

## Analisis Respon Hidrologi dan Simulasi Konservasi Tanah-Air di Sub Das Cicatih Menggunakan Model *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT)

Naveisha Eka Putri<sup>1\*</sup>, Kharistya Amaru<sup>2</sup>, Iwan Ridwansyah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>Staff Pengajar Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Padjadjaran

<sup>3</sup>Peneliti Pusat Penelitian Limnologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

\*Email : Naveisha17001@mail.unpad.ac.id

**Abstract:** A good ecosystem of the watershed could provide many benefits to living organisms around it. This study is to analyze various scenarios of land use to repair baseflow and lateral flow. The research was conducted in the Cicatih sub-watershed, Cimandiri watershed with an area of 562.37 km<sup>2</sup>. Hydrology modeling used for soil and water conservation simulation is the SWAT model. The result of this study show that the NSE is 0.75 and 0.65 and the R<sup>2</sup> is 0.56 and 0.8 respectively. There are four scenarios to be analyzed. The best result of baseflow, runoff, and lateral flow analyses is the fourth scenario that uses soil and water conservation techniques combination. The scenario could reduce direct runoff by 381.35 mm, increase lateral by 301.19 mm, and increase baseflow by 349.96 mm.

**Keywords:** Hydrology, SWAT Model, Soil and Water Conservation Techniques

**Abstrak:** Ekosistem DAS yang baik dapat memberikan banyak manfaat terhadap makhluk hidup di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis berbagai skenario penggunaan lahan untuk memperbaiki aliran dasar dan aliran lateral. Penelitian ini dilakukan di sub DAS Cicatih, DAS Cimandiri dengan luas wilayah 562,37 km<sup>2</sup>. Pemodelan hidrologi yang digunakan untuk simulasi konservasi tanah dan air yaitu model SWAT. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa SWAT model dapat digunakan untuk memprediksi aliran dasar dan aliran lateral. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai NSE untuk kalibrasi dan validasi berturut turut yaitu 0,75 dan 0,65 serta R<sup>2</sup> sebesar 0,56 dan 0,8. Hasil aliran permukaan, aliran dasar dan aliran lateral terbaik berasal dari skenario penerapan Teknik konservasi tanah dan air (KTA). Skenario tersebut mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 381,35 mm,

meningkatkan aliran lateral sebesar 301,19 mm, dan meningkatkan aliran dasar sebesar 349,96 mm

Kata Kunci: Hidrologi, Model SWAT, Teknik Konservasi Tanah dan Air

### 1. Pendahuluan

Sub DAS Cicatih merupakan bagian dari DAS Cimandiri di Kabupaten Sukabumi yang memiliki luas sekitar 562,38 km<sup>2</sup>. Berdasarkan PPRI nomor 37 tahun 2012 tentang pengelolaan DAS, Sub DAS Cicatih, DAS Cimandiri termasuk ke dalam DAS yang dipertahankan daya dukungnya, dengan kata lain Sub DAS Cicatih masih tergolong baik. Jumlah DAS di Indonesia dengan kategori Prioritas tiap tahun semakin bertambah. Terdapatnya peningkatan jumlah DAS prioritas setiap tahunnya menandakan bahwa pengelolaan DAS yang baik belum dilakukan secara optimal dan efektif.

Penggunaan lahan di Sub DAS Cicatih didominasi oleh kelas penggunaan lahan kebun 124,12 km<sup>2</sup> atau 22,1% dari luas total Sub DAS Cicatih, penggunaan lahan yang paling yaitu pada kelas penggunaan lahan Badan air yaitu sebesar 5,75 km<sup>2</sup> atau 1% dari luas total Sub DAS Cicatih.

Penggunaan lahan yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, dapat menimbulkan penurunan fungsi hidrologi DAS. Penggunaan lahan dan kondisi biofisik lingkungan sangat mempengaruhi fungsi DAS sebagaimana penghasil air dan pengatur tata air. Penggunaan lahan menentukan besarnya fluktuasi debit sungai dan sedimentasi [7].

Faktor utama yang mempengaruhi respon hidrologi yaitu perubahan penggunaan dan penutupan lahan. Perubahan penggunaan lahan dan kondisi biofisik lingkungan sangat mempengaruhi fungsi DAS sebagai penghasil air serta pengatur tata air. Perubahan penggunaan lahan dapat menentukan besarnya fluktuasi debit sungai dan sedimentasi [7]. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelolaan DAS berdasarkan analisis penggunaan lahan dan respon hidrologi di Sub DAS Cicatih. Digunakan berbagai skenario untuk membandingkan respon hidrologi antar skenario dan menghasilkan cara terbaik untuk penanganan pada Sub DAS Cicatih. Penelitian ini

juga bertujuan untuk mendapatkan hasil SWAT yang baik dengan proses Kalibrasi dan Validasi. Menentukan Skenario KTA untuk memperoleh debit yg terbaik.

Simulasi perencanaan pengelolaan lahan DAS dapat menggunakan model hidrologi *Soil and Water Assesment Tool* (SWAT). SWAT merupakan salah satu model hidrologi yang sudah banyak digunakan dalam simulasi hidrologi dan perencanaan pengelolaan DAS. Model hidrologi mampu mengkaji karakteristik dan respon hidrologi suatu DAS yang luas, jangka waktu yang Panjang serta simulasi Teknik konservasi tanah dan air yang sesuai dengan biofisik DAS. Pada penelitian ini model SWAT digunakan untuk mengetahui respon hidrologi dari Sub DAS Cicatih berdasarkan penggunaan lahan secara eksisting, serta perencanaan pengelolaan lahan Sub DAS Cicatih dan Teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA) yang optimum. Model SWAT memiliki keunggulan karena merupakan hasil integrasi SIG (Sistem Informasi Geografis) dan DSS (Decission Support System) sehingga dapat digunakan untuk menilai respon hidrologi DAS secara spasial dan kuantitatif, selain itu model SWAT dapat digunakan untuk pengelolaan pengendalian permasalahan DAS seperti mengidentifikasi, menilai maupun melakukan evaluasi tingkat permasalahan suatu DAS.

Penerapan *Best Managemet Practice* (BMP) pada lahan pertanian yaitu dengan menerapkan terasering dan penanaman secara kontur parallel [9]. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan analisis tentang faktor-faktor kritis penyebab dan strategi untuk mengatasi masalah tersebut. Pengelolaan DAS bagian hulu yang baik terintegrasi untuk mengatasi kerusakan pada DAS bagian hilir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak BMP terhadap respon hidrologi di Sub DAS Cicatih Kabupaten Sukabumi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model SWAT dalam memprediksi debit aliran sungai dan Teknik KTA, serta penggunaan lahan yang baik untuk menurunkan aliran permukaan di Sub DAS Cicatih.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Bahan

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Cicatih, DAS Cimandiri, Kabupaten Sukabumi. Sub DAS Cicatih (106°03'08" - 106°05'30" BT dan 06°04'54" - 07°00'43" LS). Sub DAS Cicatih memiliki luas 562,38 km<sup>2</sup>. Alat yang digunakan adalah komputer dengan *Software* ArcGIS 10.3, ArcSWAT versi tahun 2012,

Microsoft office 2010, dan SWAT-CUP dengan prosedur SUFI-2. Bahan penelitian merupakan data yang dikumpulkan dari studi pustaka dan instansi pemerintah meliputi: 1) Peta penggunaan lahan dari interpretasi citra SPOT tahun 2017; 2) Data klimatologi periode tahun 2008-2018 dari stasiun citeko; 3) Data curah hujan harian periode tahun 2008-2018 dari Stasiun citeko, Stasiun Cibadak, Stasiun Cicatih, Stasiun Ciraden, Stasiun Ciutara, dan Stasiun Sinagar; dan 4) Data debit harian dari PLTA Ubrug periode tahun 2015-2018.

### 2.2. Metode Penelitian

Tahapan pada penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan. Tahap pertama yaitu mengumpulkan data sekunder, dimana data tersebut akan digunakan dalam pembuatan *database* untuk input model. Tahap kedua yaitu analisis hasil simulasi model SWAT. Analisis model SWAT tersebut dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu: 1) Deliniasi DAS; 2) Analisis *Hydrology Response Unit* (HRU); 3) Input data iklim; 4) *Running* model SWAT; 5) Kalibrasi dan Validasi model SWAT; dan 6) Simulasi skenario konservasi tanah dan air.

Analisis klasifikasi penutupan lahan pada penelitian ini menggunakan citra SPOT-7 tahun 2017. Klasifikasi yang digunakan yaitu klasifikasi terbimbing (*Supervised Classification*). Proses yang dihasilkan dalam klasifikasi penutupan lahan di Sub DAS Cicatih terbagi ke dalam 8 kelas penutupan lahan yaitu Hutan, Kebun, Pemukiman, Badan Air, Sawah, Pertanian, Semak Belukar, dan Lahan Terbuka.

Metode statistik yang digunakan dalam melakukan kalibrasi pada penelitian ini adalah koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) dan *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE). Koefisien determinasi merupakan nilai kuadrat dari koefisien korelasi berdasarkan Bravais-Pearson. Rumus yang digunakan untuk perhitungan R<sup>2</sup> yaitu:

$$R^2 = \frac{(Y^{obs} - \bar{Y}^{obs})^2 - (Y^{obs} - Y^{sim})^2}{(Y^{obs} - \bar{Y}^{obs})^2} \quad (1)$$

Dimana Y<sup>obs</sup> merupakan data observasi,  $\bar{Y}^{obs}$  merupakan data obeservasi rata-rata, Y<sup>sim</sup> merupakan data hasil simulasi atau data perhitungan model. Hasil perhitungan R<sup>2</sup> menunjukkan hasil kelayakan suatu model, apabila R<sup>2</sup> mendekati nilai 1, maka terdapat hubungan erat antara hasil prediksi dengan hasil observasi lapangan. Jika nilai R<sup>2</sup> lebih dari 0,5 maka model tersebut dianggap layak untuk digunakan. Rumus yang digunakan untuk persamaan model *Nash Sutcliffe Efficiency* (NSE) [5] yaitu:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs_i} - Q_{sim_i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs_i} - \bar{Q}_{sim_i})^2} \quad (2)$$

Dimana  $Q_{obs_i}$  merupakan data observasi ke I,  $Q_{sim_i}$  merupakan data simulasi ke i, dan  $\bar{Q}_{sim_i}$  merupakan data simulasi rata-rata, n merupakan jumlah observasi.

Tabel 1. Kategori nilai efisiensi model dengan NSE [4]

No	Nilai NSE	Kategori
1	$0.75 \leq NSE \leq 1.00$	Sangat Baik
2	$0.65 \leq NSE \leq 0.75$	Baik
3	$0.50 \leq NSE \leq 0.65$	Memuaskan
4	$NSE \leq 0.50$	Tidak Memuaskan

Data observasi yang digunakan untuk kalibrasi dan validasi yaitu data pada 1 Januari – 31 Desember tahun 2015 dan 2017 yang berasal dari pengukuran yang dilakukan oleh PLTA Ubrug. Setelah hasil kalibrasi dan validasi yang sudah diterima, selanjutnya melakukan penerapan skenario konservasi tanah dan air.

### 2.3. Rancangan Skenario Teknik KTA dalam Pengelolaan Lahan

#### 2.3.1. Skenario 1 : Penerapan Peta RTRW Kabupaten Sukabumi

Skenario ini diterapkan berdasarkan pola ruang peta rencana tata ruang (RTRW) Kabupaten Sukabumi. Peta RTRW merupakan peta yang mengatur arah kebijakan tata ruang yang sifatnya menyeluruh dan mengatur arahan pengembangan pusat-pusat kegiatan di suatu wilayah. Beberapa penggunaan lahan yang terdapat dalam peta RTRW ini diantaranya yaitu Kawasan Hutan Konservasi, Kawasan Hutan Produksi, Kawasan Hutan Produksi Terbatas, Kawasan Peruntukan Perkebunan, Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering, Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Basah, Kawasan Peruntukan Pemukiman Pedesaan, Kawasan Peruntukan Pemukiman Perkotaan, Kawasan Peruntukan Industri, dan Kawasan Tubuh Air.

Penggunaan lahan yang mendominasi pada penerapan RTRW ini yaitu Kawasan Peruntukan Pertanian Lahan Kering seluas 14.200,70 ha (25,25% dari total luas Su DAS Cicatih) serta luasan paling kecil yaitu pada Kawasan peruntukan Hutan Produksi seluas 91,64 ha (0,16% dari total luas Sub DAS Cicatih). pada penerapan Skenario 1 (RTRW) menghasilkan 1 sub DAS yang masuk kedalam kategori Sangat Tinggi yaitu Sub basin 5 dan 1 sub DAS yang termasuk kedalam kategori Tinggi yaitu Sub basin 9.

#### 2.3.2. Skenario 2: Penerapan RTk – RHL BP DAS Citarum Ciliwung

Simulasi model Skenario 2 merupakan penerapan peta penggunaan lahan sesuai dengan peta Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTk – RHL DAS). Peta penggunaan lahan penerapan Skenario 2 yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu merupakan peta hasil tumpang tinding (Overlay) antara peta penggunaan lahan eksisting dengan peta RTk – RHL. Tujuan dari Overlay peta ini adalah untuk mendapatkan atribut peta yang lengkap. Penggunaan lahan yang mendominasi dari penerapan scenario 2 adalah Hutan Rakyat seluas 12.297,46 ha (21,87% dari total luas Sub DAS Cicatih) dan luasan yang paling kecil yaitu Badan Air seluas 575,71 ha (1,02% dari total luas Sub DAS Cicatih).

Pada tingkat subbasin, penerapan penggunaan lahan RTk – RHL menghasilkan 2 subbasin dengan kategori Tinggi (Subbasin 5 dan 9), 5 subbasin dengan kategori Sedang (Subbasin 1,4,11,12,dan 13), 4 Subbasin dengan kategori Rendah (Subbasin 3,4,6, dan 7), dan 3 subbasin dengan kategori Sangat Rendah (Subbasin 2,8, dan 10).

#### 2.3.3. Skenario 3: Penerapan Peta Kawasan Hutan (PKH)

Simulasi model skenario 3 merupakan penerapan peta penggunaan lahan sesuai dengan peta kawasan hutan negara. Luas peta Kawasan hutan di sub DAS cicatih hanya sebesar 23,07% dari total luas Sub DAS cicatih, untuk penggunaan lahan lainnya menggunakan peta penggunaan lahan eksisting dengan menggunakan metode tumpang tindih (Overlay). Penggunaan lahan yang mendominasi dari penerapan Skenario 3 (Peta Kawasan Hutan) yaitu Kebun seluas 15.133,18 ha (26,91% dari total luas Sub DAS Cicatih) dan luasan yang paling kecil yaitu badan Air seluas 277,34 ha (0,49% dari total luas Sub DAS Cicatih).

Pada tingkat Subbasin, penerapan penggunaan lahan menggunakan Skenario 3 menghasilkan 5 Subbasin dalam kategori Sedang (1,4,5,6, dan 13), 4 Subbasin dalam kategori Rendah (3,9,11, dan 12), dan 4 Subbasin dalam kategori Sangat Rendah (2,7,8, dan 10).

#### 2.3.4. Skenario 4: Penerapan Penggunaan Lahan Eksisting dengan Teknik KTA

Simulasi model skenario 4 merupakan penerapan peta penggunaan lahan eksisting yang dikombinasikan dengan beberapa Teknik Konservasi Tanah dan Air (KTA). Penerapan Teknik KTA ini difokuskan pada Subbasin yang dianggap bermasalah yaitu Subbasin yang memiliki nilai KAT dengan

kategori Sangat Tinggi (ST) dan Tinggi (T) pada penerapan penggunaan lahan Eksisting. Area Subbasin yang difokukan yaitu Subbasin 3,5,6,11,12, dan 13. Adapun Teknik Konservasi Tanah dan Air yang diterapkan pada subbasin tersebut yaitu Teknik KTA secara metode vegetatif dan secara mekanik. Pada area dengan kemiringan 0-25% diterapkan metode KTA berupa *Agroforestry*, pertanian lahan kering campur dan semak. Pada area dengan kemiringan 25-40% diterapkan metode KTA berupa *Contouring* dan *Terasing*. Pada area lahan dengan kemiringan  $\geq$  40% diterapkan metode KTA berupa Reboisasi.

Pada tingkat Subbasin dengan Penerapan Skenario 4 menghasilkan 2 Subbasin dengan kategori Tinggi (5 dan 12), 5 Subbasin dengan kategori Sedang (1,3,6,11, dan 13), 2 Subbasin dengan kategori Rendah (4 dan 7), dan 3 Subbasin dengan kategori Sangat Rendah (2,8, dan 10).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Analisis Penutupan Lahan

Hasil analisis penutupan lahan yang dilakukan menunjukkan bahwa kelas penutupan lahan yang mendominasi yaitu kelas Kebun seluas 12.412,31 Ha (22,1% dari luas total Sub DAS Cicatih). Kelas penggunaan lahan yang paling kecil nilainya terdapat pada kelas Badan Air seluas 575,71 Ha (1% dari luas total Sub DAS Cicatih). Hasil analisis penutupan lahan tahun 2017 ini selanjutnya dijadikan sebagai tutupan lahan eksisting yang akan diperbaiki nilai hidrologinya.

Koefisien Aliran Tahunan (KAT) merupakan bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya limpasan permukaan terhadap besarnya curah hujan. Pada

tingkat subbasin, penerapan penggunaan lahan eksisting ini menghasilkan 3 subbasin dengan kategori KAT Sangat tinggi (Subbasin 5,6, dan 13), 3 subbasin dengan kategori KAT Tinggi (Subbasin 3,11, dan 12), 5 Subbasin dengan kategori KAT Sedang (Subbasin 1,4,7,8, dan 9), dan 2 Subbasin dengan kategori KAT Rendah (Subbasin 2 dan 10).

#### 3.2. Kalibrasi dan Validasi Model SWAT

Tahap kalibrasi pada penelitian ini dilakukan untuk menguji keakuratan model SWAT, sehingga output model SWAT ini dapat mendekati dengan kondisi kenyataan (*real*) pada DAS yang sedang diuji. Kalibrasi model dilakukan dengan 2 metode yaitu menggunakan SWATCUP prosedur Sufi-2 dan menggunakan kalibrasi secara manual (*Trial and error*). Kalibrasi dalam model SWAT dilakukan dengan menyesuaikan kombinasi nilai parameter yang berpengaruh terhadap kondisi hidrologi DAS.

Kalibrasi debit model dilakukan untuk membandingkan data debit hasil perhitungan model SWAT dengan debit observasi di Sub DAS Cicatih. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan 12 parameter. Adapun parameter kalibrasi serta nilai kalibrasi yang digunakan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter kalibrasi model SWAT

No	Parameter	Fitted Value	Nilai Min	Nilai Max
1	V_GW_Delay	45	10	60
2	V_GWQMN	4500	0	5000
3	R_CN2	0,55	0,2	0,7
4	V_GW_REVAP	0,09	0	0,3
5	V_ALPHA_BF	0,3	0	1
6	V_ALPHA_BNK	0,5	0	1
7	V_ESCO	0,3	0	1
8	V_CH_K2	17,5	5	130
9	V_CH_N2	0,27	0	0,3
10	R_SOL_AWC	0,1	0	1
11	R_SOL_K	600	0	2000
12	R-SOL-BD	1,7	0,9	2,5

Data observasi yang digunakan untuk kalibrasi adalah data harian pada bulan Januari-Desember tahun 2015-2018 dari PLTA Ubrug. Berdasarkan tabel tersebut, parameter yang dianggap sensitif untuk karakteristik di Sub DAS Cicatih yaitu antara lain: GW\_DELAY (waktu *delay* air bawah tanah), GWQMN (batas kedalaman air pada aquifer dangkal yang dibutuhkan untuk Kembali terjadinya aliran), CN2 (bilangan kurva aliran permukaan pada kondisi kelembaban tanah 2), GW\_REVAP (Koefisien revap air bawah tanah), ALPHA\_BF (faktor *alpha baseflow*), ALPHA\_BNK (faktor *alpha baseflow* untuk *bank storage*), ESCO (faktor kompensasi evaporasi tanah), CH\_K2 (konduktivitas hidrolik efektif pada saluran utama), CH\_N2 (koefisien kekasaran manning untuk saluran utama), SOL\_AWC (Kadar air tersedia), SOL\_K (permeabilitas tanah), dan SOL\_BD (Bobot isi tanah).

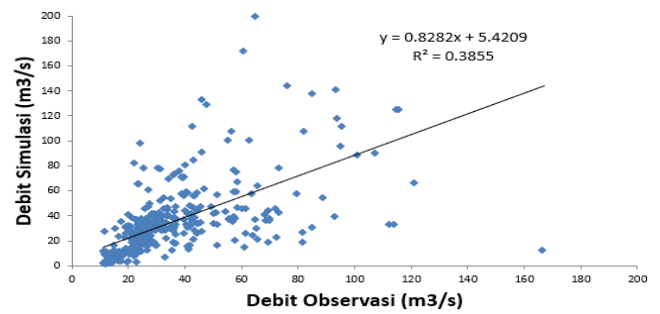
Sebelum dilakukan kalibrasi dan validasi output model SWAT menunjukkan nilai yang kurang bagus yaitu NSE Sebesar -0,1 (Kurang Memuaskan) dan  $R^2$  sebesar 0,38 (Rendah). Hidrograf aliran dan sebaran debit hasil simulasi sebelum dilakukan kalibrasi dan validasi dapat dilihat pada gambar 1 dan 2. Hasil kalibrasi output model SWAT menunjukkan nilai NSE dan  $R^2$  masing masing sebesar 0,82 (Sangat baik) dan 0,85 (sangat baik). Hal tersebut menunjukkan bahwa model SWAT cukup baik untuk mensimulasikan debit aliran di Sub DAS Cicatih ini. Grafik hidrograf dan sebaran debit hasil simulasi setelah dilakukan kalibrasi ditunjukkan pada gambar 3 dan



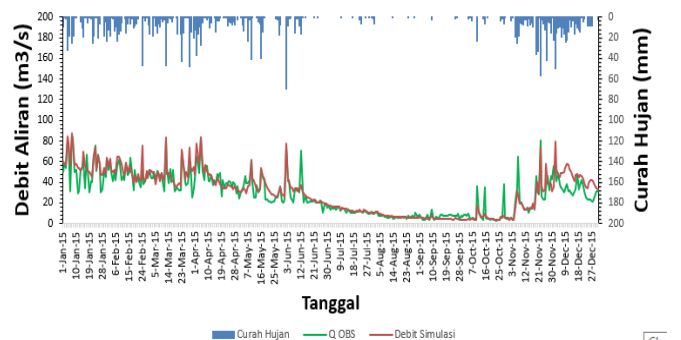
4. Validasi merupakan tahapan evaluasi terhadap model untuk menilai tingkat keakuratan dan konsistensi yang dimiliki oleh suatu model dalam melakukan simulasi atau prediksi kondisi hidrologi. Validasi ini dilakukan dengan cara membandingkan data harian debit aliran observasi (1 Januari - 31 Desember 2017) dari PLTA Ubrug dengan debit aliran simulasi yang menggunakan parameter yang sama dengan parameter kalibrasi. Hasil validasi pada penelitian ini menunjukkan nilai NSE dan  $R^2$  masing-masing sebesar 0,65 (Baik) dan 0,8 (Sangat Baik). Grafik hidrograf dan sebaran debit hasil simulasi setelah dilakukan kalibrasi ditunjukkan pada gambar 5 dan 6.

Beberapa penelitian lain yang telah menggunakan model SWAT untuk analisis respon hidrologi, yaitu penelitian di Sub DAS Citarik dan Cimandiri Hulu Hasil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan di Sub DAS Citarik dengan nilai  $R^2$  dan NSE masing-masing sebesar 0,55 dan 0,54 dimana hasil tersebut memenuhi kriteria memuaskan [2]. Proses kalibrasi dan validasi model SWAT juga dilakukan untuk analisis pada Sub DAS Cimandiri Hulu dengan nilai  $R^2$  dan NSE masing-masing sebesar 0,56 dan 0,63 hasil tersebut memenuhi kriteria memuaskan [6]. Kalibrasi dan Validasi model SWAT lainnya yang memiliki hasil lebih baik yaitu penelitian yang dilakukan di DAS Cimandiri dengan nilai  $R^2$  0,78 dan NSE 0,62 [8].

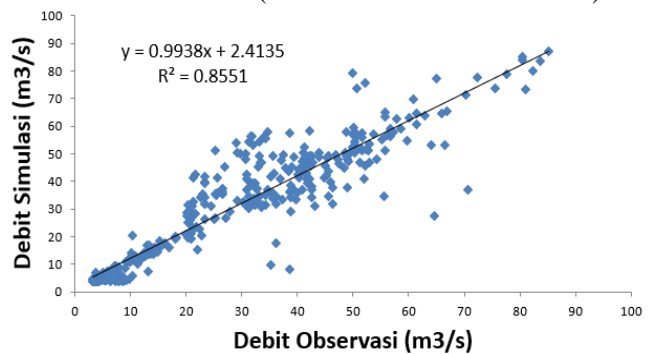
Hasil dari proses kalibrasi dan validasi ini menunjukkan bahwa model SWAT cukup baik dan dapat diterima untuk mensimulasikan debit aliran sungai di Sub DAS Cicatih, yang selanjutnya akan digunakan sebagai analisis lanjutan pada penerapan skenario lainnya.



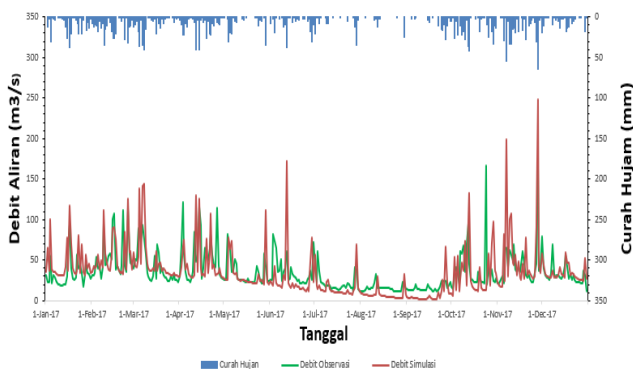
Gambar 2. Sebaran debit simulasi dan observasi sebelum kalibrasi dan validasi (1 Januari – 31 Desember 2017)



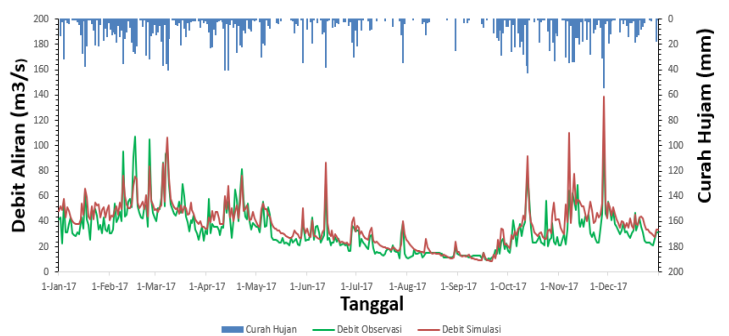
Gambar 3. Hidrograf debit simulasi dan observasi hasil kalibrasi (1 Januari – 31 Desember 2015)



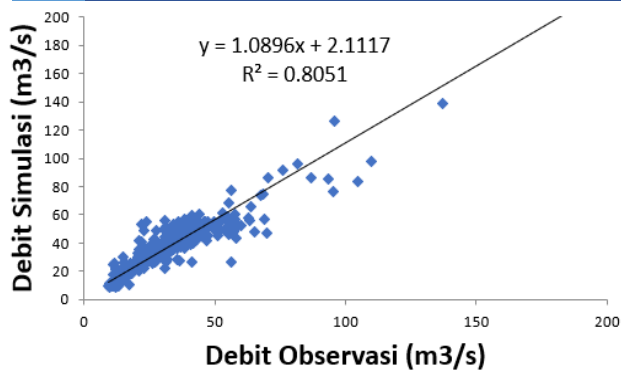
Gambar 4. Sebaran debit simulasi dan observasi hasil kalibrasi (1 Januari – 31 Desember 2015)



Gambar 1. Hidrograf debit simulasi dan observasi Sebelum Kalibrasi dan Validasi (1 Januari – 31 Desember 2017)



Gambar 5. Hidrograf debit simulasi dan observasi hasil validasi (1 Januari – 31 Desember 2017)



Gambar 6. Sebaran debit simulasi dan observasi hasil validasi (1 Januari 2017 – 31 Desember 2017)

### 3.3. Respon Hidrologi Sub DAS Cicatih

#### 3.3.1. Fluktuasi Debit Aliran

Hasil output model SWAT pada penelitian ini menggambarkan bahwa keempat skenario dapat menurunkan Aliran Permukaan (SURQ), serta mampu meningkatkan Aliran Lateral (LATQ), Aliran Dasar (GWQ), dan Hasil Air (WYLD). Hasil output model hidrologi SWAT menggambarkan fluktuasi debit aliran maksimum harian di Sub DAS Cicatih berdasarkan kondisi lahan eksisting, penerapan skenario 1,2,3, dan 4. Debit maksimum harian tertinggi terjadi pada penggunaan lahan eksisting yaitu sebesar 188,6 m<sup>3</sup>/s, sedangkan debit maksimum harian terkecil terdapat pada penggunaan lahan Skenario 4 yaitu sebesar 154,9 m<sup>3</sup>/s. Debit minimum terbesar berada pada lahan eksisting sebesar 2,57 m<sup>3</sup>/s, sedangkan debit minimum terendah berada pada skenario 1 yaitu sebesar 1,66 m<sup>3</sup>/s. Hasil fluktuasi debit aliran di Sub DAS Cicatih dari berbagai skenario dapat dilihat pada tabel 3. Penerapan seluruh skenario dapat menurunkan nilai Koefisien Regim Aliran (KRA) dari nilai KRA pada lahan eksisting.

Fluktuasi debit aliran sungai dipengaruhi oleh ragam curah hujan, pengelolaan lahan pertanian tanpa menerapkan Teknik KTA dan pemanfaatan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kapasitas daya dukungnya [3]. Salah satu indikator kondisi suatu DAS itu baik dapat dilihat dari nilai (Koefisien Regim Aliran) KRA. Membaiknya fungsi hidrologi DAS dapat diketahui dengan menurunnya debit maksimum pada musim hujan dan meningkatnya debit minimum pada musim kemarau [1].

Tabel 3. Fluktuasi debit aliran Sub DAS Cicatih

	Eksisting	Ske.1	Ske.2	Ske.3	Ske.4
Qmaks	188,6	180,2	183,8	184,9	154,9
Qmin	2,57	1,66	1,83	1,9	2,15
Qmaks/Qmin	112,29	108,03	100,43	97,21	72,08
Kelas	ST	T	T	T	T

#### 3.4.2. Analisis Respon Hidrologi

Hasil output model SWAT pada penelitian ini menggambarkan bahwa penerapan seluruh skenario dapat menurunkan aliran permukaan (SURQ) serta menaikkan hasil air (WYLD), aliran lateral (LATQ), dan aliran dasar (GWQ). Hasil simulasi yang dijalankan pada tahun 2017 menunjukkan bahwa pada penggunaan lahan eksisting (tanpa skenario) menghasilkan aliran permukaan sebesar 645,38 mm; aliran lateral sebesar 393,89 mm; aliran dasar sebesar 566,4 mm; dan hasil air sebesar 1.871,07 mm (Tabel 4).

Berdasarkan hasil output model SWAT dari 4 skenario yang telah disimulasikan dibandingkan dengan lahan eksisting, maka skenario empat (Teknik KTA) merupakan skenario terbaik dalam menurunkan aliran permukaan serta menaikkan aliran lateral dan aliran dasar. Skenario empat mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 59,08%. Skenario empat juga mampu menaikkan aliran lateral sebesar 43,33%; dan menaikkan aliran dasar sebesar 38,19% dibandingkan dengan kondisi tanpa skenario atau eksisting. Meningkatnya aliran lateral dan aliran dasar merupakan suatu kriteria penting dalam menentukan pengelolaan skenario yang akan diterapkan. Kemampuan menurunkan aliran permukaan sangat penting karena dapat menurunkan debit puncak dari segi kuantitas dan waktu tempuh, maka dapat mengurangi resiko terjadinya banjir pada daerah tersebut.

Berdasarkan hasil simulasi dari keempat skenario, dapat dilihat bahwa aliran permukaan tertinggi terdapat pada skenario 2 yaitu sebesar 507,45 mm, sedangkan aliran permukaan terendah terdapat pada skenario 2 yaitu sebesar 264,03 mm. Aliran lateral tertinggi terdapat pada skenario 4 yaitu sebesar 695,08 mm sedangkan aliran lateral terendah terdapat pada skenario 4 yaitu sebesar 630,68 mm. Aliran dasar tertinggi terdapat pada skenario 4 yaitu sebesar 916,36 mm sedangkan aliran dasar terendah terdapat pada skenario 2 yaitu sebesar 690,67 mm. Hasil air tertinggi terdapat pada skenario 1 yaitu sebesar 1.932,95 mm sedangkan hasil air terendah terdapat pada skenario 2 yaitu sebesar 1.870,55 mm.

Meskipun skenario empat merupakan skenario terbaik pada analisis hidrologi ini, tetapi untuk meningkatkan fungsi hidrologi DAS secara optimal kombinasi dari seluruh skenario merupakan hasil yang paling efektif.

Tabel 4. Karakteristik hidrologi Sub DAS Cicitih pada berbagai skenario pada tahun 2017

Karakteristik Hidrologi	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
CH (mm)	2.804	2.804	2.804	2.804	2.804
SURQ (mm)	645,38	502,63	507,45	501,98	264,03
LATQ (mm)	393,89	659,61	630,68	635,63	695,08
GWQ (mm)	566,4	726,50	690,67	691,89	916,36
WLYD (mm)	1.871,07	1.932,95	1.870,77	1.871,554	1.929,86

#### 4. Kesimpulan

Penggunaan model hidrologi SWAT di Sub DAS Cicitih dapat memprediksi dan mensimulasikan debit aliran dengan baik karena nilai NSE dan  $R^2$  pada tahap kalibrasi di Sub DAS Cicitih masing-masing bernilai 0,82 dan 0,85. Berdasarkan hasil analisis hidrologi Sub DAS Cicitih berdasarkan 4 skenario dapat dilihat bahwa semua skenario dapat menurunkan debit maksimum dan meningkatkan debit minimum, sehingga dapat dinyatakan penerapan skenario tersebut membawa dampak yang baik bagi Sub DAS Cicitih. Berdasarkan penerapan seluruh skenario, dapat disimpulkan bahwa skenario empat adalah skenario terbaik karena dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 59,08% serta menaikkan aliran lateral dan aliran dasar sebesar 43,33% dan 38,19%. Untuk meningkatkan fungsi hidrologi DAS secara optimal, maka cara yang paling efektif adalah menggabungkan (kombinasi) seluruh skenario tersebut.

#### 5. Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu dalam penelitian ini, khususnya kepada Pusat Penelitian Limnologi LIPI atas bantuan bimbingan dalam penyelesaian penelitian, serta instansi penyedia data penelitian yaitu PLTA Ubrug Kab.Sukabumi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air (PUSAIR), dan BPDAS Citarum-Ciliwung.

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] C. Asdak, "Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai". Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 2010.
- [2] T. Azzaniyah, N. Ridwansyah, I. Kendarto, "Analisis Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologi Di Sub DAS Citarik Sukabumi Menggunakan Model Soil And Water Assessment Tool (SWAT)," in *Prosiding Seminar Teknologi Industri Hijau 3*, Vol.2 no.1, pp. 251, 2020
- [3] Y. Hidayat, K. Murti Laksono, E. D. Wahyunie dan R. D. Panuju. "Pencirian Debit Aliran Sungai Citarum Hulu". *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, Vol.18, pp.109 – 114, 2013.
- [4] D. N. Moriasi, J.G. Arnold, M.W.V. Liew, R. L. Binger, R. D. Harmel, dan T. L. Vieth, "Model Evaluation Guidelines For Systematic Quantification Of Accuracy In Wattershed Simulations". *Journal American Society Of Agricultural And Biological Engineers*, Vol.50, pp. 885-900. 2007.
- [5] J. E. Nash and J. V. Sutcliffe, "River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part 1 - A Discussion of Principles," *Journal of Hydrology*, Vol.10, 282–90. 1970.
- [6] P. Nurulita, I. Ridwansyah, D. R. Kendarto, "Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologi Menggunakan Model Soil And Water Assessment Tool (SWAT) di Sub DAS Cimandiri Hulu Kabupaten Sukabumi," in *Prosiding Seminar Teknologi Industri Hijau 3*, Vol.2 no.1, 2020, pp. 238.
- [7] A. Rahman, "Pengaruh Luas Pola Penggunaan Lahan dan Kondisi Fisik Lingkungan Terhadap Debit Air dan Sedimentasi Pada Beberapa Daerah Tangkapan Air (Catchment Area) di ub DAS Cimanuk Hulu Jawa Barat," *Journal Agroland*, Vol.16, 224-230. 2009.
- [8] I. Ridwansyah, M. Yulianti, H. Wibowo, "Soil Water Analysis Tools (SWAT) Hydrology Modelling As a Basis For Spatial Planning : A Case Study In Cimandiri Watershed, West Java Province," in *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 380, 6. 2019.
- [9] I. Ridwansyah, M. Fakhruddin, H. Wibowo, M. Yulianti, "Aplication Of The Soil And Water Assessment Toll (SWAT) to Predict The Impact Of Best Management Practice In Jatigede Catchment Area" in *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 118. 2018, pp. 2-4

