

**APLIKASI MODEL SWAT UNTUK MEMPREDIKSI  
DEBIT ALIRAN SUNGAI DAS CITARUM HULU**

**Yayat Hidayat**



**DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN  
FAKULTAS PERTANIAN IPB  
2023**

## **PRAKATA**

Model hidrologi, erosi tanah dan kualitas air berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir ini terutama model yang menggunakan pendekatan keruangan (spasial). Model tersebut merupakan perkembangan dari model terdahulu dengan pendekatan *lump* (seperti model SCS; *soil conservation service*) dan telah banyak digunakan di Indonesia. Perkembangan model terbaru dengan pendekatan yang lebih baik tentu saja akan menghasilkan luaran yang lebih akurat, walaupun model tersebut juga memerlukan parameter input yang ketersediaannya masih agak sulit diperoleh di lapang.

Kajian ini ditujukan untuk menguji salah satu model (model SWAT; *soil and water assesment tool*) dalam memprediksi debit aliran sungai suatu DAS (daerah aliran sungai). Penggunaan model-model hidrologi sangat diperlukan untuk membangkitkan data-data yang diperlukan (debit aliran sungai, hasil sedimen, dll) karena instrumentasi DAS di Indonesia (seperti SPAS dan AWLR) masih relatif rendah. Selain memerlukan biaya yang cukup mahal instrumentasi tersebut juga memerlukan tenaga terampil yang biasanya tidak tersedia di lapangan.

Debit aliran sungai hasil prediksi model sangat bermanfaat untuk berbagai stakeholder terutama para pihak pengambil kebijakan terkait dengan pengelolaan DAS. Selain dapat digunakan sebagai landasan penentuan kebijakan penata-gunaan lahan suatu wilayah, informasi debit aliran sungai juga sangat bermanfaat dalam mendukung pengelolaan sumberdaya air secara berkelanjutan dan mitigasi preventif bencana hidro-meteorologi yang sekarang ini intensitasnya semakin meningkat.

Tiada gading yang tak retak, semoga tulisan ini bermanfaat.

*Bogor, 28 Desember 2023*

*Penulis,*

*Yayat Hidayat*

## DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan	2
BAHAN DAN METODA	2
Waktu dan Tempat Penelitian	2
Bahan dan Alat	2
Waktu dan Tempat Penelitian	2
Metoda	4
HASIL DAN PEMBAHASAN	6
Kondisi Umum Wilayah	6
Karakteristik Tanah	7
Penggunaan Lahan	8
Metoda	4
Parameterisasi Model SWAT	11
Kalibrasi Model SWAT	17
Validasi Model SWAT	19
Debit Aliran Hasil Prediksi Model SWAT	20
KESIMPULAN	25
DAFTAR PUSTAKA	26

## DAFTAR TABEL

1	Paramete sensitif model SWAT	5
2	Luas Sub DAS Citarum Hulu pada inlet Nanjung	7
3	Satuan peta lahan DAS Citarum Hulu (Inlet Nanjung)	9
4	Parameter model SWAT hasil kalibrasi	17
5	Sub DAS dari DAS Citarum Hulu	21

## DAFTAR GAMBAR

1	Peta lokasi penelitian (DAS Citarum Hulu)	3
2	Proses menjalankan model SWAT DAS Citarum Hulu	5
3	Kondisi geografi DAS Citarum Hulu	6
4	Jenis tanah DAS Citarum Hulu	8
5	Peta penggunaan lahan DAS Citarum Hulu tahun 2009 dan 2018	10
6	Parameterisasi iklim model SWAT	11
7	Curah hujan masukan model SWAT tahun 2018	12
8	Peta pengamatan tanah parameterisasi model SWAT	12
9	Parameterisasi tanah pada model SWAT	13
10	Karakteristik penggunaan lahan masukan model SWAT	14
11	Masukan model SWAT (Sub basin dan HRU)	15
12	Masukan model SWAT (Groundwater dan Watershed)	16
13	Kalibrasi model SWAT menggunakan data bulanan	18
14	Kalibrasi model SWAT menggunakan data harian	18
15	Debit aliran sungai hasil prediksi model SWAT 2012	19
16	Validasi model SWAT DAS Citarum Hulu	20
17	Sub DAS dari DAS Citarum Hulu	20
18	Debit aliran sungai Sub DAS Citarik hasil prediksi model SWAT tahun 2012 dan 2018.	21
19	Debit aliran sungai Sub DAS Cirasea hasil prediksi model SWAT tahun 2012 dan 2018	22
20	Debit aliran sungai Sub DAS Cikeruh hasil prediksi model SWAT tahun 2012 dan 2018	23
21	Debit aliran sungai Sub DAS Cisangkuy, Cikapundung, Cihaur dan Ciwidey hasil prediksi SWAT tahun 2018	24

# PENDAHULUAN

## Latar Belakang

Model *SWAT* (*Soil and Water Assessment Tool*) merupakan salah satu model hidrologi dan erosi tanah yang saat ini telah banyak digunakan di Indonesia (terutama dalam skala penelitian) untuk memprediksi aliran permukaan dan erosi tanah. Model ini dikembangkan oleh *USDA Agricultural Research Service* (ARS) yang ditujukan untuk mengidentifikasi dampak penggunaan dan pengelolaan lahan terhadap aliran permukaan, erosi tanah dan hasil sedimen serta produksi bahan kimia dari lahan pertanian pada skala DAS (Daerah Aliran Sungai) dengan berbagai jenis tanah, penggunaan dan pengelolaan lahan, serta berbagai kondisi pertumbuhan tanaman.

Model *SWAT* merupakan model kontinyu yang dapat mensimulasikan variasi kondisi biofisik lahan termasuk curah hujan dalam jangka panjang yang berbeda dengan model berbasis kejadian hujan seperti *ANSWERS* (*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*) dan *HEC-GeoHMS* (*Hydrology Engineering Center-Geo Hydrology Modeling System*). Model *SWAT* dapat digunakan untuk memprediksi debit aliran sungai berbasis hari hujan (harian), bulanan atau tahunan. Untuk membangkitkan data debit aliran sungai harian konsekuensinya data iklim (hujan, temperatur udara maksimum/minimum, kelembaban udara, radiasi matahari dan kecepatan angin) diinput kedalam model *SWAT* dalam bentuk data harian. Data iklim harian di Indonesia ketersediaannya masih sangat terbatas (hanya diproduksi oleh stasiun iklim tipe 1) dan untuk mendapatkannya perlu biaya yang sangat mahal, sehingga menyebabkan penggunaan model *SWAT* di Indonesia belum banyak kemajuan dalam skala yang lebih luas. Namun demikian model *SWAT* ini mempunyai kemampuan yang sangat baik dalam memprediksi debit aliran sungai dan hasil sedimen sehingga penggunaan model ini akan sangat membantu dalam proses pengambilan kebijakan perencanaan penggunaan lahan dan pengelolaan DAS di Indonesia.

DAS Citarum, Ciliwung dan Cisadane merupakan DAS super prioritas yang terdapat dalam wilayah Provinsi Jawa Barat, DKI Jakarta dan Banten dimana informasi debit aliran sungai tersebut merupakan informasi penting bagi stakeholder terkait terutama pemerintah. Instrumentasi pada ketiga DAS tersebut belum optimal sehingga ketersediaan debit aliran sungai hanya terdapat pada beberapa tempat dimana SPAS diletakan. Informasi debit aliran sungai pada berbagai tempat lainnya biasanya belum tersedia.

### **Tujuan**

Menggunakan model SWAT untuk memprediksi debit aliran sungai harian DAS Citarum Hulu dan anak-anak sungainya.

## **METODA**

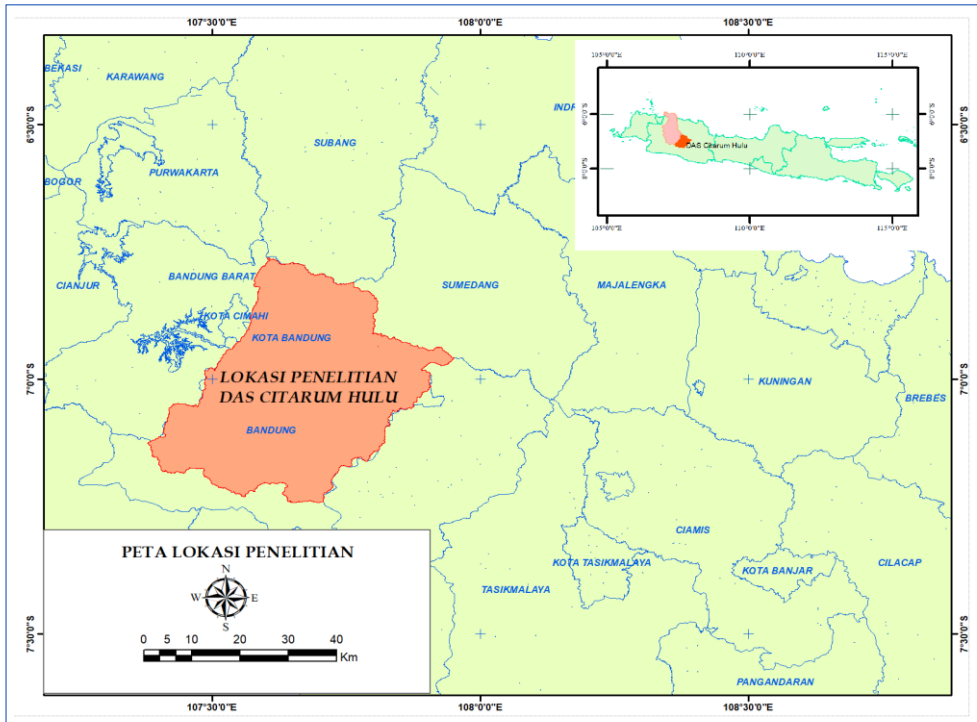
### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Desember 2023 yang berlokasi di DAS Citarum Hulu dengan outlet SPAS Nanjung. Lokasi penelitian secara administrasi termasuk kedalam Kabupaten Bandung, Kota Bandung, Kabupaten Bandung Barat, Kota Cimahi dan Kabupaten Sumedang dan Kabupaten Garut (Gambar 1) dengan luas DAS 163.596 hektar.

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan berupa data sekunder yang terdiri dari:

- Data debit aliran sungai harian tahun 2009 dan 2018 yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Citarum, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Data iklim tahun 2008-2018 yang diperoleh dari BMKG Bandung dan Majalengka dalam bentuk data harian curah hujan, suhu maksimum dan minimum, kelembaban udara, radiasi matahari dan kecepatan angin.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian (DAS Citarum Hulu)

- Data curah hujan harian tahun 2008-2018 di dalam dan sekitar DAS Citarum Hulu yang diperoleh dari Puslitbang Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- DEM (*Digital Elevation Model*) Nasional 8 m yang diperoleh dari Portal Tanah Air Indonesia 2023.
- Citra SPOT 5 tahun 2018 yang diperoleh dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional 2023.
- Data karakteristik tanah yang diperoleh dari berbagai sumber hasil penelitian di DAS Citarum Hulu.

Alat yang digunakan terdiri dari microsoft office, ArcGis 5.0 dan ArcSWAT 2018, serta alat tulis yang digunakan dalam penelitian.



## **Metoda**

### **a. Parameterisasi Model SWAT**

Sebagian besar data lapang yang digunakan untuk parameterisasi model SWAT menggunakan data sekunder hasil kajian terdahulu yang diperoleh dari BPDAS Ciliwung Citarum (2014), Fadhil et al. (2021), dan hasil kajian lainnya, serta citra google earth 2018. Verifikasi lapang karakteristik tanah hanya dilakukan terbatas untuk kedalaman solum dan lapisan tanah serta tutupan tajuk vegetasi pada beberapa tempat yang aksesibilitasnya cukup baik.

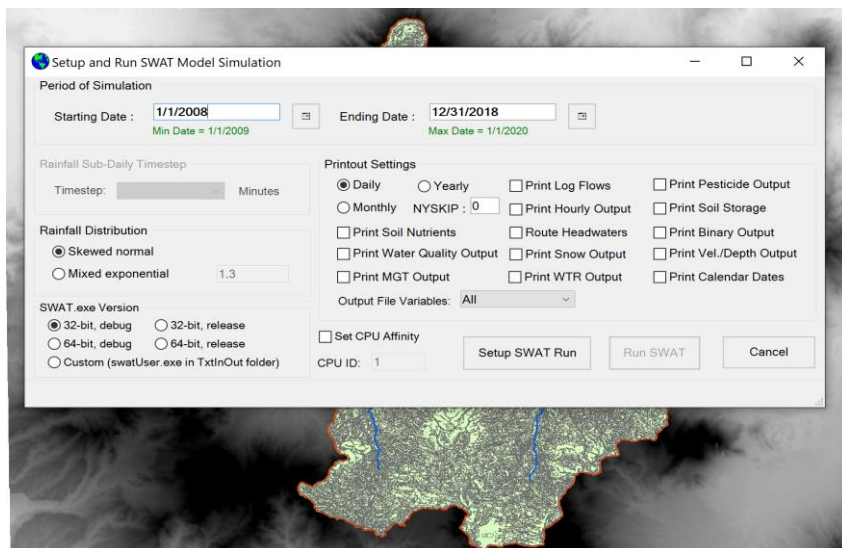
Parameter masukan model SWAT terbagi kedalam beberapa katagori yaitu parameter sensitif dan tidak sensitif. Parameter sensitif adalah parameter yang berkorelasi sangat kuat dengan keluaran model dimana perubahan nilai tersebut akan mempengaruhi keluaran model, baik peningkatan maupun penurunan. Parameterisasi model dilakukan terutama untuk parameter sentsitif yang berkaitan langsung dengan debit aliran sungai seperti disajikan pada Tabel 1 (Sulaiman, 2016, dan Ridwansyah, 2014).

### **b. Runing Model SWAT**

Model SWAT dijalankan menggunakan data hujan 2008-2018 dengan *time step* harian dari beberapa stasisun hujan disekitarnya yang meliputi stasiun hujan BMKG Bandung, Bojong soang, Cicalengka, Paseh, Cipanas dan Jatiroke, serta data iklim harian (suhu maksimum dan minimum, kelembaban udara relatif, radiasi matahari, dan kecepatan angin) yang diperoleh dari Stasiun BMKG Bandung dan BMKG Jatiwangi. Proses menjalankan model seperti disajikan pada Gambar 2.

Tabel 1. Paramete sensitif model SWAT

Parameter SWAT	Deskripsi Parameter	Kisaran Nilai
Alpha-BF	Base flow alpha factor (hari)	0 - 1
CN2	Bilangan kurva aliran permukaan	0 - 92
REVAP_MN	Perkolasi ke aquifer dalam (mm)	0 - 500
GWQMN	Kedalaman minimum air pada aquifer dangkal untuk terjadi aliran (mm)	0 - 5000
SHALLST	Kedalaman awal muka air tanah dangkal (mm)	0-5000
GW-Delay	Keterlambatan aliran bawah tanah (hari)	0 - 500
GW_REVAP	Koefisien re-evaporasi air bawah tanah	0 – 0.2
DEEPST	Kedalaman awal muka air tanah dalam (mm)	0 - 10000
SURLAG	Koefisien lag aliran permukaan	0 - 12
RCHG_DP	Fraksi perkolasi akuifer dalam	0 – 0.25
ESCO	Faktor kompensasi evaporasi tanah	0 - 1
EPCO	Faktor kompensasi evapotranspirasi tanaman	0 -1
CH_N1	Koefisien Manning's untuk percabangan sungai	0 – 0.5
CH_N2	Koefisien Manning's untuk sungai utama	0 – 0.3
CH_K1	Hantaran hidrolik efektif pada percabangan sungai (mm/jam)	0-300
CH_K2	Hantaran hidrolik efektif pada sungai utama (mm/jam)	0 -300
Sol_BD	Bobot isi tanah (g/cm <sup>3</sup> )	0.9 – 2.5
Sol_K	Hantaran hidrolik tanah jenuh pada lapisan utama (mm/jam)	0-2000
Alpha_Bnk	Konstanta resesi baseflow	0-1

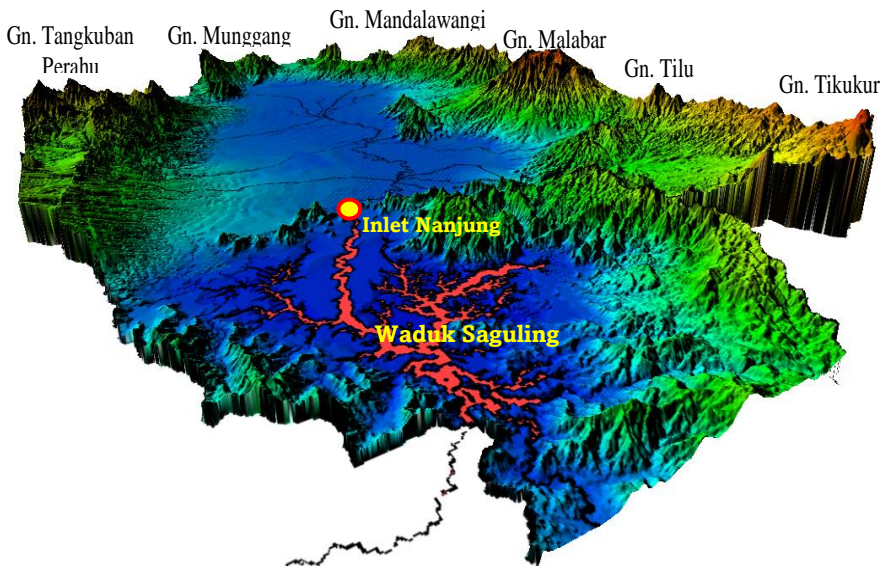


Gambar 2. Proses menjalankan model SWAT DAS Citarum Hulu

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Umum Wilayah

Secara geografi DAS Citarum Hulu berada pada koordinat  $107^{\circ} 15' 46,27''$  –  $107^{\circ} 57' 1,99''$  BT dan  $6^{\circ} 43' 8,65''$  -  $7^{\circ} 14' 32,09''$  LS, dan secara administrasi termasuk kedalam wilayah Kab. Bandung, Kab. Bandung Barat, Kota Bandung, Kota Cimahi, Kab. Sumedang dan Sebagian kecil masuk wilayah Kab. Garut. Pada bagian utara DAS dibatasi oleh Gunung Tangkuban Perahu dan Gunung Manglayang, sedangkan pada sebelah selatan terdapat Gunung Malabar, Gunung Wayang, dan Gunung Tilu. Pada bagian timur terdapat Gunung Kerenceng/ Munggang, Gunung Mandalawangi, dan Gunung Guntur, dan pada bagian barat terdapat serangkaian perbukitan yang cukup tinggi (Gambar 3).



Gambar 3. Kondisi geografi DAS Citarum Hulu

Secara morfologi DAS Citarum Hulu (dengan batas inlet Nanjung) terbagi ke dalam Sub DAS Cihaur, Cikapundung-Cipamokolan, Cikeuruh, Ciminyak, Cirasea, Cisangkuy, Citarik dan Ciwidey. Sub DAS Cirasea merupakan Sub DAS terluas yang meliputi areal 36.124 hektar (20.6%) (Tabel 2).

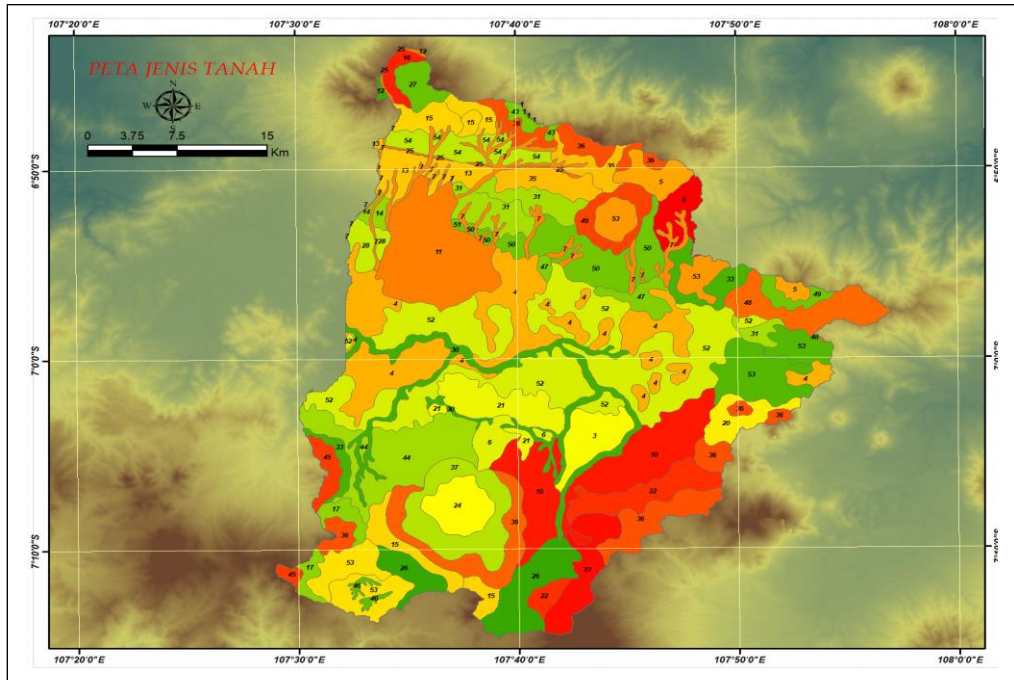
Tabel 2. Luas Sub DAS Citarum Hulu pada inlet Nanjung

No.	Sub DAS	Luas	
		Hektar	%
1.	Cihaur	10.215	6.2
2.	Cikapundung-Cipamokolan	23.499	14.4
3.	Cikeuruh	17.754	10.9
4.	Cirasea	34.524	21.1
5.	Cisangkuy	32.557	19.9
6.	Citarik	25.073	15.3
7.	Ciwidey	19.977	12.2
<b>Total</b>		163.596	100.0

### Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah merupakan salah satu input utama dalam pemodelan SWAT, karena karakteristik tanah akan sangat menentukan jumlah air yang akan diresapkan kedalam tanah yang akan mengisi cadangan air tanah (air bawah tanah). Selain itu karakteristik tanah juga akan sangat menentukan jumlah dan proporsi air hujan yang akan terkonversi menjadi aliran permukaan/aliran sungai.

Berdasarkan peta tanah skala 1 : 100.000 (Pusat Penelitian Tanah, 1990), tanah di DAS Citarum Hulu dikelompokkan kedalam 44 satuan peta tanah dalam bentuk asosisasi dan kompleks jenis tanah. Jenis tanah yang dijumpai sangat bervariasi mulai tanah muda yang terbentuk sebagai akibat proses fluvial sepanjang jalur aliran sungai dan dataran banjir (Fluvaquents), tanah muda bersolum dangkal (Troporthents), tanah berkembang sedang (Tropaquepts, Dystropepts, Eutropepts, Humitropepts), tanah dengan perkembangan lanjut (Hapludults, Hapludolls, Kandiudults, Hapludalfs, Paleudults dan Paleudalfs, Agrudolls, Kandiudalfs), dan tanah yang berkembang dari abu vulkan (Hapludands dan Melanudans) (Gambar 4 dan Tabel 3).



Gambar 4. Jenis tanah DAS Citarum Hulu

### Penggunaan Lahan

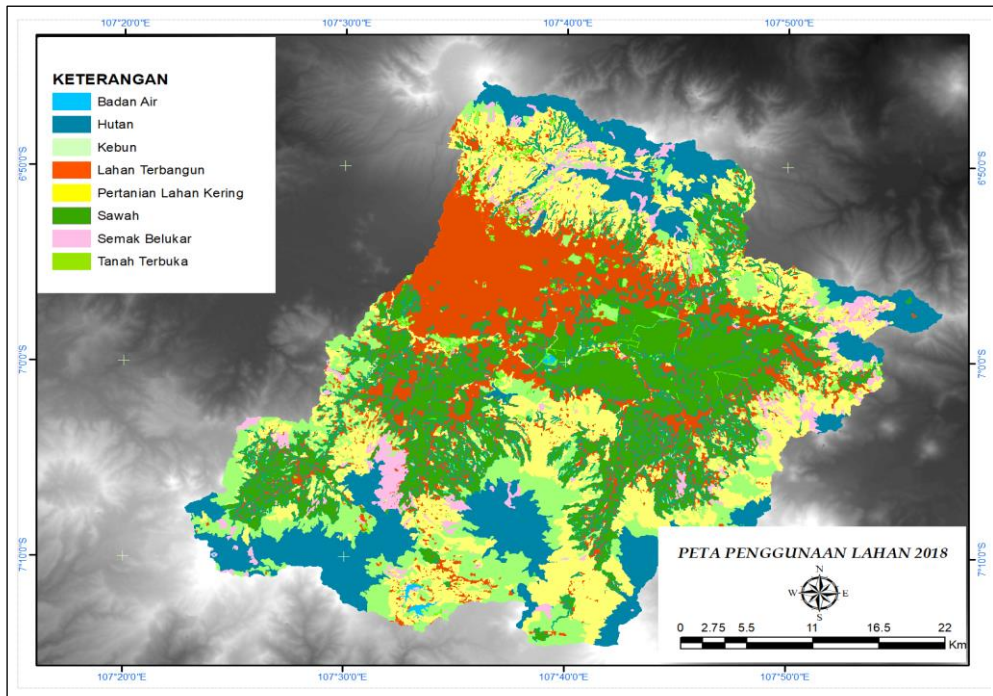
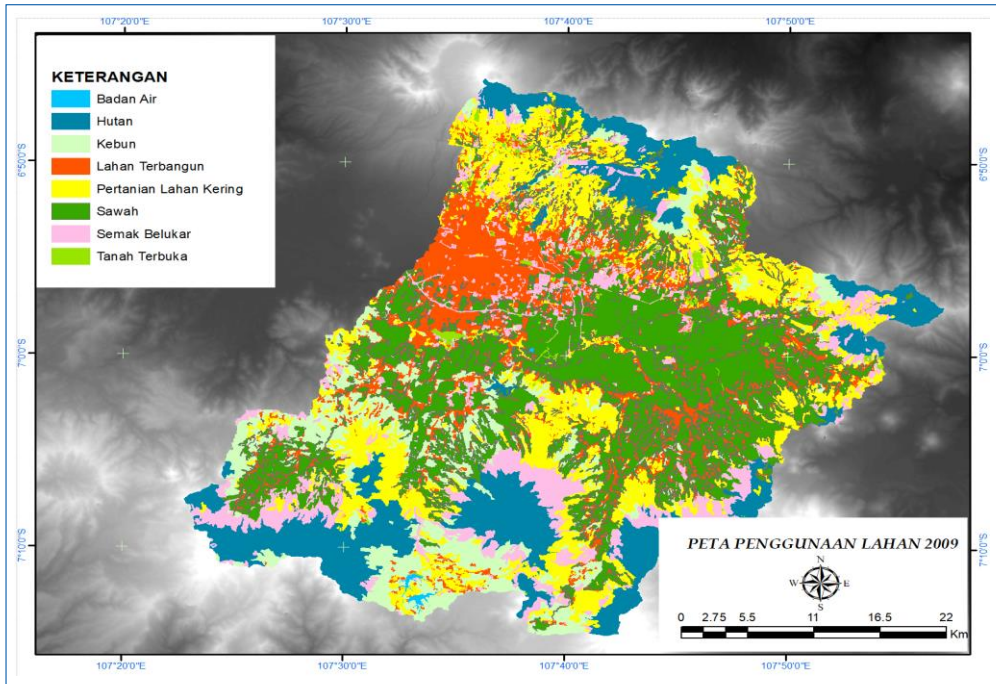
Parameter penggunaan lahan dibangkitkan dari peta penggunaan lahan hasil interpretasi citra SPOT 5 tahun 2009 dan Citra SPOT 6 tahun 2018 dengan verifikasi terbatas menggunakan citra *google earth*. Penggunaan lahan tersebut terdiri dari: a) hutan (hutan primer, hutan sekunder, dan hutan tanaman), b) kebun (perkebunan dan kebun campuran), c) lahan terbangun (permukiman rapat, permukiman perdesaan, dan permukiman perumahan/gedung), d) Pertanian lahan kering (tegalan, tegalan dengan teras tradisional, dan tegalan dengan teras bangku sedang), e) semak belukar, f) tanah terbuka, g) sawah (sawah irigasi dan sawah tadah hujan), dan h) tubuh air (Gambar 5).

DAS Citarum merupakan DAS super prioritas dimana didalam DAS tersebut terdapat 3 waduk besar (Saguling, Cirata, dan Jatiluhur) yang mempunyai kontribusi besar (sekitar 20%) terhadap suplai listrik interkoneksi Jawa-Bali. Selain itu ketiga waduk tersebut juga merupakan pemasok air irigasi

utama untuk sentra produksi padi di wilayah pantai utara P. Jawa. Dengan posisinya yang sangat strategis maka wilayah DAS Citarum Hulu mengalami perkembangan yang relatif cepat sehingga konversi penggunaan lahan hutan ke lahan pertanian dan konversi turunannya ke lahan terbangun menjadi tak terhindarkan.

Tabel 3. Satuan peta lahan DAS Citarum Hulu (Inlet Nanjung)

No	Jenis Tanah (Asosiasi, Konsosiasi, Kompleks)	Luas (Ha)	No	Jenis Tanah (Asosiasi, Konsosiasi, Kompleks)	Luas (Ha)
1.	Typic Dystropepts	19.2	23	Thaptic Hapludands, Eutric Hapludands	4830.7
2.	Aeric Tropaquepts, Typic Tropaquepts, Vertic Tropa	16625.6	24	Troporthents, Typic Eutropepts, Typic Hapludands	1259.4
3	Andic Dystropepts, Andic Hapludolls	436.4	25	Typic Eutropepts	1116.9
4	Andic Dystropepts, Andic Hapludolls	1999.3	26	Typic Eutropepts, Typic Tropaquepts	5440.6
5	Andic Hapludolls	1323.3	27	Typic Hapludalfs	4047.5
6	Aquic Eutropepts, Aeric Tropaquepts	3943.2	28	Typic Hapludalfs, Typic Eutropepts	2246.4
7	Aquic Hapludalfs, Ultic Hapludalfs	1575.0	29	Typic Hapludands, Andic Hapludolls	3072.2
8	Aquic Hapludolls, Aquic Eutropepts, Typic Argiudol	5395.0	30	Typic Hapludands, Eutric Hapludands	6911.0
9	Aquic Hapludolls, Aquic Eutropepts, Typic Argiudol	8811.6	31	Typic Hapludolls, Andic Hapludolls, Oxid Dystropep	4428.7
10	Aquic Eutropepts, Typic Dystropepts	8287.0	32	Typic Hapludolls, Typic Eutropept	3390.2
11	Cumulic Hapludolls	124.9	33	Typic Humitropepts	519.1
12	Cumulic Hapludolls, Andic Europepts	2301.7	34	Typic Humitropepts, Aquic Eutropepts, Typic Eutrop	6287.9
13	Cumulic Hapludolls, Typic Hapludolls	441.0	35	Typic Humitropepts, Typic Eutropepts	985.7
14	Eutric Hapludands	4518.4	36	Tubuh Air	356.8
15	Eutric Hapludands, Typic Eutropepts	756.1	37	Vertic Tropaquepts	1341.6
16	Eutric Hapludands, Typic Kandiudalfs	1400.5	38	Ultic Hapludalfs, Typic Hapludults, Typic Argiudol	3515.2
17	Mollic Hapludalfs, Typic Argiudolls	1684.4	39	Ultic Hapludalfs, Typic Hapludults	2559.6
18	Mollic Hapludalfs, Typic Paleudolls	3609.6	40	Ultic Hapludalfs	4895.5
19	Oxic Argiudolls, Typic Hapludolls	3625.3	41	Ultic Hapludalfs	92.8
20	Oxic Argiudolls, Typic Hapludolls, Typic Eutropep	3018.9	42	Typic Tropaquepts, Vertic Tropaquepts, Vertic Eutr	20247.5
21	Oxic Humitropepts, Typic Eutropepts	2459.4	42	Typic Melanudands, Eutric Hapludands	10825.5
22	Sesar	421.4	44	Thaptic Hapludands, Typic Melanudands	2448.0
		<b>Jumlah</b>			<b>163.596.0</b>



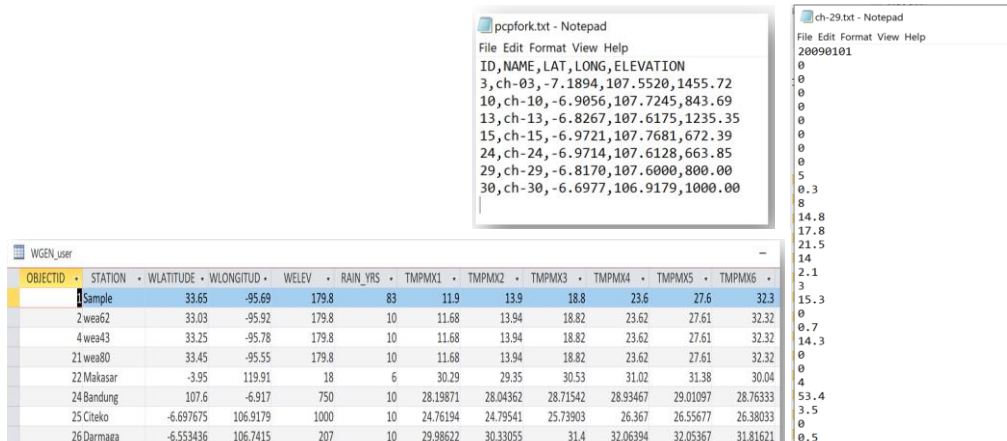
Gambar 5. Peta penggunaan lahan DAS Citarum Hulu tahun 2009 dan 2018

Sawah merupakan penggunaan lahan dominan pada tahun 2009 yang meliputi areal 47.502 ha (27,1%) (Fadhil, 2021). Penggunaan lahan lainnya yang cukup luas adalah hutan 29.529 ha (16,9%), pertanian lahan kering 28.788 ha (16,4%), dan lahan terbangun seluas 28.470 ha (16%). Rencana pemerintah provinsi Jawa Barat yang akan mengembangkan kota metropolitan Bandung Raya telah mendorong konversi penggunaan lahan yang cukup dalam wilayah DAS Citarum Hulu. Pada tahun 2018, lahan terbangun menjadi penggunaan lahan dominan (22,7%) DAS Citarum Hulu yang diikuti dengan penggunaan lahan sawah (22,4%), pertanian lahan kering (18,6%) dan hutan (15,9%) (Fadhil, 2021).

## Parameterisasi Model SWAT

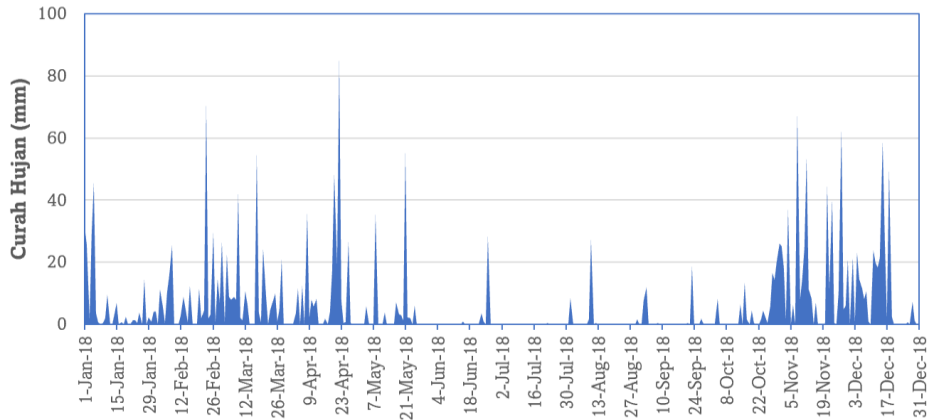
### a. Iklim

Curah hujan yang digunakan adalah curah hujan harian tahun 2009-2018 dari stasiun BMKG Bandung, Bojong soang, Cicalengka, Paseh, Cipanas dan Jatiroke. Curah hujan dan data iklim lainnya diinput dalam bentuk file text (txt) dan karakteristik lainnya diinput dalam bentuk file access data base (Wgnuser) (Gambar 6). Contoh data hujan yang diinput dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Parameterisasi iklim model SWAT

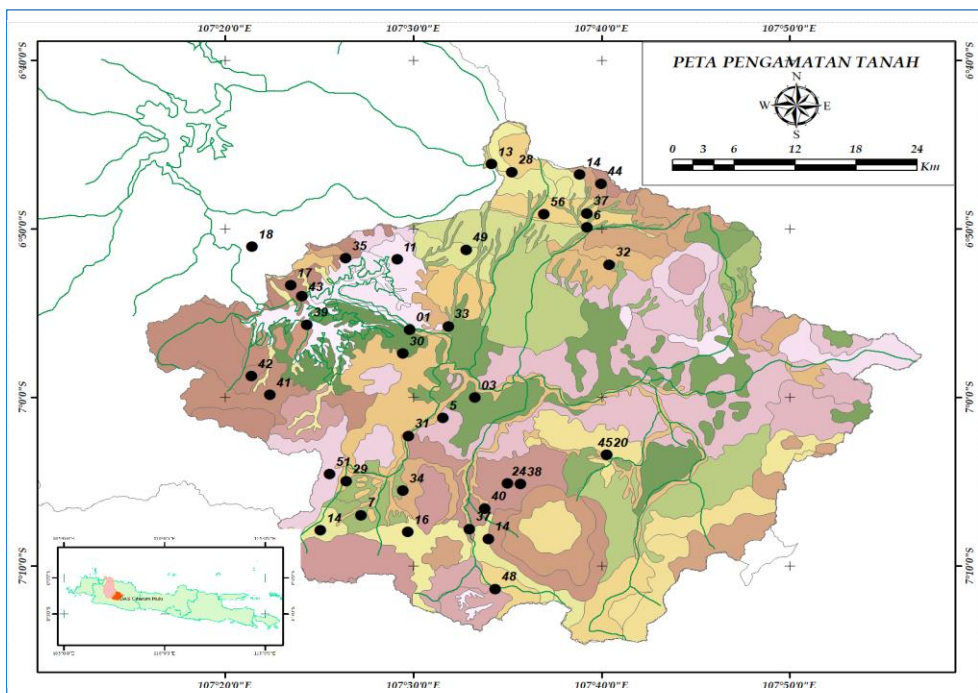




Gambar 7. Curah hujan masukan model SWAT tahun 2018

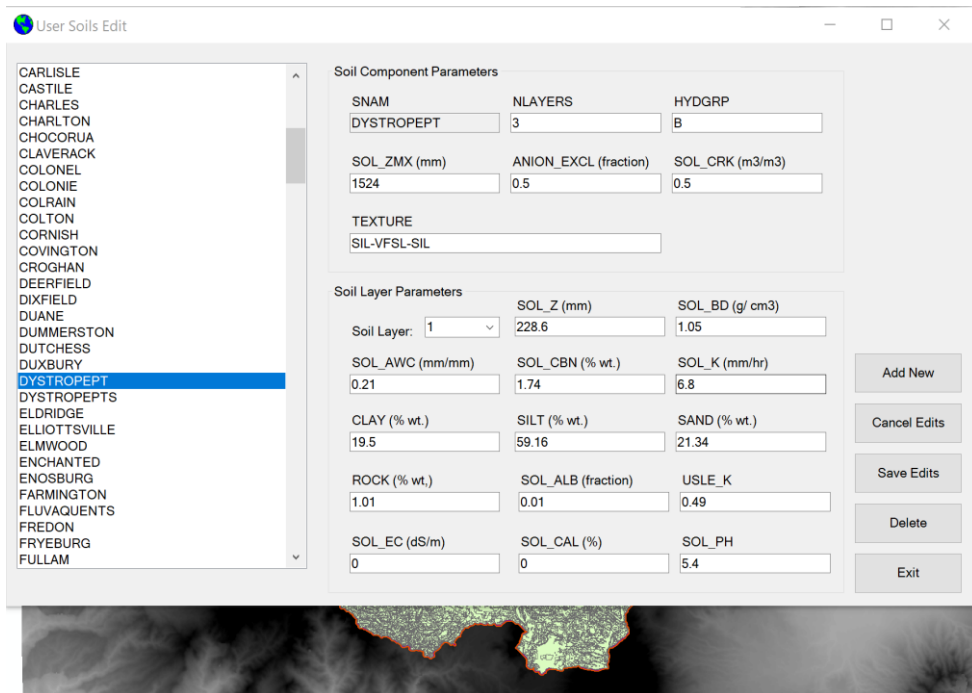
### b. Tanah

Karena sifat-sifat tanah relatif permanen, karakteristik tanah masukan model SWAT menggunakan data hasil survey dan analisis laboratorium tahun tahun 2015. Pengamatan tanah dilakukan berlandaskan pada peta tanah skala 1: 100.000 (Pusat Penelitian Tanah, 1990) seperti disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta pengamatan tanah parameterisasi model SWAT

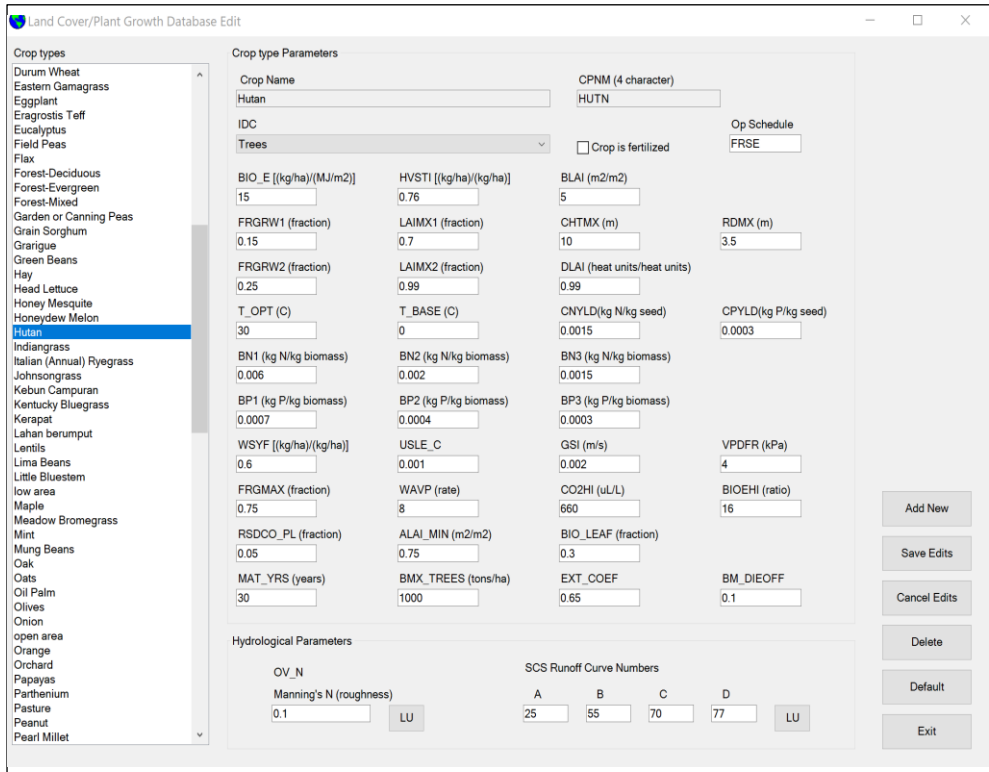
Karakteristik tanah diinput melalui data base (access) atau melalui menu model SWAT (Gambar 9).



Gambar 9. Parameterisasi tanah pada model SWAT

### C. Penggunaan Lahan

Informasi jenis penggunaan lahan diperoleh dari citra SPOT 5 (2009) dan Citra SPOT 6 (2018) yang diverifikasi menggunakan citra Google earth (2023). Karakteristik vegetasi masukan model diperoleh dari berbagai kajian terkait terutama yang diperoleh dari BPDAS Citarum-Ciliwung (2015) dan Fadhil (2021). Karakteristik vegetasi masukan model SWAT disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Karakteristik penggunaan lahan masukan model SWAT

#### d. Masukan Model Lainnya

Karakteristik masukan model lainnya diperoleh dari berbagai kajian yang telah dipublikasikan sebelumnya (Hidayat et al., 2022, Fadhil, 2021, Sulaiman, 2016, dan Ridwansyah, 2014) seperti disajikan pada Gambar 11 (Sub basin dan HRU), Gambar 12 (Groundwater dan Watershed).

Subbasin Parameters: Subbasin 1

**Subbasin Parameters**

HRUTOT	SUB_KM (km <sup>2</sup> )	SUB_LAT (degrees)	SUB_ELEV (m)	PLAPS (mm/km)
5	2.04170181315903	-6.97272882986714	668.404325340856	0
TLAPS (C/km)	SNO_SUB (mm)	CH_L1 (km)	CH_S1 (m/m)	CH_W1 (m)
0	0	7.31620531734562	0.00246029180691864	1.97963488800934
CH_K1 (mm/hr)	CH_N1	CO2 (ppm)	FCST_REG	
1.5	0.014	330	1	

**Elevation Bands**

Number of Bands:  Parameter:

Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5
0	0	0	0	0
Band 6	Band 7	Band 8	Band 9	Band 10
0	0	0	0	0

Use Subbasin Snow Parameters

**Weather Adjustments**

Parameter:

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
0	0	0	0	0	0
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0	0	0	0	0	0

**Extend Parameter Edits**

Extend ALL SUB Parameters

Extend Edits to Current Subbasin

Extend Edits to All Subbasins

Extend Edits to Selected Subbasins

**Selected Subbasins**

Subbasins

Edit HRU Parameters: Subbasin 1, Land Use SAWH, Soil SG04, Slope 8-15

**General HRU Parameters** Carbon and Urban BMP Parameters Drainage and Pothole Parameters

**HRU Parameters**

HRU_FR (km <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> )	SLSUBSN (m)	HRU_SLP (m/m)	OV_N	LAT_TIME (days)
0.0188335831981655	60.9756097560976	0.0962837314605713	0.14	0
LAT_SED (mg/l)	SLSOIL (m)	CANMX (mm)	ESCO	EPKO
0		15	0.45	0.85
RSDIN (Kg/ha)	ERORGN	ERORGP	POT_FR	FLD_FR
10	0	0	0	0
RIP_FR	DEP_IMP (mm)	EVPOT	DIS_STREAM (m)	SURLAG
0	3000	0.5	50	6
R2ADJ	CMN	CDN	NPERCO	PHOSKD
1	0	0	0	0
PSP	SDNCO	IWETILE	IWETGW	
0	0	0	0	

**Extend Parameter Edits**

Extend ALL HRU Parameters

Extend Edits to Current HRU

Extend Edits to All HRUS

Extend Edits to Selected HRUS

**Selected HRUs**

Subbasins Land Use Soils Slope

Gambar 11. Masukan model SWAT (Sub basin dan HRU)

Edit Groundwater Parameters: Subbasin 1, Land Use SAWH, Soil SG04, Slope 8-15

**Groundwater Parameters**

SHALLST (mm)	DEEPT (mm)	GW_DELAY (days)	ALPHA_BF (days)	GWQMIN (mm)
2000	5000	65	0.048	1500
GW_REVAP	REVAPMN (mm)	RCHRG_DP (fraction)	GWHT (m)	GW_SPYLD (m3/m3)
0.05	750	0.08	5	0.003
SHALLST_N (mg N/l)	GWSOLP (mg P/l)	HLIFE_NGW (days)	LAT_ORGN (mg/l)	LAT_ORGP (mg/l)
0	0	0	0	0
ALPHA_BF_D (days)	0.01			

**Edit Values** | **Cancel Edits** | **Save Edits** | **Exit**

**Extend Parameter Edits**

- Extend ALL GW Parameters
- Extend Edits to Current HRU
- Extend Edits to All HRUS
- Extend Edits to Selected HRUS

**Selected HRUs**

Subbasins	Land Use	Soils
		Slope

Edit General Watershed Parameters

**Water Balance, Surface Runoff, and Reaches** | Nutrients and Water Quality | Basin-Wide Management | Urban Management/Sub-Daily Erosion

**Water Balance**

SFTMP (C)	SMTMP (C)	SMFMX (mm/C-day)	SMFMN (mm/C-day)	TIMP
1	0.5	4.5	4.5	1
SNOCOVMX (mm)	SNO50COV	PET Method	PET File	
1	0.5	Penman/Monteith		
ESCO	EPCO	EVLAI	FFCB	DEPIMP_BSN
0.45	0.85	3	0	0

**Surface Runoff**

Rainfall-Runoff Method	ICN	CNCOEF	CN_FROZ	
"Daily Rain/CN/Daily Route (0)"	Soil Moisture Method	1	0.000862	
Crack Flow	SURLAG	ISED_DET	ADJ_PKR	TB_ADJ
Inactive	6	Triangular Dist.	1	0
PRF	SPCON	SPEXP		
1	0.0001	1		

**Reaches**

Channel Routing	MSK_CO1	MSK_CO2	MSK_X	Channel Degradation
Variable Storage	0.75	0.25	0.2	Inactive
Stream Water Quality	TRNSRCH	EVRCH	Routing Pesticide	Algae/CBOD/Dissolved Oxygen Simulation
Active	0	1	Active	Active

**Edit Values** | **Cancel Edits** | **Save Edits** | **Exit**

Gambar 12. Masukan model SWAT (Groundwater dan Watershed)

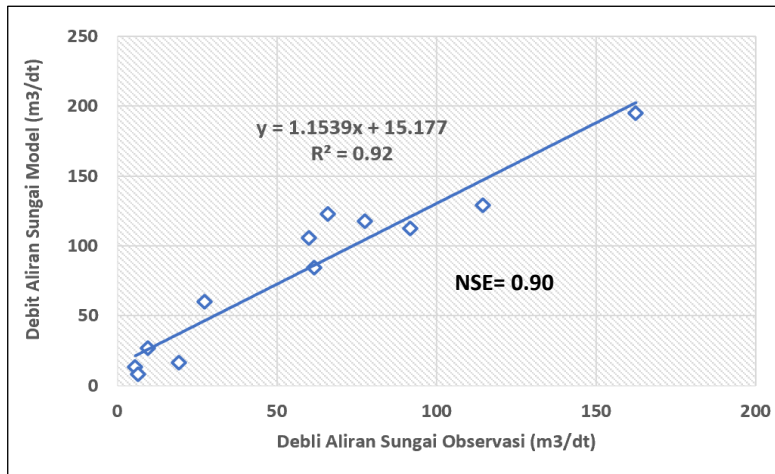
## Kalibrasi Model SWAT

Kalibrasi merupakan suatu proses justifikasi nilai parameter secara ilmiah (*scientific justification*) agar nilai parameter yang diinput kedalam model dapat merepresentasikan kondisi lapang dan memberikan keluaran model yang cukup baik (Hidayat et al., 2022) sehingga keluaran model tidak berbeda jauh dengan kondisi lapang yang sebenarnya. Kalibrasi merupakan proses yang cukup rumit, perlu mempertimbangkan berbagai aspek yang mempengaruhi nilai parameter dan sensitivitas parameter. Parameter dikatakan sensitif apabila perubahan nilai parameter tersebut sangat mempengaruhi nilai keluaran model. Sebaliknya apabila keluaran model tidak banyak berubah (sedikit berubah) walaupun nilai parameter masukan tersebut dirubah secara drastis (dinaikkan atau diturunkan) maka parameter tersebut dikatakan tidak sensitif. Proses kalibrasi dilakukan secara manual dengan mempertimbangkan parameter sensitif (Tabel 1). Nilai parameter hasil kalibrasi disajikan pada Tabel 4.

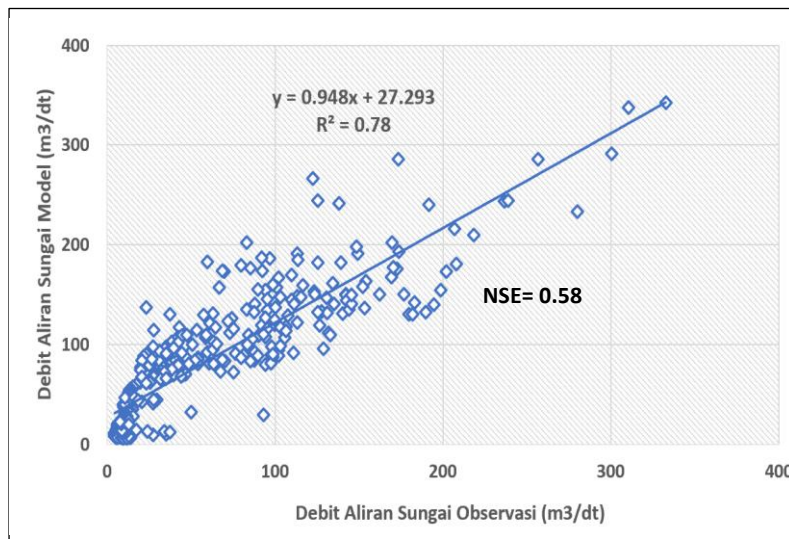
Tabel 4. Parameter model SWAT hasil kalibrasi

Parameter SWAT	Deskripsi Parameter	Kisaran Nilai	Nilai Fix
Alpha-BF	Base flow alpha factor (hari)	0 - 1	0.75
CN2	Bilangan kurva aliran permukaan	0 - 92	25-90
REVAP_MN	Threshold kedalaman air pada aquifer dangkal untuk terjadi evaporasi	0 - 1000	750
GWQMN	Kedalaman minimum air pada aquifer dangkal untuk terjadi aliran (mm)	0 - 5000	1500
SHALLST	Kedalaman awal muka air tanah dangkal (mm)	0-5000	2000
GW-Delay	Keterlambatan aliran bawah tanah (hari)	0 - 500	30
GW_REVAP	Koefisien re-evaporasi air bawah tanah	0 - 0.2	0.05
DEEPST	Kedalaman awal muka air tanah dalam (mm)	0 - 10000	60000
SURLAG	Koefisien lag aliran permukaan	0 - 12	6
RCHG_DP	Fraksi perkolasi akuifer dalam	0 - 0.25	0.075
ESCO	Faktor kompensasi evaporasi tanah	0 - 1	0.45
EPCO	Faktor kompensasi evapotranspirasi tanaman	0 - 1	0.85
CH_N1	Koefisien Manning's untuk percabangan sungai	0 - 0.5	0.17
CH_N2	Koefisien Manning's untuk sungai utama	0 - 0.3	0.14
CH_K1	Hantaran hidrolis efektif pada percabangan sungai (mm/jam)	0-300	35
CH_K2	Hantaran hidrolis efektif pada sungai utama (mm/jam)	0 -300	35
Sol_BD	Bobot isi tanah (g/cm <sup>3</sup> )	0.9 - 2.5	1.0-1.25
Sol_K	Hantaran hidrolis tanah jenuh pada lapisan utama (mm/jam)	0-2000	35-465
Alpha_Bnk	Konstanta resesi baseflow	0-1	0.15

Proses kalibrasi dilakukan menggunakan pendekatan proses pengepasan (*fitting*) antara debit aliran sungai hasil observasi dan debit aliran sungai keluaran model. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan data bulanan (Gambar 13) dan menggunakan data harian (Gambar 14).

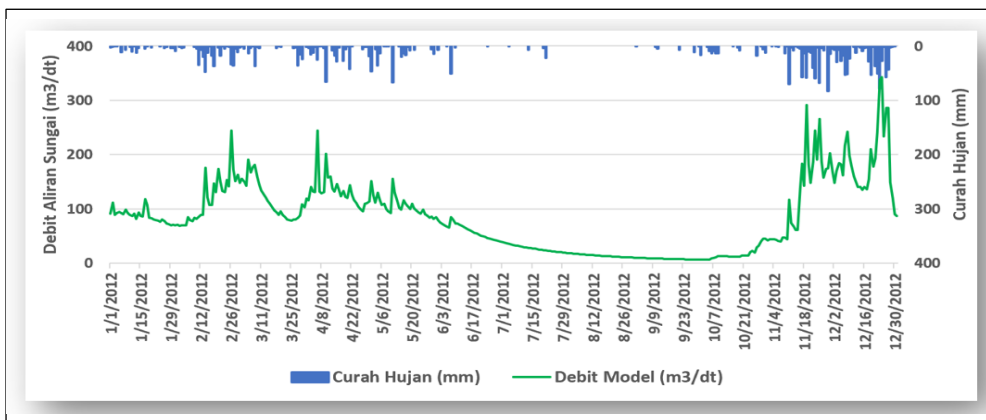


Gambar 13. Kalibrasi model SWAT menggunakan data bulanan



Gambar 14. Kalibrasi model SWAT menggunakan data harian

Gambar 13 dan 14 menunjukkan bahwa proses kalibrasi menggunakan data bulanan memberikan hasil koefisien determinasi ( $R^2$ ) dan koefisien Nush and Sutcliffe (NSE) yang lebih baik dibandingkan kalibrasi menggunakan data harian. Penggunaan data bulanan memberikan  $R^2 = 0.92$  lebih besar dibanding dengan menggunakan data harian dengan  $R^2 = 0.78$ . Demikian juga dengan menggunakan data bulanan menghasilkan nilai NSE sebesar 0.90 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai NSE pada data harian (0.58). Keragaan data hasil prediksi model pada berbagai kejadian hujan disajikan pada Gambar 15.

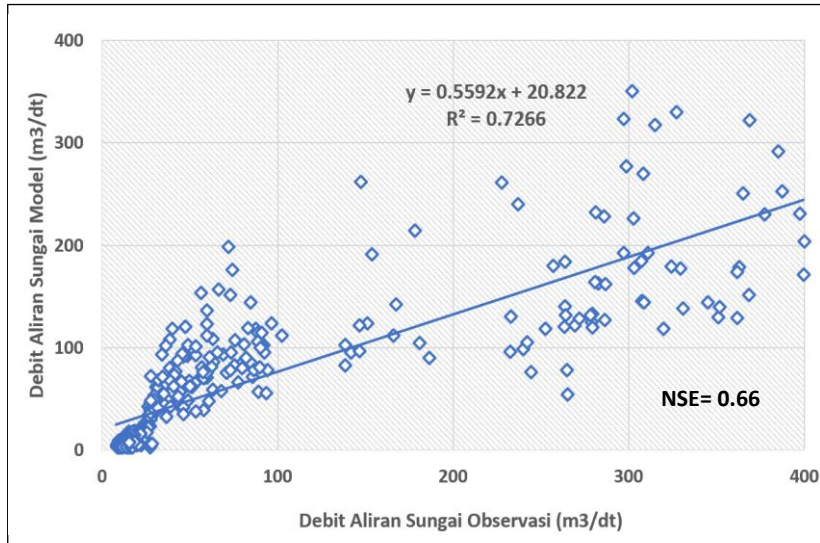


Gambar 15. Debit aliran sungai hasil prediksi model SWAT 2012

### Validasi Model SWAT

Untuk melihat konsistensi model dalam memprediksi debit aliran sungai model SWAT divalidasi pada outlet Nanjung menggunakan pasangan data tahun 2018. Hasil validasi menunjukkan model SWAT dapat memprediksi debit aliran sungai yang cukup baik dengan nilai  $R^2$  0.73 dan koefisien NSE 0.66 (Gambar 16) walaupun dengan sebaran data yang cukup menyebar. Dengan demikian model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi debit aliran sungai anak-anak sungai DAS Citarum Hulu.

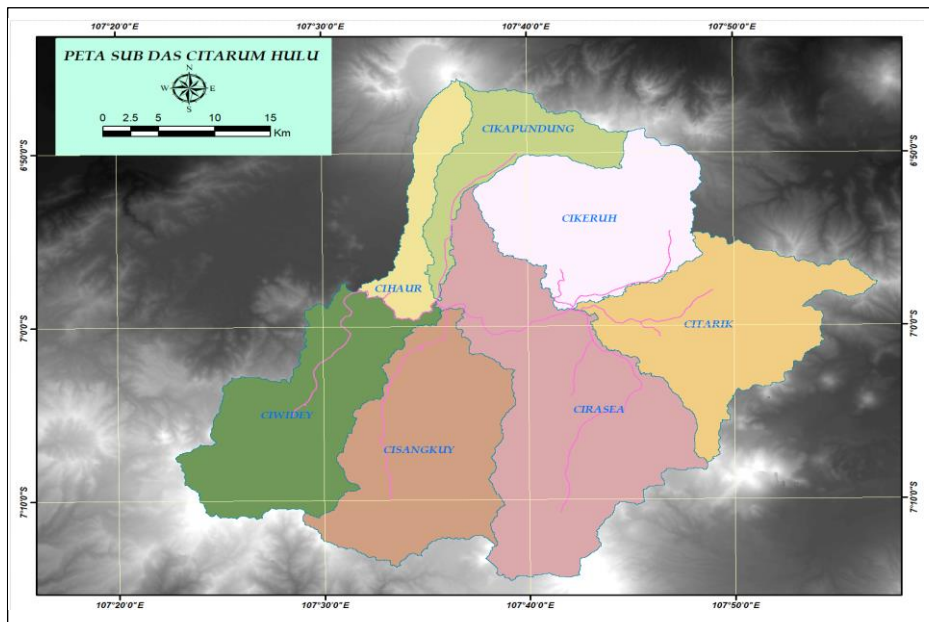




Gambar 16. Validasi modelSWAT DAS Citarum Hulu

### Debit Aliran Sungai Hasil Prediksi Model SWAT

Debit aliran sungai diprediksi untuk masing-masing Sub DAS yaitu Sub DAS Citarik, Cirasea, Cisangkuy, Cowidey, Cihaur, Cikapundung dan Sub DAS Cikeruh menggunakan data tahun 2018 (Gambar 17, Tabel 5).



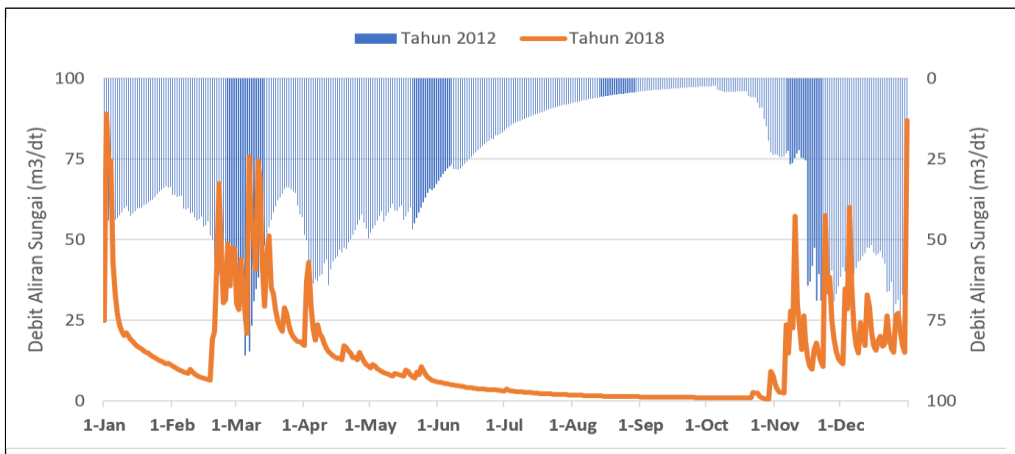
Gambar 17. Sub DAS dari DAS Citarum Hulu

Tabel 5. Sub DAS dari DAS Citarum Hulu

No	Sub DAS	Latitude	Longitude	Elevasi (m)	Luas (ha)
1.	Cihaur	-6.964	107.530	689.3	8.080
2.	Cikapundung	-6.837	107.650	1184.8	12.230
3.	Cikeruh	-6.890	107.680	918.1	25.210
4.	Cirasea	-6.987	107.704	662.9	44.418
5.	Citarik	-6.995	107.739	664.0	27.573
6.	Cisangkuy	-7.051	107.613	898.2	29.790
7.	Ciwidey	-7.024	107.498	918.8	26.781
<b>Jumlah</b>					<b>174.082</b>

**a. Sub DAS Citarik**

Sub-DAS Citarik merupakan Sub DAS paling hulu dibagian utara, memiliki luasan 27.573 ha dengan kelerenagan dominan ( $\pm 50\%$  tergolong datar (0-8%). Penggunaan lahan dominan adalah pertanian lahan kering, yang diikuti dengan peternakan, dan pemukiman. Dalam 10 tahun terakhir terjadi penurunan luas lahan sawah (-12,1%), semak belukar (-24,74%) dan hutan (-3,74%) (Fadhil, 2021). Debit aliran sungai Sub DAS Citarik tahun 2012 dan 2018 disajikan pada Gambar 18.



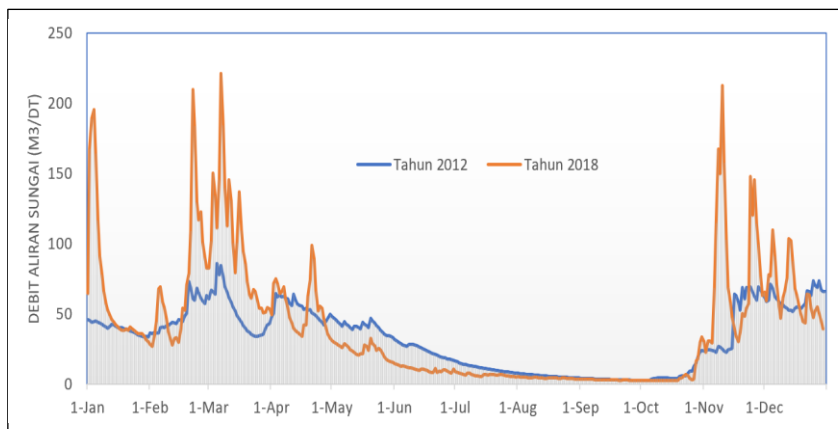
Gambar 18. Debit aliran sungai Sub DAS Citarik hasil prediksi model SWAT tahun 2012 dan 2018.

Debit aliran sungai DAS Citarik tahun 2012 dan 2018 mempunyai pola yang serupa yaitu ketersediaan air yang tinggi pada musim penghujan (Januari-Mei, dan November-Desember) dan menurun pada musim kemarau (Juni-

Oktober). Namun demikian Gambar 18 menunjukkan bahwa terjadi penurunan debit aliran sungai yang signifikan pada musim kemarau 2018. Debit puncak maksimum pada tahun 2012 adalah 85.94 m<sup>3</sup>/dt dan debit minimumnya 2.43 m<sup>3</sup>/dt, sedangkan pada tahun 2018 debit puncaknya 88.93 m<sup>3</sup>/dt dan debit minimumnya 0.59 m<sup>3</sup>/dt.

### **b. Sub DAS Cirasea**

Sub DAS Cirasea merupakan Sub DAS terluas yang meliputi areal 44.418 hektar dengan penggunaan lahan utama adalah sawah dan pertanian lahan kering baik pada tahun 2012 maupun 2018. Perkembangan dinamika pembangunan pada wilayah ini dalam periode 2009 – 2018 menyebabkan terjadinya penurunan luas lahan hutan (-12,1%), penambahan luasan pertanian lahan kering (39.3%) penambahan luas lahan terbangun (12.2%), peningkatan luas lahan perkebunan (76,9%) dan penurunan luas lahan sawah (-14.5%) (Fadhil 2021). Perubahan penggunaan lahan juga berimplikasi pada debit aliran sungai Sub DAS Cirasea (Gambar 19).

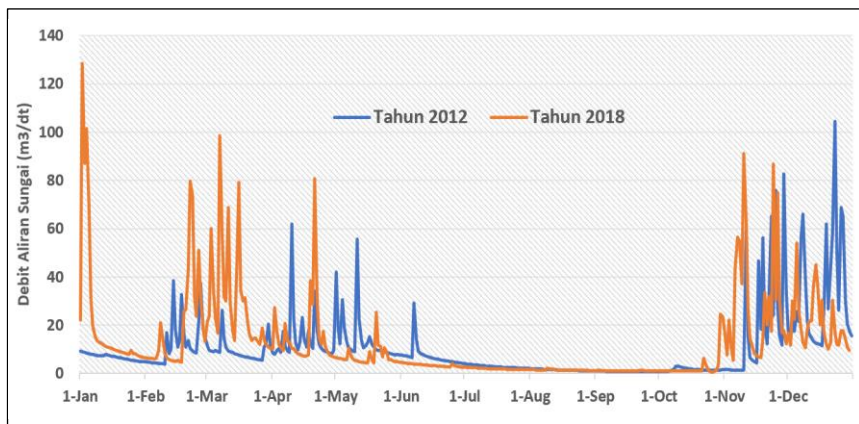


Gambar 19. Debit aliran sungai Sub DAS Cirasea hasil prediksi model SWAT tahun 2012 dan 2018

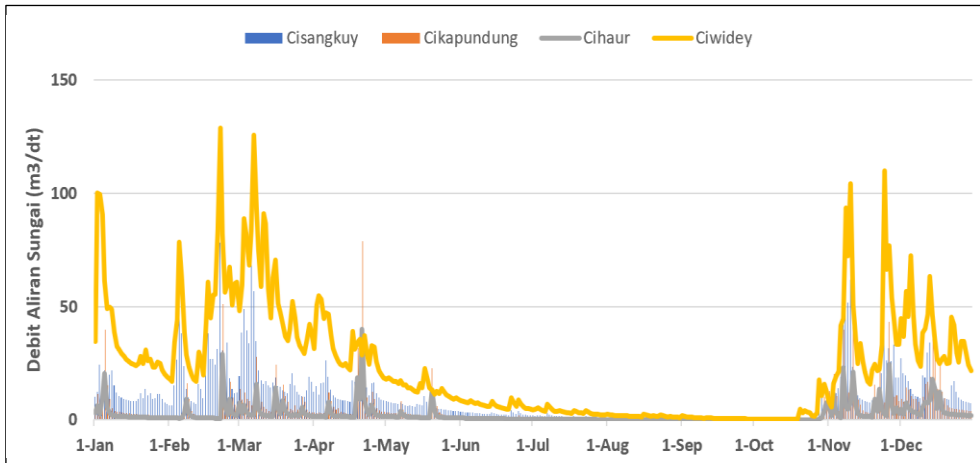
Walaupun juga dipengaruhi oleh jumlah curah hujan yang jatuh, debit aliran sungai Sub DAS Cirasea sangat fluktuatif pada tahun 2018 dibanding tahun 2012. Debit aliran maksimum dan minimum pada tahun 2018 masing-masing sebesar  $221.2 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan  $2.3 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan nilai KRA (koefisien regim aliran sungai sebesar 96.2 yang menindikasikan kondisi tata air Sub DAS Cirasea telah mengalami kerusakan.

### c. Sub DAS Lainnya (Cikeruh, Cisangkuy, Ciwidey, Cikapundung, dan Cihaur)

Debit aliran sungai pada Sub DAS lainnya (Cikeruh, Cisangkuy, Ciwidey, Cikapundung, dan Cihaur) juga mempunyai pola kemiripan dengan Sub DAS Citarik dan Cirasea, sebagai akibat terjadi perubahan penggunaan lahan yang ditandai semakin menyempitnya luas lahan hutan, perkebunan dan lahan sawah, serta semakin luasnya lahan terbangun. Keragaan debit aliran sungai tersebut seperti disajikan pada Gambar 20 dan 21.



Gambar 20. Debit aliran sungai Sub DAS Cikeruh hasil prediksi model SWAT tahun 2012 dan 2018



Gambar 21. Debit aliran sungai Sub DAS Cisangkuy, Cikapundung, Cihaur dan Ciwidey hasil prediksi SWAT tahun 2018

Data debit aliran sungai di lapang masih sulit diperoleh terutama pada daerah-daerah hulu dengan luasan *catchment* area yang lebih sempit. Instrumentasi peralatan hidrologi (SPAS dan AWLR) lebih banyak diletakan pada wilayah hilir dengan *catchment* area yang lebih luas dan kepentingan pengelolaan sumberdaya air yang lebih tinggi. Oleh karena itu penggunaan model hidrologi seperti model SWAT dan model lainnya (HEC-GeoHMS) merupakan salah satu cara untuk membangkitkan data debit aliran sungai pada daerah tanpa instrumentasi yang baik. Tentu saja kaidah-kaidah parameterisasi model seyogyanya menggunakan pendekatan/justifikasi yang dapat dipertanggung-jawabkan secara ilmiah. Debit aliran sungai hasil prediksi model sangat bermanfaat bagi stakeholder terkait terutama para pihak pengambil kebijakan.

## **KESIMPULAN**

1. Model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi debit aliran sungai DAS Citarum Hulu harian dengan akurasi yang cukup baik yang ditunjukkan dengan nilai koefisien R2 (0.73-0.78) dan koefisien NSE (0.58-0.66).
2. Akurasi model SWAT menjadi lebih baik ketika digunakan untuk memprediksi debit rata-rata bulanan ( $R^2=0.92$  dan  $NSE=0.90$ ).
3. Penggunaan model hidrologi (SWAT) merupakan metoda alternatif pembangkitan debit aliran sungai pada DAS (Sub DAS) yang belum terinstrumentasi dengan baik. Parameterisasi model merupakan tahapan kritis dalam pemodelan karena sangat berpengaruh signifikan terhadap keluaran yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arnlod JG, JR Kiniry, R Srinivasan, JR Williams, FB Hamey, SL Neitsch. 2011. Soil and Water Assessment Tool Input/Output File Documentation Version 2009. Grassland, Soil and Water Research Laboratory-Agricultural Research Service. Texas Water Research Institut Technical Report No. 365. Texas.
- BPDAS Citarum-Ciliwung. (2009). *Laporan Penyusunan Urutan Prioritas DAS di BP DAS Citarum-Ciliwung*. Bogor, Indonesia: BPDAS Citarum-Ciliwung.
- Fadhil MY. 2021. Evaluasi perubahan penggunaan lahan dan pengaruhnya terhadap karakteristik hidrologi das citarum hulu. Tesis pasca sarjana IPB. Bogor.
- Hidayat Y, Rachman LM, dan Purwakusuma W. 2022. Model Hidrologi dan Erosi Daerah Aliran Sungai. IPB Press Bogor, 324p.
- Ridwansyah I, Pawitan H, Sinukaban N, Hidayat Y. 2014. Watershed Modeling with ArcSWAT and SUFI2 In Cisadane Catchment Area: Calibration and Validation of River Flow Prediction. International Journal of Science and Engineering, Vol. 6(2)2014:12-21. <https://doi.org/10.12777/ijse.6.2.92-101>
- Sulaeman D, Hidayat Y, Rachman LM, Tarigan SD. 2016. Best management practice untuk menurunkan debit aliran dan hasil sedimen das ciujung menggunakan model SWAT. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol 18 (1) 8-14