

## **PEMANFAATAN SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT) SEBAGAI ALAT PENGAMBIL KEPUTUSAN DALAM PENGELOLAAN DAS (STUDI KASUS DI DAS CISADANE)**

### **UTILIZATION OF SWAT AS A DECISION SUPPORT TOOL IN WATERSHED MANAGEMENT (A CASE STUDY IN CISADANE WATERSHED)**

**Edu Junaidi**

Peneliti pada Balai Penelitian Teknologi Agroforestry  
Jalan Ciamis-Banjar, Indonesia Km. 4 P.O. Box 5. Telp. 0265771352  
E-Mail: ejunad75@gmail.com

Diterima: 13 Mei 2015; Direvisi: Mei 2015; Disetujui: 11 November 2015

#### **ABSTRAK**

*Model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) merupakan salah satu model yang banyak digunakan dalam penelitian pengelolaan DAS. Model ini dapat berfungsi dengan baik untuk menggambarkan kondisi hidrologi pada DAS besar dan kompleks dengan berbagai skenario pengelolaan. Model hidrologi SWAT dapat digunakan sebagai alat pengambil keputusan dalam pengelolaan DAS. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keragaan DAS Cisadane berhubungan dengan skenario sistem pengelolaan DAS dengan menggunakan SWAT. Penelitian ini membandingkan perencanaan pengelolaan DAS Cisadane yang dilakukan oleh (1) Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BP DAS) Ciliwung-Cisadane, (2) Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kabupaten Bogor dan Tangerang dan (3) Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane. Metode pengambilan keputusan, menggunakan indikator kinerja DAS meliputi koefisien regim sungai (KRS), debit jenis (Q jenis), koefisien aliran permukaan (c), padatan terlarut total (TDS) dan indeks erosi (IE). Semakin rendah nilai-nilai kriteria tersebut menunjukkan semakin baik perencanaan pengelolaan DAS. Hasil analisa menunjukkan bahwa perencanaan pengelolaan yang dilakukan oleh BP DAS Ciliwung-Cisadane (skenario 1) memberikan hasil terbaik terhadap pengelolaan DAS yang ditunjukkan oleh indikator kinerja DAS bernilai paling kecil. KRS bernilai 14,3, Q jenis mempunyai nilai 17,1, c dengan nilai 0,3, TDS bernilai 33,5 dan IE mempunyai nilai 2,1.*

**Kata kunci:** Soil, water assessment, tool, pengelolaan DAS, sistem pengambil keputusan

#### **ABSTRACT**

*Soil and Water Assessment Tool (SWAT) is one of the models widely used in the study of watershed management. This model can be utilized to describe the hydrological conditions of large and complex watersheds with various management scenarios. SWAT model can be used as a decision support tool in watershed management. This study aimed to evaluate watershed performance associated with management options developed using the SWAT model. This study compared management planning of Cisadane watershed conducted by (1) Balai Pengelolaan DAS Ciliwung-Cisadane, (2) BAPPEDA Bogor and Tangerang and (3) Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane. The Methods of decision Support, used watershed performance indicators including river regime coefficient (KRS), discharge of type (Q jenis), surface flow coefficient (c), total dissolved solids (TDS) and erosion index (IE). The lower the indicator values, the better the watershed management planning. Based on the analysis, management planning of Cisadane watershed by Balai Pengelolaan DAS Ciliwung-Cisadane (scenario 1) resulted in the best watershed management as indicated by the lowest value of watershed management indicator. KRS had a value of 14.3, Q with value of 17.1, c with values of 0.3, TDS with value of 33.5 and IE with value of 2.1.*

**Keywords:** Soil, water assessment, tool, watershed management, decision tool

#### **PENDAHULUAN**

Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) sudah dimulai sejak tahun 70-an, yang diawali dengan Proyek *Solo Upper Watershed Management and Upland Development* di DAS Bengawan pada tahun 1973. Pengelolaan secara besar-besaran mulai dilaksanakan tahun 2003 di

bawah koordinasi Departemen Kehutanan melalui Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan (GN RHL/GERHAN). Kondisi DAS yang semakin memburuk dan permasalahan yang semakin kompleks dapat dilihat dari jumlah DAS prioritas yang terus bertambah dari tahun ke tahun. Pada tahun 1984, sekitar 20 dari 458 DAS yang ada di Indonesia merupakan DAS prioritas I.

Pada tahun 1992 dan 1999, DAS peioritas I masing-masing meningkat menjadi 37 dan 60 DAS. Menurut Kepmenhut, hingga tahun 2009 jumlah DAS prioritas telah mencapai 108 DAS (Junaidi dan Tarigan 2012). Berdasarkan PP nomor 37 tahun 2012, ke 108 DAS tersebut dimasukkan ke dalam kriteria DAS yang harus dipulihkan daya dukungnya.

DAS Cisadane, yang melintasi 5 kabupaten/kota (Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang, dan Tangerang Selatan), merupakan salah satu DAS prioritas (Kepmenhut 2009) dan secara langsung termasuk kriteria DAS yang harus dipulihkan daya dukungnya (PP 2012). Permasalahan utama di kawasan DAS Cisadane adalah alih fungsi lahan hutan atau kebun menjadi lahan pertanian atau permukiman yang cukup besar (sekitar 821 – 1.882 ha/tahun), yang mana akumulasi aliran yang hilang sebagai aliran permukaan cukup besar (sekitar 4.627 mm), dan laju erosi yang lebih dari 180 ton/ha/tahun.

## KAJIAN PUSTAKA

DAS merupakan sistem alami yang menjadi tempat berlangsungnya proses-proses biofisik, hidrologis, maupun kegiatan sosial-ekonomi dan budaya masyarakat yang kompleks. Interaksi antara proses biofisik dan kegiatan sosial-ekonomi dan budaya menunjukkan kompleksitas pengelolaan DAS, yang membutuhkan suatu inovasi pendekatan hidrologi untuk memperbaikinya (Susanto and Kaida 1991). Dalam berbagai jurnal hidrologi banyak dikemukakan bahwa semua model hidrologi berbasis fisik pada dasarnya menyederhanakan sistem hidrologi DAS yang kompleks. Banyak penelitian yang mengintegrasikan model hidrologi dalam pengelolaan DAS, meskipun kajiannya dalam lingkup pengembangan ilmu. SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) (AAAE 2009) adalah salah satu model yang banyak digunakan saat ini.

Model SWAT dibangun dan dikembangkan oleh USDA-ARS (*Agricultural Research Services*) dari banyak model hidrologi lebih dari 30 tahun (Arnold *et al.* 2010, Yinget *et al.* 2011, dan Neitsch *et al.* 2005). Model ini telah diaplikasikan secara luas pada berbagai wilayah, kondisi, aktivitas, waktu, dan skala (Arnold *et al.* 2010). Model SWAT dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi hidrologi dan polutan pada berbagai DAS (Arnold *et al.* 2010, Li *et al.* 2011, dan Neitsch *et al.* 2005). SWAT merupakan model hidrologi berbasis fisik dalam skala spasial-temporal dan terintegrasi dengan *Geographic Information Sys-*

*tems* (GIS) dan *Digital Elevation Model* (DEM) (Olivera *et al.* 2006). Model SWAT dioperasikan pada interval waktu harian dan dirancang untuk memprediksi dampak jangka panjang dari praktek pengelolaan lahan terhadap sumberdaya air, sedimen, dan hasil *agro-chemical* pada DAS besar dan kompleks dengan berbagai skenario tanah, penggunaan lahan, dan pengelolaan berbeda (Pawitan 2004).

SWAT merupakan model matematik berbasis fisik, yang dirancang sebagai model hidrologi spasial terdistribusi, berdasarkan *hydrologic respon units* (HRUs) yang dibentuk dari kombinasi tata guna lahan, jenis tanah, dan kelerengan (Omani 2007). Proses siklus hidrologi dalam model SWAT yang terjadi di dalam DAS didasarkan pada neraca air. Proses hidrologi yang disimulasi oleh model SWAT meliputi: infiltrasi, aliran permukaan, aliran lateral, evaporasi, transpirasi, pergerakan air tanah, dan *routing* perjalanan aliran (Menking *et al.* 2003).

Model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai, dan mengevaluasi tingkat permasalahan suatu DAS dan dapat digunakan sebagai alat untuk memilih tindakan pengelolaan dalam mengendalikan permasalahan DAS (Junaidi dan Tarigan 2012). Hal ini dikarenakan pada model SWAT memungkinkan simulasi sejumlah proses fisik yang berbeda pada suatu DAS. Oleh karena itu, sesuai dengan tujuan pembentukannya, model ini memenuhi persyaratan-persyaratan model hidrologi yang dapat digunakan sebagai bagian dari sistem pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumberdaya air DAS (Haberlandt *et al.* 2009).

Model SWAT dikembangkan untuk memahami, memprediksi, dan mengontrol fenomena hidrologi DAS yang kompleks. Salah satu *output* model berupa pemahaman dan prediksi tata air di DAS, sehingga segala perencanaan yang akan dilakukan pada suatu DAS dapat memrediksi tata air DAS yang akan terjadi. Kemampuan prediksi kondisi tata air di masa datang dapat digunakan sebagai alat pengambil keputusan dalam pengelolaan DAS.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh beberapa skenario pengelolaan DAS dengan menggunakan SWAT. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan masukan kepada pengambil kebijakan dalam mengelola DAS Cisadane secara lebih baik.

Penelitian dilaksanakan di DAS Cisadane dengan luas 1.372 km<sup>2</sup>. Secara administratif, DAS Cisadane terletak pada 2 provinsi, yaitu Jawa Barat dan Banten, dan meliputi 202 desa dalam 18 kecamatan. Secara geografis, DAS Cisadane terletak antara 106°20'50"-106°28'20" BT dan 6°0'59"-6°47'02" LS (Gambar 1). Penelitian dil-



| No | Jenis Data                               | Sumber Data  | Keterangan  |
|----|--|--|---|
| 1  | Peta jaringan sungai(scale 1 : 50.000)   | Bakosurtanal   | Petarupabumi Indonesia  |
| 2  | DEM                                      | US Geological Survey   | SRTM ( <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> ) for Z_58_14.tiff dengan resolusi spasial 90 x 90 m |
| 3  | Peta Penggunaan Lahan(skala 1 : 250.000) | BP DAS Ciliwung-Cisadane   | Hasil klasifikasi Landsat TM, tahun 2005  |
| 4  | Peta Jenis Tanah(scale 1 : 250.000)      | BP DAS Ciliwung-Cisadane   |   |
| 5  | Data curah hujan                         | BalaiPengelolaanSumberdaya air Cisadane dan Balaibesar-wilayahsungaiCitarum - Ciliwung | 12 stasiun penakar curah hujan, untuk tahun 2005 dan 2006   |
| 6  | Data Suhu                                | BalaibesarwilayahsungaiCitarum - Ciliwung  | 2 stasiun pencatat suhu, untuk tahun 2005 dan 2006  |
| 7  | Data iklim                               | BalaibesarwilayahsungaiCitarum - Ciliwung dan Balai Klimatologi Bogor                  | 4 stasiun klimatologi, untuk data 5 tahun dari tahun 2003 - 2007                                    |
| 8  | Data debit sungai                        | BalaiPengelolaanSumberdaya air Cisadane  | Stasiun Batu Baulah untuk tahun 2005  |

**Tabel 2** Perencanaan DAS Cisadane menurut Skenario 1 dan 2

| Penggunaan Lahan             | Arahan   |                      |
|------------------------------|--|----------------------|
|                              | Pengelolaan Tanaman  | Pengelolaan Tanah    |
| <b>Skenario 1</b>            |  |                      |
| Sawah pengelolaan baik       | -  | -                    |
| Sawah pengelolaan sedang     | -  | -                    |
| Tanah terbuka                | <i>Agroforestry</i>  | Teras gulud          |
| Semak belukar                | <i>Agroforestry</i>  | Teras gulud          |
| Ladang pengelolaan baik      | <i>Agroforestry</i>  | Teras gulud          |
| Ladang pengelolaan sedang    | <i>Agroforestry</i>  | Teras gulud          |
| Kebun campuran               | Kebun vegetasi permanen  | Rorak/mulsa vertikal |
| Hutan pengelolaan baik       | Hutan lindung  | Teras individu       |
| Hutan pengelolaan sedang     | Hutan lindung  | Teras individu       |
| Pemukiman pengelolaan baik   | <i>Agroforestry</i>  | Kontrol erosi        |
| Pemukiman pengelolaan sedang | <i>Agroforestry</i>  | Kontrol erosi        |
| <b>Skenario 2</b>            |  |                      |
| Sawah pengelolaan baik       | Lahan basah  | -                    |
| Sawah pengelolaan sedang     | Lahan basah  | -                    |
| Tanah terbuka                | Lahan kering dan perkebunan  | -                    |
| Semak belukar                | Lahan kering dan perkebunan  | -                    |
| Ladang pengelolaan baik      | Lahan kering   | -                    |
| Ladang pengelolaan sedang    | Lahan kering   | -                    |
| Kebun campuran               | Perkebunan dan tanaman tahunan   | -                    |
| Hutan pengelolaan baik       | Hutan konservasi dan hutan lindung   | -                    |
| Hutan pengelolaan sedang     | Hutan lindung luar kawasan hutan, hutan produksi dan hutan produksi terbatas | -                    |
| Pemukiman pengelolaan baik   | Pemukiman perkotaan padat dan pemukiman perkotaan sedang                     |                      |
| Pemukiman pengelolaan sedang | Pemukiman pedesaan   | -                    |

**2 Skenario pengelolaan DAS**

Model SWAT digunakan untuk memprediksi akibat dari pilihan skenario

pengelolaan DAS. Skenario yang disimulasikan adalah perencanaan pengelolaan DAS yang dilakukan oleh beberapa instansi yang terkait. Skenario tersebut adalah:

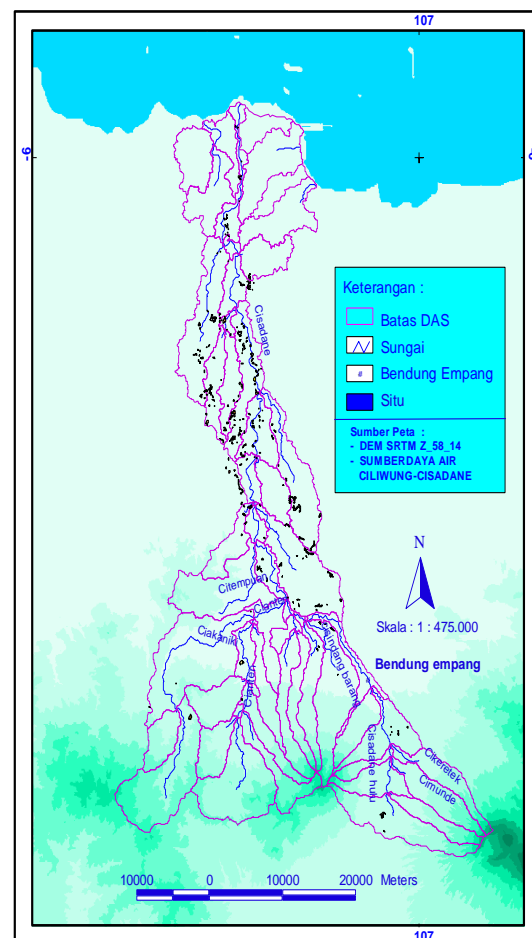
- 1) Rencana Teknik Lapang Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (RTL RLKT) DAS Cisadane tahun 2002 (skenario 1). Perencanaan pengelolaan DAS Cisadane berdasarkan RTL RLKT DAS Cisadane yang disusun oleh BP DAS Ciliwung-Cisadane dapat dilihat pada Tabel 2.
- 2) Rencana tata ruang DAS Cisadane periode tahun 2005 – 2025 (skenario 2). Secara umum rencana pengelolaan DAS Cisadane berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bogor dan Kabupaten Tangerang yang membagi wilayah DAS Cisadane menjadi beberapa pola pemanfaatan ruang yaitu hutan konservasi, hutan lindung, lindung luar kawasan hutan, hutan produksi, hutan produksi terbatas, lahan basah, lahan kering, perkebunan, tanaman tahunan, permukiman pedesaan, permukiman perkotaan padat, dan permukiman perkotaan sedang (Tabel 2).
- 3) Rencana DAS Cisadane dalam mengatasi banjir berdasarkan perencanaan Balai Besar Wilayah Sungai Citarum – Ciliwung (Skenario 3) dapat dilihat pada Tabel 3. Rencana pengelolaan DAS yang dilakukan adalah menambah kedalaman situ yang terdapat di sekitar DAS Cisadane sekitar 2 m dan menambah kedalaman bendung empang sekitar 4 m. Selain itu, terdapat penambahan 2 buah DAM parit yang terdapat pada sub DAS Ciampea dengan volume tampungan 350.000 m<sup>3</sup> dan sub DAS Cikaniki dengan volume tampungan 160.000 m<sup>3</sup> (Gambar 2)

### 3 Pengambilan keputusan.

Pengambilan keputusan dilakukan dengan mengevaluasi setiap skenario pengelolaan DAS. Evaluasi setiap skenario didasarkan pada skoring perbandingan keluaran model SWAT dengan menggunakan data tahun 2006 mengacu pada kriteria dan indikator kinerja DAS pada kriteria tata air dan penggunaan lahan (Tabel4). Penilaian dengan membandingkan luaran model kondisi eksisting (tanpa skenario) dan keluaran model untuk masing-masing skenario. Semakin tinggi hasil skor maka implementasi perencanaan pengelolaan DAS semakin kurang sempurna.

**Tabel 3** Perencanaan DAS Cisadane menurut Skenario 3

| Perencanaan       | Arahan  |
|-------------------|---|
| Perbaikan situ    | Penambahan kedalaman situ sekitar 2 m   |
| Perbaikan bendung | Penambahan kedalaman bendung Empang sekitar 4 m dan Penambahan 2 buah DAM parit pada sub DAS Ciampea dan sub DAS Cikaniki |



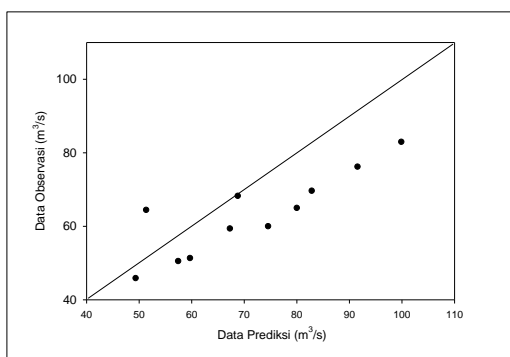
**Gambar 2** Peta lokasi situ dan bendung DAS Cisadane

### Kalibrasi dan Validasi Model

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara debit bulanan hasil prediksi tanpa skenario atau kondisi eksisting (nilai X) dengan debit bulanan hasil observasi (nilai Y). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa nilai koefisien Nash-Sutcliffe sebesar 0,63; Dvi sebesar 13,22%; dan R<sup>2</sup> sebesar 0,79.

Menurut Shanti *et al.* (2001), hasil prediksi model SWAT dapat dikriteriakan baik dalam memprediksi hidrologi DAS, jika rata-rata debit hasil prediksi berada pada kisaran -15 sampai + 15 % dari rata-rata debit hasil observasi, serta nilai E<sub>NS</sub> ≥ 0,5 dan R<sup>2</sup> ≥ 0,6. Berdasarkan kriteria tersebut, maka model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi hidrologi DAS pada lokasi penelitian.



**Gambar 3** Sebaran debit bulanan hasil prediksi model dan debit bulanan hasil observasi stasiun pengamat arus sungai (SPAS) Batu Baulah tahun 2005

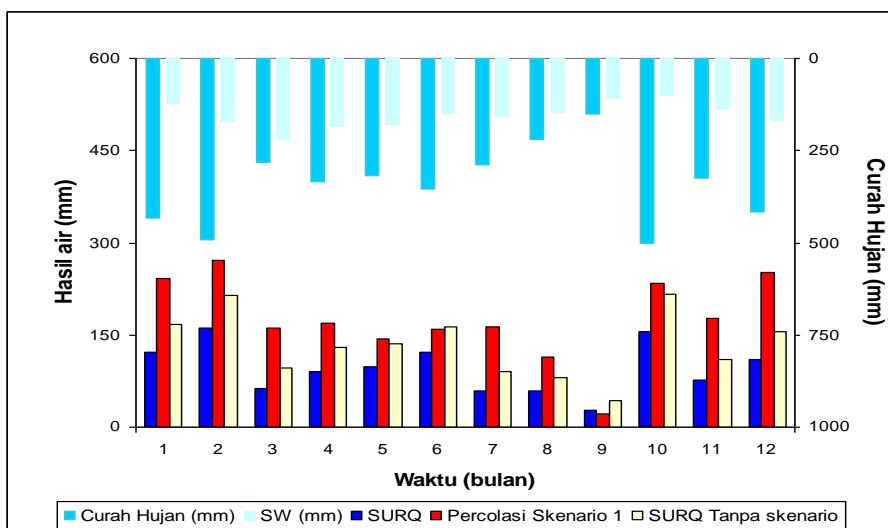
**Penilaian Pengelolaan DAS dengan Model SWAT**

Penilaian pengelolaan DAS dilakukan terhadap beberapa perencanaan pengelolaan DAS hasil beberapa instansi, sebagai berikut:

**1 Rencana Teknik Lapang Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Cisadane oleh BP DAS Ciliwung-Cisadane**

Hasil keluaran model SWAT untuk tata air, perencanaan pengelolaan DAS menggunakan RTL RLKT DAS Cisadane (skenario 1) disajikan pada Tabel 5. Terlihat bahwa kemampuan DAS menampung air hujan yang jatuh di atasnya adalah 175,4 mm. Dengan kemampuan ini jumlah hujan yang diperkolasi sekitar 51,3 % atau 2.111,9 mm, lebih besar dari perkolasi tanpa penerapan skenario yaitu 1.718,2 mm. Hasil total air yang dihasilkan untuk skenario 1 sebesar 3.118,7 mm lebih kecil dari total hasil air tanpa penerapan skenario yaitu 3.216,1 mm. Hal ini dikarenakan hasil *surface flow* sebesar 1.147,3 mm lebih kecil dibandingkan tanpa penerapan skenario yaitu 1.604,7 mm dan hasil *base flow* lebih besar dibandingkan tanpa penerapan skenario yaitu 1.870,5 mm.

Gambar 4 menunjukkan perbandingan *surface flow* bulanan hasil simulasi antara skenario 1 dengan tanpa penerapan skenario. Menurut Gambar 4 bahwa hasil *surface flow* skenario 1 jauh lebih kecil dibandingkan *surface flow* tanpa penerapan skenario. Hal ini menunjukkan fungsi hidrologi DAS Cisadane semakin baik jika dilakukan penerapan perencanaan DAS berdasarkan skenario 1.



**Gambar 4** Perbandingan hasil simulasi model *surface flow* untuk skenario 1 dan tanpa penerapan skenario untuk tahun 2006

**Tabel 4** Kriteria dan indikator analisis

| Kriteria | Indikator                    | Deskripsi  | Verifikasi              | Metode Perhitungan  | Keterangan                | Skor |
|----------|------------------------------|--|-------------------------|---|---------------------------|------|
| Tata air | Koefisien regim sungai (KRS) | Perbandingan antara debit aliran sungai maksimum | - Debit aliran sungai   | Rasio perbandingan antara Q <sub>mak</sub> dan Q <sub>min</sub> | - Baik (KRS < 50)         | - 1  |
|          |                              |  | - Debit aliran maksimum |   | - Sedang (50 < KRS < 120) | - 2  |
|          |                              |  | - Debit aliran          |   | - 3                       |      |



**Tabel 5(Lanjutan)**

| Bulan     | Base flow  |                |         |             | Perkolasi  |                |         | Soil Water |
|-----------|------------|----------------|---------|-------------|------------|----------------|---------|------------|
|           | Skenario 1 | Tanpa skenario | % Hujan | % hasil air | Skenario 1 | Tanpa skenario | % Hujan |            |
|           | mm         |                | %       | %           | mm         |                | %       |            |
| Januari   | 127,6      | 102,1          | 29,4    | 50,3        | 242,2      | 197,6          | 55,9    | 123,4      |
| Februari  | 178,3      | 141,1          | 36,2    | 51,3        | 272,2      | 219,8          | 55,2    | 172,4      |
| Maret     | 228,2      | 181,9          | 81,2    | 77,4        | 161,6      | 134,1          | 57,5    | 223,0      |
| April     | 187,5      | 153,9          | 56,1    | 65,1        | 168,9      | 136,9          | 50,6    | 188,2      |
| Mei       | 173,7      | 145,7          | 54,6    | 60,9        | 144,1      | 114,0          | 45,3    | 178,8      |
| Juni      | 146,0      | 122,5          | 41,4    | 51,5        | 160,2      | 127,9          | 45,4    | 152,4      |
| Juli      | 156,9      | 1291           | 54,2    | 69,2        | 163,3      | 134,8          | 56,40   | 159,9      |
| Agustus   | 150,5      | 121,0          | 68,6    | 70,9        | 113,4      | 90,9           | 51,7    | 149,1      |
| September | 117,0      | 90,6           | 76,9    | 81,8        | 22,0       | 13,6           | 14,5    | 112,8      |
| Oktober   | 111,2      | 82,8           | 22,1    | 41,1        | 234,7      | 1946           | 46,6    | 102,9      |
| November  | 1443       | 111,6          | 44,5    | 64,9        | 176,9      | 145,1          | 54,5    | 136,8      |
| Desember  | 176,1      | 140,1          | 42,4    | 60,4        | 252,6      | 208,8          | 60,9    | 170,8      |
| Total     | 1.870,5    | 1.522,4        | 45,5    | 62,1        | 2.111,9    | 1.718,2        | 51,3    | 175,4      |

Hal ini nampak jelas, jika memperhatikan Gambar 5 yaitu perbandingan *peak surface flow*, *base flow*, dan *peak flow* hasil simulasi skenario 1 dengan hasil simulasi tanpa penerapan skenario. Hasil analisis menunjukkan *base flow* skenario 1 jauh lebih tinggi dibandingkan tanpa penerapan skenario, sedangkan *peak surface flow* dan *peak flow* skenario 1 menurun dibandingkan hasil tanpa penerapan skenario.

Hasil evaluasi penilaian kinerja DAS Cisdane, yang menerapkan rencana pengelolaan skenario 1 (Gambar 6), menunjukkan hasil nilai

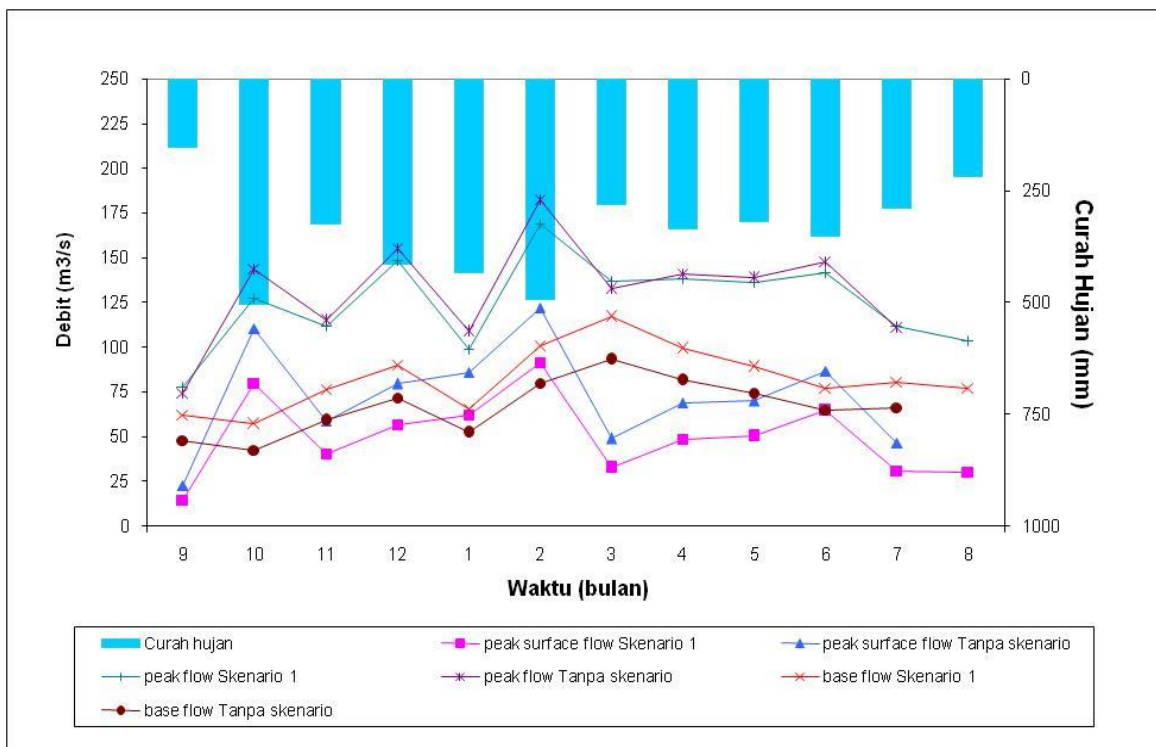
koefisien rejim sungai (KRS), debit jenis (Q jenis), dan koefisien aliran permukaan(c) yang lebih kecil dibandingkan hasil tanpa penerapan skenario tetapi nilai *total dissolved suspension* (TDS) agak lebih besar. Hal ini karena total hasil air penerapan skenario sebagai pelarut sedimen sangat berkurang dibandingkan total hasil air tanpa penerapan skenario. Jika dilihat dari indeks erosi (IE) untuk hasil skenario 1, nilai IE mengalami penurunan jika dibandingkan hasil tanpa penerapan skenario. Pada skenario 1, perencanaan pengelolaan DAS Cisdane telah



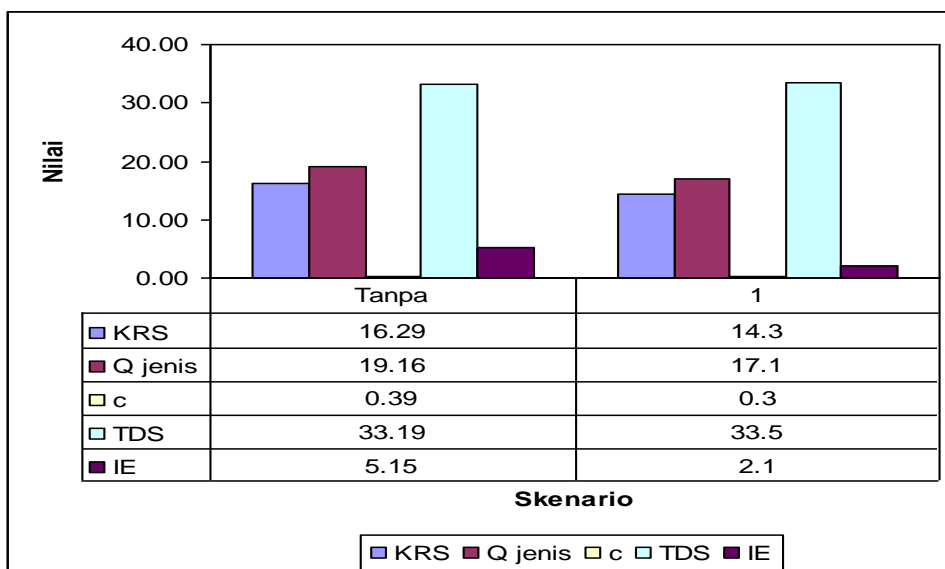
menerapkan teknik pengelolaan tanaman dan pengelolaan tanah yang dilaksanakan pada setiap penggunaan lahan.

skenario 1 untuk kriteria tata air menunjukkan hasil baik, tetapi untuk kriteria penggunaan lahan masih masuk kriteria buruk.

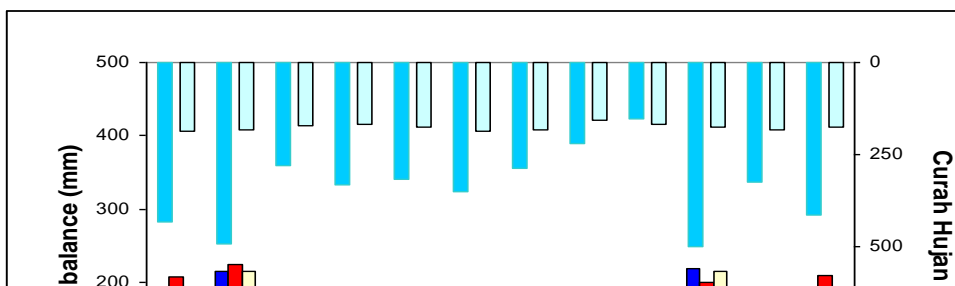
Secara umum hasil penilaian evaluasi penerapan rencana pengelolaan DAS berdasarkan



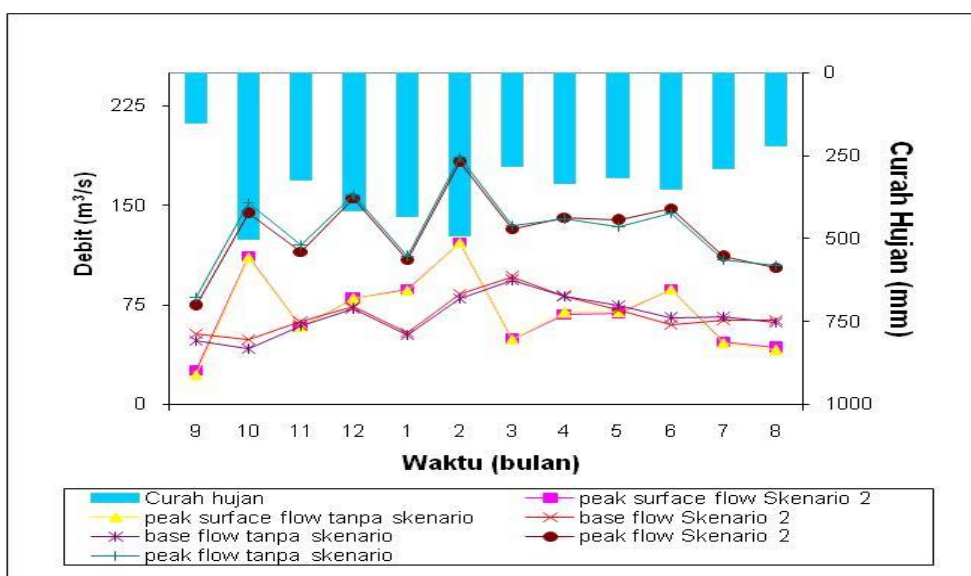
**Gambar 5** Perbandingan hasil simulasi model *peak surface flow*, *base flow* dan *peak flow* untuk skenario 1 dan tanpa skenario untuk tahun 2006



**Gambar 6** Hasil analisis penilaian kinerja DAS Cisadane



Gambar 7 Perbandingan hasil simulasi model *surface flow* untuk tahun 2006



Gambar 8 Perbandingan hasil simulasi model *peak surface flow*, *base flow* dan *peak flow* untuk tahun 2006

## 2 Rencana tata ruang DAS Cisadane oleh Bappeda Bogor – Tangerang

Tabel 6 menunjukkan hasil air hasil simulasi model terhadap rencana tata ruang DAS oleh Bappeda (skenario 2) dan kondisi eksisting (tanpa penerapan skenario). Terlihat bahwa skenario 2 mampu menahan air hujan yang jatuh di atasnya sekitar 174,7 mm. Hasil analisis menunjukkan jumlah hujan yang diperkolasi sekitar 41,8 % atau 1.718,7 mm, lebih besar dari perkolasi tanpa penerapan skenario yaitu 1.718,2 mm. Hasil total air yang dihasilkan untuk skenario 2 sebesar 3.255,2 mm lebih besar dari total hasil air tanpa skenario yaitu 3.216,1 mm. Hasil *surface flow* sebesar 1.604,2 mm lebih kecil dibandingkan tanpa penerapan skenario yaitu

1.604,7 mm dan hasil *base flow* lebih besar dibandingkan tanpa penerapan skenario yaitu 1.522,8 mm.

Pada Gambar 7 ditunjukkan perbandingan hasil simulasi *surface flow* skenario 2 dengan tanpa skenario. Terlihat hasil *surface flow* bulanan skenario 2 secara umum tidak menunjukkan perbedaan yang jelas dengan hasil tanpa penerapan skenario.

Gambar 8 menunjukkan perbandingan *peak surface flow*, *base flow*, dan *peak flow* bulanan antara hasil simulasi skenario 2 dan hasil simulasi tanpa penerapan skenario. Hasil menunjukkan penerapan skenario 2 mampu menaikkan *base flow* bulanan dan menurunkan *peak flow* bulanan dibanding tanpa penerapan skenario.

Tabel 6 Hasil model simulasi untuk parameter hidrologi pada penerapan skenario 2 untuk tahun 2006

| Bulan | Hujan | Hasil Air | Surface flow | Lateral flow |
|-------|-------|-----------|--------------|--------------|
|-------|-------|-----------|--------------|--------------|

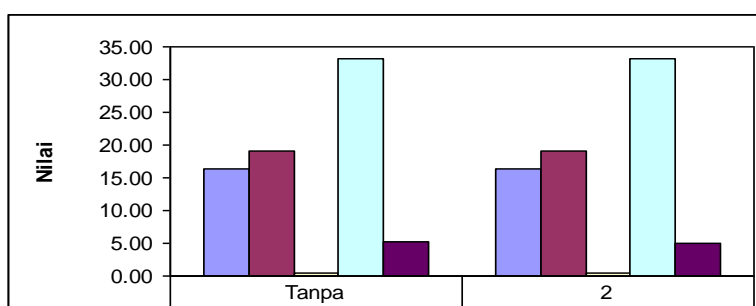
|           |         | Skenario 2 | Tanpa skenario | % Hujan | Skenario 2 | Tanpa skenario | % Hujan | % hasil air | Skenario 2 | % Hujan | % hasil air |
|-----------|---------|------------|----------------|---------|------------|----------------|---------|-------------|------------|---------|-------------|
|           | mm      | mm         |                | %       | mm         |                | %       | %           | mm         | %       | %           |
| Januari   | 433,4   | 282,9      | 277,7          | 65,3    | 169,9      | 167,9          | 39,2    | 60,1        | 6,0        | 1,4     | 2,1         |
| Februari  | 492,8   | 374,4      | 368,5          | 75,9    | 215,4      | 214,8          | 43,7    | 57,5        | 6,8        | 1,4     | 1,8         |
| Maret     | 281,0   | 288,7      | 284,2          | 102,8   | 94,9       | 95,5           | 33,8    | 32,9        | 6,5        | 2,3     | 2,3         |
| April     | 334,1   | 289,7      | 292,3          | 86,7    | 1286       | 130,7          | 38,5    | 44,4        | 5,8        | 1,7     | 2,0         |
| Mei       | 317,9   | 279,1      | 289,2          | 87,8    | 133,3      | 136,5          | 41,9    | 47,7        | 5,6        | 1,7     | 1,9         |
| Juni      | 352,7   | 285,4      | 294,4          | 80,9    | 163,6      | 163,6          | 46,4    | 57,3        | 5,1        | 1,5     | 1,8         |
| Juli      | 289,6   | 222,1      | 225,4          | 76,7    | 91,9       | 90,6           | 31,7    | 41,4        | 6,4        | 2,2     | 2,9         |
| Agustus   | 219,3   | 211,5      | 204,6          | 96,4    | 82,9       | 79,7           | 37,8    | 39,2        | 6,4        | 2,9     | 3,1         |
| September | 152,1   | 151,4      | 135,8          | 99,6    | 48,6       | 42,9           | 31,9    | 32,1        | 4,2        | 2,7     | 2,8         |
| Oktober   | 503,2   | 323,7      | 308,9          | 64,3    | 218,2      | 216,1          | 43,4    | 67,4        | 6,5        | 1,3     | 2,0         |
| November  | 324,3   | 237,9      | 230,6          | 73,4    | 110,8      | 111,1          | 34,2    | 46,6        | 5,5        | 1,7     | 2,3         |
| Desember  | 414,9   | 308,2      | 304,5          | 74,3    | 155,6      | 155,4          | 37,5    | 50,4        | 7,2        | 1,7     | 2,3         |
| Total     | 4.115,5 | 3.255,2    | 3.216,1        | 79,1    | 1604,3     | 1.604,7        | 38,9    | 48,1        | 71,8       | 1,8     | 2,3         |

Tabel 6(Lanjutan)

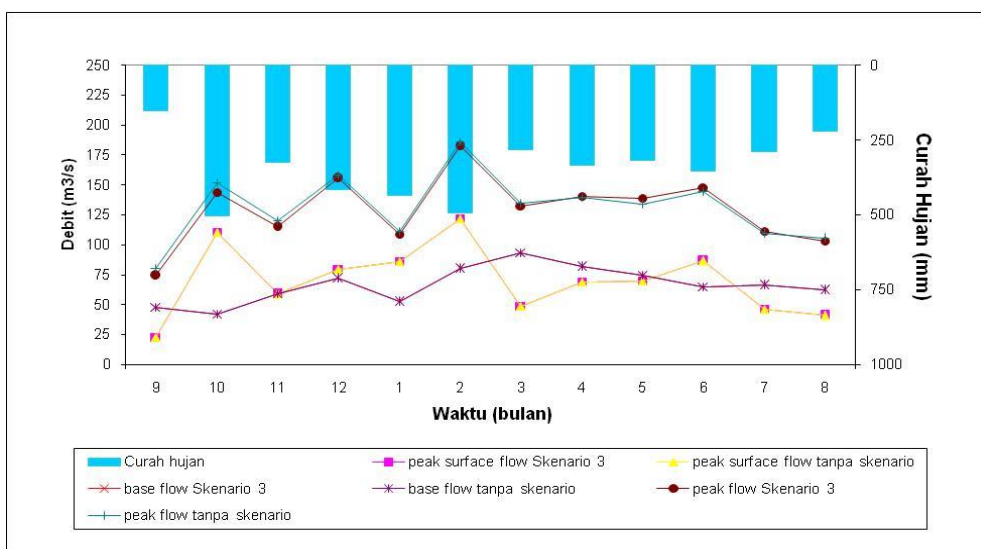
| Bulan     | Base flow  |                |         |             | Perkolasi (Percolation) |                |         | Soil Water |
|-----------|------------|----------------|---------|-------------|-------------------------|----------------|---------|------------|
|           | Skenario 2 | Tanpa scenario | % Hujan | % hasil air | Skenario 2              | Tanpa scenario | % Hujan |            |
|           | mm         |                | %       | %           | mm                      |                | %       | mm         |
| Januari   | 105,6      | 102,1          | 24,4    | 37,3        | 208,2                   | 197,6          | 48,1    | 188,8      |
| Februari  | 146,7      | 141,1          | 29,8    | 39,2        | 224,4                   | 219,8          | 45,5    | 185,3      |
| Maret     | 187,1      | 181,9          | 66,6    | 64,8        | 131,7                   | 134,1          | 46,9    | 171,9      |
| April     | 153,7      | 153,9          | 46,0    | 53,1        | 123,8                   | 136,9          | 37,1    | 168,9      |
| Mei       | 138,9      | 145,7          | 43,7    | 49,8        | 98,5                    | 114,0          | 30,9    | 176,5      |
| Juni      | 113,8      | 122,5          | 32,3    | 39,8        | 127,7                   | 127,9          | 36,2    | 186,9      |
| Juli      | 124,6      | 1291           | 43,0    | 56,1        | 144,8                   | 134,8          | 50,0    | 184,9      |
| Agustus   | 124,7      | 121,0          | 56,9    | 58,9        | 106,1                   | 90,9           | 48,3    | 156,1      |
| September | 100,3      | 90,6           | 65,9    | 66,3        | 29,4                    | 13,6           | 19,3    | 166,8      |
| Oktober   | 95,6       | 82,8           | 19,0    | 29,5        | 200,9                   | 1946           | 39,9    | 175,7      |
| November  | 119,1      | 111,6          | 36,7    | 50,1        | 145,0                   | 145,1          | 44,7    | 181,9      |
| Desember  | 143,9      | 140,1          | 34,7    | 46,7        | 209,7                   | 208,8          | 50,5    | 174,9      |
| Total     | 1.522,8    | 1.522,4        | 37,0    | 49,3        | 1.718,7                 | 1.718,2        | 41,7    | 174,7      |

Berdasarkan Gambar 9, kinerja DAS Cisdane yang menerapkan rencana pengelolaan skenario 2 menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dibandingkan hasil penilaian kinerja tanpa skenario. Parameter KRS, Q jenis, dan c menunjukkan nilai-nilai yang sama dibandingkan hasil tanpa penerapan skenario, tetapi TDS menunjukkan nilai yang agak lebih kecil. Jika dilihat dari nilai IE, skenario 2 mengalami

penurunan hasil jika dibandingkan dengan tanpa penerapan skenario. Perubahan penggunaan lahan yang diterapkan pada DAS Cisdane melalui skenario 2 tidak terlalu mengubah fungsi hidrologi, tetapi mampu mengurangi erosi pada DAS Cisdane. Secara umum kondisi penutupan lahan sudah cukup baik dilihat dari hasil simulasi model terhadap fungsi hidrologi.



**Gambar 9** Hasil analisis penilaian kinerja DAS Cisadane



**Gambar 10** Perbandingan hasil simulasi model *peak surface flow*, *base flow*, dan *peak flow* untuk skenario 3 dengan tanpa penerapan scenario untuk tahun 2006

Secara umum hasil penilaian penerapan rencana pengelolaan DAS berdasarkan skenario 2 sudah cukup baik untuk kriteria tata air yaitu baik, tetapi untuk kriteria penggunaan lahan masih masuk kriteria buruk

### 3 Perencanaan dalam penanggulangan banjir DAS Cisadane

Tabel 6 menunjukkan perbandingan hasil *peak surface flow*, *base flow* dan *peak flow* untuk penilaian perencanaan DAS dalam penggulungan banjir oleh Balai Besar Wilayah Sungai Citarum – Ciliwung (skenario 3) dengan kondisi eksisting (tanpa penerapan scenario). Secara umum tidak terlihat perbedaan yang terlalu besar hasil *peak surface flow* dan *base flow*, tetapi terdapat

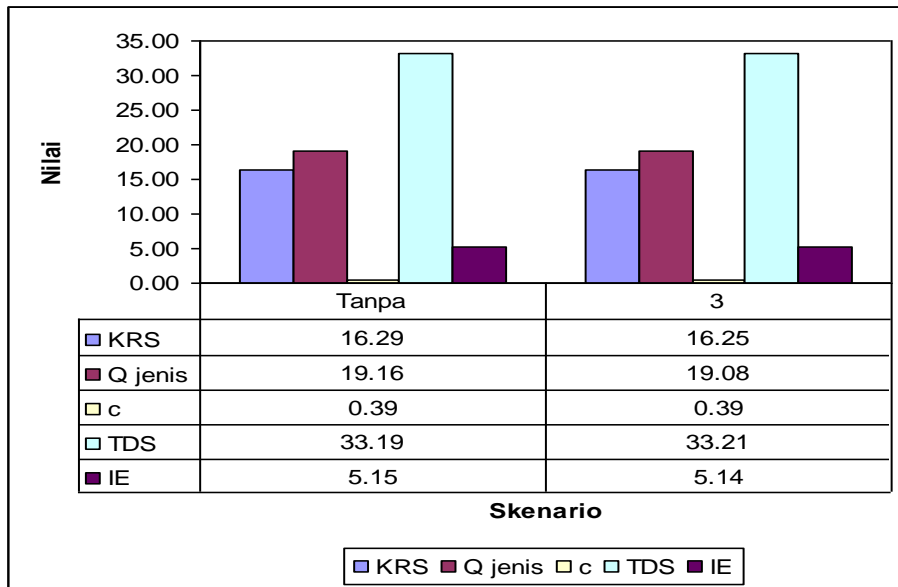
penurunan *peak flow* yang diukur pada *outlet* DAS Cisadane untuk hasil skenario 3 daripada hasil tanpa penerapan skenario. Penerapan skenario 3 dengan mengelola situ, empang, dan pembuatan cek DAM mampu mengurangi *peak flow* (debit puncak) dengan memperbesar volume tampungan.

Gambar 10 memperlihatkan perbedaan hasil bulanan *peak surface flow*, *base flow*, dan *peak flow* skenario 3 dan tanpa penerapan skenario. Berdasarkan gambar tersebut terdapat penurunan nilai *peak flow* pada DAS Cisadane bila dilakukan penerapan skenario 3, tetapi untuk *peak surface flow* dan *base flow* tidak terjadi perubahan.

**Tabel 7** Hasil *peak surface flow*, *base flow* dan *peak flow* hasil skenario 3 dibanding hasil tanpa penerapan skenario untuk tahun 2006

| Curah hujan (mm) | peak surface flow (mm) |                | base flow (mm) |                | peak flow (mm) |                |
|------------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                  | Skenario 3             | Tanpa skenario | Skenario 3     | Tanpa skenario | Skenario 3     | Tanpa skenario |
| 152,1            | 22,7                   | 22,7           | 47,9           | 47,9           | 74,3           | 80,6           |
| 503,2            | 110,7                  | 110,7          | 42,4           | 42,4           | 143,8          | 151,9          |
| 324,3            | 58,8                   | 58,8           | 59,1           | 59,1           | 114,9          | 120,4          |
| 414,9            | 79,6                   | 79,6           | 71,7           | 71,7           | 155,7          | 158,2          |
| 433,4            | 861                    | 861            | 52,3           | 52,3           | 108,7          | 111,2          |
| 492,8            | 121,9                  | 121,9          | 80,0           | 80,0           | 182,5          | 186,2          |
| 281,0            | 48,9                   | 48,9           | 93,2           | 93,2           | 132,5          | 134,7          |
| 334,1            | 69,2                   | 69,2           | 81,5           | 81,5           | 140,8          | 140,0          |
| 317,9            | 69,9                   | 69,9           | 74,6           | 74,6           | 138,7          | 134,0          |
| 352,7            | 86,6                   | 86,6           | 64,9           | 64,9           | 147,8          | 144,4          |
| 289,6            | 46,4                   | 46,4           | 66,2           | 66,2           | 111,2          | 109,2          |
| 219,3            | 40,8                   | 40,8           | 62,0           | 62,0           | 103,0          | 105,1          |
| Rata - rata      | 70,1                   | 70,1           | 66,3           | 66,3           | 129,5          | 131,3          |

Sumber : hasil analisis

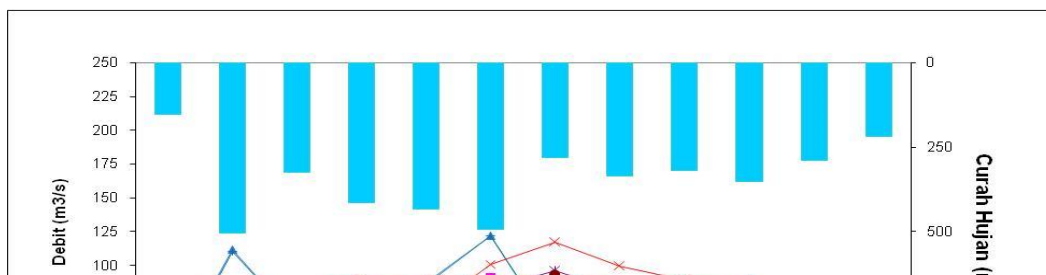


Gambar 11 Hasil analisis penilaian kinerja DAS Cisadane

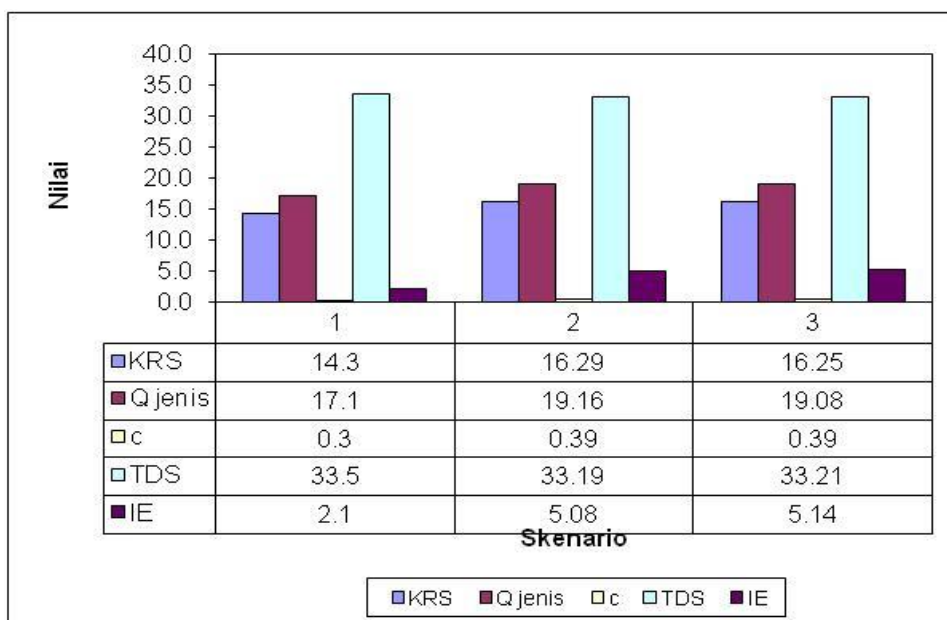
Berdasarkan Gambar 11 bahwa kinerja DAS Cisadane yang menerapkan rencana pengelolaan berdasarkan skenario 3 menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda terhadap nilai c jika dibandingkan dengan tanpa penerapan skenario, tetapi nilai TDS agak lebih besar. Jika dilihat dari hasil skenario 3, nilai KRS dan Q jenis mengalami penurunan jika dibandingkan dengan hasil tanpa penerapan skenario. Hasil ini menunjukkan bahwa keberadaan situ dan bendung mampu berfungsi untuk mengurangi banjir. Secara umum hasil evaluasi penerapan rencana pengelolaan DAS skenario 3 sudah baik untuk kriteria

tata air, tetapi masih masuk kriteria buruk untuk kriteria penggunaan lahan.

Hasil analisis terhadap situ-situ yang terdapat di DAS Cisadane dengan menggunakan skenario 3 menunjukkan bahwa jumlah air yang masuk ke situ sebesar 410,5 mm, yang ke luar dari situ sebesar 428,2 mm, dan kemampuan situ untuk menampung air hujan sebesar 17,7 mm. Berdasarkan hasil analisis skenario 3, kemampuan menampung air untuk bendung dan cek DAM yang terdapat di DAS Cisadane sebesar 0,7 mm.



**Gambar 12** Perbandingan hasil simulasi model *peak surface flow*, dan *base flow* untuk skenario 1, 2, dan 3 untuk tahun 2006



**Gambar 13** Hasil analisis penilaian kinerja DAS Cisadane di antara penerapan skenario 1, 2, dan 3

Penilaian perencanaan pengelolaan DAS Cisadane terhadap skenario (Gambar 12) menunjukkan bahwa skenario 1 memberikan hasil kriteria tata air untuk indikator KRS, Q jenis, c, TDS dan IE lebih kecil dibandingkan skenario 2 dan skenario 3. Sehingga perencanaan pengelolaan DAS pada skenario 1 memberikan hasil kriteria tata air dan kriteria penggunaan lahan paling baik dalam meningkatkan kinerja DAS dibanding skenario 2 dan skenario 3. Hal ini disebabkan pada skenario 1 rencana penggunaan lahan yang diberikan lebih detail (dari segi tata ruang, teknik pengelolaan tanaman, dan teknik konservasi tanah) yang harus diterapkan pada masing-masing unit lahan.

### KESIMPULAN

Penerapan pengelolaan pada DAS Cisadane menggunakan rencana teknik lapang rehabilitasi lahan dan konservasi tanah dapat meningkatkan kinerja DAS terutama dalam menjaga kuantitas dan kualitas tata air.

Penerapan perencanaan pengelolaan DAS Cisadane menggunakan perencanaan tata ruang menunjukkan hasil yang kurang dapat meningkatkan kinerja DAS dalam menjaga kuantitas dan kualitas tata air.

Penerapan pengelolaan DAS menggunakan perencanaan mengatasi banjir kurang dapat meningkatkan kinerja DAS dalam menjaga

kualitas dan kuantitas tata air DAS Cisadane, tetapi mampu mengurangi banjir.

Perencanaan pengelolaan DAS Cisadane, berupa rencana teknik lapang rehabilitasi lahan dan konservasi tanah, memberikan hasil kriteria tata air yang paling baik dalam meningkatkan kinerja DAS dibandingkan perencanaan oleh ke dua instansi lainnya. Nilai-nilai kinerja DAS yang terdiri atas : KRS (nilai 14,3), Q jenis (nilai 17,1);c (nilai 0,3); TDS(nilai33,5)dan IE(nilai 2,1) dengan menerapkan perencanaan tersebut diperoleh nilai yang paling rendah jika dibandingkan menggunakan penerapan perencanaan pengelolaan yang lainnya.

Perencanaan pengelolaan DAS harus dilakukan secara bersamaan antara pengelolaan tata ruang dan manajemen pengelolaan lahannya (teknik pengelolaan tanaman dan teknik konservasi tanah) agar dapat meningkatkan kinerja DAS dalam menjaga kualitas dan kuantitas tata air.

Model SWAT dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dalam perencanaan pengelolaan DAS. Khususnya di DAS Cisadane, perlu input basis data yang lebih panjang agar model lebih halus dalam menggambarkan kondisi hidrologi DAS Cisadane.

## DAFTAR PUSTAKA

- AAAE. 2009. Special Issue SWAT Southeast Asia Modeling. *International Agricultural Engineering Journal*, AAAE Vol. 18, Nos. 1-2.
- Arnold, J.G., P.M. Allen, M.Volk, J.R. Williams, D.D. Bosch. 2010. Assessment of Different Representations of Spatial Variability on SWAT Model Performance. *The ASABE SWAT 2010 Special Collection. Transaction of The ASABE*. Vol 53(5): 1433-1443.
- Balai Pengelolaan DAS Ciliwung – Cisadane.2002. Rencana Tata Lahan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Cisadane.Ditjen RLPS. [tidak dipublikasikan].
- BAPPEDA Kabupaten Bogor.2005. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bogor. Sub bidang tata ruang dan lingkungan hidup. [tidak dipublikasikan].
- BAPPEDA Kabupaten Tangerang. 2005. Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tangerang. Sub Bidang tata ruang dan lingkungan hidup. [tidak dipublikasikan].
- Haberlandt, U., I. Bucchwald, S. Van Der Heijden, and A. Verworn. 2009. Requirements for Hydrological Models to be Used as Part of Decision Support Systems in Integrated Water Resources Management. *IAHS Publ.* 327 : 29-35.
- Junaidi, E. dan S.D. Tarigan. 2012. Penggunaan Model Hidrologi SWAT (Soil and Water Assessment Tool) dalam Pengelolaan DAS Cisadane. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 9 (3) : 221 – 239. Pusat Penelitian Konservasi dan rehabilitasi.
- Keputusan Menteri Kehutanan No: 52/kpts-II/2001 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan DAS.
- Kobold, M., K.Suselj, j. Polajnar and N. Pogacnik. 2008. Calibration Techniques Used For HBV Hydrological Model In Savinja Catchment, *XXIVth Conference Of The Danubian Countries On The Hydrological Forecasting And Hydrological Bases Of Water Management*.
- Menking, K.M., K.H. Syed., R.Y. Anderson., N.G. Shafike, and J.G. Arnold. 2003. Model Estimates of Runoff in The Closed, Semiarid Estancia, Central New Mexico, USA. *Hydrological Sciences Journal*. 48 (6) : 953-970.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R.Kiniry, and J.R. Williams. 2005. Soil and Water Assessment Tool Theoretical and Documentation, Version 2005. Grassland, Soil, and Water Research Laboratory-Agricultural Research Service 808 East Blackland Road-Temple, Texas 76502.
- Olivera, F., M. Valenzuela, R. Srinivasan, J. Choi, H. Cho, S. Koka, and A. Agrawal. 2006. ArcGIS-SWAT: A Geodata Model and GIS Interface for SWAT. *Journal of The American Water Resources Association, American Water Resources Association*. pp : 295 - 309.
- Omani, N., M. Tajrishy, and A. Abrishamchi. 2007. Modeling of a River Basin Using SWAT and GIS. 2nd International Conference on Managing Rivers in The 21st Century: Solutions Towards Sustainable Rivers Basins. Riverside Kuching, Sarawak, Malaysia. June 6-8, 2007 [tidak dipublikasikan].
- Pawitan, H. 2004. Aplikasi model erosi dalam perpektif pengelolaan daerah aliran sungai.Prosiding Seminar Degradasi Lahan dan Hutan.Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia.Universitas Gadjah Mada dan Departemen Kehutanan.
- PP. 2012.Peraturan pemerintah Republik Indonesia No. 37 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.Negara Republik Indonesia.
- Santhi, C., J.G. Arnold, J.R. Williams, W.A. Dugas, R. Srinivasan, and L.M. Hauck. 2001. Validation of the SWAT Model on A Large River Basin With Point and Nonpoint Sources. *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, 37 (5) : 1169-1188. Website : <http://www.http.brc.tamus.edu/swat/document>. Diakses tanggal 29 April 2011.

Susanto, S. and Y. Kaida. 1991. Tropical Hidrology Simulation Model – 1 For Watershed Management (1) Model Building. J.Japan Soc.Hydrol. & Water Resource, 4(2): 43-53.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga terlaksananya penelitian ini.

Ying L., B. M. Chen, Z. Wang, and S. Peng. 2011. Effects of temperature change on water discharge, sediment, and nutrient loading in the lower Pearl River basin based on SWAT modelling. Hydrological Sciences Journal. 56 (1) : 68-83.