

Jurnal

Penelitian Hutan dan Konservasi Alam

Volume 8 Nomor 2 Tahun 2011

ISI/CONTENT :

1. Yanto Santosa, Agustinus Krisdijantoro, Machmud Thohari, dan/and Dede Aulia Rahman
ANALISIS POLA PENGGUNAAN RUANG DAN WAKTU ORANGUTAN (*Pongo pygmaeus pygmaeus* Linnaeus, 1760) DI HUTAN MENTOKO TAMAN NASIONAL KUTAI, KALIMANTAN TIMUR (*Spatial Pattern Distribution Analysis of Orangutan (Pongo pygmaeus pygmaeus Linnaeus, 1760) in Mentoko Forest, Kutai National Park, East Kalimantan*)..... 109-117
2. Lincih Andadari dan/and Ragil S.B. Irianto
PENGARUH PUPUK LAMBAT LARUT DAN DAUN TANAMAN MURBEI BERMIKORIZA TERHADAP KUALITAS KOKON ULAT SUTERA (*Effect of Slow Release Fertilizer and Leaf of Mulberry Inoculated with Mycorrhiza to Cocoon Quality of Bombyx mori L.*)..... 119-127
3. Reny Sawitri, Sri Suharti, dan/and Endang Karlina
INTERAKSI MASYARAKAT DENGAN HUTAN DAN LINGKUNGAN SEKITARNYA DI KAWASAN DAN DAERAH PENYANGGA TAMAN NASIONAL KUTAI (*Community Interaction with Forest and their Environment in Kutai National Park and its Bufferzone*) 129-142
4. Wuri Handayani dan/and Yonky Indrajaya
ANALISIS HUBUNGAN CURAH HUJAN DAN DEBIT SUB SUB DAS NGATABARU, SULAWESI TENGAH (*The Analysis of Rainfall and Discharge Relationship on Ngatabaru Sub Sub Watershed, Central Sulawesi*) 143-153
5. Edy Junaidi dan/and Surya Dharma Tarigan
PENGARUH HUTAN DALAM PENGATURAN TATA AIR DAN PROSES SEDIMENTASI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS): STUDI KASUS DI DAS CISADANE (*Forest Influence in Water System Arrangement and Sedimentation Process on Watershed: Case Study in the Cisadane Watershed*) 155-176
6. N.M. Heriyanto dan/and Endro Subiandono
PENYERAPAN POLUTAN LOGAM BERAT (Hg, Pb dan Cu) oleh JENIS-JENIS MANGROVE (*Absorption of Heavy Metal Pollutants (Hg, Pb and Cu) by Mangrove Species*) 177-188
7. Diana Prameswari dan/and Sudarmono
STRUKTUR DAN KOMPOSISI VEGETASI DI CAGAR ALAM TELAGA RANJENG DAN IMPLIKASI KONSERVASINYA (*Structure and Composition of Vegetation in Telaga Ranjeng Nature Reserve and their Implication for Conservation*) 189-196
8. Luciasih Agustini, Ragil S.B. Irianto, Maman Turjaman dan/and Erdy Santoso
ISOLAT DAN KARAKTERISASI ENZIMATIS MIKROBA LIGNOSELULOLITIK DI TIGA TIPE EKOSISTEM TAMAN NASIONAL (*Isolates and Enzymatic Characterisation of Lignocellulolytic Microbes Collected from Three Types of National Park Ecosystems*) 197-210



**PENGARUH HUTAN DALAM PENGATURAN TATA AIR DAN PROSES
SEDIMENTASI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) :
STUDI KASUS DI DAS CISADANE**
*(Forest Influence in Water System Arrangement and Sedimentation Process on
Watershed: Case Study in the Cisadane Watershed)**

Oleh/By:

Edy Junaidi¹ dan/and Surya Dharma Tarigan²

¹Balai Penelitian Kehutanan Ciamis
Jalan Ciamis-Banjar Km. 4 P.O. Box 5. Telp. 0265771352
e-mail: edy_jun2003@yahoo.com

²Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor

*)Diterima: 7 Mei 2011; Disetujui: 8 September 2011

ABSTRACT

Forest function to arrange river stream, for stream flow and sediment flow, had a longer attention. The hydrologic expert have a notion that forest function to arrange stream flow and to arrange sediment flow only behaved for watershed with small area (< 100 km²), but dit not behave for watersheds having area > 100 km². Utilize to anticipate the previous research weakness, research studying of forest function for river stream and sedimentation process on watershed were executed on watershed with small area (< 100 km²), medium area (100 km² - 500 km²) and wide area (> 500 km²). This research exploited SWAT hydrologi model. The research aim was to study the forest function to arrange the water system and to arrange the sedimentation processes that happened on watershed with a few areas without disregarding other land use. In watershed with wide area, forest existence did not benefit to arrange water system and to arrange sedimentation process. Forest existence benefited to arrange the water system and to arrange sedimentation process in watershed with medium area and narrow area.

Keywords : Forest, water system, sedimentation process, watershed area, SWAT model

ABSTRAK

Peranan hutan dalam mengatur aliran sungai, baik debit aliran maupun debit sedimen, telah lama menjadi perhatian. Para ahli hidrologi berpendapat peranan hutan dalam mengatur aliran sungai dan sedimentasi hanya berlaku pada Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mempunyai luasan sempit (< 100 km²), tidak berlaku untuk DAS-DAS yang mempunyai luasan >100 km². Guna mengantisipasi kelemahan-kelemahan penelitian sebelumnya, penelitian yang mengkaji peranan penutupan lahan hutan terhadap aliran sungai dan proses sedimentasi pada DAS dilaksanakan pada DAS dengan luasan sempit (< 100 km²), sedang (100 km² - 500 km²) dan luasan lebar (> 500 km²). Penelitian ini memanfaatkan model hidrologi SWAT. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji peranan penggunaan lahan hutan dalam pengaturan tata air dan sedimentasi yang terjadi pada suatu DAS dengan beberapa luasan tanpa mengabaikan peranan penggunaan lahan lain. Pada luasan DAS lebar, keberadaan hutan kurang berperan dalam mengatur tata air dan proses sedimentasi. Keberadaan lahan hutan berperan dalam mengatur tata air dan proses sedimentasi pada luasan sedang dan sempit.

Kata kunci : Hutan, tata air, proses sedimentasi, luasan DAS, model SWAT

I. PENDAHULUAN

Kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) di Indonesia semakin memburuk seperti ditunjukkan oleh bertambahnya jumlah DAS prioritas dari tahun ke tahun. Pada tahun 1984 berdasarkan Surat Keputusan bersama Menteri Dalam Negeri,

Menteri Kehutanan dan Menteri Pekerjaan Umum No. 19 tahun 1984 – No. 059/Kpts-II/1984 – No. 124/Kpts/1984 tanggal 4 April 1984 tentang penanganan konservasi tanah dalam rangka pengamanan DAS prioritas, dari 458 DAS yang ada di Indonesia terdapat 20 DAS super prioritas (prioritas I) dan menjadi

37 tahun 1992. Pada tahun 1999, berdasarkan SK Menhut No. 284/Kpts-II/99 tanggal 7 Mei 1999 tentang penetapan urutan prioritas DAS, jumlah DAS prioritas I meningkat menjadi 60 DAS (Ar-syad, 2006; Wibowo, 2004).

Peningkatan deforestasi sejak awal abad 20 ditengarai menjadi andil besar terjadinya kerusakan DAS di Indonesia. Hal ini ditandai dengan kejadian ekstrim banjir dan kekeringan yang persentasenya semakin meningkat pada DAS yang persentase penutupan lahan hutannya semakin berkurang, khususnya pada DAS-DAS di Pulau Jawa.

Peranan hutan dalam mengatur aliran sungai telah lama menjadi perhatian dan perdebatan para ahli terutama setelah terjadinya Revolusi Perancis (tahun 1978) (Andreassian, 2004). Tanggapan awal para ahli kehutanan Amerika terhadap peranan hutan dalam mengatur aliran sungai dimulai tahun 1905 seperti dikemukakan berdasarkan pendapat Gifford Pinchot, bahwa hutan mampu mengatur aliran sungai, tetapi pengaruh hutan terhadap aliran sungai menjadi sangat penting hanya pada kondisi tutupan hutan melingkupi sebagian besar DAS (CIFOR dan FAO, 2005; Andreassian, 2004).

Penelitian mengenai pengaruh perubahan pemanfaatan lahan hutan terhadap pengaturan aliran sungai biasanya dilakukan di hulu DAS (luasan sekitar 100-1.000 ha) dan sering mempertimbangkan hanya perubahan tutupan vegetasi tunggal (misalnya dari hutan menjadi padang rumput). Contohnya adalah penelitian yang dilakukan di DAS Coweeta, Amerika Serikat (luas area 1,44 km²) oleh Swank *et al.* (1988) yang tidak memperhitungkan dengan seksama pemanfaatan lahan ganda yang terdapat di seluruh DAS. Dengan demikian, hasil penelitian yang didapat dalam suatu sub-DAS tidak berlaku jika diterapkan pada seluruh wilayah DAS. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pengaruh tata guna lahan hutan dalam pengaturan tata air hanya dapat terjadi pada DAS dengan

luasan sempit dan hanya memperhatikan penggunaan lahan tunggal pada suatu DAS (Andreassian, 2004).

Pendapat para ahli bahwa hutan dapat mengendalikan proses erosi dan sedimentasi. Meskipun tutupan lahan memiliki kecenderungan untuk mencegah erosi, pencegah erosi yang berperan penting adalah vegetasi yang tumbuh di bawahnya dan tumpukan humus di dasar hutan bukan tajuk pohon hutan. Beberapa percobaan menunjukkan bahwa kemampuan tetesan hujan di bawah pohon untuk mengerosi tanah lebih besar, karena tetesan hujan mengumpul sebelum menetes dari dedaunan sehingga proses perusakan tanah mempunyai kekuatan yang lebih besar (Wiersum, 1985, Hamilton, 1987 dan Brandt, 1988 *dalam* CIFOR dan FAO (2005) dan Ousterling, 1927 *dalam* Notohadriprawiro (2006).

Para ahli hidrologi berpendapat bahwa peranan tutupan lahan (misalnya hutan) dalam mengatur aliran sungai dan sedimentasi hanya berlaku pada DAS yang mempunyai luasan sempit yaitu DAS dengan luasan < 100 km², tetapi tidak berlaku untuk DAS-DAS yang mempunyai luasan >100 km² (Kiersch, 2001 *dalam* CIFOR dan FAO (2005) dan Andreassian, 2004).

Guna mengantisipasi kelemahan-kelemahan penelitian sebelumnya tentang peran hutan dalam mengatur tata air pada DAS, penelitian yang bertujuan mengkaji peranan penutupan lahan hutan terhadap aliran sungai dan proses sedimentasi pada DAS dilaksanakan pada DAS dengan luasan sempit (< 100 km²), sedang (100 km² – 500 km²) dan luasan lebar (> 500 km²) dengan memperhatikan kondisi penutupan lahan yang lain. Pemanfaatan model hidrologi dapat digunakan untuk menganalisa proses transformasi hidrologi pada suatu DAS dalam analisis, perencanaan, perancangan, perkiraan jangka panjang dan peramalan. Penggunaan model hidrologi dapat meminimalkan biaya, waktu dan tenaga dalam melakukan analisis pada suatu DAS. Model hidrologi

yang digunakan pada penelitian ini adalah *Soil Water Assessment Tool* (SWAT). SWAT merupakan model hidrologi berbasis proses fisik (*physical based model*), sehingga memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada suatu DAS. Penggunaan model SWAT dapat mengidentifikasi, menilai dan mengevaluasi tingkat pelaksanaan yang telah dilakukan pada suatu DAS.

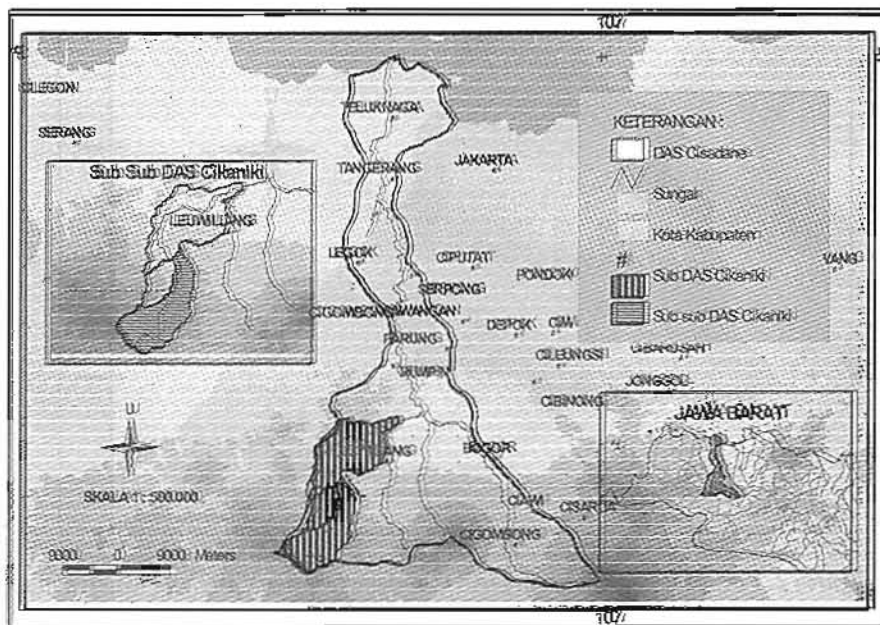
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji peran penggunaan lahan hutan dalam pengaturan tata air dan sedimentasi yang terjadi pada suatu DAS, pada luasan sempit (< 100 km²), sedang (100 km² – 500 km²) dan lebar (> 500 km²) tanpa mengabaikan peranan penggunaan lahan lain. Diharapkan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengambil kebijakan da-

lam melakukan *afforestation/reforestation* khususnya di DAS.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret - Mei tahun 2009, di DAS Cisadane (luas 1.372,3 km²), DAS Cikaniki (luas 199,6 km²) dan sub DAS Cikaniki (luas 77,5 km²) yang secara administrasi terletak di Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Secara geografis DAS Cisadane terletak pada 106°20'50"-106°28'20" BT dan 6°0'59"-6°47'02" LS. Karakteristik masing-masing DAS lokasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian DAS Cisadane (Study location of Cisadane Watershed)

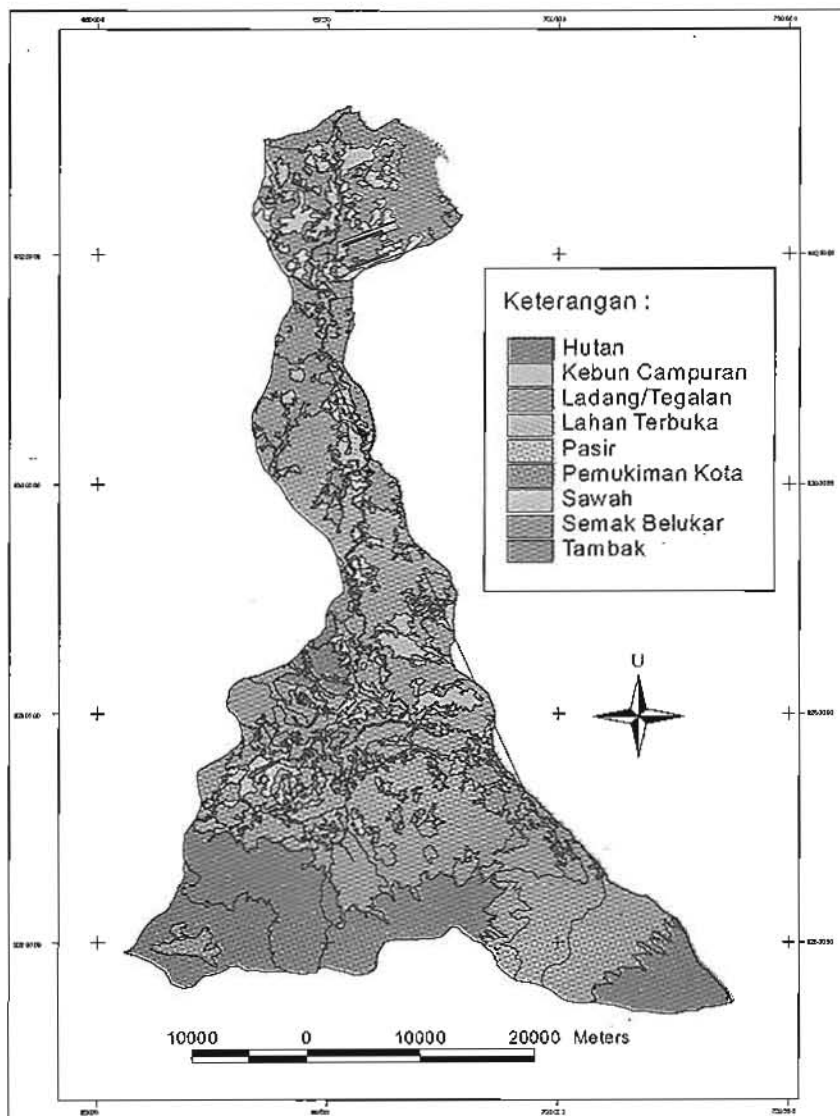
Tabel (Table) 1. Karakteristik DAS (Watershed Characteristic)

Karakteristik (Characteristic)	DAS Cisadane (Cisadane Watershed)	DAS Cikaniki (Cikaniki Watershed)	Sub DAS Cikaniki (Sub-Cikaniki Watershed)
Luas (Area) (km ²)	1.372,34	199,59	77,49
Panjang sungai utama (Primary river length) (km)	292,71	37,86	13,38
Kerapatan drainase (Drainage density) (km/km ²)	0,21	0,19	0,17
Gradien sungai (River gradient) (%)	1,50	2,10	3,70
Bentuk DAS (Watershed type)	agak memanjang	memanjang	memanjang

Sumber (Source): Diolah dari peta DEM (Porcessed from DEM map)

Sebaran secara spasial penggunaan lahan pada DAS Cisadane dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan luasan masing-masing penggunaan lahan dapat dilihat pada Tabel 2. Terdapat sembilan penggu-

naan lahan di DAS Cisadane, yaitu : hutan, kebun campuran, ladang/tegalan, lahan terbuka, pasir, pemukiman kota, sawah, semak belukar dan tambak.



Gambar (Figure) 2. Peta penggunaan lahan DAS Cisadane (Map of Cisadane watershed land use)

Tabel (Table) 2. Luasan penggunaan lahan (Area of land use)

No.	Penggunaan lahan (Land use)	Luas (Area)	
		Ha	%
1	Hutan (Forest)	33.452,6	21,4
2	Kebun campuran (Mixed garden)	6.743,1	4,0
3	Ladang/tegalan (unirrigated agricultural)	73.597,4	47,2
4	Lahan terbuka (Wasteland)	1.570,7	1,0
5	Pasir (Coastal)	127,5	0,1
6	Pemukiman kota (Settlement)	27.649,2	17,7
7	Sawah (Rice field)	7.839,3	5,0
8	Semak belukar (Underbrush)	570,8	0,4
9	Tambak (Fishpond)	4.992,6	3,2
Jumlah (Total)		156.043,0	100,0

Sumber (Source) : Diolah dari peta land use (Processed from land use map)

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu data primer (berupa kondisi karakteristik penggunaan lahan, karakteristik tanah dan karakteristik sungai) dan data sekunder (berupa peta jaringan sungai, peta DEM (*Digital Elevation Model*), peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, iklim dan karakteristik sungai). Jenis data dan sumber data dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan alat yang digunakan adalah komputer dengan *software MapWindow45RC2*, *software MWSWAT 1.4*, *software SWAT 2.1.5 editor*, GPS dan alat tulis.

C. Metode Penelitian

Tahapan kegiatan yang dilakukan pada penelitian terdiri dari dua tahapan, yaitu :

1. Tahapan Survei

Pada tahapan ini pengumpulan data berupa data primer dan sekunder disesuaikan dengan masukan data (*input*) yang diperlukan model SWAT. Data primer dan sekunder yang diperlukan diantaranya: iklim, karakteristik tanah, karakteristik penggunaan lahan, karakteristik sungai dan peta-peta.

2. Tahapan Penggunaan Model SWAT

Tahapan ini terdiri dari penyiapan data berupa data spasial dan data atributnya agar model dapat dijalankan untuk menghasilkan *output* sesuai dengan tujuan penelitian. Pada tahapan ini juga dilakukan beberapa skenario merubah penggunaan lahan hutan pada masing-masing lokasi penelitian menjadi penggunaan lahan lain

Tabel (Table) 3. Jenis dan sumber data yang digunakan pada penelitian (*Type and source of data were used in research*)

No	Jenis data (<i>Data type</i>)	Sumber data (<i>Data source</i>)	Keterangan (<i>Remark</i>)
1.	Peta jaringan sungai (<i>River network map</i>) (skala 1 : 50.000)	Bakosurtanal	Peta rupa bumi Indonesia
2.	Peta DEM (<i>DEM map</i>)	US Geological Survey	SRTM (<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>) untuk Z_58_14.tiff dengan resolusi spasial 90 x 90 m
3.	Peta <i>land use</i> (<i>Land use map</i>) (skala 1 : 250.000)	BP DAS Citarum - Ciliwung	Klasifikasi citra Landsat TM (<i>Thematic Mapper</i>) path 122 row 064 dan row 065 tahun 2005
4.	Peta jenis tanah (<i>Soil map</i>) (skala 1 : 250.000)	BP DAS Citarum - Ciliwung	
5.	Data curah hujan (<i>Rain value data</i>)	Balai Pengelolaan Sumberdaya Air Ciliwung-Cisadane, Balai Besar Ciliwung-Cisadane dan Balai Pengelolaan DAS Ciliwung-Cisadane	12 stasiun penakar curah hujan tahun 2005 dan 2006
6.	Data temperatur (<i>Temperature data</i>)	Balai Klimatologi	2 stasiun temperatur tahun 2005 dan 2006
7.	Data iklim (<i>Climate data</i>)	Balai Klimatologi	4 stasiun klimatologi yaitu 1 stasiun selama 5 tahun dari tahun 2003-2007 dan 3 stasiun selama 5 tahun dari tahun 1995-1999
8.	Data debit SPAS (<i>River flow data</i>)	Balai Pengelolaan Sumberdaya Air Ciliwung-Cisadane	SPAS Batu baulah dan SPAS Logak muncang pengamatan tahun 2005
9.	Data karakteristik penggunaan lahan, tanah dan sungai (<i>Characteristics of land use, soil and river datum</i>)	Survei inventarisasi lahan	

dengan pertimbangan apabila terjadi konversi lahan hutan. Skenario yang dilakukan pada masing-masing lokasi penelitian, yaitu :

- a. Skenario 1, merubah penggunaan lahan hutan menjadi penggunaan lahan kebun campuran.
- b. Skenario 2, merubah penggunaan lahan hutan menjadi penggunaan lahan ladang.

Penggunaan lahan pada lokasi penelitian mengalami modifikasi setelah dilakukan survei lapangan. Modifikasi terutama dibedakan dari manajemen pengelolaan lahan, yaitu :

- 1) Penggunaan lahan ladang, dibedakan pengelolaan baik dan sedang.
- 2) Penggunaan lahan sawah, dibedakan pengelolaan baik dan sedang.
- 3) Penggunaan lahan pemukiman, dibedakan pengelolaan baik dan sedang.
- 4) Penggunaan lahan sawah, dibedakan pengelolaan baik dan sedang.

Lampiran 1 menunjukkan perubahan luasan penggunaan lahan hasil modifikasi pada masing-masing lokasi penelitian untuk kondisi sebenarnya dan setiap skenario yang dilakukan.

Analisis data pada penelitian ini lebih ditujukan kepada penggunaan model SWAT yaitu *output* model. Analisis yang dilakukan berupa :

a. Kalibrasi Model SWAT

Kalibrasi model bertujuan agar luaran model yang digunakan hasilnya mendekati luaran dari DAS prototipe yang diuji. Pada penelitian ini luaran yang dikalibrasi adalah hasil debit, dengan cara membandingkan hasil prediksi (hasil *output model*, menggunakan data hujan dan temperatur tahun 2005) dengan hasil observasi dengan menggunakan kriteria statistik. Data hasil observasi berasal dari SPAS Dinas Pengelolaan Sumberdaya Air Wilayah Ciliwung-Cisadane yaitu SPAS Batu Baulah (luas daerah tangkapan $\pm 858,8 \text{ km}^2$) dan SPAS Legok Muncang (luas daerah tangkapan $\pm 197,2 \text{ km}^2$) untuk pengamatan tahun 2005. Me-

tode statistik yang digunakan adalah persentase perbedaan dari nilai observasi (D_{VI}), koefisien determinasi (R^2) dan koefisien *Nash-Sutcliffe* (E_{NS}). Pertimbangan kalibrasi yang dilakukan dua kali untuk melihat kemampuan model dalam memprediksi hidrologi DAS pada luasan sempit - sedang dan luasan lebar.

b. Analisis Kemampuan Hutan dalam Mengatur Tata Air dan Proses Sedimentasi

Untuk mengetahui kemampuan hutan dalam mengatur tata air dan proses sedimentasi dengan menggunakan indikator hidrologi (KRS, debit jenis dan nilai c) dan indikator lahan (indeks erosi). Juga dibandingkan hasil debit maksimum (*peak flow*), debit minimum (*base flow*) dan sedimen pada masing-masing *outlet* DAS lokasi penelitian. Metode penentuan masing-masing indikator dapat dilihat pada Lampiran 2.

Hasil *output* model pada setiap *outlet* DAS yang dianalisis dengan menggunakan data hujan dan temperatur tahun 2006. Hasil *output* model yang dianalisis pada fase lahan (sub DAS) dan fase air yaitu luas area (km^2), jumlah curah hujan (mm), aliran permukaan (mm), hasil sedimen (ton/ha), debit yang keluar (m^3/dt) dan sedimen (ton). Hasil *output* model digunakan untuk menghitung nilai masing-masing indikator yang digunakan untuk analisis.

Data hasil analisis dikompilasi dalam bentuk tabel dan grafik yang dianalisis secara deskriptif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deliniasi Model pada Lokasi Penelitian

Hasil deliniasi model dengan menggunakan peta DEM yang berasal dari SRTM (US Geological Survey) dan peta jaringan sungai dari Bakosurtanal, serta menggunakan ketentuan batas minimum *threshold* untuk sub DAS 2.500 ha dan

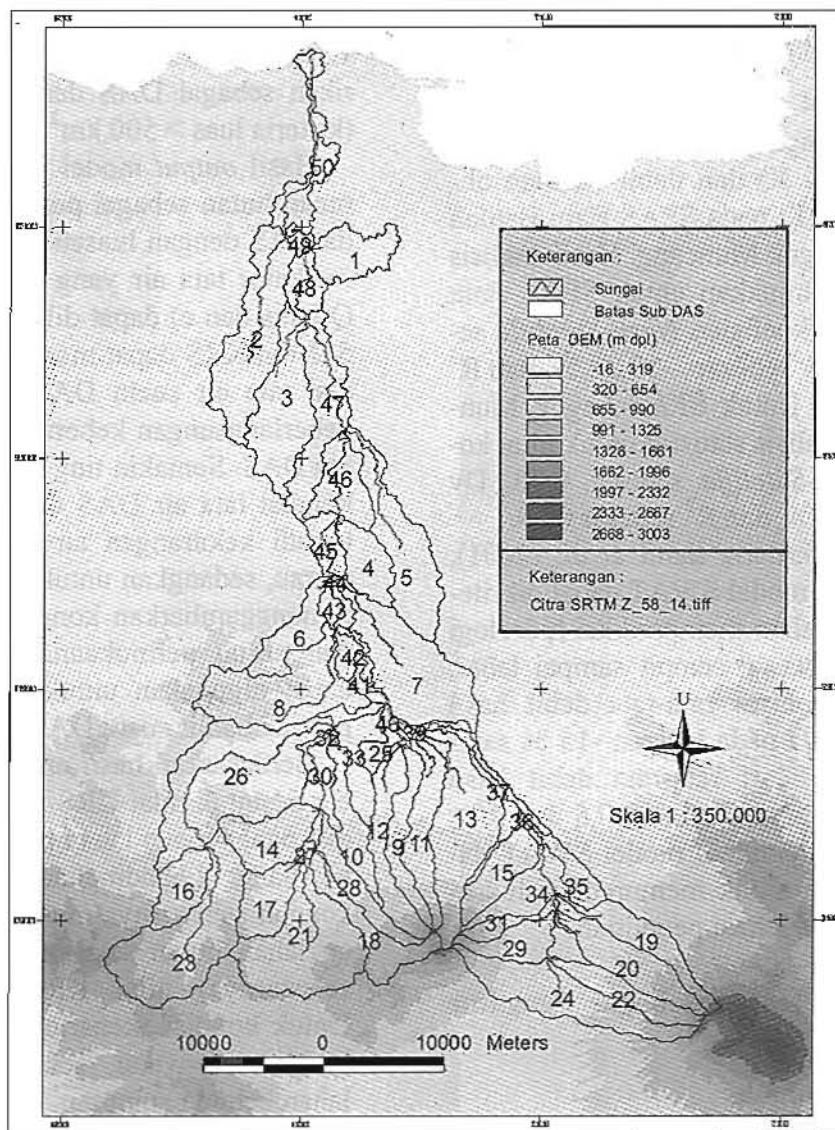
penambahan titik 5 *outlet* (1 titik bendungan, 2 titik SPAS dan 2 titik *outlet* DAS) diperoleh peta DAS, batas sub DAS dan jaringan sungai untuk lokasi penelitian (DAS Cisadane, sub DAS Cikaniki dan sub sub DAS Cikaniki) yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil deliniasi DAS Cisadane yang terbentuk, pada bagian hilir terlihat bahwa area DAS lebih kecil yang dihasilkan oleh model jika dibandingkan bentuk DAS Cisadane (Gambar 1). Hal ini dikarenakan model kurang sempurna memproses area topografi yang datar. Persoalan ini dapat diatasi jika menggunakan pe-

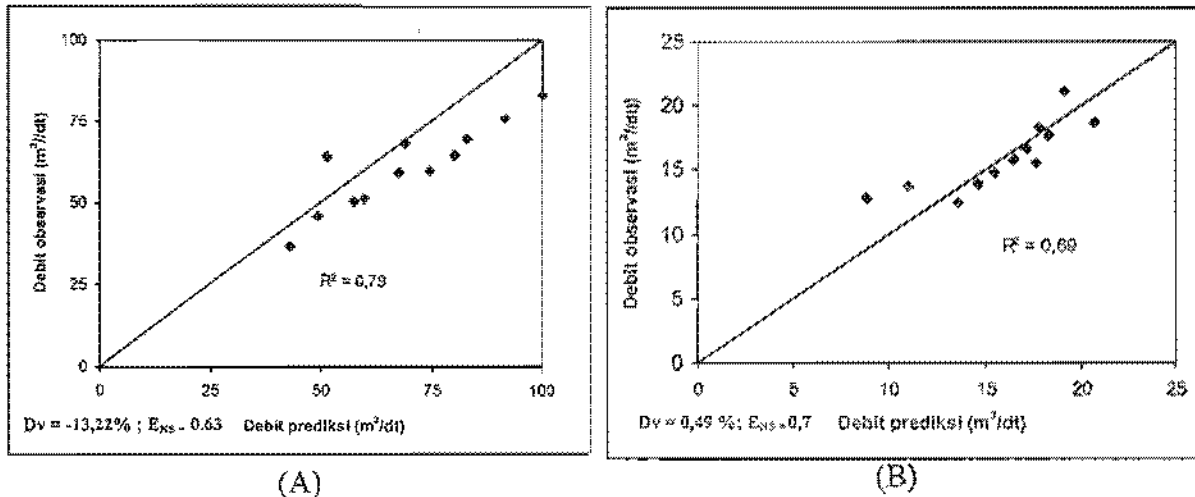
ta DEM dengan resolusi yang lebih tinggi.

Untuk lokasi penelitian DAS Cisadane hasil deliniasi model terbagi menjadi 50 sub DAS dengan total luas DAS 1.372,34 km² dengan *outlet* DAS pada sub DAS 50. Untuk lokasi penelitian sub DAS Cikaniki terbagi menjadi 3 sub DAS dengan *outlet* DAS pada sub DAS 26 mempunyai luas 199,59 km² dan lokasi sub sub DAS Cikaniki pada sub DAS 23 dengan luas 77,49 km².

Untuk *outlet* SPAS Batu Baulah pada sub DAS 41 dan *outlet* SPAS Legok Muncang pada sub DAS 34.



Gambar (Figure) 3. Hasil deliniasi model lokasi penelitian (Result of model delineation for site study)



Gambar (Figure) 4. Grafik XY scatter debit bulanan prediksi hasil model dan debit bulanan observasi, (A) SPAS Batu Baulah; (B) SPAS Legok Muncang (XY scatter graph of result model to predict monthly flow and to observe monthly flow, (A) SPAS Batu Beulah; (B) SPAS Legok Muncang)

B. Kalibrasi Model

Gambar 4 menunjukkan grafik XY scatter hubungan antara debit bulanan prediksi (nilai X) dan debit bulanan observasi (nilai Y) pada SPAS Batu Baulah dan SPAS Legok Muncang. Hasil analisis statistik menunjukkan untuk SPAS Batu Baulah, nilai koefisien Nash-Sutcliffe sebesar 0,63, Dv sebesar -13,22 % dan R² sebesar 0,79. Untuk SPAS Legok Muncang hasil analisis statistik untuk nilai koefisien Nash-Sutcliffe sebesar 0,70, Dv sebesar 0,49 % dan R² sebesar 0,69.

Menurut kriteria Santi *et al.* (2001), hasil prediksi model SWAT dapat dikriteriakan baik dalam memprediksi hidrologi DAS untuk luasan sempit sampai lebar, karena mempunyai rata-rata debit hasil prediksi berada pada kisaran -15 % sampai + 15 % dari rata-rata debit hasil observasi, serta nilai $E_{NS} \geq 0,5$ dan $R^2 \geq 0,6$. Dengan demikian model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi hidrologi DAS pada lokasi penelitian.

C. Peranan Hutan sebagai Pengatur Tata Air

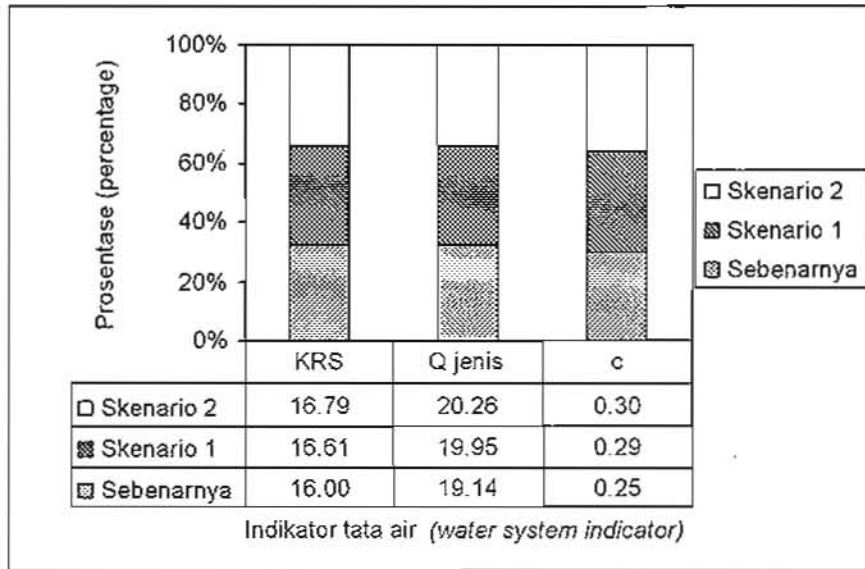
1. DAS Cisadane

Luas DAS Cisadane berdasarkan model yang diukur pada outlet yang keluar Laut Jawa (outlet sub DAS 50) yaitu

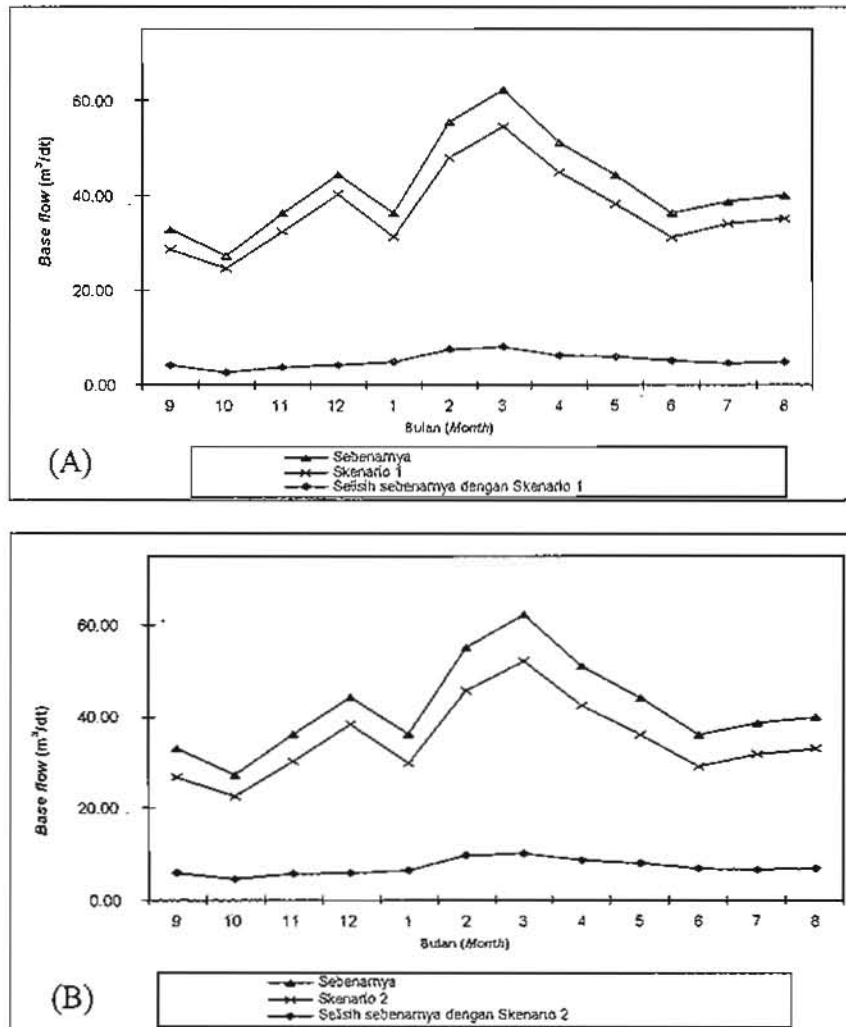
1.372,34 km². Luasan ini dapat dikategorikan sebagai DAS dengan luasan lebar (kriteria luas > 500 km²).

Hasil output model untuk melihat peranan hutan sebagai pengatur tata air pada DAS dengan luasan lebar berdasarkan indikator tata air yang digunakan (KRS, Q jenis dan c) dapat dilihat pada Gambar 5. Nilai KRS dapat menggambarkan kondisi tata air suatu DAS dalam menjaga keberlangsungan keberadaan air pada suatu DAS. Semakin tinggi nilai KRS maka kondisi tata air DAS tidak baik di mana terjadi kekurangan air pada musim kemarau, sedangkan untuk nilai Q jenis dan c menggambarkan kondisi aliran puncak dan aliran permukaan. Kedua nilai ini dapat digunakan untuk menggambarkan potensi banjir suatu DAS.

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 5, untuk nilai KRS antara ketiga kondisi penggunaan lahan pada DAS Cisadane yang dibandingkan, dimana untuk kondisi sebenarnya masih terdapat tutupan lahan hutan sekitar 22,9 % (kondisi sebenarnya) nilai KRS adalah 16,00. Untuk kondisi skenario 1 di mana lahan hutan dikonversi seluruhnya menjadi lahan kebun campuran, nilai KRS sebesar 16,61 dan untuk skenario 2 di mana lahan hutan seluruhnya dikonversi menjadi lahan ladang, nilai KRS-nya 16,79. Jika



Gambar (Figure) 5. Grafik hasil output model untuk indikator hidrologi pada lokasi DAS Cisdane (Graph of model output result for hydrologic indicator on Cisdane watershed site)



Gambar (Figure) 6. Hasil output model untuk base flow DAS Cisdane; (A) kondisi sebenarnya dan skenario 1; (B) kondisi sebenarnya dan skenario 2 (Model output result for Cisdane watershed base flow; (A) existing condition and scenario 1; (B) existing condition and scenario 2)

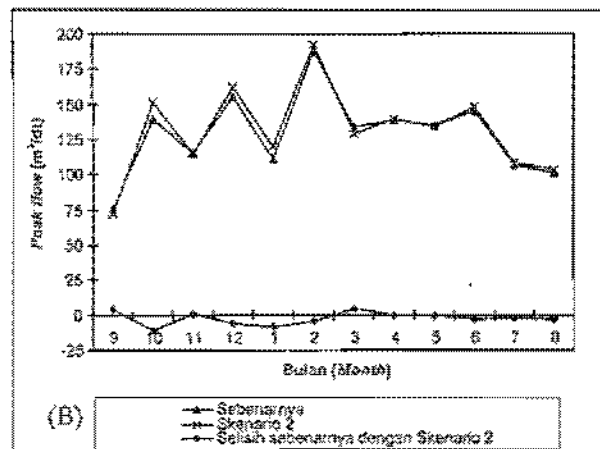
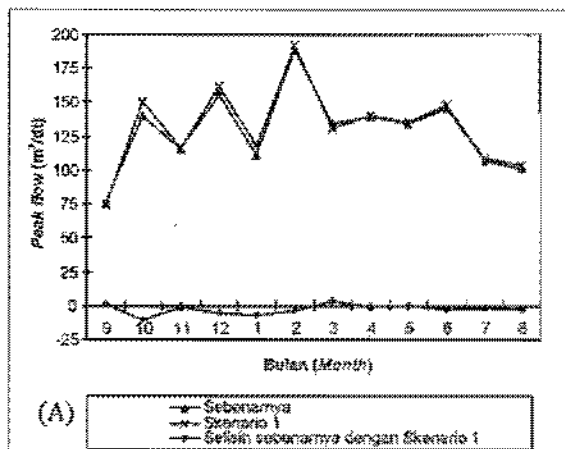
dibandingkan ketiga nilai KRS untuk masing-masing kondisi tidak terdapat perbedaan yang signifikan, demikian juga grafik persentase untuk KRS antara ketiga kondisi tidak terdapat perbedaan yang signifikan untuk luasan areanya. Berdasarkan hasil tersebut dapat diartikan keberadaan hutan pada DAS dengan luasan lebar tidak terlalu signifikan pengaruhnya dalam menjaga keberlangsungan keberadaan air pada musim kemarau.

Namun pengkonversian tutupan lahan hutan menjadi tutupan lahan kebun campuran menurunkan *base flow* suatu DAS pada luasan lebar (Gambar 6A) dan pengkonversian tutupan lahan hutan menjadi tutupan lahan ladang juga menurunkan *base flow* pada DAS dengan luasan lebar (Gambar 6B).

Pada Gambar 6B, terlihat bahwa konversi lahan hutan menjadi lahan kebun campuran akan menurunkan *base flow* sebesar grafik selisih kondisi sebenarnya dengan skenario 1. Demikian juga kon-

versi lahan hutan menjadi lahan ladang (Gambar 6B), akan menurunkan *base flow*. Meskipun bila dilihat grafik selisihnya tidak begitu tajam perubahannya, namun keberadaan lahan hutan akan menjamin kontinuitas aliran air.

Untuk nilai Q jenis dan c, hasil analisis menunjukkan untuk kondisi sebenarnya Q jenis sebesar 19,14 dan c nilainya 0,25, untuk kondisi skenario 1 Q jenis sebesar 19,95 dan c nilainya 0,29, serta untuk kondisi 2 nilai Q jenis adalah 20,26 dan c besarnya 0,30. Berdasarkan grafik persentasenya pada ketiga kondisi tidak terdapat perbedaan yang signifikan untuk nilai Q jenis dan c. Hal ini menunjukkan untuk keberadaan penutupan lahan hutan pada luasan DAS yang lebar tidak terlalu berpengaruh terhadap tata air DAS dalam hal ini menurunkan aliran puncak dan aliran permukaan. Dengan demikian keberadaan penutupan lahan hutan untuk skala DAS lebar kurang berpengaruh dalam mengurangi potensi banjir.



Gambar (Figure) 7. Hasil *output* model untuk *peak flow*; (A) kondisi sebenarnya dan skenario 1; (B) kondisi sebenarnya dan skenario 2 (*Model output result for peak flow; (A) existing condition and scenario 1; (B) existing condition and scenario 2*)

Pengaruh penutupan lahan dalam mengurangi hasil *peak flow* dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7A, konversi penutupan lahan hutan menjadi kebun campuran, jika dilihat pada grafik selisih tidak terlalu menurunkan *peak flow* di mana bentuk grafiknya datar. Demikian juga untuk konversi lahan hutan menjadi

lahan ladang tidak terlalu menurunkan *peak flow*.

2. DAS Cikaniki

DAS Cikaniki yang mempunyai *outlet* pada sub DAS 26 merupakan sub DAS Cisadane yang berdasarkan *output* model mempunyai luas 199,59 km². Pada luasan

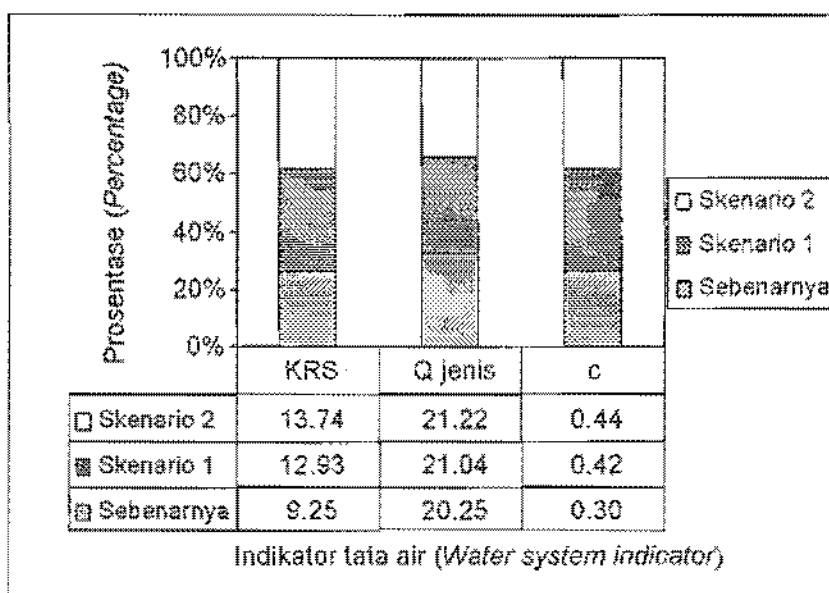
ini, DAS dapat dikategorikan mempunyai luasan sedang, karena berada di antara $100 \text{ km}^2 - 500 \text{ km}^2$.

Berdasarkan hasil analisis (Gambar 8), untuk DAS Cikaniki dengan kondisi penggunaan lahan yang masih mempunyai tutupan lahan hutan sekitar 20,8 % (kondisi sebenarnya) dibandingkan kondisi skenario 1 (tutupan lahan hutan dikonversi menjadi lahan kebun campuran) dan kondisi skenario 2 (tutupan lahan hutan dikonversi menjadi lahan ladang), menunjukkan nilai KRS kondisi sebenarnya (9,25) jauh lebih kecil dibandingkan kondisi skenario 1 (12,93) dan kondisi skenario 2 (13,74). Terlihat pada grafik persentase nilai KRS, area kondisi sebenarnya lebih sempit dibandingkan kedua kondisi skenario yang lain. Hal ini menunjukkan, pada luasan DAS yang sedang, fungsi hutan sebagai pengatur tata

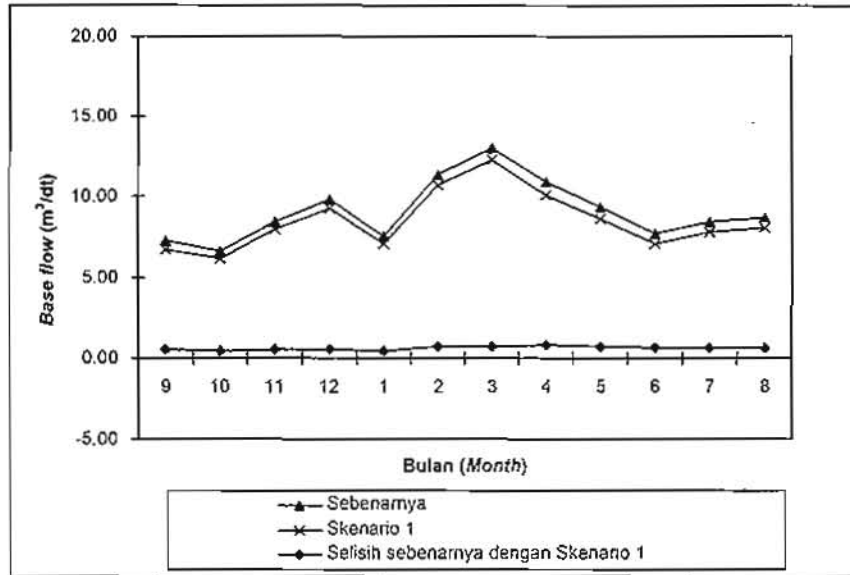
air dalam menjaga kontinuitas aliran air sepanjang musim cukup besar.

Pada Gambar 9, hasil *output* model untuk *base flow* yang membandingkan kondisi sebenarnya dengan kondisi skenario 1. Terlihat pada grafik selisih terdapat peningkatan, menunjukkan bahwa konversi lahan hutan menjadi kebun campuran akan menurunkan *base flow* tetapi pengaruhnya tidak begitu terlihat pada fluktuasi aliran.

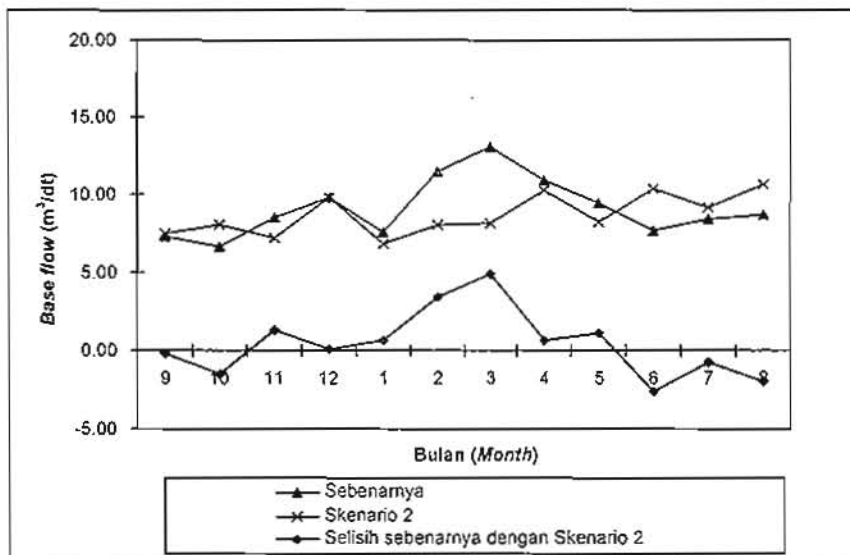
Hasil *output* model untuk *base flow* yang membandingkan kondisi sebenarnya dengan kondisi skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 10. Terlihat pada grafik selisih terdapat perubahan yang cukup fluktuatif, menunjukkan bahwa pengkonversian tutupan lahan hutan menjadi lahan ladang sangat menurunkan *base flow*. Hal ini menunjukkan peranan hutan dalam menjaga keberlangsungan *base flow* sangat besar pada luasan DAS sedang.



Gambar (Figure) 8. Grafik hasil *output* model untuk indikator hidrologi pada lokasi DAS Cikaniki (Graph of model output result for hydrologic indicator on Cikaniki watershed site)



Gambar (Figure) 9. Hasil output model untuk base flow pada kondisi sebenarnya dan skenario 1 (Model output of base flow result for existing condition and scenario 1)

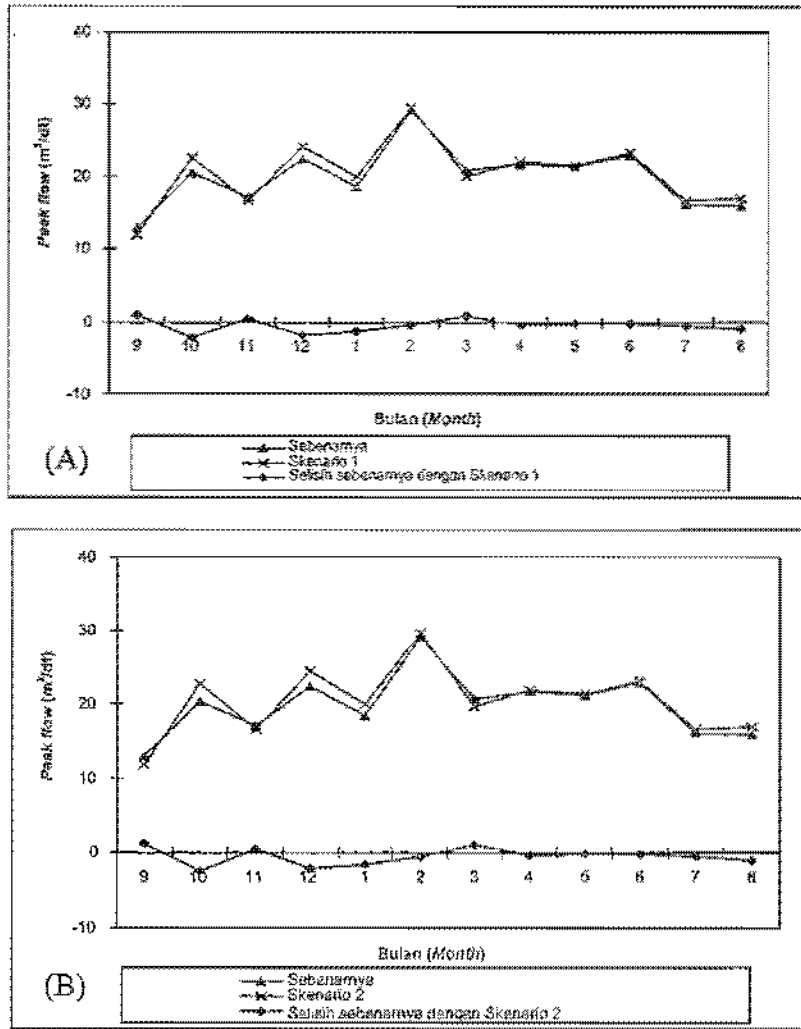


Gambar (Figure) 10. Hasil output model untuk base flow pada kondisi sebenarnya dan skenario 2 (Model output of base flow result for existing condition and scenario 2)

Pada kondisi sebenarnya, untuk nilai Q jenis sebesar 20,25 tidak begitu berbeda dengan nilai Q jenis untuk kondisi skenario 1 yang besarnya 21,04 dan kondisi skenario 2 (21,22). Terlihat pada grafik persentase untuk nilai Q jenis yang tidak begitu berbeda luasan areanya. Berbeda untuk nilai c, di mana untuk kondisi sebenarnya nilainya 0,3 lebih kecil dibandingkan kondisi skenario 1 dan skenario 2 nilainya 0,42 dan 0,44. Demikian juga untuk luasan area pada grafik persentase,

kondisi sebenarnya mempunyai luasan paling kecil dibandingkan kedua kondisi lainnya. Peranan tutupan lahan hutan pada DAS luasan sedang dalam mengurangi aliran permukaan cukup terasa manfaatnya, tetapi kurang berperan dalam mengurangi debit puncak.

Gambar 11 menunjukkan hasil *peak flow* untuk membandingkan antara kondisi sebenarnya dan kondisi skenario 1 (Gambar 11 A), serta kondisi sebenarnya dan kondisi skenario 2 (Gambar 11 B).



Gambar (Figure) 11. Hasil *output* model untuk *peak flow*; (A) kondisi sebenarnya dan skenario 1; (B) kondisi sebenarnya dan skenario 2 (*Model output result for peak flow: (A) existing condition and scenario 1; (B) existing condition and scenario 2*)

Tampak pada grafik selisih untuk kedua gambar, terdapat kenaikan *peak flow* apabila tutupan lahan hutan dikonversi menjadi kebun campuran atau dikonversi menjadi ladang. Kenaikan *peak flow* jauh lebih nampak bila tutupan lahan hutan dikonversi menjadi lahan ladang. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan hutan pada DAS dengan luasan sedang agak berpengaruh terhadap kenaikan *peak flow*.

3. Sub DAS Cikaniki

Hasil simulasi model pada sub DAS Cikaniki yang dikategorikan sebagai DAS yang mempunyai luasan sempit karena luasnya < 100 km² yaitu 77,49 km², menunjukkan dengan kondisi pengguna-

an lahan yang masih mempunyai tutupan lahan hutan sebesar 82,8 % nilai KRSnya 5,45 (kondisi sebenarnya) jauh lebih kecil dibandingkan nilai KRS apabila tutupan lahan hutan dikonversi menjadi kebun campuran (skenario 1) sebesar 18,44 dan nilai KRS untuk skenario 2 (tutupan lahan hutan dikonversi menjadi ladang) sebesar 22,2. Terlihat juga pada grafik persentase luas area kondisi sebenarnya lebih sempit dibandingkan kondisi skenario 1 dan skenario 2. Hasil ini menunjukkan pada luasan DAS sempit, keberadaan tutupan lahan hutan sangat mempengaruhi keberlangsungan kontinuitas aliran sepanjang musim.

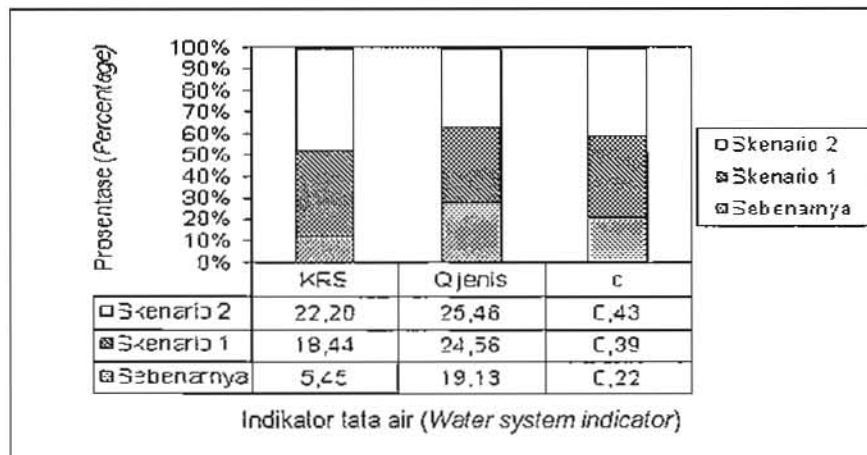
Pada Gambar 13, hasil *output* model untuk *base flow* yang membandingkan

kondisi sebenarnya dan kondisi skenario 1 pada sub DAS Cikaniki menunjukkan pada grafik selisih perubahannya cukup fluktuatif. Konversi penutupan lahan hutan menjadi lahan kebun campuran akan menurunkan *base flow*.

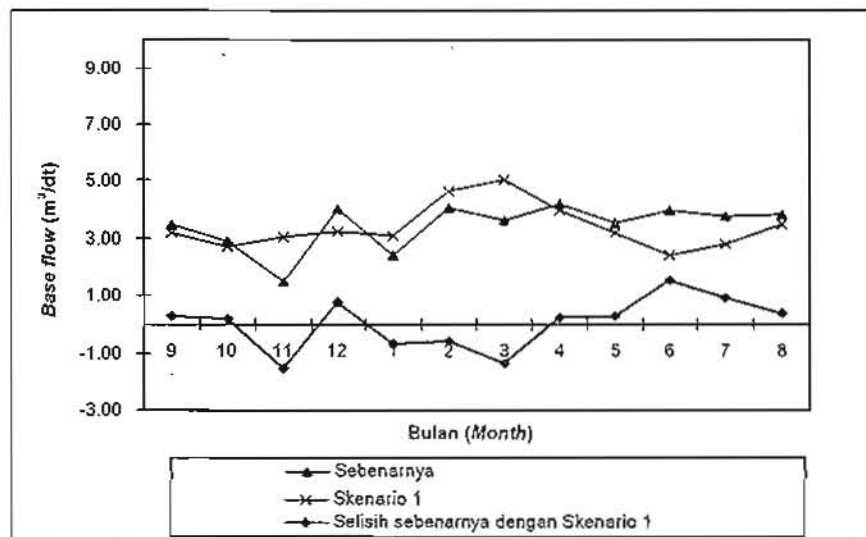
Perbandingan *base flow* untuk kondisi sebenarnya dan kondisi skenario 2 dapat dilihat pada Gambar 14, terlihat penurunan *base flow* cukup besar jika penutupan lahan hutan pada luasan DAS sempit di-konversi menjadi lahan lading di mana pada grafik selisih terlihat perubahannya cukup fluktuatif.

Berdasarkan kedua hasil tersebut terlihat bahwa pada luasan DAS sempit, keberadaan tutupan lahan hutan sangat berperan dalam menjaga *base flow* (keberlangsungan aliran setiap musim).

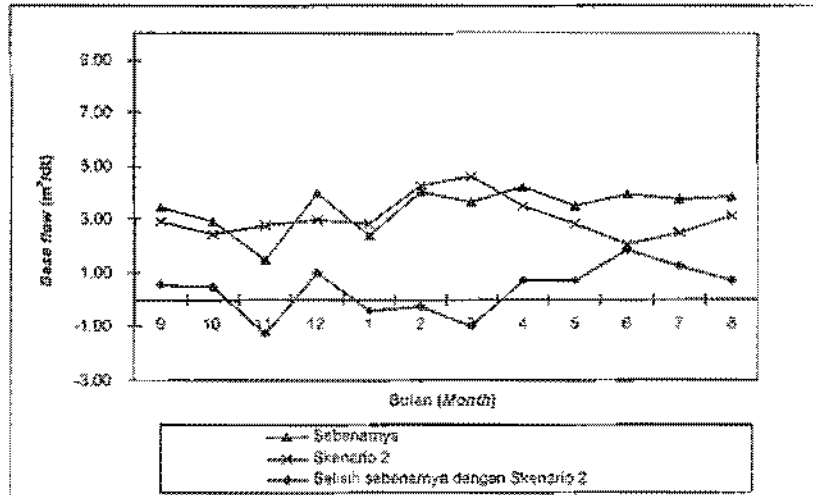
Untuk nilai Q jenis dan c, hasil analisis menunjukkan pada kondisi sebenarnya Q jenis sebesar 19,13 dan c nilainya 0,22. Pada kondisi skenario 1, nilai Q jenis sebesar 24,56 dan c nilainya 0,39. Pada kondisi skenario 2, nilai Q jenis adalah 25,46 dan c besarnya 0,43. Berdasarkan grafik persentasenya pada ketiga



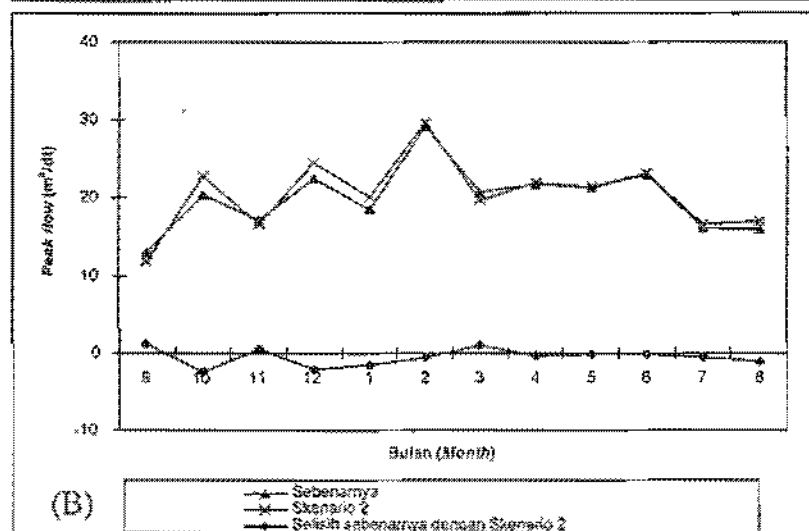
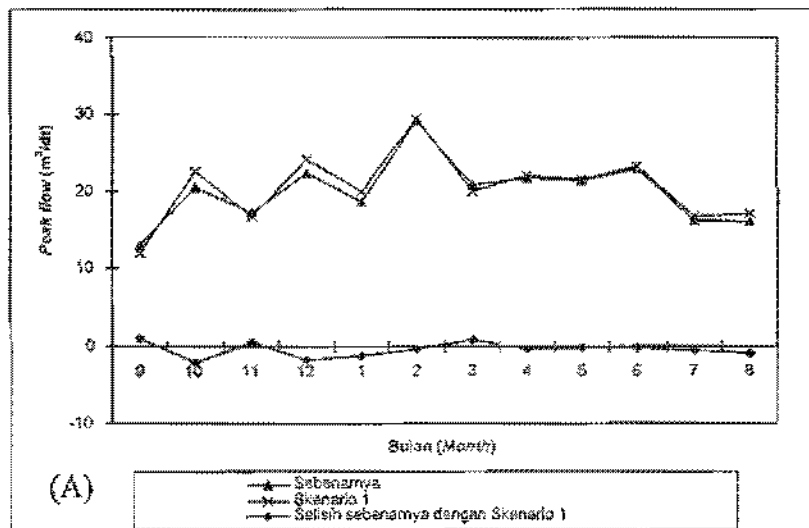
Gambar (Figure) 12. Grafik hasil output model untuk indikator hidrologi pada lokasi sub DAS Cikaniki (Graph of model output result for hydrologic indicator on sub - Cikaniki watershed site)



Gambar (Figure) 13. Hasil output model untuk *base flow* pada kondisi sebenarnya dan skenario 1 (Model output of *base flow* result for existing condition and scenario 1)



Gambar (Figure) 14. Hasil output model untuk base flow pada kondisi sebenarnya dan skenario 2 (Model output of base flow result for existing condition and scenario 2)



Gambar (Figure) 15. Hasil output model untuk peak flow; (A) kondisi sebenarnya dan skenario 1; (B) kondisi sebenarnya dan skenario 2 (Model output result for peak flow; (A) existing condition and scenario 1; (B) existing condition and scenario 2)

kondisi terdapat perbedaan yang signifikan untuk nilai *c* dan *Q* jenis, di mana area grafik untuk nilai *c* dan *Q* jenis pada kondisi sebenarnya lebih sempit dibandingkan kondisi skenario 1 dan 2. Hal ini menunjukkan untuk keberadaan penutupan lahan hutan pada luasan DAS yang sempit berpengaruh terhadap tata air DAS dalam hal ini menurunkan aliran puncak dan aliran permukaan, sehingga keberadaan penutupan lahan hutan untuk skala DAS sempit berpengaruh dalam mengurangi potensi banjir.

Gambar 15 menunjukkan hasil *peak flow* untuk membandingkan antara kondisi sebenarnya dan kondisi skenario 1 (Gambar 15 A), serta kondisi sebenarnya dan kondisi skenario 2 (Gambar 15 B). Tampak pada grafik selisih untuk kedua gambar, terdapat kenaikan *peak flow* apabila tutupan lahan hutan dikonversi menjadi kebun campuran atau dikonversi menjadi ladang. Kenaikan *peak flow* jauh lebih nampak bila tutupan lahan hutan dikonversi menjadi lahan ladang. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan hutan pada DAS dengan luasan sempit berpengaruh terhadap kenaikan *peak flow*.

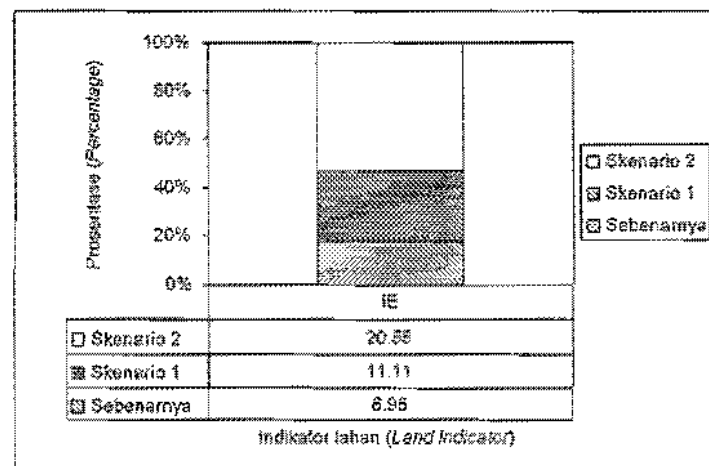
D. Peranan Hutan dalam Pengendalian Proses Sedimentasi

Proses sedimentasi pada aliran sungai merupakan kelanjutan dari proses erosi yang terjadi pada penggunaan lahan

yang terdapat di sekitar daerah tangkapan sungai tersebut. Oleh karena itu jika proses erosi pada penggunaan lahan di suatu DAS dapat ditekan mendekati nilai erosi yang diperbolehkan, dampaknya secara langsung akan mengurangi sedimentasi pada aliran sungai.

1. DAS Cisadane

Untuk melihat peranan hutan dalam pengendalian proses sedimentasi menggunakan indikator lahan yaitu nilai indeks erosi (IE). Semakin kecil nilai IE suatu DAS menunjukkan bahwa erosi pada DAS tersebut tidak begitu berat. Hasil analisis menunjukkan pada DAS Cisadane pada kondisi penutupan lahan hutan masih tersisa 22,9 % (kondisi sebenarnya) dari penggunaan lahan lain nilai IE 6,96, sedangkan bila penutupan lahan hutan dikonversi menjadi kebun campuran (kondisi skenario 1) nilai IE naik menjadi 11,11. Pada kondisi skenario 2 (lahan hutan dikonversi menjadi ladang) besarnya nilai IE meningkat menjadi 20,55. Jika dilihat grafik persentase (Gambar 16), luasan area kondisi sebenarnya untuk nilai IE paling kecil dibandingkan kondisi skenario 1 dan skenario 2. Hal ini menunjukkan, peranan penutupan lahan hutan sangat penting dalam pengendalian proses erosi yang langsung berpengaruh dalam pengendalian proses sedimentasi pada DAS dengan luasan lebar.



Gambar (Figure) 16. Grafik hasil *output* model untuk indikator lahan pada lokasi DAS Cisadane (Graph of model output result for land indicator on Cisadane watershed site)

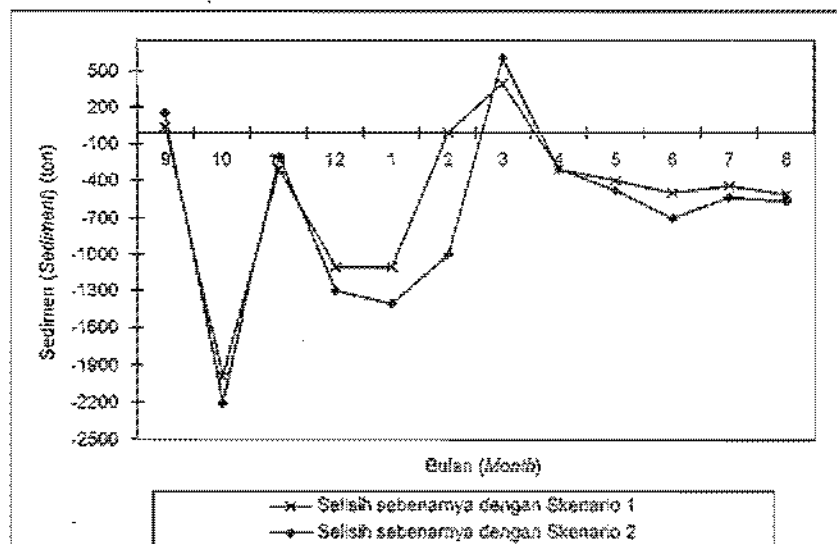
Hasil yang menarik justru ditunjukkan antara kondisi sebenarnya dan kondisi skenario 1. Pada kedua kondisi ini sebenarnya tanah sama-sama tertutup oleh vegetasi sehingga tidak langsung terkena percikan air hujan yang berakibat rusaknya agregat tanah sehingga proses erosi mudah berlangsung. Namun demikian selisih nilai IE antara kedua kondisi ini cukup besar yaitu 4,15. Beberapa percobaan menunjukkan bahwa yang mencegah erosi di hutan bukanlah tajuk vegetasi pohon yang berada di atas tanah, tetapi vegetasi tanaman bawah dan seresah yang banyak terdapat di hutan yang berperan mengurangi besarnya erosi. Hal ini menjadi persoalan yang serius pada lahan kebun campuran yang biasanya seresah di bawahnya dibersihkan, sehingga pada lahan kebun campuran nilai erosi-nya jauh lebih besar dibandingkan hutan.

Pada Gambar 17 terlihat selisih debit sedimen antara kondisi sebenarnya, kondisi skenario 1 dan skenario 2. Terlihat pada grafik selisih antara kedua kondisi terdapat fluktuasi debit sedimen yang cukup signifikan tiap musimnya. Konversi lahan hutan menjadi kebun campuran atau ladang berpengaruh terhadap debit sedimen pada luasan DAS lebar, berarti keberadaan hutan pada DAS dengan luasan lebar berperan dalam mengendalikan proses sedimentasi.

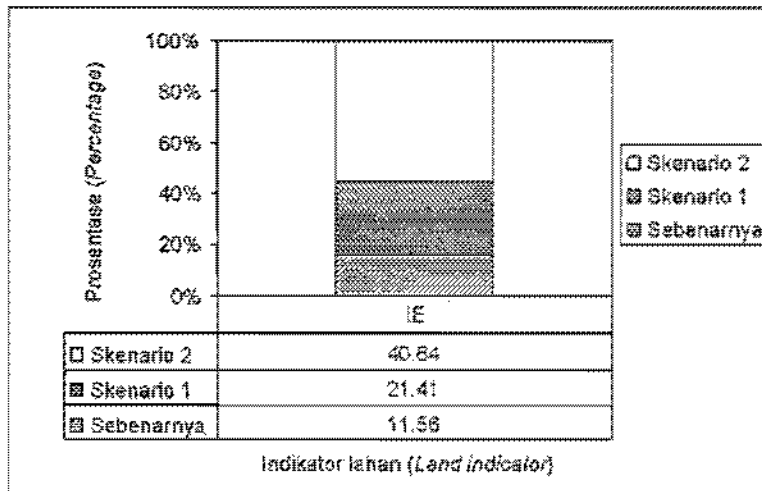
2. DAS Cikaniki

Pada DAS Cisadane dengan kondisi penutupan lahan hutan masih tersisa 20,8 % (kondisi sebenarnya) dari penggunaan lahan lain, hasil analisis menunjukkan nilai IE 11,56, jauh lebih kecil jika dibandingkan bila penutupan lahan hutan dikonversi menjadi kebun campuran (kondisi skenario 1) di mana nilai IE naik menjadi 21,41 dan kondisi skenario 2 (lahan hutan dikonversi menjadi ladang) besarnya nilai IE meningkat menjadi 40,64. Jika dilihat grafik persentase (Gambar 18), luasan area kondisi sebenarnya untuk nilai IE paling kecil dibandingkan kondisi skenario 1 dan skenario 2. Hal ini menunjukkan, peranan penutupan lahan hutan sangat penting dalam pengendalian proses erosi yang langsung berpengaruh dalam pengendalian proses sedimentasi pada DAS dengan luasan sempit.

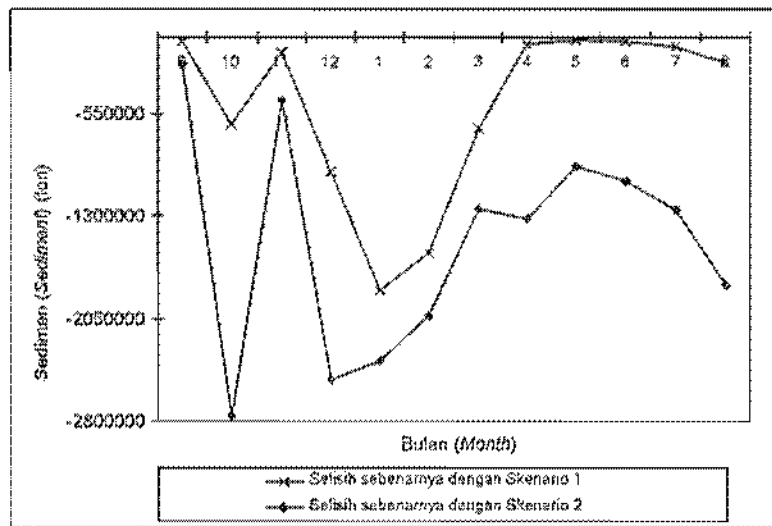
Pada Gambar 19 terlihat selisih debit sedimen antara kondisi sebenarnya, kondisi skenario 1 dan skenario 2. Terlihat pada grafik selisih antara kedua kondisi terdapat fluktuasi debit sedimen yang sangat signifikan tiap musimnya. Konversi lahan hutan menjadi kebun campuran atau ladang pada luasan DAS sedang sangat mempengaruhi hasil debit sedimen, berarti keberadaan hutan pada DAS dengan luasan sedang sangat berperan dalam mengendalikan proses sedimentasi.



Gambar (Figure) 17. Hasil output model untuk debit sedimen (Model output result of sediment flow)



Gambar (Figure) 18. Grafik hasil output model untuk indikator lahan pada lokasi DAS Cikaniki (Graph of model output result for land indicator on Cikaniki watershed site)



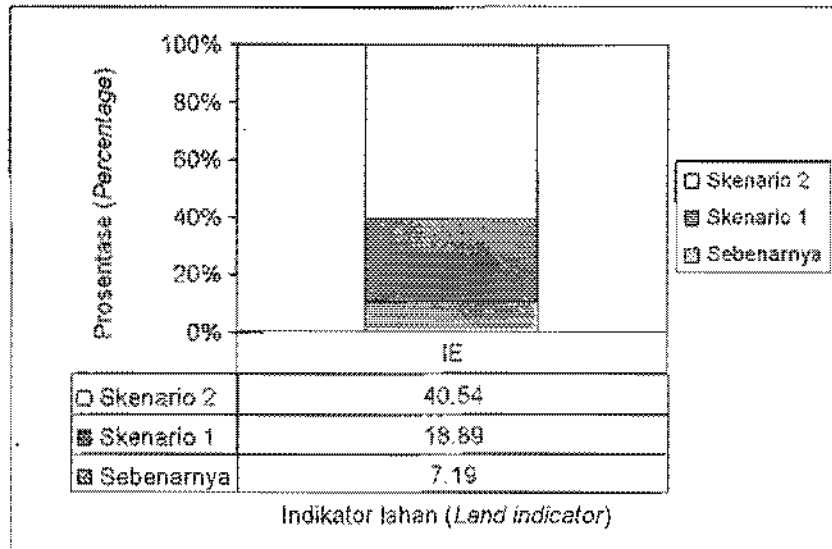
Gambar (Figure) 19. Hasil output model untuk debit sedimen pada DAS Cikaniki (Model output result of sediment flow on Cikaniki watershed)

3. Sub DAS Cikaniki

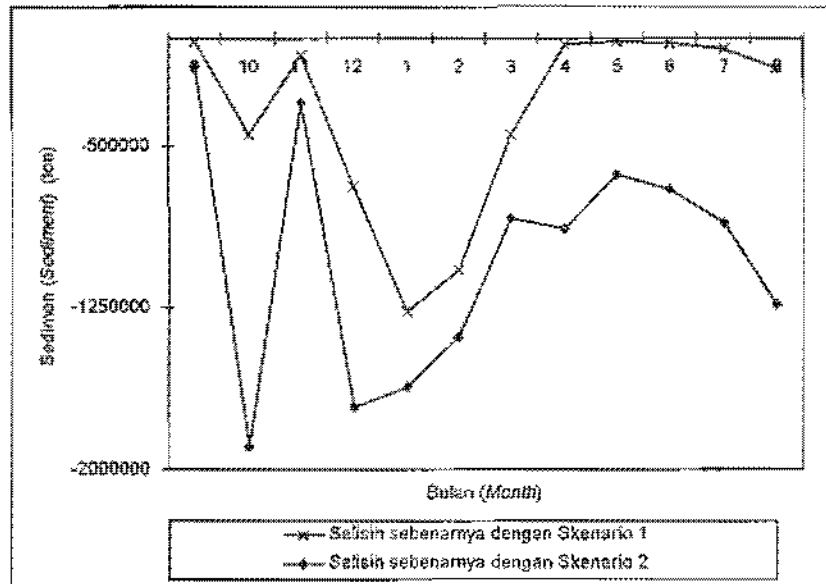
Hasil analisis menunjukkan, pada sub DAS Cikaniki yang mempunyai luasan dengan kriteria sempit, dengan kondisi penutupan lahan hutan masih tersisa 82,8 % (kondisi sebenarnya) dari penggunaan lahan lain, nilai IE yang terhitung sebesar 7,19. Bila penutupan lahan hutan dikonversi menjadi kebun campuran (kondisi skenario 1) nilai IE naik menjadi 18,89 dan pada kondisi skenario 2 (lahan hutan dikonversi menjadi ladang) besarnya nilai IE meningkat menjadi 40,54. Jika dilihat grafik persentase (Gambar 20), luasan area kondisi sebenarnya untuk nilai IE paling kecil dibandingkan kondisi skenario 1 dan skenario

2. Hal ini menunjukkan, peranan penutupan lahan hutan sangat penting dalam pengendalian proses erosi yang langsung berpengaruh dalam pengendalian proses sedimentasi pada DAS dengan luasan sempit.

Terlihat pada Gambar 21, selisih debit sedimen antara kondisi sebenarnya, kondisi skenario 1 dan skenario 2, terdapat fluktuasi debit sedimen yang sangat signifikan tiap musimnya. Konversi lahan hutan menjadi kebun campuran atau ladang berpengaruh terhadap debit sedimen pada luasan DAS sempit, berarti keberadaan hutan pada DAS dengan luasan sempit sangat berperan dalam mengendalikan proses sedimentasi.



Gambar (Figure) 20. Grafik hasil output model untuk indikator lahan pada lokasi sub DAS Cikaniki (Graph of model output result for land indicator on Cikaniki sub watershed site)



Gambar (Figure) 21. Hasil output model untuk debit sedimen pada sub DAS Cikaniki (Model output result of sediment flow on Cikaniki sub watershed)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pada luasan DAS lebar dengan kriteria luasan > 500 km², keberadaan penutupan lahan hutan kurang berperan dalam mengatur tata air, baik dalam menjaga kestabilan aliran dan mengu-

rangi debit puncak. Namun demikian konversi tutupan lahan hutan menjadi tutupan penggunaan lahan lain (kebun campuran atau ladang) akan menurunkan keberlangsungan aliran pada musim kemarau.

2. Pada proses sedimentasi, keberadaan tutupan lahan hutan pada luasan DAS lebar cukup berperan dalam mengurangi debit sedimen yang mengalir ke sungai. Peranan terbesar dalam mengurangi kekuatan erosi pada lahan

hutan adalah tumbuhan tanaman bawah dan serasah, bukan tajuk vegetasi tanaman besar.

3. Pada luasan DAS sedang (luas antara $100 \text{ km}^2 - 500 \text{ km}^2$), keberadaan tutupan lahan hutan cukup berperan dalam mengatur tata air DAS, peranan paling dominan dalam menjaga keberlangsungan aliran sungai daripada mengurangi debit puncak. Dalam mengurangi debit sedimentasi, peranan tutupan lahan hutan cukup besar pada luasan DAS sedang.
4. Pada luasan DAS $< 100 \text{ km}^2$ (DAS dengan luasan sempit) keberadaan tutupan lahan hutan sangat berperan dalam mengatur tata air DAS, baik dalam hal menjaga keberlangsungan aliran sungai dan mengurangi debit puncak. Demikian juga dalam hal mengurangi debit sedimen, peranan tutupan lahan hutan sangat besar perannya pada luasan DAS sempit.

B. Saran

1. Penghutan kembali (*afforestation/reforestation*) sebaiknya dilaksanakan pada sub DAS yang berkontribusi buruk dalam menjaga tata air dan proses sedimentasi pada DAS.
2. Pengkonversian lahan hutan menjadi penggunaan lahan lain perlu mempertahankan luasan optimal tutupan lahan hutan.

DAFTAR PUSTAKA

Andreassian, V. 2004. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology* 291, pp. 1-27. [terhubung berkala].<http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>. Html [29 Mei 2011].

Arsyad. 2006. Konservasi tanah dan air. IPB Press. Bogor.

CIFOR dan FAO. 2005. Hutan dan banjir, tenggelam dalam suatu fiksi, atau berkembang dalam fakta? RAB Publication 2005/03. *Forest Perspectives 2*. CIFOR dan FAO. Bogor dan Bangkok.

Kiersch, B. 2001. Land use impacts on water resources: a literature review. Discussion Paper No.1. Land-water linkages in rural watersheds. Electronic Workshop. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Notohadriprawiro, T. 2006. Pemanfaatan agroforestry selaku bentuk pemanfaatan lahan menurut kriteria pengawetan tanah dan air. *Repro Ilmu Tanah*. UGM. Yogyakarta.

Santhi, C., Arnold, J.G., Williams, J.R., Dugas, W.A., Srinivasan, R., Hauck, L.M. 2001. Validation of the SWAT model on a large river basin with point and nonpoint sources, *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, Vol. 37, No.5, pp. 1169-1188. [terhubung berkala].<http://www.brc.tamus.edu/swat/document.html> [29 April 2011].

Swank, W.T., Swift, L.W., Douglass, J.E. 1988. Streamflow changes associated with forest cutting, species conversions and natural disturbances. *In: Swank, W.T., Crossley, D.A. (Eds.), Forest Hydrology and Ecology at Coweeta*, Springer, New York. [terhubung berkala].<http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>. Html [29 Mei 2011].

Wibowo, S. 2004. Masalah degradasi lahan dan upaya rehabilitasi hutan dan lahan. *Prosiding Seminar Degradasi Lahan dan Hutan*. Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia. Universitas Gadjah Mada dan Departemen Kehutanan.

Lampiran (Appendix) 1. Luasan penggunaan lahan untuk kondisi sebenarnya, skenario 1 dan skenario 2 (*Land use area for existing condition, scenario 1 and scenario 2*)

Penggunaan lahan (<i>Land use</i>)	DAS Cisadane (<i>Cisadane watershed</i>)				DAS Cikaniki (<i>Cikaniki watershed</i>)				Sub DAS Cikaniki (<i>Sub-Cikaniki watershed</i>)			
	existing		Luas	Luas	existing		Luas	Luas	existing		Luas	Luas
	Luas (<i>Area</i>) (ha)	Luas (<i>Area</i>) (%)	skenario 1 (<i>Area of</i> <i>scenario 1</i>)	skenario 2 (<i>Area of</i> <i>scenario 2</i>)	Luas (<i>Area</i>) (ha)	Luas (<i>Area</i>) (%)	skenario 1 (<i>Area of</i> <i>scenario 1</i>)	skenario 2 (<i>Area of</i> <i>scenario 2</i>)	Luas (<i>Area</i>) (ha)	Luas (<i>Area</i>) (%)	skenario 1 (<i>Area of</i> <i>scenario 1</i>)	skenario 2 (<i>Area of</i> <i>scenario 2</i>)
Sawah kondisi sedang (<i>Moderate condition of rice field</i>)	1.049,9	0,8	1.049,9	1.049,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sawah kondisi baik (<i>Good condition of rice field</i>)	2.540,5	1,9	2.540,5	2.540,5	1.168,6	8,6	1.168,6	1.168,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Tanah terbuka (<i>Wasteland</i>)	744,0	0,5	744,0	744,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Semak belukar (<i>Underbrush</i>)	475,4	0,3	475,4	475,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ladang kondisi sedang (<i>Moderate condition of unirrigated agricultural</i>)	31.246,7	22,8	31.246,7	31.246,7	2.562,5	18,9	2.562,5	8.510,3	1.310,9	16,9	1.310,9	1.310,9
Ladang kondisi baik (<i>Good condition of unirrigated agricultural</i>)	42.130,6	30,7	42.130,6	73.609,4	5.699,5	42,1	5.699,5	5.699,5	22,0	0,3	22,0	6.437,6
Kebun campuran (<i>Mixed garden</i>)	4.788,6	3,5	36.267,4	4.788,6	223,7	1,7	3.034,5	223,7	0,0	0,0	6.415,6	0,0
Hutan kondisi sedang (<i>Moderate condition of forest</i>)	333,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hutan kondisi baik (<i>Good condition of forest</i>)	31.144,9	22,7	0,0	0,0	2.810,8	20,8	0,0	0,0	6.415,6	82,8	0,0	0,0

Lampiran (Appendix) 1. Lanjutan (Continued)

Penggunaan lahan (Land use)	DAS Cisadane (Cisadane watershed)				DAS Cikaniki (Cikaniki watershed)				Sub DAS Cikaniki (Sub-Cikaniki watershed)			
	existing		Luas		existing		Luas		existing		Luas	
	Luas (Area) (ha)	Luas (Area) (%)	skenario 1 (Area of scenario 1)	skenario 2 (Area of scenario 2)	Luas (Area) (ha)	Luas (Area) (%)	skenario 1 (Area of scenario 1)	skenario 2 (Area of scenario 2)	Luas (Area) (ha)	Luas (Area) (%)	skenario 1 (Area of scenario 1)	skenario 2 (Area of scenario 2)
Pemukiman kondisi baik (Good condition settlement)	13.531,0	9,9	13.531,0	13.531,0	1.059,2	7,8	1.059,2	1.059,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Pemukiman kondisi sedang (Moderate condition settlement)	7.900,2	5,8	7.900,2	7.900,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tambak (Fishpond)	1.345,7	1,0	1.345,7	1.345,7	19,5	0,1	19,5	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Lampiran (Appendix) 2. Kriteria dan indikator analisis (Criteria and indicator analysis)

Kriteria (Criteria)	Indikator (Indicator)	Deskripsi (Description)	Verifikasi (Verification)	Metode perhitungan (Calculation method)
Hidrologi	Koefisien regim sungai (KRS)	Perbandingan antara debit aliran sungai maksimum (Qmak) dan debit aliran sungai minimum (Qmin)	- Debit aliran sungai maksimum - Debit aliran sungai minimum	Rasio perbandingan antara Qmak dan Qmin tahunan
	Debit jenis	Perbandingan antara debit aliran sungai maksimum (Qmak) dan luas sub-DAS. Untuk menunjukkan potensi banjir ($m^3/s/100 km^2$)	- Debit aliran sungai maksimum - Luas sub-DAS ($100km^2$)	Rasio perbandingan antara Qmak tahunan dan A
	Koefisien aliran permukaan (c)	Perbandingan antara jumlah hujan yang menjadi aliran permukaan dan terhadap total hujan yang jatuh pada wilayah DAS. Untuk menunjukkan potensi banjir	- Jumlah CH per satuan wilayah DAS - Jumlah aliran permukaan per satuan wilayah	Rasio perbandingan antara jumlah aliran permukaan dan jumlah CH yang jatuh pada wilayah DAS
Lahan	Indeks erosi (IE)	Perbandingan antara erosi aktual tahunan dengan erosi yang diperbolehkan (T)	- Jumlah erosi aktual per satuan wilayah tahunan (ton/ha/tahun) - Erosi yang diperbolehkan menurut metode Hammer (ton/ha/tahun)	Rasio perbandingan antara erosi aktual tahunan dengan erosi yang diperoleh

Sumber (Source): SK Menhut No. 52/Kpts-II/2001 dan BTPDAS Surakarta, 2002