

JURNAL Techno-Socio Ekonomika

Jurnal Ilmu-Ilmu Ekonomi-Sosial dan Teknologi

KAJIAN ALTERNATIF PEMBIAYAAN PEMBANGUNAN
NON KONVENSIONAL DI KOTA BANDUNG
Didin Saepudin

PENGGARUH PERTUMBUHAN EKONOMI, DISTRIBUSI PENDAPATAN DAN
KONDISI AWAL DAERAH TERHADAP TINGKAT KEMISKINAN REGIONAL
DI INDONESIA PERIODE 2007-2011
Novi Mubyarto

MANAJEMEN STRATEGIK DALAM RUANG PERSAINGAN BARU
Erna Garnia

PERENCANAAN RADIO LINK DIDAERAH PERBATASAN
KALIMANTAN TIMUR DENGAN MALAYSIA TIMUR
Pamungkas Daud

TRANSFORMASI WAVELET UNTUK ANALISIS
KECENDERUNGAN HARGA SAHAM
Armein Z.R. Langi S.W. Pitara dan Kuspriyanto

MARKETING POLITIK DAN STRATEGI PEMENANGAN PEMILU
Roni Tabroni

PERFORMANCE SEBAGAI PUBLIC RELATION
DI PT SUSU ALAM MURNI
Witri Cahyati

SISTIM PENDUKUNG KEPUTUSAN PROMOSI JABATAN PEGAWAI
MENGUNAKAN METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW)
Teguh Nurhadi Suharsono

KAJIAN EROSI DAN SEDIMENTASI PADA DAERAH TANGKAPAN
WADUK JATI GEDE
Bakhtiar dan Gandjar Gelar Rahardja

PENGARUH KINERJA KEUANGAN PERUSAHAAN YANG DIUKUR
DENGAN RASIO PROFITABILITAS DAN ECONOMIC VALUE ADDED (EVA)
TERHADAP HARGA SAHAM
Demsi Minar

TRACER STUDY UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP 2012
Dekrita Komarasakti Saepudin dan Iyan Sukiman

MODEL PERTUMBUHAN EKONOMI REGIONAL DAN PDRB POTENSIAL
SERTA DAMPAKNYA TERHADAP PENGANGGURAN DAN KEMISKINAN
DI JAWA BARAT
Abdul Gani Sidqi



JURNAL USB--YPKP	VOLUME 6	NO 1	HALAMAN 1-102	BANDUNG APRIL 2013	ISSN 1979-4835
---------------------	-------------	---------	------------------	-----------------------	-------------------

**Jurnal Techno Sosio Ekonomika
USB YPKP**

Volume 6 Nomor 1, April 2013

DEWAN PENASEHAT

Rektor Universitas Sangga Buana YPKP
Dr. H. Asep Effendi, SE, MSi

PENANGGUNG JAWAB

Ketua LPPM USB YPKP
Prof. Dr. Ir. Hadi U Moeno, MSc, MIHT

SEKRETARIS

Drs. H. Dekrita Komarasakti, MSi

DEWAN PENGARAH

Dekan Fakultas Ekonomi
H. Dadang Saeful Hidayat, SE, MSi
Dekan Fakultas Teknik
Dr. Ir. H. Bakhtiar, MT
Dekan Fakultas Ilmu Komukasi & Administrasi
Prof. Dr. H. Tacjan, Drs, MSi

DEWAN EDITOR

KETUA

Dr. H. Vip Paramarta, Drs, MM

SEKRETARIS

Memi Sulaksmi, SE, MSi

ANGGOTA

Prof. Dr. H.T. Dzulkarnain Amin, SE, MA, Ph.D

Prof. Dr. H. Ahmadi Rilam, SE, MSi

Prof. Dr. H. Tacjan, Drs, MSi

Prof. Dr. Ir. Hadi U Moeno, MSc, MIHT

Dr. Ir. R. Didin Kusdian, MT

Dr. Hj. Demsi Minar, SE, MSi.Ak

PUBLIKASI/SIRKULASI

H. Poppy Permadi, SE, Ak

LAYOUT

Asep Yoni

Alamat Redaksi

LPPM Universitas Sangga Buana YPKP

Jl. PHH. Mustopa 68, 40124

Tlp. 022 – 7275489 Ext 119

email : lppmusbypkp@yahoo.com

PENGANTAR REDAKSI

Pembaca Yth,

Jurnal edisi ini memuat 12 tulisan hasil kajian maupun penelitian perorangan maupun tim yang diterima redaksi dalam beberapa bulan terakhir.

Beberapa tulisan berwawasan bidang ilmu ekonomi, bidang ilmu teknik dan bidang ilmu komunikasi. Tulisan berupa kajian teori pada jurnal edisi ini lebih dominan dibandingkan dengan hasil penelitian.

Kajian teori yang menarik dari bidang ekonomi, khususnya tentang alternative pembiayaan pembangunan non konvensional dan manajemen stratejik dalam ruang persaingan baru, sedangkan dalam bidang teknik diantaranya tentang kajian erosi dan sedimentasi daerah tangkapan waduk. Kajian lain yang menarik adalah dari bidang ilmu komunikasi berupa kajian marketing politik dan strategi pemenangan pemilu sebagai isu hangat pemilihan umum.

Hasil penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal ini beberapa diantaranya bermanfaat sebagai bahan analisis lanjutan. Karena berkaitan dengan teknologi informasi.

Harapan redaksi semoga jurnal edisi ini bermanfaat bagi para pembaca dan redaksi tetap menerima karya tulis hasil penelitian maupun kajian dari lingkungan perguruan tinggi maupun praktisi untuk penerbitan jurnal edisi berikutnya.

Bandung, April 2013

Redaksi

**Jurnal Techno Sosio Ekonomika
USB YPKP
ISSN 1979-4835**

KAJIAN LAJU EROSI DAN SEDIMENTASI PADA DAERAH TANGKAPAN WADUK JATI GEDE

Bakhtiar⁽¹⁾

Gandjar Gelar Rahardja⁽²⁾

ABSTRAKSI

Erosi dan sedimentasi pada daerah tangkapan waduk dapat mengancam keberlanjutan fungsi waduk. Tingginya laju erosi lahan pada daerah tangkapan akan meningkatkan laju sedimentasi waduk, yang pada akhirnya akan mengurangi umur rencana waduk itu sendiri. Kajian ini dimaksudkan untuk memodelkan proses erosi dan sedimentasi pada daerah tangkapan dengan model SWAT. AVSWAT-X (*Extendable ArcView for SWAT 2005*) digunakan sebagai alat bantu pemrosesan awal untuk menuliskan file-file input yang akan dieksekusi oleh SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). Kalibrasi model dilakukan terhadap *water balance* dan *stream flow*. Selanjutnya, laju erosi ditentukan dengan *Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)*. Akhirnya, umur efektif waduk diestimasi berdasarkan laju penuhnya tampungan mati dengan metode *trap efficiency*. Simulasi model SWAT untuk periode 1998-2007 menunjukkan debit inflow rata-rata yang masuk ke waduk adalah 59,14 m³/s atau 1.865.039.040 m³/tahun, laju erosi rata-rata pada daerah tangkapan berkisar antara 1,656 – 3.062,107 ton/ha/tahun, serta sedimen inflow yang masuk ke waduk sekitar 2.422.000 m³/tahun. Berdasarkan nilai tersebut diperoleh umur efektif waduk sebesar 57,04 tahun, yang melebihi umur rencana, yakni 50 tahun. Dengan melakukan simulasi terhadap skenario penataan lahan berupa penanaman sebagian kebun dan tanah ladang/tegalan dengan tanaman tebu, diperoleh bahwa luas area penanaman 16,58% dari luas daerah tangkapan akan menurunkan inflow sedimen hingga 11,89%.

Kata Kunci: erosi, sedimentasi, SWAT, AVSWAT-X, MUSLE, trap efficiency, umur efektif, umur rencana

ABSTRACT

Erosion and sedimentation in the reservoir catchment may put a threat to the sustainable functionality of the reservoir. The high rate of land erosion in the catchment may give rise to the rate of reservoir sedimentation and eventually decrease the designated life of the reservoir itself. This study aims to model erosion and sedimentation processes in the reservoir catchment using SWAT model. AVSWAT-X was used as a preprocessing tool to write in input files to be executed by SWAT. Model calibration was performed on water balance and stream flow. Erosion rate was then determined with MUSLE. Finally, the reservoir effective life was estimated on the rate of dead storage full capacity with trap efficiency method. The simulation performed during the period of 1998-2007 resulted in 59.14 m³/s or 1,865,039,040 m³/year inflowing water, 1.656 to 3,062.107 tons/ha/year erosion rate, and 2,422,000 m³/year sediment inflow. Based on these values, the reservoir effective life was found to be 57.04 years which is beyond the designated life of 50 years. Simulation performed on the land use scenario through planting some part of the garden and agricultural land with sugarcane which is 16.58% of the total catchment will lead to 11.89% decrease in sediment inflow.

Keywords : *erosion, sedimentation, SWAT, AVSWAT-X, MUSLE, trap efficiency, effective life, designated life*

Pendahuluan

Erosi merupakan suatu proses alamiah yang tidak mudah untuk dihilangkan sama sekali, khususnya

pada lahan-lahan yang diusahakan untuk pertanian. Pembersihan lahan (*land clearing*), perambahan hutan yang tidak terkendali, penambangan,

pembangunan infrastruktur, serta perubahan kawasan lindung menjadi daerah budidaya dan pemukiman telah mendorong meningkatnya kejadian erosi dari tahun ke tahun baik secara intensif maupun ekstensif (Condom dkk., 2007).

Tindakan yang dapat dilakukan adalah mengusahakan supaya erosi yang terjadi masih di bawah ambang batas yang diperkenankan (*soil loss tolerance*), yaitu besarnya laju erosi tanah yang tidak melebihi laju pembentukan tanah. Hal ini penting dilakukan pada lahan-lahan pertanian untuk membatasi tanah yang hilang sehingga tingkat kesuburan dan/atau produktivitas tanah tidak terganggu dan dapat dipertahankan dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, perlu adanya keseimbangan antara laju erosi tanah dengan laju pembentukan tanah, agar tiap-tiap jenis tanah untuk dijadikan dasar dalam menentukan tata guna lahan, pola dan intensitas tanam, manajemen lahan dan tindakan konservasi (Suripin, 2004).

Laju erosi tanah akibat pengaruh perubahan tata guna lahan dan limpasan air hujan pada suatu daerah aliran sungai (DAS) dapat terjadi melalui proses aliran erosi percikan hujan (*rain-splash erosion*), erosi lembaran (*sheet erosion*), erosi alur (*rill erosion*), erosi parit (*gully erosion*), erosi tebing sungai (*streambank erosion*), dan erosi terowongan (*tunnel erosion*). Setelah tererosi partikel sedimen terangkut melalui sistem sungai dan pada akhirnya mengendap di alur sungai dan waduk.

Gaya pembangkit eksternal yang menimbulkan erosi adalah curah hujan dan aliran air pada lereng DAS. Curah hujan yang tinggi dan lereng DAS yang miring merupakan faktor utama yang membangkitkan erosi. Pertahanan DAS terhadap erosi tergantung pada tutupan lahan (vegetasi). Penguatan pertahanan terhadap erosi dapat pula dilakukan dengan upaya-upaya kerekayasaan dalam kajian dan analisis.

Kajian ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat erosi dan sedimentasi pada daerah tangkapan waduk dan pengaruhnya terhadap umur waduk tersebut dengan model AVSWAT-X. Sedangkan tujuan dari studi ini adalah mengembangkan model matematik yang dapat digunakan untuk memprediksi tingkat erosi dan sedimentasi pada daerah tangkapan waduk, melakukan simulasi model untuk mendapatkan tingkat erosi dan sedimentasi berdasarkan berbagai skenario penataan lahan yang paling optimal dalam rangka menurunkan laju erosi dan sedimentasi pada daerah tangkapan waduk.

Kajian ini meliputi Sub-DAS Cimanuk Hulu hingga rencana lokasi Waduk Jatigede, sekitar 25 km di hulu Bendung Rentang atau 1 km dari Bendung Eretan, tepatnya di dusun Jatigede, Desa Cijeunjing, Kecamatan Jatigede, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat, sekitar 16 km dari jalan arteri Cirebon – Sumedang sekitar 75 km dari Kota Cirebon.

Tinjauan Pustaka

Model SWAT

Model SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) adalah suatu model DAS semi tersebar (*semidistributed*) dengan antarmuka SIG (ArcGIS) yang menggambarkan sub DAS dan jaringan sungai dari Model Elevasi Digital (DEM) serta menghitung keseimbangan air harian dari data meteorologi, tanah dan tata guna lahan. SWAT adalah model hidrologi/kualitas air yang dikembangkan oleh United States Department of Agriculture- Agricultural Research Service (USDA- ARS) (Arnold dkk., 1998).

Model ini dikembangkan untuk memprediksi dampak dari praktik-praktik pengelolaan lahan pada air, sedimen, dan zat kimia pertanian yang dihasilkan pada DAS yang besar dan kompleks dengan berbagai kondisi tanah, tata guna lahan, dan pengelolaan selama periode waktu yang panjang.

Untuk mencapai sasaran ini, maka model:

- didasarkan pada kondisi fisik DAS (kalibrasi tidak diperlukan untuk DAS yang tidak memiliki alat ukur),
- menggunakan input yang telah siap sedia
- efisien secara perhitungan untuk bekerja pada DAS yang besar dalam waktu yang memadai,
- kontinu waktunya dan mampu mensimulasikan periode panjang untuk menghitung pengaruh perubahan dalam pengelolaan.

Komponen model meliputi cuaca, hidrologi, sedimentasi, pertumbuhan tanaman, siklus zat hara, dinamika pestisida serta pengelolaan pertanian. Penulis menggunakan SWAT 2005 dalam penelitian ini, versi terbaru model untuk menilai dan memprediksi proses-proses hidrologi di DAS Citarum Hulu, khususnya variasi spasial dari *sediment yield* terhadap tata guna lahan.

Model SWAT pertama kali mempartisi suatu DAS ke dalam sub-sub DAS yang memungkinkan memperhitungkan pengaruh karakteristik tata guna lahan dan tanah pada hidrologi. Selanjutnya, model membagi-bagi lagi partisi sebelumnya ke dalam Satuan Respons Hidrologi (HRU), yang merupakan luasan lahan *lumped* dalam sub-DAS yang terdiri atas kombinasi tutupan lahan, jenis tanah dan pengelolaan yang khas.

SWAT telah diterapkan dalam beberapa kajian berskala DAS yang meliputi penilaian terhadap pasokan air dan pencemaran dengan sumber tersebar di Amerika Serikat. Arnold dkk. (1999) melaporkan hasil penerapan SWAT untuk simulasi hidrologi di semua DAS di Amerika Serikat. Beberapa kajian serupa di benua lain (Eropa, Afrika, Asia) seperti Rosenthal dkk. (1995), Srinivasan dkk. (1998, 2003), King dkk. (1999), Santhi dkk. (2001, 2005), Huisman dkk. (2003), Sintondji dkk. (2004), serta Pohlert dkk. (2005) menunjukkan kekuatan model SWAT dalam mensimulasikan aliran sungai dan gerakan sedimen pada DAS-

DAS yang besar. Berikut ini diberikan ikhtisar singkat mengenai komponen hidrologi dan sedimen yang digunakan dalam model SWAT. Rincian lebih banyak diberikan dalam Neitsch dkk. (2005).

MUSLE

Erosi yang disebabkan oleh curah hujan dan limpasan dihitung dengan *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE). MUSLE adalah versi modifikasi dari *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (Neitsch dkk., 2005).

USLE memprediksi erosi bruto tahunan sebagai fungsi dari energi curah hujan. Sedangkan dalam MUSLE, faktor energi curah hujan diganti dengan suatu faktor limpasan (*runoff factor*). Hal ini memperbaiki prediksi *sediment yield*, menghilangkan kebutuhan terhadap rasio penghantaran sedimen (*sediment delivery ratio*), serta memungkinkan persamaan diterapkan pada satu kejadian hujan.

Prediksi *sediment yield* ditingkatkan karena limpasan merupakan fungsi dari kondisi kelengkapan sebelumnya maupun energi curah hujan. *Delivery ratio* (*sediment yield* pada sebarang titik di sepanjang saluran dibagi dengan erosi sumber di atas titik tersebut) diperlukan oleh USLE karena faktor curah hujan merepresentasikan energi yang digunakan dalam pelepasan (*detachment*) saja. *Delivery ratio* tidak dibutuhkan oleh MUSLE karena faktor limpasan merepresentasikan energi yang digunakan dalam melepaskan dan mengangkut sedimen.

Pemodelan erosi dalam SWAT didasarkan pada persamaan MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*) sebagai berikut:

$$sed = 11.8 \left(\frac{Q_{surf} Q_{peak}}{area} \right)^{0.56} \cdot K_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot L_{USLE} \cdot CFR \quad (1)$$

dimana:

sed = *sediment yield* (ton)

Q_{surf} = limpasan permukaan (mm/ha)

Q_{peak} = debit puncak limpasan (m³/s)

- $area_{HRU}$ = luas HRU (satuan respons hidrologi) (ha)
- K_{USLE} = faktor erodibilitas tanah USLE (0,013 ton m² jam/[m³ ton cm])
- C_{USLE} = faktor tutupan dan pengelolaan USLE
- P_{USLE} = faktor praktik pendukung USLE
- LS_{USLE} = faktor topografi USLE
- $CFRG$ = faktor fragmen kasar

Umur Efektif Waduk

Umur efektif dari suatu waduk diprediksi dengan metode *sediment trap*. Gunner Brune (Bureau of Reclamation, 2006) mengemukakan bahwa *sediment trap* tergantung pada perbandingan antara kapasitas tampungan waduk (C) dan inflow tahunan (I_w) dari waduk yang bersangkutan. *Sediment trap* waduk akan berkurang sejalan dengan umurnya, karena kapasitas waduk akan berkurang oleh akumulasi sedimen. Untuk menentukan *sediment trap* digunakan persamaan:

$$TE = 0.96^{0.25 \log C / I_w}$$

dimana:

- TE = sediment trap (%)
- C = kapasitas efektif waduk (m³)
- I_w = inflow rata-rata tahunan (m³)

Selanjutnya volume dead storage waduk pada tahun ke- t dapat ditentukan dengan persamaan:

$$DEAD_{t=n} = \int_1^n \frac{sed_{out}}{\gamma_{sed}} \cdot TE(t) \cdot dt$$

dimana:

- $DEAD_{t=n}$ = Volume tampungan mati setelah n tahun (m³)
- $TE(t)$ = *sediment trap* sebagai fungsi dari waktu
- sed_{out} = inflow sedimen, jumlah sedimen yang keluar dari daerah tangkapan dan masuk ke waduk, merupakan salah satu output dari model SWAT (ton/tahun)
- γ_{sed} = berat jenis sedimen yang masuk ke waduk (ton/m³)

Dengan mensubstitusikan Persamaan 2 ke dalam Persamaan 3, diperoleh:

$$DEAD_{t=n} = \frac{sed_{out}}{\gamma_{sed}} \cdot \int_1^n 0,96^{0,25 \log \left(\frac{C(t)}{I_w} \right)} \cdot dt$$

dimana:

$C(t)$ = kapasitas efektif waduk sebagai fungsi dari waktu (m³)

Mengingat $C(t) = C_o - DEAD_{t-1}$, maka:

$$DEAD_{t=n} = \frac{sed_{out}}{\gamma_{sed}} \cdot \int_1^n 0,96^{0,25 \log \left(\frac{C_o - DEAD_{t-1}}{I_w} \right)} \cdot dt$$

dimana:

C_o = kapasitas total waduk (m³)

$DEAD_{t-1}$ = volume dead storage pada tahun sebelumnya (m³)

Persamaan di atas akan sulit jika diselesaikan secara analitis. Sebagai alternatif kita dapat menuliskannya dalam bentuk diskrit:

$$DEAD_{t=n} = \frac{sed_{out}}{\gamma_{sed}} \cdot \sum_{t=0}^n 0,96^{0,25 \log \left(\frac{C_o - DEAD_{t-1}}{I_w} \right)} \cdot \Delta t$$

atau:

$$DEAD_{t=n} = \frac{sed_{out}}{\gamma_{sed}} \cdot \Delta t \cdot \sum_{t=0}^n 0,96^{0,25 \log \left(\frac{C_o - DEAD_{t-1}}{I_w} \right)}$$

dimana:

Δt = langkah waktu (tahun) (2)

Persamaan 7 di atas dapat diselesaikan secara numerik:

- Untuk mendesain volume dead storage, maka nilai $DEAD_{t=n}$ dapat ditentukan secara eksplisit dengan menetapkan nilai n sama dengan umur rencana waduk (U_r),
- Sedangkan untuk mendapatkan umur efektif waduk (U_e), maka nilai n dapat ditentukan secara implisit dengan menetapkan nilai $DEAD_{t=n}$ sama dengan volume total dead storage. (3)

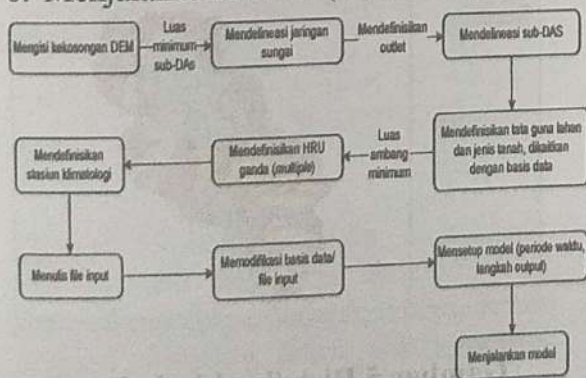
Penyusunan Model (Model Setup)

Sistem Informasi Geografi (SIG) memainkan peran yang penting dalam pemodelan sumberdaya alam dan merupakan alat bantu yang efektif yang membantu dalam kajian pemodelan hidrologi/kualitas air serta analisis terhadap berbagai skenario pengelolaan. Antarmuka SWAT dan SIG membantu dalam mengintegrasikan informasi spasial mengenai topografi, tanah, dan

tata guna lahan dengan pemodelan hidrologi. Antarmuka ArcView untuk SWAT2005 (AVSWAT) digunakan untuk pemrosesan awal dan simulasi hidrologi dalam penelitian ini. AVSWAT merupakan lingkungan pemodelan tunggal dan khas yang akrab dengan pengguna berdasarkan beberapa alat bantu antarmuka dengan pengguna (*user interface tool*). AVSWAT versi terakhir adalah AVSWAT-X versi Beta 4.11 yang dirilis oleh Blackland Research Center – Temple, TX pada tanggal 17 Februari 2006 untuk SWAT 2005.

Ekstensi model ArcView SWAT atau AVSWAT-X merepresentasikan pada saat yang sama suatu pemroses awal (*preprocessor*) dan antarmuka dengan pengguna (*user interface*) ke model SWAT. Ekstensi AVSWAT-X diorganisasikan dalam sejumlah *tool* terkait yang dikelompokkan dalam delapan komponen berikut ini:

1. Delineasi DAS (*watershed delineation*)
2. Pendefinisian tata guna lahan dan jenis tanah (*land use and soil definition*)
3. Pengeditan basis data model (*editing of the model data bases*)
4. Pendefinisian stasiun cuaca (*definition of the weather stations*)
5. Parameterisasi dan pengeditan input (*input parameterization and editing*)
6. Menjalankan model (*model run*)



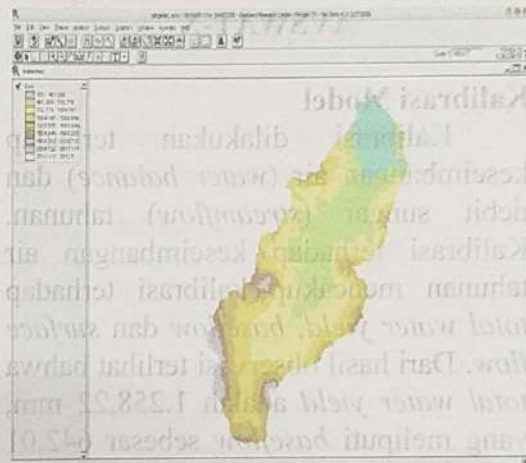
Gambar 1 Langkah-langkah untuk menyusun model SWAT dengan AVSWAT-X

Data input untuk penyusunan model diperoleh dari berbagai sumber sebagaimana ditunjukkan pada Error!

Reference source not found. Berikut ini.

Tabel 9 Sumber Data Input

Jenis Data	Skala	Sumber	Keterangan
Model Elevasi Digital	Resolusi 90 m Proyeksi: UTM/WGS84 zone 48 S	Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM)	Elevasi, panjang dan kemiringan lahan dan saluran
Geologi	1:250.000 Proyeksi: UTM/WGS84 zone 48 S	Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat	Parameter fisik tanah (bulk density, tekstur, materi organik, konduktivitas hidraulik, dll.)
Tata Guna Lahan/ Tutupan Lahan	1:250.000 Proyeksi: UTM/WGS84 zone 48 S	Badan Perencanaan Daerah Provinsi Jawa Barat	Klasifikasi tata guna lahan
Curah Hujan	8 stasiun 1987-2004	Puslibang Sumber Daya Air Departemen PU	
Debit Sungai dan Sedimen	1 stasiun 1987-2004	Puslibang Sumber Daya Air Departemen PU	

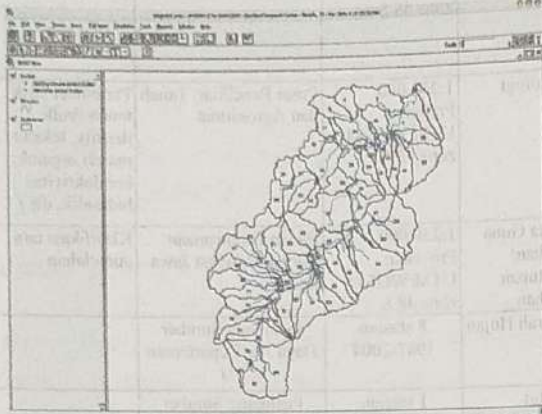


Gambar 2 Peta DEM Daerah Tangkapan Waduk Jatigede

Langkah pertama yang diperlukan untuk membangun suatu model SWAT adalah mendefinisikan parameter yang terkait dengan elevasi seperti: elevasi di atas permukaan laut, aspek kemiringan, jaringan aliran sungai, jarak ke sungai terdekat, serta membagi DAS ke dalam sub-sub DAS. Data DEM dengan resolusi 90 m yang diperoleh dari Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) digunakan dalam tahapan ini.

AVSWAT-X secara otomatis akan mendelineasi batas-batas DAS dan jaringan sungai berdasarkan data DEM. Tingkat ketelitian jaringan sungai (*threshold area*) selanjutnya dapat kita tentukan sendiri. Jumlah sub-DAS ditentukan berdasarkan tingkat ketelitian yang telah kita tetapkan

sebelumnya. Semakin tinggi tingkat ketelitian, semakin banyak jumlah sub-DAS yang dihasilkan. Dalam penelitian ini jumlah sub-DAS yang dihasilkan adalah 83 sub-DAS.

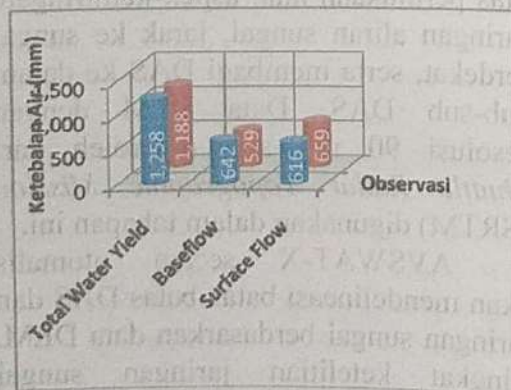


Gambar 3 Jaringan Sungai dan Sub-DAS Hasil Delineasi DAS dengan AVSWAT-X

Kalibrasi Model

Kalibrasi dilakukan terhadap keseimbangan air (*water balance*) dan debit sungai (*streamflow*) tahunan. Kalibrasi terhadap keseimbangan air tahunan mencakup kalibrasi terhadap *total water yield*, *baseflow* dan *surface flow*. Dari hasil observasi terlihat bahwa *total water yield* adalah 1.258,22 mm, yang meliputi *baseflow* sebesar 642,01 mm (51,02%) dan *surface flow* sebesar 616,20 mm (48,97%). Nilai rata-rata bulanan untuk *total water yield*, *baseflow* dan *surface flow* hasil observasi dan simulasi ditunjukkan pada

Tabel 10.



Gambar 4 Perbandingan Total Water Yield, Baseflow, dan Surface Flow Tahunan Hasil Observasi dan Simulasi

Tabel 10 Rekapitulasi Nilai Rata-Rata Bulanan Hasil Simulasi

No	Parameter	Satuan	Nilai Rata-Rata Bulanan		Error (%)	r	R ²
			Observasi	Simulasi			
1.	Water Yield	mm	104,85	98,99	5,59%	0,96	0,876
2.	Surface Flow	mm	51,35	55,90	8,85%	0,90	0,525
3.	Baseflow	mm	53,50	44,06	17,64%	0,83	0,673
4.	Debit Inflow	m ³ /s	50,55	45,63	9,73%	0,95	0,841

Simulasi Model

Setelah dilakukan simulasi selama periode 1998-2007, diperoleh nilai debit inflow, laju erosi, dan inflow sedimen.

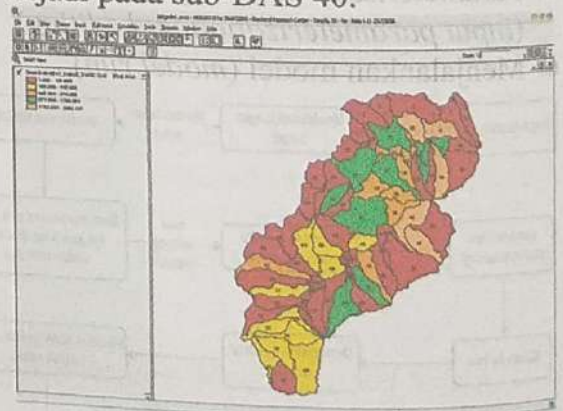
Kondisi Eksisting

Debit Inflow

Dari hasil simulasi selama periode 1998-2007, diperoleh bahwa inflow rata-rata berkisar antara 37,49 – 74,37 m³/s, dengan nilai rata-rata sebesar 59,14 m³/s. Inflow rata-rata minimum terjadi pada tahun 2002 dan maksimum terjadi pada tahun 2004.

Laju Erosi

Dari hasil simulasi selama periode 1998-2007, diperoleh bahwa laju erosi rata-rata pada daerah tangkapan Waduk Jatigede berkisar antara 1,656 – 3.062,107 ton/ha/tahun, dengan nilai rata-rata sebesar 509,154 ton/ha/tahun. Laju erosi rata-rata minimum terjadi pada sub-DAS 75 dan maksimum terjadi pada sub-DAS 40.

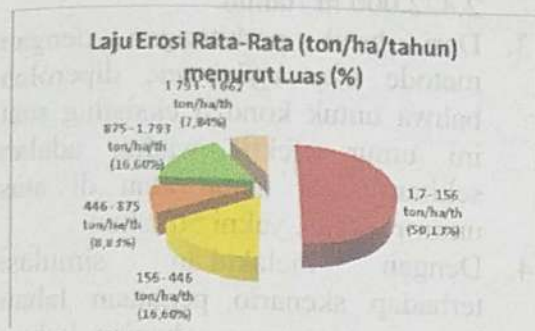


Gambar 5 Distribusi Laju Erosi Rata-Rata Tahun 1998-2007 (ton/ha/tahun)

Berdasarkan Gambar 5 dapat diklasifikasikan laju erosi rata-rata pada daerah tangkapan Waduk Jatigede sebagaimana

ditunjukkan pada Tabel 11 dan Gambar 6 berikut ini.

Tabel 11 Laju Erosi Rata-Rata Tahun 1998-2007



Gambar 6 Laju Erosi Rata-Rata Tahun 1998-2007

Umur Waduk

Umur efektif waduk dicapai apabila volume dead storage telah penuh oleh sedimen yang menyebabkan pintu pengambilan tertutup sedimen. Dari hasil simulasi dengan AVSWAT-X, diperoleh besarnya inflow sedimen rata-rata adalah 2.422.000 ton/tahun. Sehingga apabila berat jenis sedimen diasumsikan sebesar 2,2 ton/m³, maka volume sedimen yang masuk ke waduk adalah:

$$Q_s = \frac{2.422.000 \text{ ton/tahun}}{2,2 \text{ ton/m}^3} = 1.100.090,991 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Dari hasil simulasi, diperoleh debit inflow rata-rata yang masuk ke waduk sebesar 59,14 m³/s.

Sehingga volume inflow rata-rata tahunan:

$$I_w = 59,14 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 = 1.865.039.040 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Dengan menggunakan prosedur sebagaimana dijelaskan dalam subbab 2.4 diperoleh bahwa berdasarkan kondisi eksisting umur efektif waduk adalah 57,04 tahun.

Skenario Tata Guna Lahan

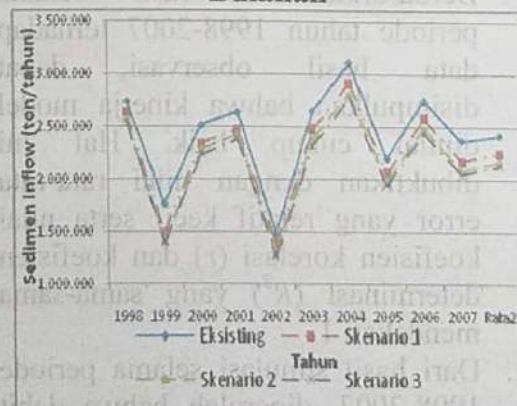
Skenario tata guna lahan dilakukan dengan menanam sebagian kebun dan tanah ladang/tegalan dengan tanaman tebu. Berdasarkan luas yang ditanami ditetapkan tiga skenario tata

guna lahan. Skenario pertama dilakukan dengan menanam 5.821,76 ha kebun (2,35% dari luas daerah tangkapan), sedangkan skenario kedua dilakukan dengan menanam 14.760,65 ha tanah ladang/tegalan (11,89% dari luas daerah tangkapan). Skenario ketiga merupakan kombinasi dari skenario pertama dan kedua, yaitu dengan menanam 5.821,76 ha kebun dan 4.760,65 ha tanah ladang/tegalan (16,58% dari luas daerah tangkapan).

Gambar 7 berikut menunjukkan hubungan antara debit inflow rata-rata dan inflow sedimen bulanan hasil simulasi terhadap berbagai skenario tata guna lahan. Sedangkan sedimen inflow yang dihasilkan oleh berbagai skenario tersebut ditunjukkan pada Gambar 8.

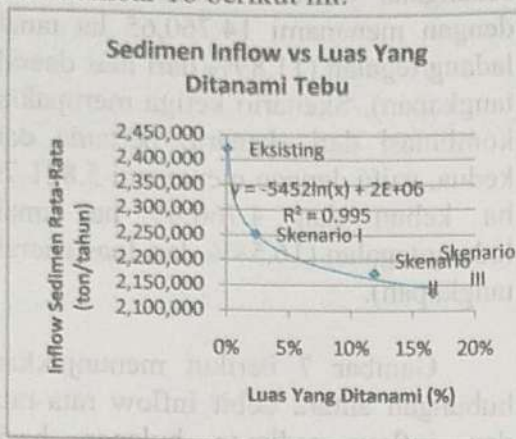


Gambar 7 Hubungan Debit Inflow Rata-Rata dan Inflow Sedimen Bulanan

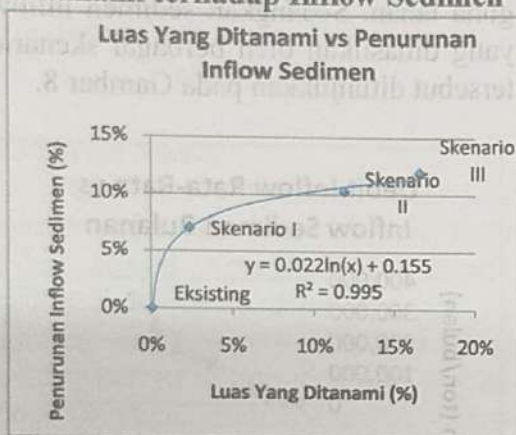


Gambar 8 Inflow Sedimen pada outlet daerah tangkapan Waduk Jatigede

Pengaruh luasan lahan yang ditanami tebu terhadap inflow sedimen yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10 berikut ini.



Gambar 9 Pengaruh Luas Area yang Ditanami terhadap Inflow Sedimen



Gambar 10 Pengaruh Luas Area yang Ditanami terhadap Penurunan Sedimen Inflow

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan kalibrasi selama periode tahun 1998-2007 terhadap data hasil observasi, dapat disimpulkan bahwa kinerja model dinilai cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata error yang relatif kecil serta nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R^2) yang sama-sama mendekati 1.
2. Dari hasil simulasi selama periode 1998-2007, diperoleh bahwa debit inflow rata-rata yang masuk ke Waduk Jatigede adalah sebesar $59,14 \text{ m}^3/\text{s}$ atau $1.865.039.040$

m^3/tahun , laju erosi lahan berkisar antara $1,656 - 3.062,107 \text{ ton/ha/tahun}$, serta inflow sedimen yang masuk ke waduk sekitar $2.422.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$.

3. Dari hasil perhitungan dengan metode *trap efficiency*, diperoleh bahwa untuk kondisi eksisting saat ini umur efektif waduk adalah sekitar 57,04 tahun atau di atas umur rencana, yakni 50 tahun.
4. Dengan melakukan simulasi terhadap skenario penataan lahan berupa penanaman sebagian kebun dan tanah ladang/tegalan dengan tanaman tebu (*sugarcane*), diperoleh bahwa luas area penanaman 16,58% dari luas DAS akan menurunkan inflow sedimen sebesar 11,89% dari kondisi eksisting.

Saran

Berdasarkan hasil tersebut di atas, disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Mengingat sangat banyaknya parameter yang digunakan dalam pemodelan, disarankan agar dilakukan penelitian yang lebih mendalam terhadap parameter-parameter tersebut agar reliabilitas model menjadi lebih baik.
2. Meskipun dari hasil analisis terhadap kondisi eksisting umur waduk masih berada di atas umur rencana, namun perlu diwaspadai adanya praktik-praktik pengelolaan lahan yang dapat meningkatkan laju erosi dan inflow sedimen.
3. Untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik, sebaiknya kalibrasi dilakukan terhadap data observasi harian.
4. Untuk memperpanjang umur efektif waduk, perlu dilakukan berbagai upaya untuk mengurangi akumulasi sedimen di waduk, misalnya dengan mengalirkan sedimen keluar waduk sebelum terjadi pengendapan, membangun sarana pengendali sedimen ataupun dengan melakukan rehabilitasi daerah tangkapan.

5. Perlu dilakukan analisis pola operasi dengan mempertimbangkan jumlah sedimen yang masuk dan akan mengendap, sehingga diperoleh pola pelepasan air (*release*) untuk pembilasan dan penggelontoran yang optimal dengan tetap memperhitungkan pemenuhan kebutuhan di hilir waduk dan produksi energi.
6. Saat ini model SWAT merupakan model yang cukup *reliable*, efisien, dan telah diterapkan di seluruh penjuru dunia, sehingga penerapan model ini di masa depan menjadi pilihan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, J., Srinivasan, R., Muttiah, R., dan Allen, P., 1999, *Continental Scale Simulation of the Hydrologic Balance*. Journal of American Water Resource Association, 35(5), 1037 – 1051.
- Arnold, J. R., Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., dan Williams, J. R., 1998, *Large Area Hydrologic Modeling and Assessment Part I: Model Development*. Journal of American Water Resources Association, 34.
- Bureau of Reclamation, 2006, *Erosion and Sedimentation Manual*. Denver, Colorado: Sedimentation and River Hydraulics Group.
- Huisman, J., Breuer, L., & Frede, H.-G., 2003, *Spatial Consistency of Automatically Calibrated SWAT Simulations in the Dill Catchment and Three of Its Sub-Catchments*, DBG-Mitteilungen 102(2), 653-654.
- King, K., Bingner, R., dan Arnold, J., 1999, *Comparison of Green-Ampt and Curve Number Methods on Goodwin Creek Watershed using SWAT*, Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 42(4), 919-925.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan, dan J.R. Williams, 2005, *Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation Version 2005*, Blackland Research Center, Texas.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, R. Srinivasan, dan J.R. Williams, 2004, *Soil and Water Assessment Tool: Input/ Output File Documentation Version 2005*, Blackland Research Center, Texas.
- Pohlert, T., J.A., H., L. B., & Frede, H.G., 2005, *Modelling of Point and Non-Point Source Pollution of Nitrate with SWAT. in the River Dill, Germany*. Advanced Geosciences.
- Rosenthal, W. D., Srinivasan, R., dan Arnold, J. G., 1995, *Alternative River Management Using a Linked GIS-Hydrology Model*. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 38.
- Santhi, C., Muttiah, R., Arnold, J., & Srinivasan, R., 2005, *A GIS-Based Regional Planning Tool For Irrigation Demand Assessment and Savings Using SWAT*. Transactions of the ASAE. 48(1), 137-147.
- Santhi, C., Arnold, J., Williams, J., Dugas, W., Srinivasan, R., dan Hauck, L., 2001, *Validation of the SWAT Model on a Large River Basin with Point and Non Point Sources*. Journal of the American Water Resources Association Vol.37, No.5, 1169-1188.
- Sintondji, L., Diekkrüger, B., dan Agbossou, E., 2004, *Validation of the SWAT Model Regarding the Rainfall-Runoff Process in the Upper Ouémé Catchment Area: Case of Terou-Igbomakoro Basin*. Poster abstract in Proceedings of International Conference on Integrated Water Resource Management of Tropical River Basins; Cotonou 4-6 October 2004, IMPETUS, Direction Générale de l'Hydraulique, Bénin.

Srinivasan, R., Jacobs, J., Angerer, J., Vitale, J., Kaitho, R., Stuth, J., et al., 2003, *Exploring the Potential Impact of Reforestation on the Hydrology of the Upper Tana River Catchment and the Masinga Dam, Kenya*. Draft.

Srinivasan, R., Ramanarayanan, T. S., Arnold, J. G., dan Bednarz, S. T., 1998, *Large Area Hydrologic Modelling and Assessment, Part II. Model Application*. Journal of the American Water Resources Association. 34(1), 91-101.

Penulis:

Bakhtiar⁽¹⁾ Dosen FT USB YPKP

Gandjar Gelar Rahardja⁽²⁾