

**OPTIMASI PERENCANAAN PENGGUNAAN LAHAN
MENGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG) DAN
SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL (SWAT) (SUATU STUDI DI DAS
CIJALUPANG, BANDUNG, JAWA BARAT)**

***Optimizing Land Use Planning using Geographic Information System (GIS) and
Soil and Water Assessment Tool (SWAT)
(A Case Study at Cijalupang Watershed, Bandung, West Java)***

Erna Suryani¹⁾, S.D. Tarigan²⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanah, Bogor

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

ABSTRACT

The use and management of land resource which are unsuitable with its land capability will cause physical, chemical and biological-damage to the land and will disturb its hydro-oro-logical function. The damage of land resources in a watershed needs improvement to increase its land quality. Optimal land use management planning based on its land suitability and hydrological aspects become important and need to be applied. The objectives of the study were: 1) To analyze land use change at Cijalupang Watershed, 2) To evaluate SWAT capability to predict impact of land use change on the hydrologic characteristics of the watershed, and 3) To provide land use plan based on land quality and hydrologic characteristics of the watershed. The result showed that optimizing land use management by integrating GIS and SWAT model at the Cijalupang Watershed was capable to increase land quality of the watershed. This was shown by the improvement of its land use capability to create better hydrological condition by decreasing run off 2.1 % and increasing base flow and lateral flow 0.4% and 0.4% respectively.

Key words : hydrological characteristics, land suitability, land use change, SWAT, watershed

PENDAHULUAN

Penggunaan lahan suatu kawasan sangat mempengaruhi hidrologi kawasan tersebut begitu juga sebaliknya. Kegiatan yang bersifat merubah tipe maupun jenis penggunaan lahan dapat memperbesar atau memperkecil hasil air (*water yield*). Perubahan penggunaan lahan dengan memperluas permukaan kedap air menyebabkan berkurangnya infiltrasi, menurunkan pengisian air bawah tanah (*recharge*) dan meningkatkan aliran permukaan. Peningkatan aliran permukaan secara langsung mempengaruhi peningkatan debit.

Penelitian yang dilakukan Apriyanto (2001) di Bopunjur (Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung) mengemukakan bahwa dalam periode waktu 1987–1999 perubahan penggunaan lahan di Sub DAS tersebut telah mengakibatkan menurunnya debit minimum harian dan meningkatnya debit maksimum harian karena rendahnya kapasitas DAS menginfiltasikan air hujan. Meningkatnya debit maksimum menurut Agus *et al.* (2003) mengindikasikan meningkatnya ancaman banjir.

Dalam siklus hidrologi terjadi transformasi hujan menjadi debit melalui sistem DAS. Jumlah hujan yang ditransformasikan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain : tanah, iklim, topografi dan penggunaan lahan. Penggunaan lahan sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi proses hidrologi merupakan faktor yang

dapat dikelola untuk menciptakan kondisi hidrologi yang lebih baik. Merubah penggunaan lahan berarti merubah tipe dan proporsi penutupan lahan yang selanjutnya akan merubah debit. Debit sebagai *output* dari proses hidrologi dapat dijadikan sebagai indikator untuk menilai kualitas penggunaan lahan suatu DAS. Debit yang sangat tinggi di musim hujan dan rendah di musim kemarau menunjukkan adanya kerusakan di DAS. DAS dikatakan baik apabila debit terdistribusi secara baik dan merata sepanjang tahun.

Kerusakan sumberdaya lahan DAS menuntut usaha-usaha perbaikan untuk meningkatkan kembali kualitas lahannya. Perencanaan penggunaan lahan secara optimal berdasarkan kesesuaian lahan dan aspek hidrologi menjadi penting dan perlu dilakukan. Untuk dapat membuat suatu perencanaan dan keputusan yang tepat diperlukan alat (*tool*) yang dapat mengintegrasikan berbagai data sumberdaya lahan.

Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah sistem informasi yang bekerja dengan data berkoordinat geografi mempunyai kemampuan mengintegrasikan berbagai data sumberdaya lahan. SIG merupakan perangkat komputer yang handal dan banyak digunakan sebagai alat bantu dalam menganalisis berbagai situasi, kondisi, perencanaan, evaluasi dan pemecahan permasalahan sumberdaya alam (Laurini dan Thompson, 1995).

Perubahan penggunaan lahan dan dampak yang ditimbulkan merupakan fenomena di alam yang penting untuk dipahami guna menentukan tindakan yang perlu dilakukan di masa yang akan datang. Saefulhakim dan Otsubo (1999) mengemukakan model dapat membantu memahami fenomena tersebut. *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) adalah model hidrologi yang dikembangkan untuk memprediksi pengaruh pengelolaan lahan terhadap hasil air, sedimen, muatan pestisida dan kimia hasil pertanian dalam periode waktu yang panjang. Penelitian yang dilakukan Neitsch *et al.* (2001a); Fohrer dan Frede (2002) melaporkan bahwa SWAT mampu menggambarkan pengaruh pengelolaan lahan terhadap hidrologi DAS. Hasil penelitian Girolamo *et al.* (2003) mengintegrasikan SIG dan SWAT menyimpulkan bahwa integrasi SIG dan SWAT sesuai untuk mengevaluasi kondisi hidrologi penggunaan lahan pertanian.

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) menganalisis perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Cijalupang, 2) mengevaluasi kemampuan SWAT menggambarkan pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS tersebut dan 3) menyusun rancangan penggunaan lahan yang sesuai dengan kualitas lahan dan aspek hidrologi.

METODE PENELITIAN

Metode

Penelitian dilaksanakan di DAS Cijalupang dari bulan April – Desember 2004. Secara geografis daerah penelitian terletak pada 06°59'30"–07°04'00" Lintang Selatan (LS) dan 107°49'30"– 107°53'00" Bujur Timur (BT) dan secara administrasi termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Luas areal penelitian ± 2.791,70 ha.

Tahapan penelitian optimasi perencanaan penggunaan lahan menggunakan SIG dan SWAT meliputi : 1) analisis perubahan penggunaan lahan, 2) analisis debit, 3) penilaian kesesuaian lahan dan 4) optimasi penggunaan lahan.

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Informasi penggunaan lahan diperoleh melalui interpretasi citra *Landsat Thematic Mapper* (TM) *path* 121 *row* 065 tahun perekaman 1990 dan 2002 menggunakan ER Mapper 6.4 setelah terlebih dahulu dilakukan koreksi terhadap gangguan geometris dan radiometris. Metode klasifikasi menggunakan kemiripan maximum terbimbing (*Maximum Likelihood Supervised Classification*). Perubahan penggunaan lahan (1990-2002) diketahui dengan menumpangtindihkan peta penggunaan lahan tahun 1990 dan 2002.

Analisis Debit

Pengaruh pengelolaan lahan terhadap hasil air atau debit dilakukan menggunakan SWAT 2000. Debit yang diprediksi adalah debit bulanan, total debit tahunan (*water yield*), aliran permukaan (*runoff*), aliran dasar (*base flow*)

dan aliran lateral (*lateral flow*). SWAT menghitung hasil air menggunakan persamaan :

$$Wyld = Q_{surf} + Q_{lat} + Q_{gw} - tloss - pond$$

dimana *Wyld* adalah total jumlah air yang masuk ke sungai utama selama periode waktu simulasi (mm), Q_{surf} adalah aliran permukaan (mm), Q_{lat} adalah air yang mengalir secara lateral dalam profil tanah (mm), Q_{gw} adalah aliran bawah permukaan (mm), *tloss* adalah air yang hilang dari sungai karena adanya pengaliran air ke dalam tanah dan ke sisi samping sungai (mm) dan *pond* adalah air yang hilang melalui kolam-kolam penampungan air (embung/mm).

Penggunaan model perlu memperhatikan faktor validitasnya, karena masing-masing DAS mempunyai karakteristik yang berbeda. Untuk itu model perlu di kalibrasi dan divalidasi. Kalibrasi adalah pengujian model agar dapat menggambarkan keadaan sebenarnya, sedangkan validasi adalah membandingkan secara visual kurva debit (hidrograf) hasil simulasi dengan kurva debit hasil pengukuran stasiun pengamat. Model dianggap valid bila model dapat menggambarkan keadaan sebenarnya yang dapat diukur dengan nilai standar deviasi dan efisiensi model yang tinggi.

Untuk tujuan kalibrasi, debit hasil pengukuran dipisahkan atas aliran, aliran dasar dan aliran lateral menggunakan *Straight Line Method* sedangkan prosedur kerja kalibrasi mengikuti Neitsch *et al.* (2001b).

Penilaian Kesesuaian Lahan

Evaluasi lahan dilakukan secara komputerisasi menggunakan program ALES (*Automated Land Evaluation System*) versi 4.65d (Rossiter dan Wambeke 1997) dengan cara membandingkan kualitas lahan (*Land Quality*) dengan persyaratan tumbuh tanaman (*Land Use Requirement*). Kriteria persyaratan tumbuh tanaman mengacu pada Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian (Djaenudin *et al.*, 2003). Komoditas tanaman yang dievaluasi meliputi kelompok komoditas tanaman pangan, hortikultura, industri/perkebunan dan pakan ternak. Evaluasi lahan menghasilkan 4 kelas kesesuaian lahan, yaitu : Sangat Sesuai (S1), Cukup Sesuai (S2), Sesuai Marginal (S3) dan Tidak Sesuai (N).

Optimasi Penggunaan Lahan

Optimasi penggunaan lahan merupakan upaya pemanfaatan sumberdaya lahan secara berkelanjutan berdasarkan kesesuaian lahan dan aspek hidrologi. Ada lima penggunaan lahan (Tabel 1) yang disimulasi, yaitu skenario 1-3 yang digunakan untuk optimasi perencanaan penggunaan lahan, penggunaan lahan tahun 1969 dan penggunaan lahan perkiraan berdasarkan *trend* perubahan penggunaan lahan 1990-2002 pada 25 tahun yang akan datang. Penggunaan lahan dinyatakan optimal bila penggunaan lahan tersebut menghasilkan aliran permukaan terendah dan aliran dasar tertinggi karena kedua komponen aliran tersebut menentukan distribusi debit. Semakin tinggi aliran permukaan, semakin tinggi pula debit di musim hujan dan semakin rendah aliran dasar, maka semakin rendah debit di musim kemarau.

Tabel 1. Skenario optimasi penggunaan lahan DAS Cijalupang

Penggunaan lahan saat ini	Lereng (%)	Skenario penggunaan lahan		
		1	2	3
Hutan ¹⁾	-	Hutan	Hutan	Hutan
Pemukiman	-	Pemukiman	Pemukiman	Pemukiman
Sawah ²⁾	-	Sawah	Sawah	Sawah
Perkebunan teh ³⁾	-	Perkebunan teh	Perkebunan teh	Perkebunan teh
Tegalan ⁴⁾	0 – 30	Tegalan	Tegalan	Tegalan
	30 – 45	Hutan	Kebun campuran	Kebun campuran
Kebun campuran ⁵⁾	>45	Hutan	Hutan	Hutan
	0 – 30	Kebun campuran	Kebun campuran	Kebun campuran
	30 – 45	Hutan	Kebun campuran	Kebun campuran
	>45	Hutan	Hutan	Hutan
Semak ³⁾	0 – 30	Tegalan	Kebun campuran	Hutan
	30 – 45	Hutan	Hutan	Hutan
	>45	Hutan	Hutan	Hutan

Catatan : Tanaman hutan menggunakan nilai pertumbuhan tanaman Oak, padi sawah menggunakan *Bermudagrass*, teh dan semak menggunakan *Little Bluestem* masing-masing menggunakan *Leaf Areal Index* (LAI) 2,0 dan 2,5, tegalan menggunakan nilai pertumbuhan *Eastern gamagrass*, kebun campuran menggunakan tanaman Apple dan *Eastern gamagrass*.

Asumsi yang dipakai pada penempatan skenario ruang dari penggunaan lahan didasarkan atas asumsi berikut:

- 1) Lahan-lahan seperti hutan, sawah, perkebunan, jenis dan pola penggunaan penggunaan lahan yang secara mantap diusahakan oleh petani tetap dipertahankan,
- 2) Skenario 1 merupakan rancangan penggunaan lahan yang ditetapkan berdasarkan kesesuaian lahan dan penggunaan lahan saat ini dimana tegalan, dan kebun campuran pada kemiringan > 30% dan berdasarkan evaluasi lahan tidak sesuai (N) untuk budidaya pertanian dirubah menjadi hutan, sedangkan semak belukar pada lereng 0-30% berdasarkan evaluasi lahan sesuai untuk budidaya pertanian (S) dirubah menjadi tegalan dan > 30% menjadi hutan.
- 3) Pada skenario 2, tegalan yang berada pada lereng 30-45% dirubah menjadi kebun campuran dan >45% menjadi hutan, sedangkan semak belukar pada lereng 0-30% berdasar evaluasi lahan sesuai untuk budidaya pertanian (S) dirubah menjadi kebun campuran dan >30% menjadi hutan. Dengan menghutankan kembali lahan-lahan tersebut berarti mengembalikannya ke kondisi semula.
- 4) Skenario 3 adalah penggunaan lahan 1990. Pada tahun 1990 penggunaan lahan hutan dan kebun campuran masih tinggi.
- 5) Skenario 4 adalah penggunaan lahan 25 tahun mendatang yang disusun berdasarkan trend perubahan penggunaan lahan 1990-2002.

sebesar 2,35%. Pengurangan luas lahan lainnya terjadi pada sawah sebesar 0,93% dan semak sebesar 0,67%.

Seiring dengan berkurangnya kebun campuran, hutan, sawah dan semak terjadi penambahan luas lahan tegalan, pemukiman dan perkebunan teh masing-masing 5,64%, 5,11% dan 0,46%. Perubahan penggunaan lahan DAS Cijalupang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan penggunaan lahan DAS Cijalupang tahun 1990–2002

Penggunaan Lahan	Tahun 1990		Tahun 2002		Perubahan*	
	ha	%	ha	%	ha	%
Hutan	344,01	12,32	278,50	9,98	-65,51	-2,35
Semak	309,43	11,08	290,76	10,42	-18,67	-0,67
Perkebunan teh	23,50	0,84	36,42	1,30	12,92	0,46
Kebun campuran	719,57	25,78	516,60	18,50	-202,97	-7,27
Tegalan	790,69	28,32	948,26	33,97	157,57	5,64
Sawah	396,40	14,20	370,31	13,26	-26,10	-0,93
Pemukiman	208,10	7,45	350,86	12,57	142,76	5,11
Jumlah	2791,70	100,00	2.791,70	100,00	-	-

* Perubahan penggunaan lahan dari tahun 1990 ke tahun 2002.

Pada Tabel 2 tersebut terlihat bahwa tegalan merupakan penggunaan lahan dominan yang dijumpai di daerah penelitian. Penggunaan lahan ini diusahakan mulai pada lereng agak datar (3%) sampai pada lereng sangat curam (45%). Pada umumnya telah menerapkan teknik konservasi dengan pembuatan teras bangku dan gulud. Tanaman yang diusahakan adalah jagung, ubikayu, tembakau dan kacang-kacangan (kacang tanah, kedelai, kacang hijau). Di beberapa tempat khususnya di bawah kaki Gunung Mandalawangi bagian utara lahan diusahakan untuk tanaman sayuran seperti tomat, wortel, cabai dan kubis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan hasil analisis citra tahun 1990 dan 2002 menunjukkan bahwa kebun campuran merupakan penggunaan lahan yang paling luas mengalami pengurangan, yaitu sekitar 7,27%. Perubahan yang cukup besar juga terjadi pada penggunaan lahan hutan, yaitu

Penggunaan lahan tegalan terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pertanian lahan kering memegang peranan penting dalam memenuhi kebutuhan penduduk. Berdasarkan analisis citra landsat dapat diketahui bahwa peningkatan luas tegalan berasal dari kebun campuran, semak belukar dan hutan, sedangkan pemukiman berasal dari sawah, tegalan dan kebun campuran.

Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Karakteristik Hidrologi

Kalibrasi dan Validasi Model SWAT

Kalibrasi dan validasi dilakukan terhadap hasil air bulanan dan tahunan tahun 1990. Hasil pengujian hasil air bulanan dan tahunan disajikan pada Tabel 3, sedangkan perbandingan kurva debit hasil pengukuran stasiun pengamat dengan debit hasil simulasi disajikan pada Gambar 1.

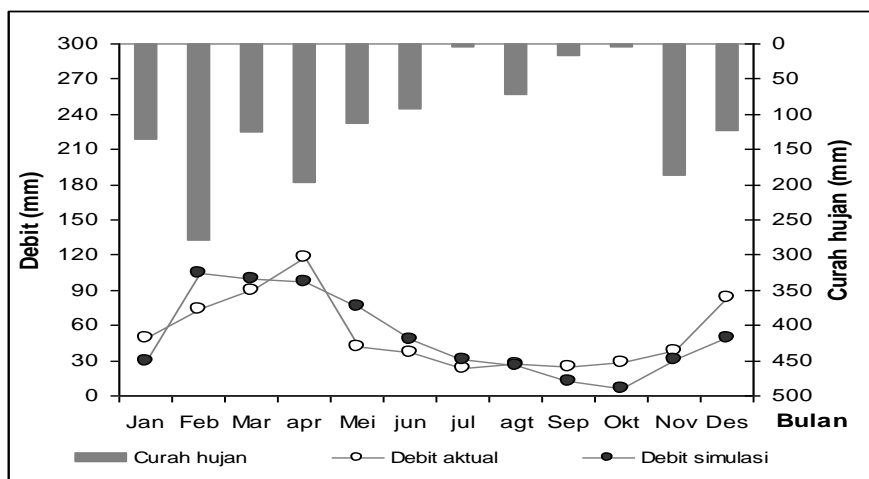
Hasil pencatatan Stasiun Cijalupang Peundeuy menunjukkan bahwa 1346,12 mm curah hujan yang jatuh di DAS Cijalupang tahun 1990 menghasilkan total hasil air sekitar 633,74 mm. Dari total hasil air tersebut sebesar 128,83 mm (20,33%) merupakan aliran permukaan, sebesar 117,78 mm (18,59%) adalah aliran lateral, sebesar 387,13 mm (61,09%) aliran dasar. Simulasi model SWAT menghasilkan total hasil air sebesar 610,10 mm. Dari total hasil air tersebut sekitar 129,68 mm (20,40%) merupakan aliran permukaan, 120,65 mm (18,98%) merupakan aliran lateral, 385,33 mm (60,62%) merupakan aliran dasar dan air yang hilang dari sungai (*tloss*) sebesar 25,56 mm (4,02%).

Tabel 3. Kalibrasi total hasil air bulanan dan tahunan tahun 1990

Bulan	Curah hujan tahun 1990*	Debit hasil pengukuran	Debit hasil simulasi
(mm)			
Januari	136,01	49,49	29,67
Pebruari	296,44	73,35	104,38
Maret	124,24	89,29	99,32
April	196,77	117,57	97,49
Mei	112,24	42,28	76,03
Juni	91,84	36,83	48,20
Juli	3,12	23,68	30,59
Agustus	71,70	26,83	25,68
September	16,98	25,04	12,32
Oktober	4,24	28,38	6,23
November	186,24	37,70	30,74
Desember	123,30	83,31	49,45
Jumlah	1346,12	633,74	610,10
Runoff	-	128,83 (20,33%)	129,68 (20,40%)
Lateral flow	-	117,78 (18,59%)	120,65 (18,98%)
Base flow	-	387,13 (61,09%)	385,33 (60,62%)

* Curah hujan hasil generate SWAT.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa SWAT sangat baik memprediksi total air tahunan. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Watson *et al.* (2003). Uji kevalidan model terhadap hasil air bulanan menunjukkan model mempunyai efisiensi (Nash Sutcliffe) 0,52 dan standar deviasi (α) 14,52. Indeks tersebut sedikit lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian yang dikemukakan oleh Fohrer dan Frede (2002).



Gambar 1. Validasi debit bulanan hasil pengukuran stasiun pengamat dengan debit hasil simulasi pada tahun 1990.

Selanjutnya model SWAT yang telah dikalibrasi untuk daerah penelitian digunakan untuk memprediksi pengaruh pengelolaan lahan terhadap hasil air di DAS Cijalupang. Tabel 4 menyajikan pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Cijalupang. Pada Tabel 4 tersebut terlihat bahwa perubahan penggunaan lahan tahunan 1990-2002 meningkatkan total hasil air meskipun tidak signifikan (+0,90%). Perubahan

yang cukup signifikan terjadi pada proporsi komponen aliran. Total aliran permukaan meningkat sebesar 20,42%, sedangkan aliran dasar dan aliran lateral menurun masing-masing sebesar 4,50% dan 1,28%.

Tabel 4. Pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi

Bulan	Curah hujan tahun 1990*	Debit simulasi tahun 1990	Debit simulasi tahun 2002	Perubahan debit
	(mm)			
Jan	136,01	29,67	30,83	
Peb	296,44	104,38	107,77	
Mar	124,24	99,32	97,92	
Apr	196,77	97,49	98,64	
Mei	112,24	76,03	74,96	
Jun	91,84	48,20	48,36	
Jul	3,12	30,59	29,14	
Agt	71,70	25,68	25,84	
Sep	16,98	12,32	12,09	
Okt	4,24	16,23	16,02	
Nov	186,24	30,74	34,88	
Des	123,30	49,45	49,16	
Total	1346,12	610,10	615,62	+0,90%
Runoff	-	129,68	156,16	+20,42%
Lateral flow	-	120,65	119,10	-1,28%
Base flow	-	385,33	368,00	-4,50%

* Curah hujan hasil generate SWAT.

Meningkatnya aliran permukaan disebabkan berkurangnya kemampuan tanah meretensi air akibat meningkatnya bilangan kurva aliran permukaan (*curve number/CN*) DAS tersebut. Semakin tinggi CN, semakin sedikit air yang dapat diretensi tanah, akibatnya semakin besar curah hujan yang langsung menjadi debit. Debit akan semakin tinggi di musim hujan dan semakin rendah di

musim kemarau karena berkurangnya pengisian air bawah tanah.

Berdasarkan analisis, pada tahun 1990 rata-rata CN DAS Cijalupang adalah 57,62. Dengan bilangan tersebut kemampuan tanah rata-rata meretensi air hujan adalah 37,36 mm dan aliran permukaan terjadi pada saat kandungan air tanah rata-rata melebihi 37,36 mm. Curah hujan yang langsung menjadi debit mencapai 9,63% (Tabel 3). Pada tahun 2002 rata-rata CN meningkat menjadi 57,92 dan menurunkan kemampuan rata-rata meretensi air hujan menjadi 36,91 mm. Pada kondisi tersebut aliran permukaan terjadi pada saat kandungan air tanah rata-rata melebihi 36,91 mm. Dengan menurunnya kemampuan tanah meretensi air hujan tersebut jumlah curah hujan yang langsung menjadi debit meningkat menjadi 11,60% (Tabel 4). Pada Tabel 4 tersebut terlihat bahwa total debit bulanan pada tahun 2002 umumnya meningkat pada musim hujan (November-Juni) dan menurun pada musim kemarau (Juli-Oktober) dibandingkan dengan tahun 1990.

Penilaian Kesesuaian Lahan

Kelas kesesuaian lahan daerah penelitian tergolong Sesuai Marginal (S3), hanya komoditas manggis yang tergolong Cukup Sesuai (S2) (Tabel 5). Faktor penghambat pengembangan adalah : faktor iklim berupa temperatur (tc) dan ketersediaan air (wa); sifat fisik dan kimia tanah berupa ketersediaan oksigen (oa), media perakaran (rc) dan retensi hara (nr).

Tabel 5. Kelas kesesuaian lahan dan kendala pengembangannya di daerah penelitian

Kelompok tanaman	Jenis komoditas yang direkomendasikan	Kelas kesesuaian lahan	Kendala pengembangan
Tan. Pangan	padi gogo, jagung, gandum, ubikayu, talas, kacang tanah dan kacang tunggak	S3rc, S3oa, S3oarc, S3rcnr, S3nr.	media perakaran (rc), ketersediaan oksigen (oa) dan retensi hara (nr).
Tan. horti.			
- Sayuran	bawang merah, bawang putih, cabe, paprika, kubis, brokoli dan asparagus.	S3oa, S3rcnr, S3nr.	ketersediaan oksigen (oa), media perakaran (rc), retensi hara (nr).
- Buah	mangga, sirsak, klenteng, sawo, petai, salak, manggis, nanas, anggur dan strawberry.	S2tcnr, S3oa, S3oarc, S3rc, S3rcnr, S2nr, S3nr.	temperatur (tc), ketersediaan oksigen (oa), media perakaran (rc), retensi hara (nr).
Tan. industri/ perkebunan	tembakau, kina, kemiri	S3waoa, S3wanr, S3warcnr, S3oa, S3rc, S3nr, S3rcnr.	ketersediaan air (wa), ketersediaan oksige (oa), media perakaran (rc), retensi hara (nr).
Pakan ternak	-	-	-

Catatan : S2 = Cukup Sesuai, S3 = Sesuai Marginal, tc = temperatur, oa = ketersediaan oksigen, rc = drainase, tekstur dan bahan kasar, nr = retensi hara.

Temperatur rata-rata tahunan (tc) merupakan faktor penghambat tanaman manggis. Faktor penghambat ketersediaan air (wa) berupa kelembaban udara dijumpai pada tanaman tembakau, sedangkan faktor penghambat ketersediaan oksigen (oa) karena drainase yang buruk menghambat perkembangan semua kelompok tanaman pada *landform* Dataran Aluvial. Media perakaran (rc) menghambat perkembangan tanaman melalui tekstur tanah yang sangat halus dan bahan kasar di beberapa pedon. Tekstur tanah yang sangat halus dijumpai pada *landform* Lereng Bawah dan Tengan Volkan, sedangkan bahan kasar dijumpai pada *landform* Lereng Atas Volkan. Faktor

penghambat lainnya adalah retensi hara (nr) berupa rendahnya pH dan KB tanah dijumpai hampir disemua pedon yang diteliti.

Optimasi Penggunaan Lahan DAS Cijalupang

Hasil analisis kelas kesesuaian lahan digunakan dalam optimasi dengan mengintegrasikannya dalam penyusunan skenario. Misalnya Skenario 1 merupakan rancangan penggunaan lahan yang ditetapkan berdasarkan kesesuaian lahan dan penggunaan lahan saat ini dimana tegalan, dan kebun campuran pada kemiringan > 30% dan

berdasarkan evaluasi lahan tidak sesuai (N) untuk budidaya pertanian dirubah menjadi hutan, sedangkan semak belukar pada lereng 0-30% berdasarkan evaluasi lahan sesuai untuk budidaya pertanian (S) dirubah menjadi tegalan dan > 30% menjadi hutan.

Luas masing-masing penggunaan lahan dengan 3 skenario disajikan pada Tabel 6 dan pengaruhnya terhadap karakteristik hidrologi DAS disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Luasan masing-masing penggunaan lahan pada setiap skenario penggunaan lahan di DAS Cijalupang

Tipe Penggunaan Lahan	Luas Penggunaan Lahan (%)			
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Perkiraan*
Hutan	29,98	20,25	22,88	8,77
Semak belukar	0,00	0,00	0,00	2,08
Perkebunan teh	1,30	1,30	1,30	1,30
Kebun camp.	17,25	29,60	26,98	2,36
Tegalan	25,63	23,01	23,01	54,43
Sawah	13,26	13,26	13,26	9,48
Pemukiman	12,57	12,57	12,57	21,57
Jumlah	100,00	100,00	100,00	100,00

* Penggunaan lahan 25 Tahun mendatang yang diprediksi berdasarkan *trend* 1990-2002 dan merupakan Skenario 4.

Tabel 7. Rekapitulasi pengaruh skenario penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi

Bulan	Curah hujan 1990*	Tahun 2002	Skenario_1	Skenario_2	Skenario_3	Perkiraan**
(mm)						
Jan	136,01	30,83	30,66	30,67	30,64	34,18
Peb	296,44	107,77	106,58	106,99	106,85	117,64
Mar	124,24	97,92	98,68	98,30	98,35	96,54
Apr	196,77	98,64	96,90	97,30	97,26	98,90
Mei	112,24	74,96	74,86	74,56	74,54	73,13
Jun	91,84	48,36	47,94	48,23	48,20	49,52
Jul	3,12	29,14	29,41	19,40	29,42	26,23
Agt	71,70	25,84	25,63	25,87	25,83	26,92
Sep	16,98	12,09	12,28	12,29	12,30	11,51
Okt	4,24	16,02	16,14	16,15	16,15	5,70
Nov	186,24	34,88	34,43	34,58	34,46	45,60
Des	123,30	49,16	49,16	49,29	49,27	49,73
Total	1346,12	615,62	612,68	613,63	613,27	635,59
Runoff	-	156,16	150,48	153,38	152,85	202,04
Lat. flow	-	119,10	120,28	119,51	119,58	115,21
Base flow	-	368,00	370,21	369,27	369,53	331,34

* Curah hujan hasil bangkitan SWAT,

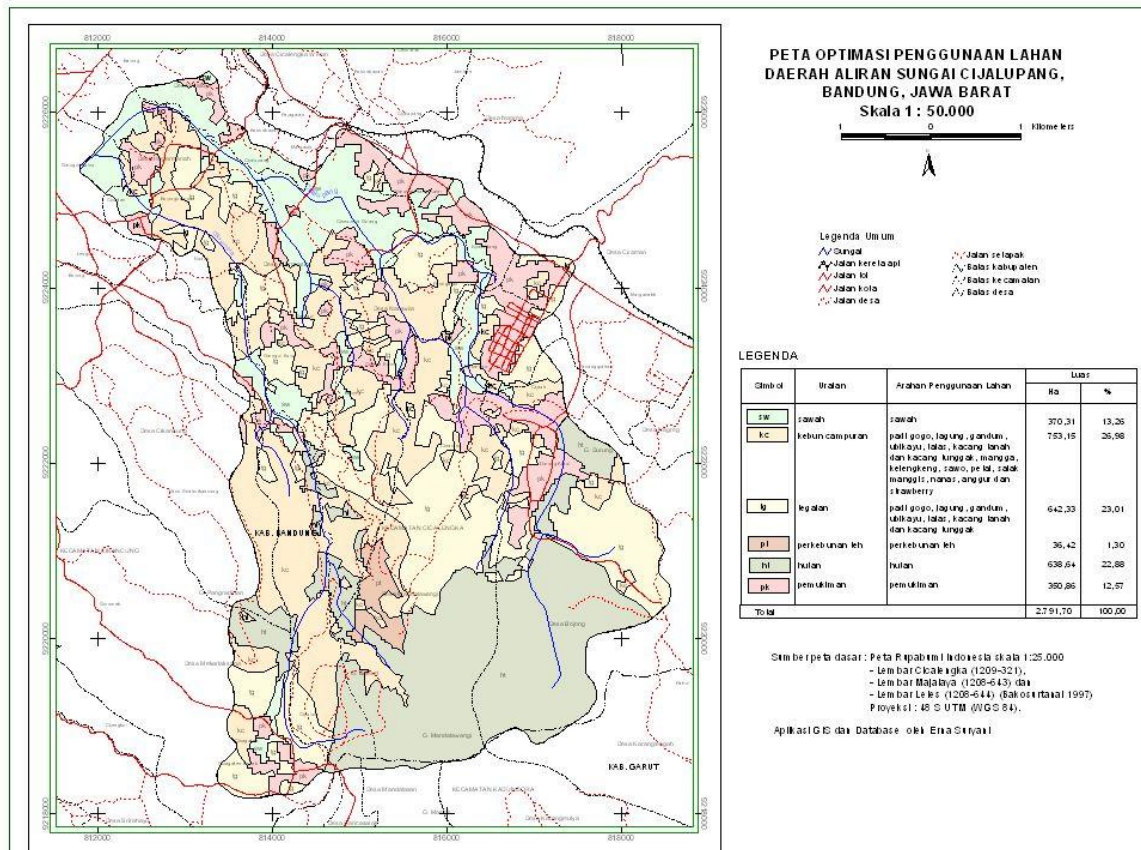
** Penggunaan lahan 25 Tahun mendatang yang diprediksi berdasarkan *trend* 1990-2002 dan merupakan Skenario 5.

Penggunaan lahan berdasarkan *trend* 1990-2002 jumlah curah hujan yang langsung menjadi debit meningkat menjadi 96,86%. Aliran lateral menurun masing-masing 5,00% dan 8,10% demikian juga dengan aliran dasar menurun masing-masing 7,47% dan 16,69%. Meningkatkan jumlah curah hujan yang berubah langsung menjadi debit menyebabkan meningkatnya debit di musim hujan, menurut Agus *et al.* (2003) mengindikasikan peningkatan banjir. Sebaliknya akan terjadi kekeringan di musim kemarau karena menurunkan pengisian air bawah tanah.

Pada Tabel 7 terlihat bahwa perbandingan skenario 1, 2 dan 3 terlihat bahwa skenario 1 merupakan penggunaan lahan yang menghasilkan aliran permukaan terendah dan aliran dasar tertinggi dibandingkan dengan skenario penggunaan lahan lainnya (2 dan 3). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan lahan yang didasarkan kepada kesesuaian lahan dapat menciptakan kondisi hidrologi DAS yang lebih baik. Berdasarkan hasil analisis skenario 1 dapat menurunkan total hasil air sebesar 0,48% dan aliran permukaan sebesar 3,64%. Aliran lateral meningkat sebesar 0,99% dan aliran dasar sebesar 0,60% dibandingkan dengan penggunaan lahan tahun 2002.

Skenario 3 dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 2,12% dan meningkatkan aliran lateral dan aliran dasar masing-masing 0,40% dan 0,42%, sedang skenario 2 menurunkan aliran permukaan sebesar 1,78% dan meningkatkan aliran lateral dan aliran dasar masing-masing 0,34% dan 0,35% dibandingkan tahun 2002.

Hasil analisis perubahan penggunaan lahan (Tabel 2) memperlihatkan bahwa tegalan memegang peranan penting dalam menopang kehidupan masyarakat. Kenyataan ini mengisyaratkan bahwa optimasi penggunaan lahan di DAS Cijalupang selain mempertimbangkan kelas kesesuaian lahan dan aspek hidrologi juga perlu memperhatikan penggunaan lahan saat ini. Berdasarkan hal tersebut, skenario 1 kurang tepat diterapkan di daerah penelitian meskipun menghasilkan kondisi hidrologi yang relatif lebih baik. Skenario 3 merupakan rancangan penggunaan lahan optimal untuk daerah penelitian.



Gambar 2. Peta optimasi penggunaan lahan skenario 3.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Dalam periode waktu 1990-2002 terjadi pengurangan luas kebun campuran sekitar 7,27% dan hutan sebesar 2,35%. Seiring dengan pengurangan kebun campuran dan hutan terjadi peningkatan luas tegalan sebesar 5,64% dan pemukiman sekitar 5,11%.
2. SWAT mampu memprediksi dengan baik total hasil air tahunan. Untuk hasil air bulanan SWAT mempunyai efisiensi Nash Sutcliffe sebesar 0,52 dan standar deviasi 14,52.
3. Perubahan penggunaan lahan tahun 1990-2002 meningkatkan total hasil air meskipun tidak signifikan (+0,90%). Perubahan yang cukup signifikan terjadi pada proporsi komponen alirannya. Total aliran permukaan meningkat sebesar 20,42%, sedangkan aliran dasar dan aliran lateral menurun masing-masing 4,50% dan 1,28%.
4. Penggunaan lahan yang didasarkan atas kesesuaian lahan dapat menciptakan kondisi hidrologi yang lebih baik. Berdasarkan hal tersebut skenario 3 yaitu tegalan yang berada pada lereng 30-45% dirubah menjadi kebun campuran dan >45% menjadi hutan, sedangkan semak belukar pada lereng 0-30% berdasar evaluasi lahan sesuai untuk budidaya pertanian (S) dirubah menjadi kebun campuran dan >30% menjadi hutan, merupakan rancangan penggunaan lahan optimal

daerah penelitian. Rancangan penggunaan lahan ini mampu menurunkan aliran permukaan sebesar 2,12% dan meningkatkan aliran lateral dan aliran dasar masing-masing sebesar 0,40% dan 0,42%.

Saran

Perlu dikembangkan database tanaman untuk daerah tropis (Indonesia) agar hasil simulasi dapat menggambarkan parameter yang diuji.

Optimasi penggunaan lahan suatu DAS hendaknya tidak saja didasarkan atas kesesuaian lahan dan aspek hidrologi tetapi juga didasarkan kepada analisis usahatani, yaitu pendapatan yang diperoleh dari penggunaan lahan yang direkomendasikan, dampak terhadap lingkungan serta kemampuan masyarakat mengadopsi teknologi konservasi yang disarankan.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, F., Wahyunto, dan G. Irianto. 2003. Evaluation of flood mitigation function of several land use systems in selected areas of Java, Indonesia. Paper presented at Japan/OECD Expert Meeting on Land Conservation Indicators, 13 – 15 May, 2003 Kyoto, Japan.

Apriyanto, H. 2001. Indeks konservasi sebagai instrumen pengendali pemanfaatan ruang kawasan konservasi

- DAS Ciliwung di Bopunjur [tesis] Bandung: Program Magister Teknik Lingkungan, Bidang Khusus Teknologi Pengelolaan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Djaenudin, D., H. Marwan, H. Subagjo, dan A. Hidayat. 2003. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian. Ed ke-1. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Fohrer, N., and H. G. Frede. 2002. An integrated modelling approach to sustainable land use concept in a low mountain range area. Institute of Natural Resources Management, Justus-Liebig-University Giessen Heinrich-Buff-Ring 26-32, D-35392 Giessen, Germany.
- Girolamo de, A. M., A. Lo Porto, G. Passarella, and M. Garnier. 2003. Evaluation of the optimal location of monitoring sites based on hydrologic models and GIS technology. Ed ke-2. International SWAT Conference. Bary, Italy. July 1st – 4th, 2003.
- Laurini, B. and D. Thompson. 1995. Fundamental of Spatial Information Systems. Academic Press. London.
- Neitsch, S. L., J. G. Arnold, J. R. Kiniry, and J. R. Williams. 2001a. Soil and Water Assessment Tool; Theoretical Documentation Version 2000. Soil and Water Research Laboratory – ARS. Texas.
- Neitsch, S. L., J. G. Arnold, J. R. Kiniry, and J. R. Williams. 2001b. Soil and Water Assessment Tool; User's Manual Version 2000. Soil and Water Research Laboratory – ARS. Texas.
- Rossiter, D. G. and A. R. Van Wambeke. 1997. Automated Land Evaluation System (ALES). Version 4.65 User's Manual. Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Science. SCAS Teaching Series No. T93-2 Revision 6. Ithaca, NY USA.
- Saefulhakim, R. S. and K. Otsubo. 1999. Development of a Landuse/Cover Change Model for Indonesia. Land Use for Global Environmental Conservation (LU/GEC). Final Report of the LU/GEC first phase (1995-1997). Edited by Kuninori Otsubo. Center for Global Environmental Research. National Institute for Environmental Studies. Environment Agency of Japan. p 72-87.
- Watson, B., M. Ghafouri, and S. Selvalingam. 2003. Predicting catchment water balance in southern australia using SWAT. Ed-2. International SWAT Conference. Bary, Italy. July 1st – 4th, 2003.
-