

SIMULASI MANAJEMEN LAHAN DI DAS CILIWUNG HULU MENGGUNAKAN MODEL SWAT

Simulation of Land Management in Use Hulu Ciliwung SWAT Model

Rahmah Dewi Yustika¹⁾, Suria Darma Tarigan²⁾, Yayat Hidayat²⁾ dan Untung Sudadi²⁾

¹⁾Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar no.12 Cimanggu Bogor

²⁾Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

E-mail rd_yustika@yahoo.com

(Makalah diterima, 21 Nopember 2012 – Revisi, 17 Desember 2012)

ABSTRAK

Pengelolaan DAS merupakan masalah serius karena luas lahan kritis meningkat yang diakibatkan oleh pengelolaan lahan yang tidak sesuai dengan kesesuaian dan kemampuannya dan tidak disertai dengan usaha konservasi tanah dan air, serta perubahan pola penggunaan lahan bervegetasi. Pengukuran lapangan parameter yang berpengaruh terhadap hidrologi suatu DAS tidak mudah dilakukan karena karakteristik yang bersifat kompleks dan komprehensif. SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) merupakan suatu model yang dapat membantu dalam memperkirakan kondisi hidrologi berbasis proses fisik (*physical based model*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai validasi aplikasi model SWAT di sub DAS Ciliwung Hulu dan menentukan Pengelolaan Lahan Terbaik (PLT) pada lahan pertanian di sub DAS Ciliwung Hulu. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan data, pengolahan data input, penggunaan model SWAT, kalibrasi, validasi dan simulasi Pengelolaan Lahan Terbaik (PLT). Penelitian dilaksanakan dari bulan Juni 2011 sampai dengan Juni 2012. Validasi debit harian bulan Februari dan Maret tahun 2009 dan 2011 menunjukkan R 0,88 dan NSE 0,74. Nilai kalibrasi ini menunjukkan bahwa model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi kondisi hidrologi pada sub DAS Ciliwung Hulu. Aplikasi teras bangku, penanaman menurut kontur, penanaman menurut strip dan agroforestri dapat menurunkan aliran permukaan. Teras bangku terbukti paling efektif menurunkan aliran permukaan hingga 79,21%.

Kata kunci: debit, kalibrasi, pengelolaan lahan, SWAT, validasi

ABSTRACT

Serious problems encountered in watershed management are related to the vegetated-land conversion and increasing areas of critical land. The later is caused by improper land management ignoring land capability and suitability status, lack of application soil and water conservation techniques and landuse changes. Measurement of various field parameters in watershed scale was not easy because of its complex characteristics which sometime interrelated to each other. A Modelling using Soil and Water Assessment Trool (SWAT) can be useful to understand processes involving those parameters in a watershed. The objectives of this research are: to analyze validation value of SWAT model in sub watershed Ciliwung Hulu and to simulate Best Management Practices in agriculture field in sub watershed Ciliwung Hulu. Methods applied including collection of primary and secondary data, preparation and analyze the input data, application of the SWAT model, analyze of the calibration parameters, determination of the validation values and simulation land management. The research was held in the period of June 2011 until June 2012. Based on the data of daily discharge flow in February and March 2009 and 2011, the validation results showed values of R 0,88 and NSE 0,74. These results described that SWAT model can be used to predict hydrological processes in Ciliwung Hulu watershed. Furthermore, based on simulation of land management, terrace is the most effective soil conservation technique which can reduce surface runoff until 79,21%.

Keywords: calibration, discharge flow, land management, SWAT, validation

PENDAHULUAN

Pengelolaan DAS merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas sumberdaya alam dan ekosistem DAS. DAS Ciliwung Hulu termasuk ke dalam DAS yang banyak mendapatkan perhatian karena di bagian wilayah hilir DAS Ciliwung yaitu ibukota negara (Jakarta) sering mengalami kejadian banjir.

Tekanan pembangunan yang tinggi pada sub DAS Ciliwung Hulu menyebabkan DAS ini tergolong salah satu DAS yang mengalami degradasi. Kondisi ini dicirikan oleh pengelolaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuannya dan tidak disertai dengan usaha konservasi tanah dan air, serta perubahan pola penggunaan lahan bervegetasi.

Pemanfaatan DAS secara intensif mengakibatkan terjadinya konversi lahan di bagian hulu yang membawa dampak negatif terhadap keseimbangan dan kualitas sumberdaya air. Konversi lahan pada umumnya terjadi pada penggunaan lahan hutan menjadi daerah perkebunan dan pertanian, daerah perkebunan menjadi lahan pertanian dan permukiman, daerah pertanian menjadi permukiman dan industri. Tidak jarang terdapat daerah hutan dan perkebunan yang berubah menjadi tanah kosong, terlantar dan gundul yang kemudian menjadi lahan kritis. Fakhruddin (2003) mengemukakan bahwa, berdasarkan hasil analisis penggunaan lahan, luas permukiman di sub DAS Ciliwung meningkat secara substansial dari 1990 sampai 1996 (meningkat 67,88%). Penurunan luas lahan pertanian dan hutan, dan peningkatan luas lahan terbangun tersebut telah meningkatkan debit puncak hidrograf pada Stasiun Katulampa dari 150 m³ dt-1 menjadi 205 m³ dt-1.

Manajemen pengelolaan lahan diperlukan agar lahan dapat dipergunakan secara lestari dan berkesinambungan (sustainable). Berbagai teknologi konservasi tanah vegetatif (strip cropping, alley cropping) dan mekanik (teras, gulud, saluran pengelak) pada lahan pertanian dapat diaplikasikan untuk menjaga dan memperbaiki kualitas tanah. Desa Megamendung Kabupaten Bogor yang terletak di Sub DAS Ciliwung Hulu telah menerapkan teknik konservasi teras (Mulyana et al. 2011). Kualitas tanah yang baik pada akhirnya memberikan dampak positif terhadap ekosistem sekitarnya.

Penggunaan model sebagai suatu penyederhanaan dari realitas yang sebenarnya diperlukan untuk membantu dalam memprediksi proses yang terjadi di dalam DAS. SWAT (Soil and Water Assessment Tool) merupakan suatu model yang dapat memperkirakan kondisi hidrologi berbasis proses fisik (physical based model), sehingga memungkinkan sejumlah proses fisik yang berbeda untuk disimulasikan pada suatu DAS (Neitsch et al. 2010). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai validasi aplikasi model SWAT di sub DAS Ciliwung Hulu dan menentukan Pengelolaan Lahan Terbaik (PLT) pada lahan pertanian di sub DAS Ciliwung Hulu.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di sub DAS Ciliwung Hulu yang terletak pada posisi 6°37' - 6°46' LS dan 106°50' - 107°0' BT. Lokasi DAS Ciliwung Hulu secara administratif meliputi 5 wilayah kecamatan yaitu Bogor Timur, Ciawi, Sukaraja,

Megamendung dan Cisarua. Kegiatan penelitian lapang dilaksanakan mulai bulan Juni 2011 sampai dengan Juni 2012.

Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Berikut data yang digunakan:

- Data iklim harian tahun 2006-2011 yang meliputi penyinaran matahari, temperatur dan kecepatan angin (Balai Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II Citeko)
- Data curah hujan harian tahun 2006-2011 stasiun Citeko, Gunung Mas dan Gadog yang diperoleh dari Balai Pendayagunaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane dan Balai Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Darmaga.
- Peta DEM (*Digital Elevation Model*) resolusi spasial 30 x 30 m
- Peta penggunaan lahan tahun 2010
- Peta Tanah Semidetil skala 1:50.000 Pusat Penelitian Tanah 1992, data sifat tanah hasil pengambilan contoh tanah dan literatur (Soekardi dan Djaenudin 1987, Subardja dan Buurman 1980)
- Data debit harian tahun 2008-2011 yang diperoleh dari Balai Pendayagunaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane.
- Alat yang digunakan adalah komputer dengan *software* ArcSWAT ver 2009.93.7b, SWAT CUP 4.3.7, *SWAT Plot and Graph*.

Metode

Berbagai input yang dibutuhkan meliputi data iklim, peta DEM, peta penggunaan lahan, peta dan data tanah serta data biofisik DAS dimasukkan ke dalam model SWAT sehingga dihasilkan suatu keluaran (output). Pada hasil keluaran tersebut dilakukan kalibrasi dan validasi untuk mengetahui tingkat keakuratan model. Berbagai teknik konservasi tanah disimulasikan untuk mengetahui Pengelolaan Lahan Terbaik di sub DAS Ciliwung Hulu.

Pengumpulan data

Data sekunder yang dikumpulkan meliputi data iklim, data tanah, data penggunaan lahan dan data hidrologi. Data tersebut diperoleh dari berbagai instansi seperti Balai Pendayagunaan Sumberdaya Air Wilayah Sungai Ciliwung Cisadane (PSDA), Balai Besar Pengembangan Sumberdaya Lahan (BBSDL), serta Balai Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Citeko dan Darmaga.

Pengolahan data input

- Pengolahan data input spasial membutuhkan data DEM dan batas DAS yang dilakukan menggunakan program ArcGIS. Data tersebut digunakan dalam rangka untuk membuat *watershed delineator* (delineasi DAS).
- Pembuatan HRU membutuhkan data input penggunaan lahan, tanah dan lereng.
- Pembuatan basis data iklim untuk membuat data generator iklim (*weather generator data*) membutuhkan parameter

input yang harus dihitung terlebih dahulu berdasarkan data iklim.

Penggunaan model ArcSWAT

Model SWAT mempunyai beberapa keunggulan yaitu dibangun berdasarkan proses yang terjadi dengan menghimpun informasi mengenai iklim, sifat tanah, topografi, tanaman dan pengelolaan lahan yang terdapat dalam DAS, mempunyai data input yang sudah tersedia, dapat dikerjakan secara efisien menggunakan komputer sehingga hemat waktu dan biaya dan memungkinkan pengguna untuk mengevaluasi dampak jangka panjang dalam suatu DAS (Neitsch et al. 2005). Terdapat beberapa tahapan dalam penggunaan model SWAT yaitu: deliniasi DAS, analisis HRU (Hydrology Response Unit), input data iklim, membangun input data dan Run SWAT.

Kalibrasi

Pada tahap kalibrasi, data yang akan digunakan yaitu data debit harian observasi dan simulasi bulan Februari – Maret tahun 2008 dan 2009. Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi merupakan parameter yang sensitif terhadap kondisi hidrologi DAS Ciliwung Hulu.

Validasi

Validasi dilakukan dengan menggunakan data debit harian bulan Februari – Maret tahun 2009 dan 2011 dengan memasukkan parameter yang sudah dikalibrasi pada data simulasi dan kemudian dibandingkan datanya dengan data observasi. Metode statistik yang digunakan adalah korelasi koefisien Pearson (R) dan NSE (*Nash Sutcliffe Efficiency*). Kriteria nilai statistik untuk NSE disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kriteria Nilai Statistik NSE

Kriteria	NSE
Sangat baik	$0,75 < NSE < 1,00$
Baik	$0,65 < NSE < 0,75$
Memuaskan	$0,50 < NSE < 0,65$
Kurang memuaskan	$NSE \leq 0,50$

sumber: Moriasi et al. (2007)

Simulasi Pengelolaan Lahan Terbaik (PLT)

Dilakukan beberapa skenario pengelolaan lahan yang mendukung terhadap kegiatan konservasi tanah. Pemilihan skenario dilakukan dengan memilih file.ops (Scheduled Management Operations) dan kemudian dilakukan simulasi pada teknologi konservasi yaitu penggunaan teras, penanaman menurut kontur, penanaman strip (strip cropping) dan agroforestri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik SUB DAS Ciliwung Hulu

Kedaaan Umum

Besar luasan sub DAS Ciliwung Hulu adalah 14.325,8 ha. Sub DAS Ciliwung Hulu terdiri dari 7 sub DAS yaitu: Tugu, Cisarua, Cibogo, Cisukabirus, Ciesek, Ciseuseupan dan Katulampa. Sub DAS Ciliwung Hulu mempunyai batas sebagai berikut:

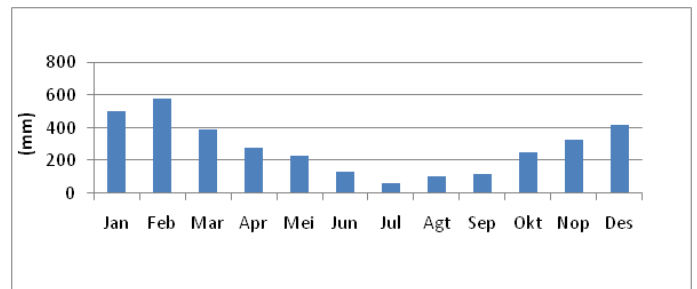
(1) sebelah timur berbatasan dengan DAS Cikarang Gabah, DAS Citarum

- (2) sebelah barat berbatasan dengan DAS Cisadane
- (3) sebelah utara berbatasan dengan DAS Cikeas Bekasi
- (4) sebelah selatan berbatasan dengan DAS Cikundul.

Iklim

Rata-rata curah hujan dari 3 stasiun curah hujan yaitu Citeko, Gunung Mas, Gadog selama 6 tahun (2006-2011) menunjukkan bahwa curah hujan maksimum terjadi pada bulan Februari sebesar 574 mm dan diikuti bulan Januari sebesar 499,5 mm. Curah hujan minimum terjadi pada bulan Juli yaitu sebesar 69,1 mm. Grafik dari sebaran rata-rata curah hujan dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan data dari stasiun iklim Citeko tahun 2006-2011, rata-rata kecepatan angin paling besar terjadi pada bulan September mencapai $1,8 \text{ m det}^{-1}$. Rata-rata penyinaran matahari lebih besar terjadi pada bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober. Penyinaran matahari mencapai puncaknya pada bulan September sebesar $18,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$. Temperatur rata-rata bulanan maksimum dari BMKG Citeko selama 6 tahun (2006-2011) menunjukkan sekitar $27,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ terjadi di bulan September dan $27,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ terjadi di bulan Oktober.



Gambar 1. Rata-rata curah hujan tahun 2008-2011

Topografi

Topografi Sub DAS Ciliwung Hulu bervariasi mulai dari datar (0-8%), berombak (8-15%), bergelombang (15-25%), berbukit dan bergunung (25-40%), serta bergunung curam (>40%). Kelerengan merupakan faktor yang mempengaruhi karakteristik aliran air karena dapat menentukan besar dan kecepatan volume *run-off*.

Jenis Tanah

Jenis tanah yang terdapat pada DAS Ciliwung Hulu berdasarkan peta tanah semidetil skala 1:50.0000 Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat 1992 menunjukkan bahwa terdapat 10 jenis tanah. Persentase sebaran luasan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas jenis tanah DAS Ciliwung Hulu

No	Nama	Luas (ha)	Persen
1	Asosiasi Andic Humitropepts-Typic Dystropepts	2.729,5	19,1
2	Asosiasi Typic Hapludands-Typic Tropopsammnts	3.343,8	23,3
3	Asosiasi Typic Humitropepts-Typic Eutropepts	43,4	0,3
4	Kompleks Typic Tropopsammnts - Lithic Troporthents	5,9	0,0
5	Kompleks Typic Troporthents-Typic Fluvaquents	237,4	1,7
6	Konsosiasi Typic Dystropepts	1.827,9	12,8
7	Konsosiasi Typic Eutropepts	2.072,8	14,5
8	Konsosiasi Typic Hapludands	2.277,0	15,9
9	Konsosiasi Typic Hapludalts	1.628,0	11,4
10	Konsosiasi Typic Humitropepts	160,2	1,1
Jumlah		14.325,8	100,0

Penggunaan Lahan

Jenis penggunaan lahan pada suatu DAS sangat mempengaruhi hidrologi kawasan tersebut. Penggunaan lahan tahun 2010 yang terdapat di DAS Ciliwung Hulu berdasarkan proses delineasi adalah kebun campuran (38%), hutan sekunder (19,9%), tegalan/ladang (17%), perkebunan (15,5%), pemukiman (7%), hutan primer (1,8%), semak/belukar (0,7%) dan tanah terbuka (0,1%).

Kalibrasi dan Validasi

Kalibrasi

Kalibrasi merupakan proses pemilihan kombinasi parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi yang diamati/diukur dengan hasil simulasi. Kalibrasi model dilakukan untuk mendapatkan kondisi yang adaptif di lapangan. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan data debit harian observasi dengan data simulasi selama 2 bulan (Februari dan Maret) tahun 2008 dan 2009. Parameter yang sensitif terhadap perubahan debit yaitu CN2, ESCO, EPCO, GW_REVAP, GWQMN dan RCHRG_DP (Santhi *et al.* 2006). Jha *et al.* (2006) mengemukakan bahwa parameter yang sensitif dalam melakukan perhitungan nilai debit adalah CN, SOL AWC, GW_DELAY, GW_Alfa dan SURLAG. Setiap daerah memiliki karakteristik tersendiri yang bervariasi sehingga parameter yang digunakan untuk kalibrasi pada suatu daerah dapat berbeda dengan daerah lainnya.

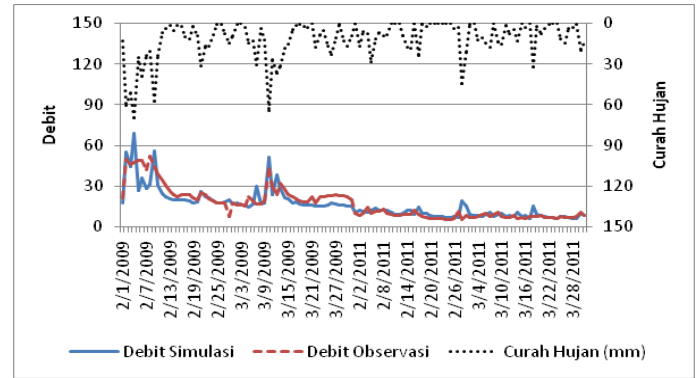
Parameter yang digunakan dalam proses kalibrasi pada DAS Ciliwung Hulu yaitu bilangan kurva aliran permukaan (CN), faktor alpha aliran dasar (ALPHA_BF), lama 'delay' air bawah tanah (GW_DELAY), kedalaman minimum air pada perairan dangkal (GWQMN), koefisien *revap* air bawah tanah (GW_REVAP), fraksi perkolasi perairan dalam (RCHRG_DP), faktor evaporasi tanah (ESCO), faktor *uptake* tanaman (EPCO), nilai Manning untuk saluran utama (CH_N2), hantaran hidrolik pada saluran utama aluvium (CH_K2), faktor alpha aliran dasar untuk 'bank storage'(ALPHA_BNK) dan koefisien *lag* aliran permukaan (SURLAG). Simulasi dilakukan untuk menentukan nilai yang optimal sesuai kondisi di lapangan.

Validasi

Validasi adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model dalam memprediksi proses hidrologi

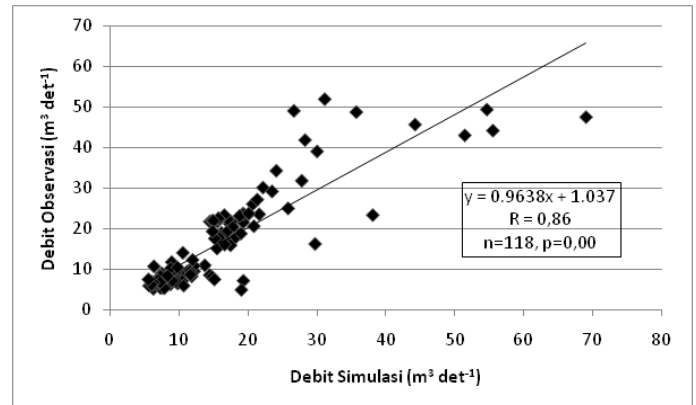
(Indarto 2012). Langkah validasi bertujuan untuk membuktikan bahwa suatu proses/metode dapat memberikan hasil yang konsisten sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan data harian debit observasi dengan data harian debit simulasi bulan Februari-Maret tahun 2009 dan 2011.

Pada Gambar 2 terlihat grafik hidrograph aliran simulasi sebelum validasi dan hidrograf observasi (bulan Februari-Maret tahun 2009 dan 2011). Korelasi sebelum validasi dilakukan didapat nilai R sebesar 0,86 (Gambar 3) dan NSE sebesar 0,74 (baik).

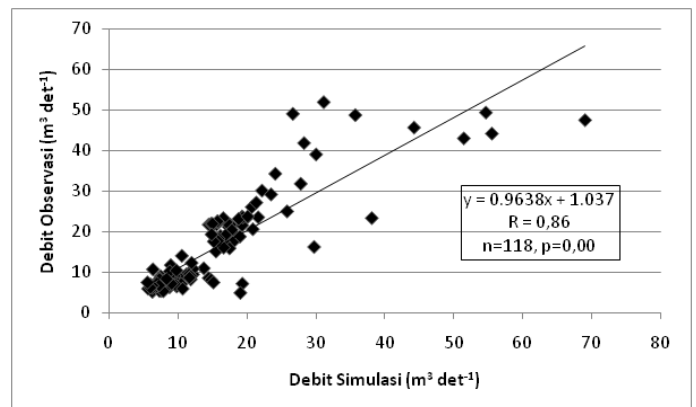


Gambar 2. Hidrograf aliran simulasi sebelum validasi dan hidrograf observasi (bulan Februari-Maret tahun 2009 dan 2011)

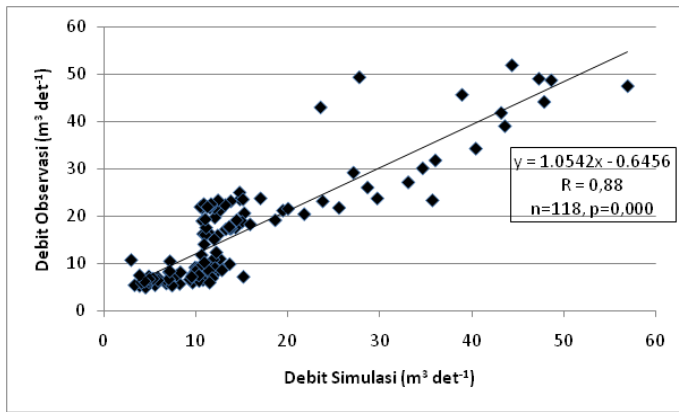
Gambar 3. Debit harian simulasi sebelum validasi dan dan debit



harian observasi (bulan Februari-Maret tahun 2009 dan 2011)



Gambar 4. Hidrograph aliran simulasi setelah proses validasi dan hidrograph observasi (bulan Februari-Maret tahun 2009 dan 2011)



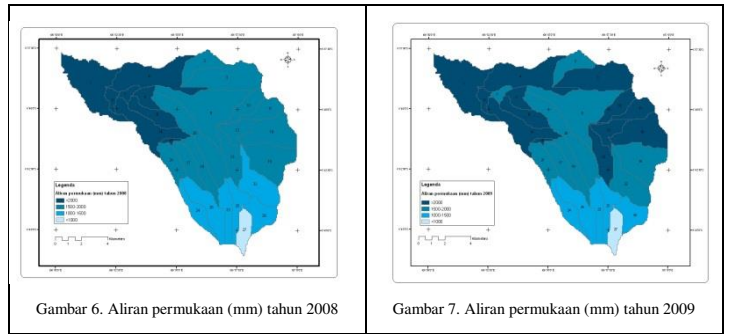
Gambar 5. Debit harian simulasi setelah validasi dan dan debit harian observasi (bulan Februari-Maret tahun 2009 dan 2011)

Parameter hasil kalibrasi kemudian dimasukkan ke dalam simulasi validasi. Pada Gambar 4 disajikan grafik hidrograf aliran simulasi setelah proses validasi dan hidrograf observasi (bulan Februari-Maret tahun 2009 dan 2011). Dari hasil simulasi validasi tersebut maka didapatkan nilai validasi untuk R (Gambar 5) adalah 0,88 dan NSE adalah 0,74 (baik). Hasil validasi dengan NSE 0,74 menunjukkan bahwa model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi kondisi hidrologi pada DAS Ciliwung Hulu.

Pengelolaan Lahan Terbaik

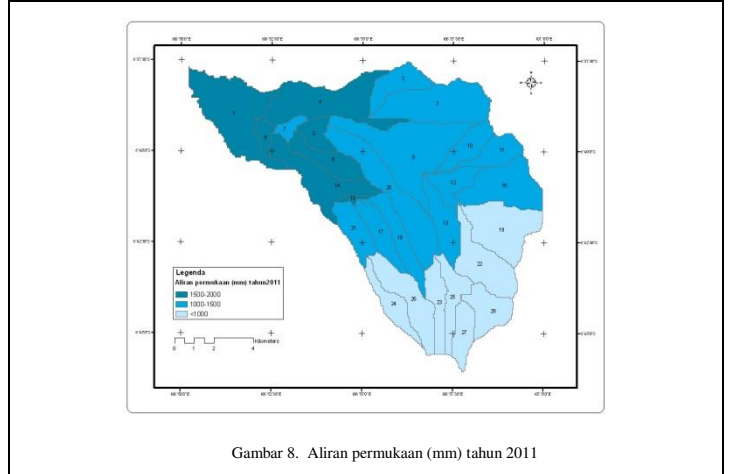
Perubahan penggunaan lahan dan pengolahan tanah secara intensif pada lahan pertanian seringkali meningkatkan aliran permukaan. Seperti diketahui bahwa aliran permukaan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat erosi selain dari penggunaan lahan, kemiringan lereng, panjang lereng dan luas DAS. Praktek manajemen konservasi tanah pada lahan pertanian dapat mengurangi aliran permukaan. PLT (Pengelolaan Lahan Terbaik) digunakan untuk mengurangi aliran permukaan dari daerah pertanian.

Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa aliran permukaan pada tahun 2008, 2009 dan 2011 (Gambar 6, 7, 8) pada tiap sub sub DAS banyak yang lebih dari 1000 mm. Diharapkan dengan penerapan teknologi konservasi tanah pada kebun campuran (5.444,2 ha), lahan tegalan (2.435,7 ha) dan perkebunan teh (2.213,2 ha) maka jumlah aliran permukaan dapat berkurang sehingga pada akhirnya erosi yang terjadi dapat berkurang. Simulasi PLT pada kebun campuran dan tegalan dilakukan pada tahun 2008, 2009 dan 2011 dengan memakai teknologi konservasi teras bangku, penanaman menurut kontur dan penanaman menurut strip. Pada penggunaan lahan perkebunan teh dilakukan teknologi konservasi tanah agroforestri. Simulasi aplikasi teknik konservasi tanah dilakukan pada sub sub DAS nomor 1-21 karena mempunyai aliran permukaan yang tinggi. Sub sub DAS nomor 22-28 tidak dilakukan simulasi karena aliran permukaan relatif lebih rendah dikarenakan terdapat penggunaan lahan hutan (primer maupun sekunder).



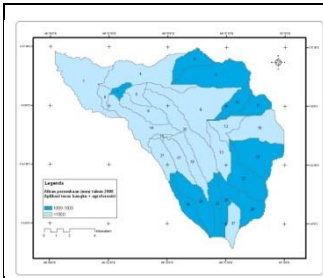
Gambar 6. Aliran permukaan (mm) tahun 2008

Gambar 7. Aliran permukaan (mm) tahun 2009

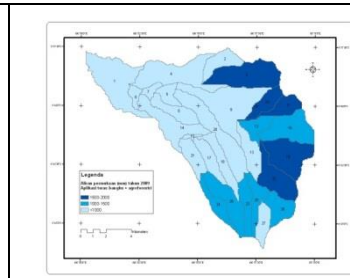


Gambar 8. Aliran permukaan (mm) tahun 2011

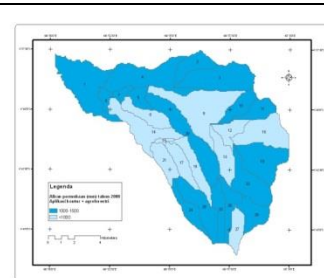
Berdasarkan hasil simulasi PLT pada tahun 2008, 2009 dan 2011, diketahui bahwa teknik konservasi tanah teras, penanaman menurut kontur, penanaman strip (*strip cropping*) dan agroforestri dapat menghambat aliran permukaan. Penerapan teknik konservasi teras bangku pada penggunaan lahan kebun campuran dan tegalan dapat menghambat aliran permukaan hingga 78,12% (tahun 2008), 79,21% (tahun 2009) dan 77,94% (tahun 2011). Penerapan teknik konservasi teras bangku dan agroforestri (perkebunan teh) pada sub sub DAS nomor 12 dapat menghambat aliran permukaan 55,24% (tahun 2008), 53,59% (tahun 2009) dan 59,55% (tahun 2011). Setelah penerapan teknik konservasi tanah, jumlah sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan kurang dari 1000 mm menjadi lebih banyak dan tidak terdapat sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan lebih besar dari 2000 mm. Jumlah sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan kurang dari 1000 mm pada tahun 2008 yaitu sebanyak 16 sub sub DAS, pada tahun 2009 sebanyak 16 sub sub DAS dan pada tahun 2011 sebanyak 28 sub sub DAS (Gambar 9, 10 dan 11).



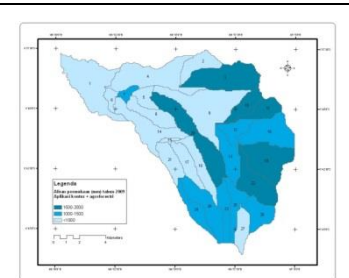
Gambar 9. Aliran permukaan (mm) tahun 2008 setelah aplikasi teras bangku dan agroforestri



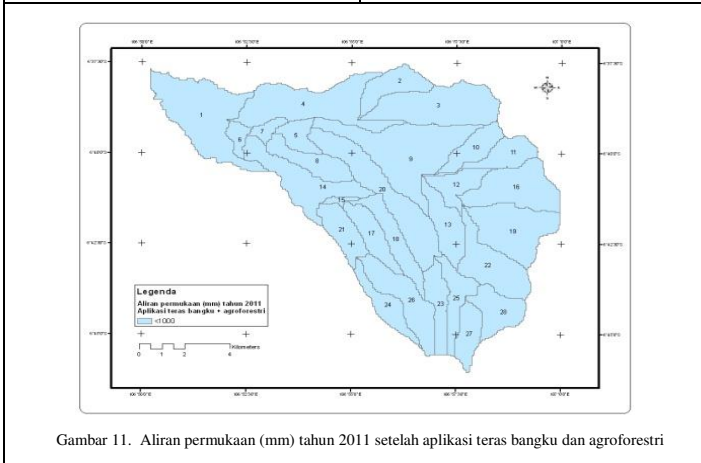
Gambar 10. Aliran permukaan (mm) tahun 2009 setelah aplikasi teras bangku dan agroforestri



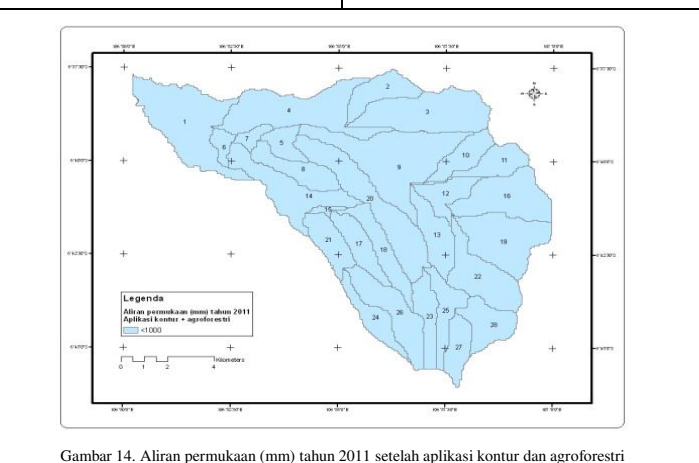
Gambar 12. Aliran permukaan (mm) tahun 2008 setelah aplikasi kontur dan agroforestri



Gambar 13. Aliran permukaan (mm) tahun 2009 setelah aplikasi kontur dan agroforestri



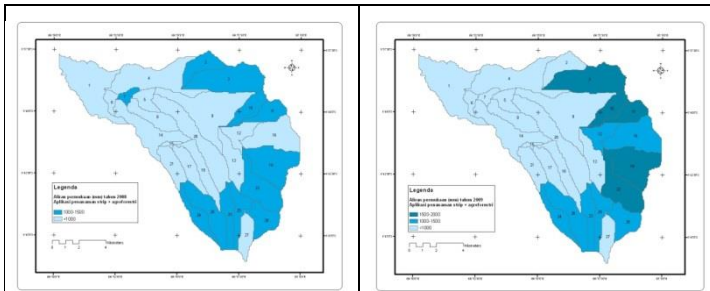
Gambar 11. Aliran permukaan (mm) tahun 2011 setelah aplikasi teras bangku dan agroforestri



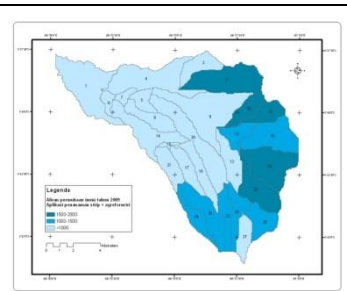
Gambar 14. Aliran permukaan (mm) tahun 2011 setelah aplikasi kontur dan agroforestri

Penerapan teknik konservasi penanaman menurut kontur terbukti efektif dalam menghambat aliran permukaan hingga 68,32% (tahun 2008), 69,32% (tahun 2009) dan 70,36% (tahun 2011). Melalui penerapan kombinasi teknik konservasi tanah penanaman menurut kontur di lahan kebun campuran dan agroforestri di lahan perkebunan teh pada sub sub DAS nomor 12, aliran permukaan dapat dihambat sebesar 48,64% (tahun 2008), 47,24% (tahun 2009) dan 53,70% (tahun 2011). Jumlah sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan kurang dari 1000 mm setelah aplikasi penanaman menurut kontur dan agroforestri pada tahun 2008 yaitu sebanyak 11 sub sub DAS, pada tahun 2009 sebanyak 13 sub sub DAS dan pada tahun 2011 sebanyak 28 sub sub DAS (Gambar 12, 13 dan 14). Selain itu tidak terdapat sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan lebih besar dari 2000 mm.

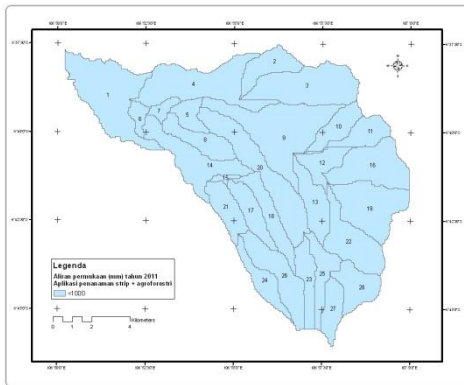
Penerapan teknik konservasi penanaman strip dapat menghambat aliran permukaan hingga 73,46% (tahun 2008), 74,52% (tahun 2009) dan 73,52% (tahun 2011). Kombinasi penerapan teknologi konservasi tanah penanaman strip di lahan kebun campuran dan agroforestri di lahan perkebunan teh pada sub sub DAS nomor 12 dapat menghambat aliran permukaan hingga 52,08% (tahun 2008), 50,55% (tahun 2009) dan 56,81% (tahun 2011). Jumlah sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan kurang dari 1000 mm setelah aplikasi penanaman strip dan agroforestri pada tahun 2008 yaitu sebanyak 16 sub sub DAS, pada tahun 2009 sebanyak 15 sub sub DAS dan pada tahun 2011 sebanyak 28 sub sub DAS (Gambar 15, 16 dan 17). Penerapan teknik konservasi ini menyebabkan tidak terdapat sub sub DAS yang memiliki aliran permukaan lebih besar dari 2000 mm.



Gambar 15. Aliran permukaan (mm) tahun 2008 setelah aplikasi penanaman strip dan agroforestri



Gambar 16. Aliran permukaan (mm) tahun 2009 setelah aplikasi penanaman strip dan agroforestri



Gambar 17. Aliran permukaan (mm) tahun 2011 setelah aplikasi penanaman strip dan agroforestri

Dari ketiga teknik konservasi tanah (teras bangku, penanaman menurut kontur dan penanaman strip) yang diaplikasikan pada kebun campuran dan tegalan/ladang, teknik konservasi teras bangku merupakan teknik konservasi yang paling efektif dalam menghambat aliran permukaan hingga 79,21 %. Penggunaan aplikasi agroforestri di perkebunan teh dapat menghambat aliran permukaan hingga 51,04 % (tahun 2008), 56,31% (tahun 2009) dan 56,09% (tahun 2011).

Berbagai penelitian sebelumnya telah menyebutkan mengenai keefektifan teknik konservasi tanah dalam mengurangi jumlah aliran permukaan. Saifudin dan Agus (1998) menyebutkan bahwa faktor yang dominan menurunkan aliran permukaan pada *micro catchments* seluas 2,31 ha dan 1,93 ha adalah kemiringan lahan, teknik konservasi dan penutupan permukaan tanah. Penelitian mengenai keefektifan teras dalam menghambat aliran permukaan sudah banyak dilakukan. Menurut Haryati *et al.* (1995) pada tahun pertama penelitian di Ungaran, aliran permukaan pada teras bangku datar adalah yang paling rendah, disusul kemudian oleh teras gulud, teras kredit dan teras bangku miring. Setelah tahun ketiga penelitian, aliran permukaan yang terjadi pada semua teknologi konservasi teras yang dicobakan sudah cukup rendah.

Talaohu *et al.* (1989) menyebutkan bahwa jumlah aliran permukaan pada teras bangku dan teras gulud lebih kecil dibandingkan tanpa konservasi tanah, Pembuatan teras gulud mengakibatkan lereng menjadi pendek sehingga daya rusak air aliran permukaan juga berkurang, Hasil penelitian lain yang juga menyebutkan keefektifan teknik konservasi dalam mengurangi aliran permukaan dilakukan oleh Suganda *et al.* (1997) yang menyebutkan bahwa model bedengan searah kontur selama periode tanam buncis-kubis mampu menekan

jumlah aliran permukaan hingga lebih rendah 36% dari model bedengan yang searah lereng.

KESIMPULAN

Validasi debit harian bulan Februari dan Maret tahun 2009 dan 2011 menunjukkan R 0,88 dan NSE 0,74. Nilai kalibrasi ini menunjukkan bahwa model SWAT dapat digunakan untuk memprediksi kondisi hidrologi pada sub DAS Ciliwung Hulu. Aplikasi teras bangku, penanaman menurut kontur, penanaman menurut strip dan agroforestri dapat menurunkan aliran permukaan. Teras bangku terbukti paling efektif menurunkan aliran permukaan hingga 79,21%.

DAFTAR PUSTAKA

- Fakhrudin M. 2003. Kajian respon hidrologi akibat perubahan penggunaan lahan DAS Ciliwung dengan model Sedimot II [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Gassman PW, Williams JR, Benson VR, Izaurrealde RC, Hauck LM, Jones CA, Atwood JD, Kiniry JR, Flowers JD. 2005. Historical Development and Applications of the EPIC and APEX Models. CARD Working Paper 05-WP 397. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University.
- Haryati U, Haryono, Aburachman A. 1995. Pengendalian erosi dan aliran permukaan serta produksi tanaman pangan dengan berbagai teknik konservasi pada tanah Typic Eutrocept di Ungaran, Jawa Tengah. *Pembrit Penelitian Tanah dan Pupuk* 13:40-50.
- Indarto. 2012. *Hidrologi, Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Irianto G. 2003. *Kumpulan Pemikiran Banjir dan Kekeringan, Penyebab, Antisipasi dan Solusinya*. Bogor: CV Universal Pustaka Media.
- Jha MK, Schilling KE, Gassman PW, Wolter CF. 2010. Targeting land use change for nitrate-nitrogen load reductions in an agricultural watershed. *J. of Soil and Water Conservation* Nov/Dec 2010: 65 (6).
- Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MW, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*. 50 (3):885-900.
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR. 2005. Assessment Tool Theoretical Documentation. Version 2005. Temple, Texas. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Agricultural Research Service.
- Neitsch SL, Arnold JG, Kiniry JR, Williams JR. 2010. Soil and Water Input/Output File Documentation. Version 2009. Temple, Texas. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. Agricultural Research Service.
- Santhi C, Srinivasan R, Arnold JG, Williams JR. 2006. A modelling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. *Environmental Modelling & Software*. 21: 1141-1157.

- Soekardi M, Djaenudin D. 1987. Hubungan perkembangan tanah dengan daya dukungnya: Kasus daerah antara Puncak dan Jakarta. *Pembrit Tanah dan Pupuk* 7: 24-30.
- Subardja, Buurman P. 1980. A toposequence of Latosols on volcanic rocks in the Bogor-Jakarta area. Di dalam: Buurman P, editor. *Red Soils in Indonesia*. Wageningen: Centre for Agricultural Publishing and Documentation. hlm 25-48.
- Tala'ohu SH, Abdurachman A, Suwardjo. 1989. Pengaruh teras bangku, teras gulud, slot mulsa flemingia, dan strip rumput terhadap erosi, hasil tanaman dan ketahanan tanah Tropudult di Sitiung. Di dalam: *Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah: Bidang Konservasi Tanah dan Air*; Bogor, 22-24 Agustus 1989. Bogor: Puslitanak. hlm 79-89.