% (agak curam), 25-45% (curam) dan >45% (sangat curam). Selanjutnya, *input* data iklim pada bar *Write Input Table* bagian *Weather Stations*, meliputi data curah hujan harian stasiun, suhu minimum dan maksimum, kelembaban, radiasi matahari dan kecepatan angin dari BMKG Stasiun Geofisika Bandung. Simulasi berdasarkan perubahan lahan dilakukan dengan menjalankan masukan penggunaan lahan tahun terbaru dan mendapatkan luaran hasil simulasi yang perlu di kalibrasi dan validasi.

c. Kalibrasi dan Validasi Model SWAT

Metode kalibrasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode manual. Metode manual dengan merubah nilai parameter secara trial and error sehingga menghasilkan kombinasi yang optimal. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan data debit yang sudah dikalibrasi dengan data debit pengukuran pada periode yang lain. Analisis statistik yang digunakan pada proses kalibrasi dan validasi untuk melihat keakuratan hasil keluaran model (*flow out*) dengan debit hasil observasi. Analisis statistik pada proses kalibrasi dan validasi menggunakan metode statistik koefisien determinasi (R^2) dan NSE (*Nash Sutcliffe Efficiency*).

1. R^2 (coefficient of determination) merupakan nilai kuadrat dari koefisien korelasi berdasarkan Bravais-Pearson. Nilai R^2 menggunakan rumus:

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

Keterangan:

X= Data observasi

\bar{x} = Data observasi rata-rata

Y= Data simulasi dari model

Tabel 2. Kriteria Koefisien Determinasi

Nilai R ²	Interpretasi
0,7 < R ² < 1,0	Tinggi
0,4 < R ² < 0,7	Sedang
0,2 < R ² < 0,4	Rendah
R ² < 0,2	Diabaikan

(Moriassi et al., 2008)

2. NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) merupakan suatu model statistik yang menunjukkan besar dari pengaruh hubungan data simulasi dan data observasi (Nash & Sutcliffe, 1970).

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

Keterangan:

 Y^{obs} = data observasi ke-i Y^{sim} = data simulasi ke-i \bar{Y}^{obs} = data observasi rata-rata

n = jumlah observasi

Tabel 3. Kriteria Kesesuaian Nilai NSE

Kriteria	NSE
Sangat baik	0,7 < NSE < 1,0
Baik	0,65 < NSE < 0,75
Memuaskan	0,50 < NSE < 0,65
Kurang memuaskan	NSE ≤ 0,50

(Moriassi et al., 2008)

- d. Simulasi Penggunaan Lahan Terhadap Limpasan Permukaan

Simulasi Penggunaan Lahan Terhadap limpasan permukaan dilakukan dengan memasukkan penggunaan lahan tahun 2010, 2015, dan 2020 dengan menggunakan iklim yang sama dan menerapkan nilai parameter kalibrasi model SWAT yang telah ditetapkan. Respon hidrologi yang dianalisis berdasarkan luaran model SWAT berupa nilai aliran limpasan (surQ), aliran alteral (latQ), aliran dasar (gwQ) dan debit aliran (*Flow out*). Hasil luaran tersebut digunakan dalam analisis dampak perubahan penggunaan lahan terhadap limpasan permukaan di Sub DAS Cimanuk Hulu.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Perubahan Tata Guna Lahan

Berdasarkan data penggunaan lahan yang digunakan pada citra satelit Landsat melalui proses klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) menghasilkan jenis penggunaan lahan yang terpaku pada Badan Standardisasi Nasional (2010) terdiri dari hutan (FRSE), perkebunan (FRST), pertanian (AGRC), sawah (RICE), pemukiman (URHD), lahan terbuka (BARR), semak (RNGB) dan badan air (WATR). Hasil klasifikasi terbimbing tersebut dibandingkan dengan titik sampel hasil groundcheck sebanyak 150 titik. Titik tersebut diamati melalui Google Earth yang sudah sesuai berdasarkan

sebaran titik koordinat yang sudah dibuat dengan membuat sebaran titik acak (*random point*) di aplikasi ArcGIS. Hasil uji akurasi Kappa Index pada tahun 2015 dan 2020 memperoleh nilai sebesar 96.43% dan 97.86%. Nilai tersebut sudah memenuhi kriteria kesesuaian nilai Kappa Index yaitu apabila ($81\% < KI > 100\%$) dengan kriteria *almost perfect agreement* (Landis & Koch, 1977) maka sudah layak digunakan untuk proses simulasi model SWAT. Hasil uji akurasi Landsat 8 dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil Uji Akurasi Landsat 8 2015 Sub DAS Cimanuk Hulu

Hasil Interpretasi	Kelas	Hasil Simulasi								Jumlah	User Accuracy %
		1	2	3	4	5	6	7	8		
	(1) Hutan	20	0	0	0	0	0	0	0	20	100
	(2) Badan Air	0	19	0	0	0	1	0	0	20	95
	(3) Perkebunan	1	0	19	0	0	0	0	0	20	95
	(4) Pertanian	0	0	0	19	0	1	0	0	20	95
	(5) Permukiman	0	0	0	0	19	1	0	0	20	95
	(6) Sawah	2	0	0	1	0	17	0	0	20	85
	(7) Semak	0	0	0	0	0	2	18	0	20	90
	(8) Lahan Terbuka	0	0	0	0	0	0	0	20	20	100
	Jumlah	23	19	19	20	19	22	18	20	160	
	Producer Activity	0.8			0.9		0.				
		7	1	1	5	1	8	1	1		
	PA %	87	10	10	95	10	77	10	10		

Overall Accuracy: 96.88% dan Kappa Index: 96.43%

Tabel 5. Hasil Uji Akurasi Landsat 8 2020 Sub DAS Cimanuk Hulu

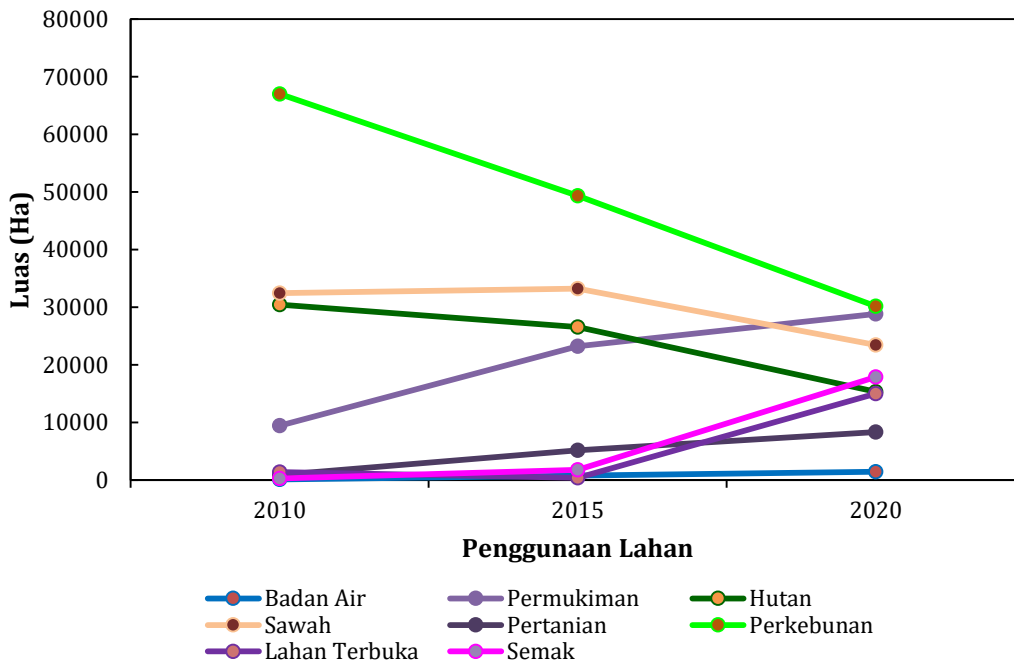
Hasil Interpretasi	Kelas	Hasil Simulasi								Jumlah	User Accuracy %
		1	2	3	4	5	6	7	8		
	(1) Hutan	20	0	0	0	0	0	0	0	20	100
	(2) Badan Air	0	18	0	0	0	1	1	0	20	90
	(3) Perkebunan	0	0	20	0	0	0	0	0	20	100
	(4) Pertanian	1	0	0	19	0	0	0	0	20	95
	(5) Permukiman	0	0	1	1	18	0	0	0	20	90
	(6) Sawah	1	0	0	0	0	19	0	0	20	95
	(7) Semak	0	0	0	0	0	0	20	0	20	100
	(8) Lahan Terbuka	0	1	0	0	0	0	0	19	20	95
	Jumlah	22	19	21	20	18	20	21	19	160	
	Producer Activity	0.9	0.9	0.9	0.9		0.9	0.9			
		1	5	5	5	1	5	5	1		
	PA %	91	95	95	95	10	95	95	10		

Overall Accuracy: 98.13% dan Kappa Index: 97.86%

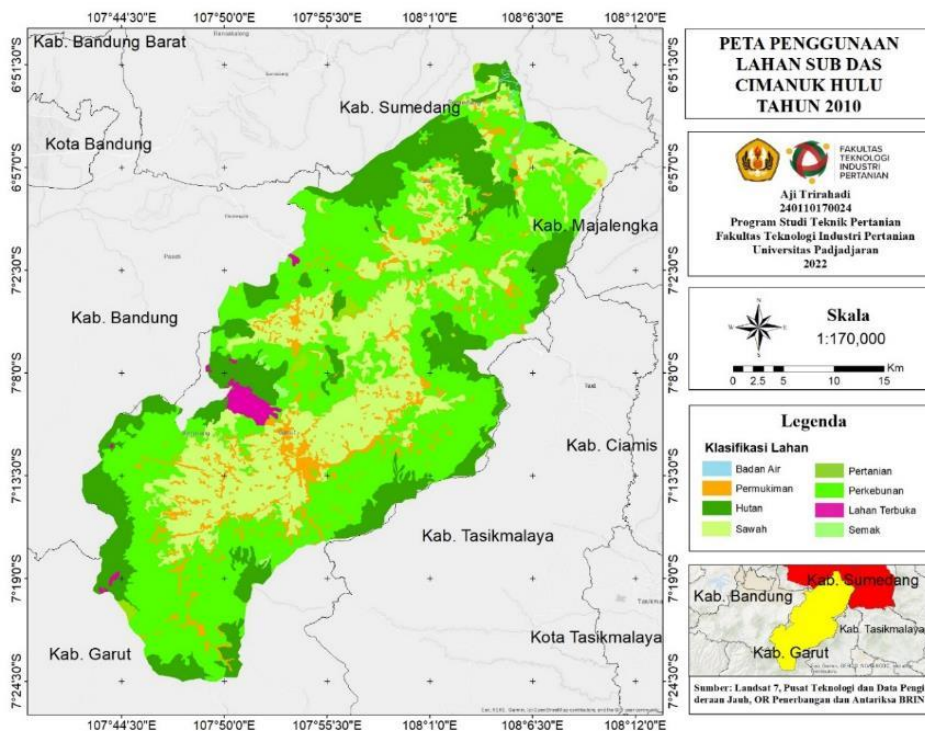
Penggunaan lahan periode tahun 2010 hingga 2015 dan 2015 hingga 2020 dapat dilihat pada Tabel 6. Bentuk penggunaan lahan Sub DAS Cimanuk Hulu dalam rentang waktu selama 2 periode didominasi oleh penggunaan lahan perkebunan dengan persentase luas lebih dari 30% dari total luas Sub DAS Cimanuk Hulu. Luas penggunaan lahan yang setiap periode bertambah adalah permukiman dan badan air. Permukiman tahun 2010 luasnya sebesar 9,484.60 ha atau 6.67% dari luas DAS, tahun 2015 luasnya sebesar 23,238.39 ha atau 16.54% dari luas DAS, dan tahun 2020 luasnya mencapai hingga 28,862.72 ha atau 20.54% dari luas DAS. Badan air mengalami peningkatan signifikan pada penggunaan lahan 2020 karena pada tahun 2017 waduk Jatigede yang terletak di Kabupaten Sumedang sudah mulai optimal dioperasikan yang menyebabkan bertambahnya luas penggunaan lahan badan air, sedangkan penggunaan lahan hutan mengalami penurunan setiap periodenya. Tahun 2010 luas hutan masih di atas 30% dari luas DAS, pada periode selanjutnya mengalami penurunan hingga kurang dari 30%, sejak tahun 2015 hingga 2020 kurang dari 30%. Hal tersebut teridentifikasi sesuai dengan UU RI No. 41 Tahun 1999 tentang kehutanan Pasal 18 Ayat 1 dan 2 bahwa fungsi hidrologi di Sub DAS Cimanuk Hulu tergolong kurang baik karena penggunaan lahan hutan kurang dari 30% (Republik Indonesia, 1999), artinya $\pm 70\%$ dari Wilayah Sub DAS Cimanuk Hulu berupa kawasan perkebunan, badan air, pertanian, sawah, permukiman, semak belukar, dan lahan kosong. Peta hasil klasifikasi penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 5, 6, dan 7.

Tabel 6. Penggunaan Lahan Sub DAS Cimanuk Hulu

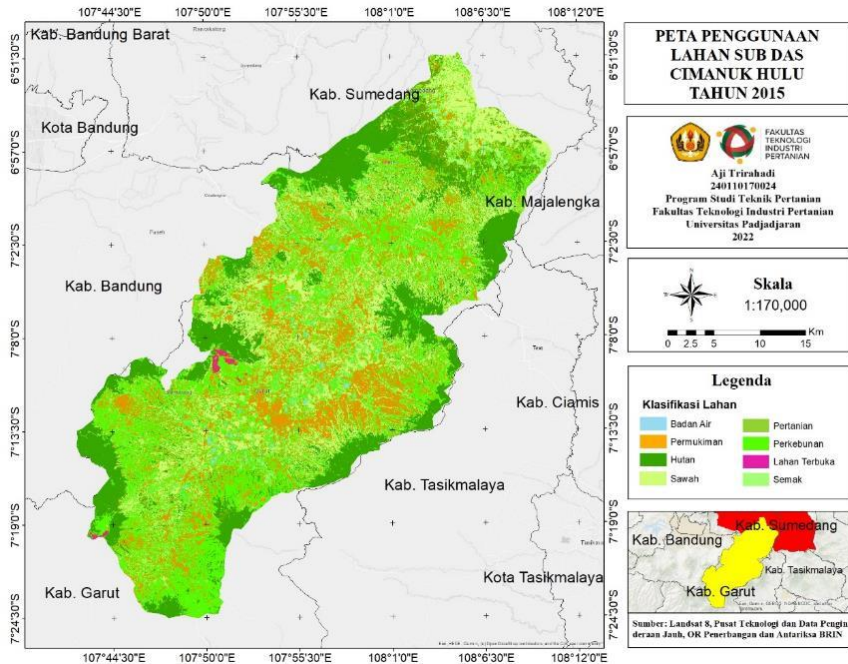
Penggunaan Lahan	2010		2015		2020	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Badan Air	146.81	0.10	771.48	0.55	1438.25	1.02
Permukiman	9484.60	6.67	23238.39	16.54	28862.72	20.54
Hutan	30461.74	21.41	26568.44	18.91	15345.70	10.92
Sawah	32489.67	22.84	33220.88	23.64	23473.89	16.70
Pertanian	917.93	0.65	5213.70	3.71	8342.06	5.94
Perkebunan	67039.02	47.13	49327.94	35.10	30160.70	21.46
Lahan Terbuka	1431.67	1.01	409.94	0.29	15012.47	10.68
Semak	277.58	0.20	1785.58	1.27	17902.97	12.74
Total	142249.01	100	140536.34	100	140538.76	100



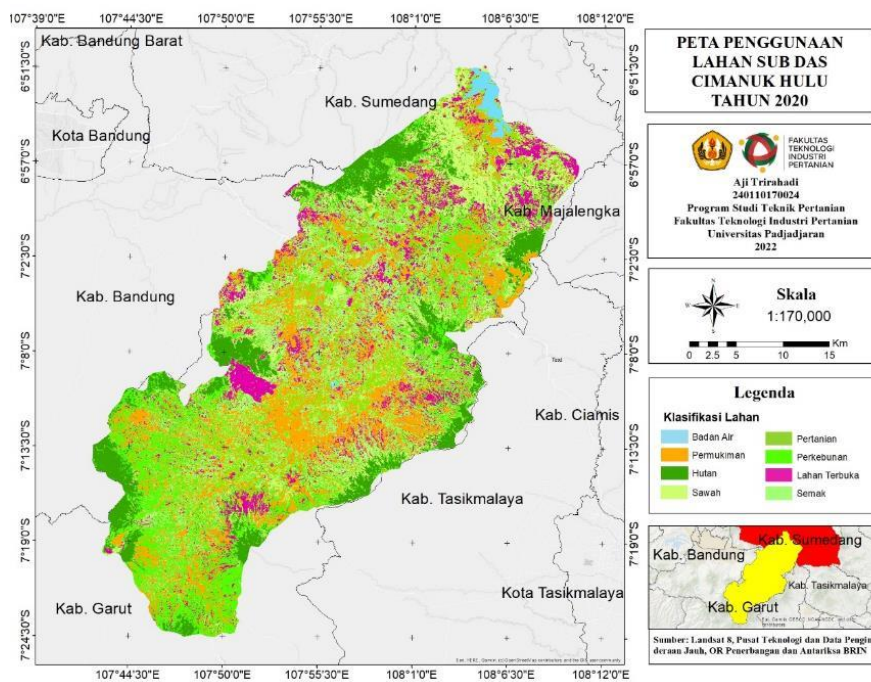
Gambar 4. Grafik Perubahan Luas Penggunaan Lahan



Gambar 5. Klasifikasi Penggunaan Lahan Sub DAS Cimanuk 2010



Gambar 6. Klasifikasi Penggunaan Lahan Sub DAS Cimanuk 2015



Gambar 7. Klasifikasi Penggunaan Lahan Sub DAS Cimanuk Hulu 2020

Perubahan penggunaan lahan setiap periode berfluktuatif. Karena perubahan fungsi penggunaan lahan hampir terjadi setiap tahun baik itu bertambah atau berkurang setiap luasannya. Bentuk penggunaan lahan yang mengalami peningkatan luasannya secara signifikan setiap periodenya yaitu pemukiman. Peningkatan luas pemukiman dapat dijadikan sebagai indikator meningkatnya jumlah penduduk di suatu wilayah. Besarnya perubahan penggunaan lahan Sub DAS Cimanuk Hulu disajikan pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Perubahan penggunaan lahan Sub DAS Cimanuk Hulu

Penggunaan Lahan	Luas			
	2010-2015 (Ha)	%	2015-2020 (Ha)	%
Badan Air	624.67	0.44	666.77	0.47
Permukiman	13753.80	9.67	5624.33	4.00
Hutan	-3893.30	-2.74	-11222.74	-7.99
Sawah	731.21	0.51	-9746.98	-6.94
Pertanian	4295.77	3.02	3128.36	2.23
Perkebunan	-17711.09	-12.45	-19167.23	-13.64
Lahan Terbuka	-1021.74	-0.72	14602.53	10.39
Semak	1508.00	1.06	16117.39	11.47

Hasil analisis distribusi perubahan penggunaan lahan secara spasial dilakukan dengan *crosstable* pada masing-masing periode perubahan penggunaan lahan. *Crosstable* dilakukan karena perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Cimanuk hulu saling terkait antara peningkatan luas suatu bentuk penggunaan lahan yang mengakibatkan penurunan luas dari bentuk penggunaan lahan yang lain. Distribusi perubahan penggunaan lahan periode 2010-2015 dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Distribusi Penggunaan Lahan Tahun 2010-2015

Penggunaan Lahan	Tahun 2015									
	Hutan	Perkebunan	Pertanian	Sawah	Permukiman	Lahan Terbuka	Semak	Badan Air	Total	
Tahun 2010	Hutan	22917.44	4361.82	2820.68		56.06			30156.01	
	Perkebunan		33465.97	1712.76	17269.33	12852.49	35.09	429.70	65879.66	
	Pertanian		294.10	252.76	213.00	143.79		0.43	904.08	
	Sawah		13632.56	540.70	12388.60	4982.58	1.55	907.62	33036.39	
	Permukiman					8342.22			26.71	8368.94
	Lahan Terbuka	110.70	694.99	4.49	107.05	175.97	308.74			1401.93
	Semak		45.63	87.64	82.37	25.16	0.85	10.59		252.22
	Badan Air							10.28	129.57	139.85
Total	23028.14	52495.07	5419.02	30060.36	26522.20	402.29	1358.62	853.38	140139.08	

Tabel 9. Distribusi Penggunaan Lahan Tahun 2015-2020

Penggunaan Lahan	Tahun 2020									
	Hutan	Perkebunan	Pertanian	Sawah	Permukiman	Lahan Terbuka	Semak	Badan Air	Grand Total	
Tahun 2015	Hutan	20636.84	5496.71	183.16		213.28		500.79	27030.78	
	Perkebunan	254.40	15399.53	3485.94	6566.23	8854.38	6811.97	7616.14	15207.0	50509.29
	Pertanian	203.17	1095.39	29.57	3618.79	33.56	142.15	82.92	4.99	5210.54
	Sawah		6127.18	3985.25	6811.10	3011.05	4100.66	8050.60	1684.15	33769.98
	Permukiman					18772.68			260.29	19032.97
	Lahan Terbuka	0.10	15.76	0.48	38.67	6.30	342.63	4.85	500.30	909.09
	Semak		280.17	291.85	778.91	206.22	156.64	30.00	1023.69	2767.48
	Badan Air	10.79	95.57	259.94	162.43	103.39	57.84	42.11	497.17	1229.24
Grand Total	21105.29	28510.31	8236.18	17976.13	30987.57	11825.19	15826.61	5992.09	140459.38	

Tabel 8 menunjukkan hasil distribusi perubahan penggunaan lahan periode 2010-2015 mengalami perubahan sebesar 57,847.04 ha atau 41.28% dan table 9 menunjukkan hasil distribusi perubahan penggunaan lahan periode 2010-2020 mengalami perubahan sebesar 70,421.65ha atau 50.14%. Terjadi fenomena Pembentukan Waduk Jatigede yang beroperasi secara Optimal di Tahun 2017 dengan demikian badan air pada tahun 2020 mengalami

peningkatan secara signifikan. Area genangan Waduk Jatigede meliputi 28 desa di Kecamatan Darmaraja, Kecamatan Wado, Kecamatan Jatigede dan Kecamatan Jatinunggal. Relokasi pertama dilakukan pada tahun 1982. Desain pembangunan waduk ini dilakukan pada tahun 1988, dan disambung 20 tahun kemudian yaitu proses konstruksi pada tahun 2007-2015. Pada 31 Agustus 2015 dilakukan penggenangan waduk sekaligus peresmian oleh Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Basuki Hadimulyono.

2. Simulasi SWAT (Kalibrasi dan Validasi)

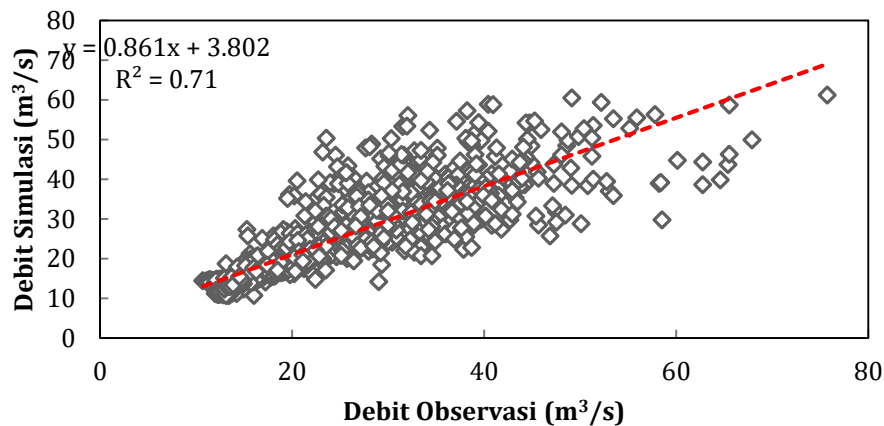
Sebelum dilakukan kalibrasi dan validasi, dilakukan simulasi terlebih dahulu. Simulasi pada penelitian pada tahun 2010-2020 dengan menggunakan data input curah hujan harian dari pada tahun 2010 hingga 2020, data iklim harian dari stasiun BMKG Geofisika Bandung. Dikarenakan data iklim di daerah Sub DAS Cimanuk hulu yang diperoleh kurang memenuhi untuk melakukan simulasi model SWAT, maka untuk mengisi kekosongan data digunakan data dari luar daerah penelitian. Data curah hujan dan iklim ini digunakan untuk simulasi model SWAT. Simulasi pertama mendapatkan nilai R^2 dan NSE sebesar 0.87 dan 0.18. Hasil uji statistik tersebut untuk koefisien determinasinya sudah baik namun untuk nilai NSEnya kurang memuaskan, maka perlu dilakukan kalibrasi manual dengan merubah 12 parameter sensitif terhadap debit secara *trial and error*. Simulasi dilakukan dengan terus memperbarui parameternya dan menjalankan ulang simulasi SWAT sampai nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) memiliki kriteria baik. Parameter sensitif yang dilakukan kalibrasi terdapat pada tabel 10.

Tabel 10. Parameter sensitif yang cocok dilakukan kalibrasi hidrologi Model SWAT

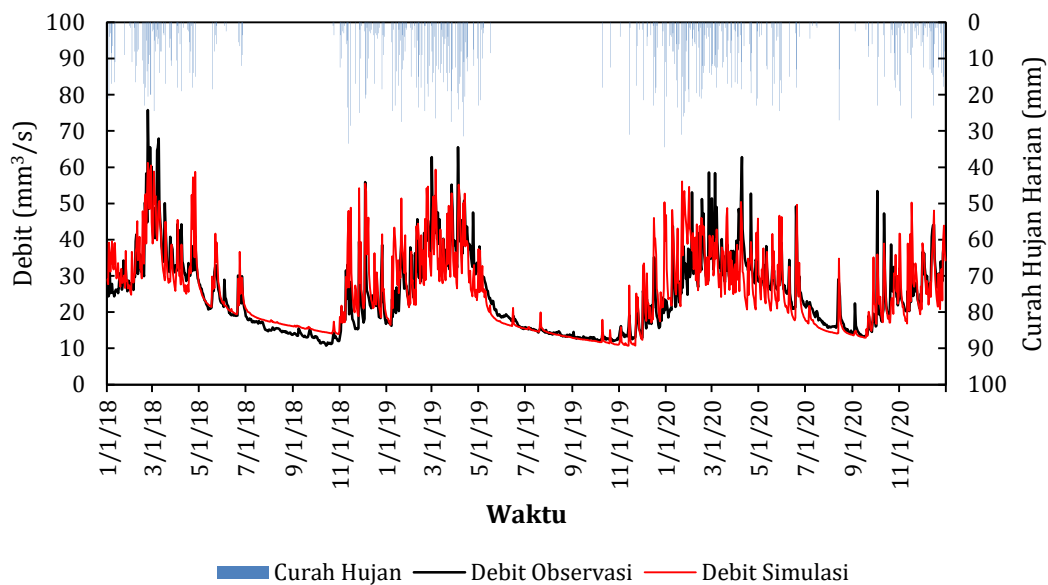
Parameter yang diubah		Fitted Value	Sebelum	Sesudah	
CN_2	FRSE	multiply by	0.6	58.85	35.31
	FRST	multiply by	0.6	60.33	36.20
	RICE	multiply by	0.6	62.01	37.21
	AGRC	multiply by	0.6	62	37.20
	WATR	multiply by	0.6	92	55.20
	URHD	multiply by	0.6	72.81	43.69
	BARR	multiply by	0.6	77.10	46.26
GW_Delay	ALL	Replace Value	400	31	400
Ch_K	ALL	Add	0.8	0.0	0.8

Parameter yang memiliki nilai sensitifitas yaitu GW_DELAY hal tersebut menunjukkan lahan dengan respon sedang terhadap perubahan aliran air bawah tanah karena dengan nilai parameter ALPHA_BF 0.1 - 0.3 menunjukkan lahan dengan respon yang lambat terhadap perubahan aliran, sedangkan nilai 0.9 = 1 menunjukkan lahan dengan respon cepat terhadap perubahan aliran bawah tanah (Zuma et al., 2017). Hasil parameterisasi menunjukkan bahwa parameter CN_2 merupakan nilai jenis penggunaan lahan berdasarkan kelompok hidrologi tanah menjadi parameter sensitif yang berpengaruh terhadap karakteristik hidrologi di Sub DAS Cimanuk hulu. Selanjutnya Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data debit observasi dengan data debit simulasi dari 1 Januari 2018-31 Desember pada tahun 2020. Metode statistik Proses Validasi dilakukan untuk menilai tingkat keakuratan suatu model dalam melakukan simulasi hidrologi (Nurullita et al., 2020). Uji statistik yang digunakan dalam kalibrasi dan validasi yaitu dengan koefisien determinasi (R^2) dan Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) masing-masing sebesar 0.71 dan 0.68, hasil pengujian statistik tersebut menunjukkan bahwa kinerja model SWAT telah memenuhi kriteria yang baik sesuai kriteria pada table 3. Hasil uji statistik koefisien determinasi

(R^2) ditampilkan pada grafik gambar 8 dan Nash Sutcliffe Efficiency (NSE) ditampilkan pada grafik gambar 9.



Gambar 8. Grafik Sebaran Debit Simulasi dan Observasi Hasil Kalibrasi (1 Januari 2018 – 31 Desember 2020)



Gambar 9. Hidrograf Curah Hujan Terhadap Debit Simulasi dan Observasi Hasil kalibrasi (NSE: 0.68) 1 Januari 2018 – 31 Desember 2020)

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan di Sub DAS Cimanuk Hulu dengan membandingkan model hidrologi menghasilkan nilai R^2 dan NSE masing-masing sebesar 0.71 dan 0.68, nilai NSE yang baik disebabkan karena parameter tanah yang detail yang diperoleh dari penelitian sebelumnya oleh Ridwansyah, et al., 2010 di Sub DAS Cimanuk Hulu. Model SWAT yang memiliki hasil yang lebih baik di DAS Cisadane dengan hasil validasi yang lebih baik yaitu nilai R^2 dan NSE masing-masing 0.78 dan 0.71 (Ridwansyah et al., 2014). Penelitian model SWAT di DAS Cimanuk yang diukur di tiga stasiun pengamatan yaitu Stasiun Rentang, Wado dan Leuwidaun menghasilkan nilai kinerja statistik R^2 0.58-0.73 dan NSE 0.51- 0.70. Hasil validasi terbaik yaitu pada stasiun pengukur Rentang Dam dengan nilai R^2 0.71 dan NSE 0.70 (Ridwansyah et al., 2020).

3. Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Limpasan Permukaan

Perubahan penggunaan lahan pada suatu DAS dapat dilihat dari aspek hidrologi yang berpengaruh langsung terhadap karakteristik penutupan lahan, sehingga dapat berpengaruh terhadap sistem tata air DAS. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologi di Sub DAS Citarik dianalisis berdasarkan nilai aliran permukaan (*surface runoff*), debit aliran (*flow out*) dan aliran dasar (*base flow*) dengan menggunakan model hidrologi SWAT.

Tabel 11. Model hidrologi SWAT simulasi penggunaan lahan tahun 2010, 2015, dan 2020.

Parameter Hidrologi	PL 2010		PL 2015		PL 2020	
	mm/tahun	%	mm/tahun	%	mm/tahun	%
SURQ	56.12	2.19	120.97	4.72	154.47	6.04
LATQ	535.89	20.90	517.48	20.20	507.81	19.85
GWQ	672.48	26.23	625.85	24.44	601.16	23.50
WYLD	1299.47	50.68	1296.86	50.64	1294.73	50.61

Keterangan:

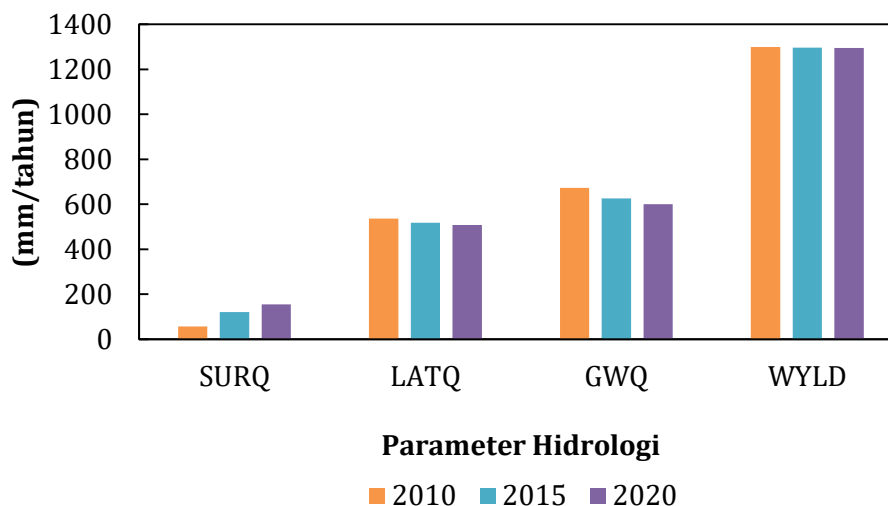
SURQ: Limpasan Permukaan (*Surface Runoff*)

GWQ: Aliran Dasar (*Base Flow*)

LATQ: Aliran Lateral (*Inter Flow*)

WYLD: Hasil Air (*Water Yield*)

PL: Penggunaan Lahan.



Gambar 10. Grafik Model Hidrologi SWAT Sub DAS Cimanuk Hulu

Penelitian ini menganalisis dampak perubahan tata guna lahan terhadap *surface runoff*. Limpasan permukaan merupakan air hujan yang jatuh diatas permukaan lahan yang kemudian bergabung sampai ke sungai. Tabel 9 menunjukkan hasil simulasi model SWAT dengan nilai *surface runoff* dan nilai *ground water*-nya pada tahun 2010 sebesar 56.12 mm/tahun dan 672.48 mm/tahun, tahun 2015 120.97 mm/tahun dan 625.85 mm/tahun, tahun 2020 154.47 mm/tahun dan 601.16 mm/tahun. Hasil tersebut menunjukkan penurunan aliran bawah permukaan (*ground water*) pada setiap tahunnya dan terjadi adanya peningkatan nilai limpasan permukaan (*surface runoff*) pada setiap tahunnya, sehingga mengakibatkan kurangnya debit yang meresap ke dalam tanah (infiltrasi) yang mengakibatkan aliran bawah permukaan (*ground water*) berkurang dan debit yang mengalir di limpasan permukaan meningkat setiap periodenya. Berdasarkan analisis hasil SWAT menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan di sub DAS Cimanuk Hulu

berdampak pada peningkatan nilai limpasan permukaan dari suatu DAS. Hal tersebut berpengaruh terhadap berkurangnya nilai aliran bawah permukaan (*ground water*). Peningkatan luas lahan pertanian di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) dapat mengakibatkan besarnya tingkat erosi lahan (Salim et al., 2019).

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, terjadi adanya perubahan tata guna lahan di sub DAS Cimanuk Hulu. Perubahan penggunaan lahan yang setiap periode bertambah adalah permukiman dan badan air. Badan air mengalami peningkatan signifikan pada penggunaan lahan 2020 karena pada tahun 2017 waduk Jatigede yang terletak di Kabupaten Sumedang sudah mulai optimal dioperasikan yang menyebabkan bertambahnya luas penggunaan lahan badan air, sedangkan penggunaan lahan hutan mengalami penurunan setiap periodenya. Hasil kalibrasi dan validasi model SWAT dengan uji statistik koefisien determinasi (R^2) dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) sebesar 0.71 dan 0.68. Hasil dari simulasi model SWAT menunjukkan penurunan aliran bawah permukaan (*ground water*) pada setiap tahunnya dan terjadi adanya peningkatan nilai limpasan permukaan (*surface runoff*) pada setiap tahunnya, sehingga mengakibatkan kurangnya debit yang meresap ke dalam tanah (infiltrasi) yang mengakibatkan aliran bawah permukaan (*ground water*) berkurang dan debit yang mengalir di limpasan permukaan meningkat setiap periodenya. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan di sub DAS Cimanuk Hulu berdampak terhadap peningkatan nilai limpasan permukaan.

Adapun saran dari penelitian ini adalah data penelitian ini dapat dijadikan referensi kepada masyarakat, instansi terkait, dan pemerintah untuk melakukan konservasi dan rehabilitasi lebih lanjut di Sub DAS Cimanuk Hulu dan untuk menindaklanjuti penelitian ini diperlukan *input data* yang lebih rinci dan lengkap terutama pada data tanah dan iklim yang sesuai dengan kebutuhan *input* Model SWAT, karena sangat menentukan hasil penelitian yang akan dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu dalam penelitian khususnya kepada instansi Pusat Riset Limnologi dan Sumberdaya Air BRIN atas penggunaan ArcGIS 10.3 dan Pelatihan Model SWAT serta instansi penyediaan data hidrologi diantaranya BBWS Cimanuk Cisanggarung, BPDASHL Cimanuk Citanduy, dan PUSAIR Bandung.

REFERENSI

- Alimin, M., Kurniawan, S., Wicaksono, S., Tanah, J., Pertanian, F., & Brawijaya, U. (2015). Estimasi Limpasan Permukaan Das Mikro Brantas Hulu Kecamatan Bumiaji Kota Batu Menggunakan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 171–177. <http://jtsl.ub.ac.id>
- Azanniyah, T. N., Ridwansyah, I., Kendarto, R., & Anggota, K. (2020). *Analisis Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologi di Sub DAS Citarik Sukabumi Menggunakan Model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Analysis the Impact of Land use Changes on Hydrological Responses in the Citarik Sub-Watershed Using*.
- Hidayat, L., Sudira, P., Susanto, S., & Jayadi, R. (2017). Validasi Model Hidrologi SWAT di Daerah Tangkapan Air Waduk Mrica (Validation of The SWAT Hydrological Model on The Catchment Area of Mrica Reservoir). *Agritech*, 36(4), 467. <https://doi.org/10.22146/agritech.16772>
- Kertawidana, I. D. . (2019). *Sistem Informasi Geografis*. CV. Makmur Cahaya Ilmu.
- KLHK. (2019). PERMEN-LHK RI Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/10/2019 Tentang Penanaman Dalam Rangka Rehabilitasi Daerah Aliran Sungai. *Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan RI*, 39.

- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data Published by: International Biometric Society Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2529310>. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
- 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.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- Nurullita, P., Ridwansyah, I., & Kendarto, D. R. (2020). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologi Menggunakan Model Soil Dan Water Assessment Tool (Swat) Di Sub DAS Cibandiri Hulu Kabupaten Sukabumi. *Seminar Nasional Teknologi Hijau 3*, 231–241. <http://prosiding-sntih.kemenperin.go.id/index.php/sntih/article/view/121>
- Rahman, A. (2017). Analisis Aliran Pada Daerah Aliran Sungai Cimanuk Hulu (Studi Kasus Cimanuk-Bojongloa Garut). *Jurnal Konstruksi*, 14(1), 91–100. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.14-1.391>
- Republik Indonesia, U.-U. (1999). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia*, 1, 1–5.
- Ridwansyah, I., Pawitan, H., Sinukaban, N., and Hidayat, Y. (2014). Watershed Modeling with ArcSWAT and SUFI2 In Cisadane Catchment Area: Calibration and Validation to Prediction of River Flow. *International Journal of Science and Engineering*, 6(2), 12–21. <https://doi.org/10.12777/ijse.6.2.12-21>
- Ridwansyah, I., Yulianti, M., Apip, Onodera, S., Shimizu, Y., Wibowo, H., & Fakhruddin, M. (2020). The impact of land use and climate change on surface runoff and groundwater in Cimanuk watershed, Indonesia. *Limnology*, 21(3), 487–498. <https://doi.org/10.1007/s10201-020-00629-9>
- Salim, A. G., Dharmawan, I. W. S., & Narendra, B. H. (2019). Pengaruh Perubahan Luas Tutupan Lahan Hutan Terhadap Karakteristik Hidrologi DAS Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 333. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.333-340>
- Zulkarnain, Halili, & Diara, L. (2015). Analisis Spasial Perubahan Tutupan Lahan pada Wilayah Pertambangan. *Ecogreen*, 1(2), 11–24.
- Zuma, D. S., Murtalaksono, K., & Suharnoto, Y. (2017). Analisis Curah Hujan Dan Debit Model Swat Dengan Metode Moving Average Di Das Ciliwung Hulu. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 7(2), 98–106. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.2.98-106>