

MODEL HIDROLOGI SEBAGAI ALAT KEGIATAN KONSERVASI TANAH DAN AIR UNTUK MENYUSUN PERENCANAAN PENGELOLAAN DAERAH ALIRAN SUNGAI

SALWATI DAN YARDHA

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi

ABSTRAK

Untuk menyusun suatu perencanaan pengelolaan Daerah aliran Sungai (DAS) yang baik, diperlukan informasi yang akurat mengenai laju erosi, aliran permukaan dan kualitas airnya. Berdasarkan informasi tersebut dapat dirancang model dan pola penggunaan lahan serta tingkat masukan konservasi jangka pendek, menengah, dan jangka panjang. Dengan semakin berkembangnya masalah lingkungan khususnya pada DAS dengan penggunaan lahan dominan untuk pertanian yang intensif, maka diperlukan suatu model hidrologi. Salah satu model hidrologi yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat kegiatan konservasi di DAS dalam perencanaan pengelolaan DAS adalah model terdistribusi AGNPS (*AGriculture Non Point Source Pollution model*). Model AGNPS ini telah diterapkan di DAS Citarum Jawa Barat untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dalam menyusun tingkat masukan konservasi yang dapat digunakan sebagai alat untuk menyusun perencanaan pengelolaan DAS. Sebelum model dapat diterapkan di DAS kajian, pengujian keabsahan model merupakan tahapan penting. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model dengan hasil pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model AGNPS dapat memprediksi kondisi aktual melalui simulasi model yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi sebesar 97% dan 88% antara volume, laju puncak aliran permukaan DAS hasil prediksi model dengan hasil pengukuran. Tulisan ini diharapkan dapat berguna sebagai pemicu awal bagi pembangkit minat dalam penelitian hidrologi DAS di Indonesia serta penggunaan model-model hidrologi DAS yang telah banyak dikembangkan di negara maju dikalibrasikan untuk kondisi alam Indonesia.

Kata kunci : Model Hidrologi, konservasi, Daerah Aliran Sungai

PENDAHULUAN

Untuk menyusun suatu perencanaan pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang baik, diperlukan informasi yang akurat mengenai laju erosi, aliran permukaan dan kualitas airnya. Berdasarkan informasi tersebut dapat dirancang model dan pola penggunaan lahan serta tingkat masukan konservasi untuk jangka pendek, menengah dan panjang.

Usaha pengumpulan data erosi dan aliran permukaan secara kuantitatif sampai saat ini masih mengalami hambatan. Hal ini disebabkan pengumpulan data dasar tersebut sebagian besar masih dilakukan dengan metode pengukuran yang tentu saja kurang efisien untuk menjangkau wilayah yang luas dan butuh waktu yang lama. Hambatan lain yang dihadapi adalah belum dikuasainya metode pendugaan yang aplikatif untuk kondisi Indonesia dan dapat menghasilkan data erosi dan aliran permukaan secara akurat, handal mencakup wilayah yang luas. Bahkan metode pendugaan yang dapat memprediksi erosi, aliran permukaan dan kualitasnya belum banyak dikenal kalangan perencana pengelolaan DAS (Sutopo, 2000).

Sampai saat ini dalam memprediksi erosi potensial suatu wilayah metode yang digunakan adalah model USLE. Padahal model USLE mempunyai kelemahan antara lain: (1) endapan sedimen di dalam cekungan tidak diperhitungkan dalam persamaan, (2) model USLE lebih ditekankan penggunaannya untuk daerah pertanian yang relatif datar dengan intensitas hujan tidak terlalu tinggi. Akibat yang dirasakan adalah terjadinya tafsiran yang tinggi terhadap erosi, sehingga rekomendasi penggunaan lahan dan tingkat masukan teknologi konservasi tanah dan air

yang diberikan menjadi kurang tepat. Kekurangan lainnya dalam model ini tidak dapat memprediksi aliran permukaan, padahal data tersebut sangat penting artinya dalam perencanaan pengelolaan DAS (Arsyad 1998).

Dengan semakin berkembangnya masalah lingkungan khususnya pada DAS dengan penggunaan lahan dominan untuk pertanian yang intensif, maka diperlukan suatu model prediksi yang tidak saja bersifat distribusi tetapi juga menyajikan informasi mengenai erosi, aliran permukaan dan polutan baik dalam bentuk sedimen maupun hara yang berasosiasi dengan aliran permukaan dan sedimen. Model AGNPS (*Agriculture Non-Point Sources Pollution Model*) merupakan salah satu model yang dapat menjawab persoalan tersebut (Sutopo 2000).

Model AGNPS merupakan gabungan antara model terdistribusi dan model sequential. Sebagai model terdistribusi, penyelesaian persamaan keseimbangan massa dilakukan secara serempak untuk semua sel. Sedangkan sebagai model sequential, air dan cemaran ditelusuri dalam rangkaian aliran di permukaan lahan dan di saluran secara berurutan. Model AGNPS memprediksi menurut satuan luasan bujursangkar sebagai sel atau unsur model, dengan kapasitas model mencapai 2500 sel dan luas per sel 4 sampai 20 hektar (Young 1994).

Analisa data hidrologi dan modeling data menggunakan GIS (Geographic Information System) berkembang dengan cepat dalam dekade terakhir ini. Geographic Information System adalah suatu sistem perangkat keras dan lunak komputer serta prosedur-prosedur yang dirancang untuk mendukung perolehan, manipulasi, analisis, pengaturan dan penampilan data bereferensi keruangan dan dipakai sebagai sarana acuan dalam perencanaan, dan pengelolaan permasalahan yang kompleks (Federal Interagency Coordinating Committee 1988 dalam Antenucci *et al* 1991), dimana kekuatan utama dari GIS adalah pengelolaan basis data yang berreferensi *spatial*.

Model pada dasarnya merupakan gambaran sederhana atau disederhanakan dari keadaan sebenarnya (sistem prototipe). Model seringkali hanya menyatakan sifat tertentu dari sistem prototipe yang jauh lebih kompleks, sehingga model mungkin merupakan gambaran yang menyimpang dari keadaan sesungguhnya. Tujuan utama dari pemodelan hidrologi adalah untuk menerangkan atau merepresentasikan gejala hidrologi, untuk menduga atau memprediksi status yang akan terjadi (Pawitan 1999).

Pengujian keabsahan model merupakan tahapan penting dari pemodelan dan simulasi sistem hidrologi, karena harus selalu didasari tidak ada model yang berlaku untuk segala keadaan. Model selalu dikembangkan berdasarkan sejumlah asumsi yang membatasi keabsahan model. Pertimbangan akhir dari model yang memenuhi kriteria adalah: (1) model konseptual yang memberikan representatif baik bagi proses sesungguhnya, (2) lulus pengujian yang dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model (simulasi model) dengan hasil observasi (pengamatan dan pengukuran lapang).

Dengan dikembangkannya pendekatan sistem dalam pemodelan hidrologi perlu dipertimbangkan pula konsep keserupaan dalam kesetaraan sistem model. Aspek penting dari kesetaraan ini adalah dalam menentukan batas luasan DAS yang akan direpresentasikan oleh suatu model (Schumenn 1993).

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di sub DAS Cilalawi – DAS Citarum Provinsi Jawa Barat mulai dari bulan Juni sampai November 2003.

Bahan dan Alat

Untuk dapat melaksanakan penelitian dan menerapkan model yang dirancang ini dilakukan pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data iklim harian dari AWS (*Automatic Water Station*) stasiun Sukatani tahun 2001 - 2003, data sifat fisika dan kimia tanah sub DAS Cilalawi, data tingkat pemupukan di lapangan hasil wawancara dengan petani di sub DAS Cilalawi.
2. Data hidrologi berpasangan yaitu data curah hujan dan data debit aliran sungai episode hujan terpilih.
3. Data *spatial* meliputi : Landsat TM-7, path 122 raw 65 tanggal 14 September 1997 dan 18 Juli 2002 (Biotrop, Bogor), peta tanah semi detail sub DAS Cilalawi, skala 1 : 25.000 (Puslitbangtanak, Bogor), peta topografi sub DAS Cilalawi, skala 1:25.000 (Bakosurtanal, Bogor), peta jaringan sungai sub DAS Cilalawi, skala 1 : 25.000 (Puslitbangtanak, Bogor).

Perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan terdiri dari :

1. Perangkat keras terdiri dari: AWLR (*Automatic Water Level Recorder*), AWS (*Automatic Weather Stations*), GPS (*Geographic Position System*), dan Personal komputer
2. Perangkat lunak terdiri dari: AGNPS Versi 3.65, ER Mapper Versi 5.5, IDRISI versi 2.00, PCRaster, ArcView versi 3.2, ArcInfo versi 3.50, Autocad versi 14, MS Excel, MS Photo Editor

Metode dan Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam bentuk identifikasi dan karakterisasi yang penekanannya melalui analisis data masukan model dan kalibrasi model.

Persiapan dan Pengumpulan Data

Pengumpulan data masukan model AGNPS dilakukan melalui kegiatan: interpretasi peta, pengumpulan data sekunder, penelitian lapangan dan analisis laboratorium. Interpretasi peta menggunakan peta-peta tematik dengan skala 1 : 25.000, dilakukan untuk menentukan parameter masukan model.. Penelitian lapangan dilakukan untuk menentukan dan pengecekan parameter yang telah diidentifikasi dari peta, pengamatan penggunaan lahan, dan pengambilan sampel tanah.

Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian lapangan ini antara lain: a) pengumpulan dan pengambilan data curah hujan otomatis dan manual; b) pengambilan data tinggi muka dari AWLR; c) pengambilan sampel tanah dari setiap unit lahan yang ada; d) pengamatan faktor tindakan konservasi tanah; e) pengamatan faktor pengelolaan tanaman; f) pengamatan faktor tingkat

pemupukan dengan melakukan wawancara kepada petani; g) pengamatan terhadap faktor kekasaran saluran untuk menentukan koefisien manning; dan h) pengamatan indikator saluran. Analisis laboratorium dilakukan untuk menetapkan bahan organik, permeabilitas, dan tekstur tanah.

Kalibrasi Model

Untuk mengetahui apakah hasil prediksi model sama dengan hasil pengukuran dilakukan kalibrasi model. Model dikalibrasi dengan menggunakan data sebelas kejadian hujan dari bulan Januari sampai Mei 2002, di mana setiap hujan yang terjadi mempunyai pasangan hidrografnya. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan volume aliran permukaan dan debit puncak aliran permukaan hasil prediksi model dengan hasil pengukuran di *outlet*. Hasil kalibrasi kemudian diuji dengan menggunakan metode Nash dan Sutcliffe (1970), bentuk persamaannya :

$$F = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_s - Q_p)^2}{\sum_{i=1}^N (Q_s - \bar{Q}_p)^2} \dots\dots\dots 1$$

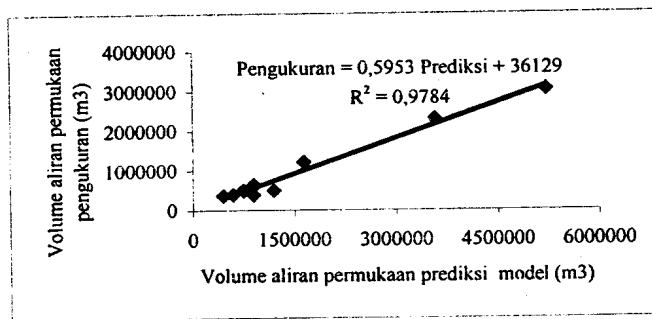
Di mana: $\bar{Q}_p$ adalah debit rata-rata pengukuran, Q_s adalah debit prediksi dan Q_p adalah debit pengukuran. Besarnya nilai F berkisar antara $-\infty$ sampai 1, jika $F = 1$ maka hasil prediksi sempurna (Irianto *et al.* 1999). Untuk mengetahui apakah hasil prediksi model tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran juga digunakan uji pasangan berganda (uji t) untuk data-data yang berpasangan (Seyhan 1999)).

HASIL DAN PEMBAHASAN

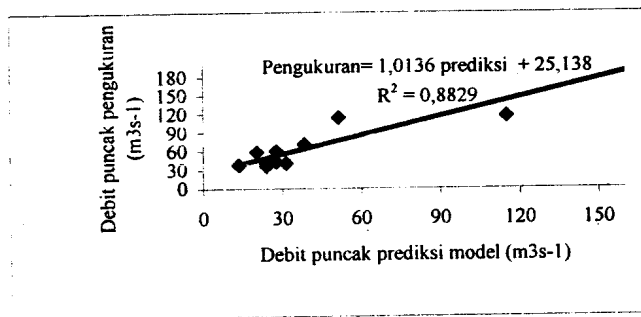
Kalibrasi Model

Berdasarkan hasil kalibrasi antara hasil prediksi model dengan hasil pengukuran pada episode hujan terpilih disimpulkan, bahwa model AGNPS mampu memprediksi volume aliran permukaan dan debit puncak aliran permukaan di sub DAS Cilalawi yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,97 dan 0,88. Grafik hubungan hasil prediksi model dengan hasil pengukuran disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Dari gambar 1 dan 2 terlihat pencaran data terpusat pada garis regresi, di mana besarnya variabel hasil model meningkat dengan meningkatnya variabel hasil pengukuran, sehingga model layak digunakan untuk hubungan volume aliran permukaan dan debit puncak aliran permukaan antara hasil prediksi model dengan hasil pengukuran.



Gambar 1. Grafik hubungan volume aliran permukaan hasil prediksi model dengan hasil pengukuran.



Gambar 2. Grafik hubungan debit puncak aliran permukaan hasil prediksi model dengan hasil pengukuran.

Hasil akurasi berdasarkan uji Nash dan Sutcliffe didapatkan nilai untuk volume aliran permukaan sebesar 0,74 dan debit puncak aliran permukaan sebesar 0,68 (Tabel 1).

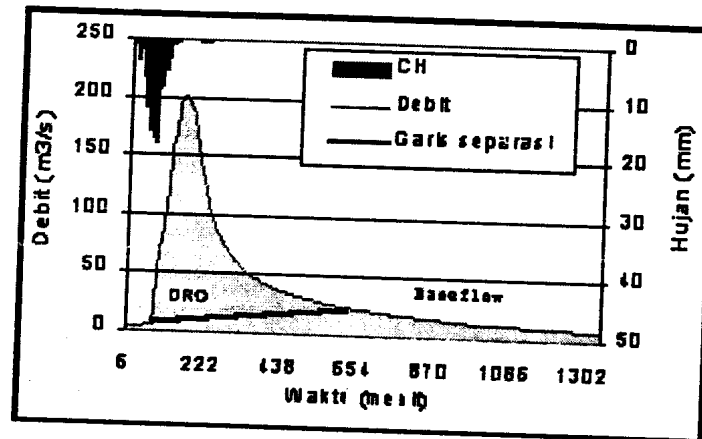
Tabel 1. Hasil uji Nash dan Sutcliffe dan koefisien determinasi (R^2) antara hasil prediksi model dengan hasil pengukuran

Parameter	Uji Nash & Sutcliffe	R^2
Volume aliran permukaan (m^3)	0,74	0,97
Debit puncak aliran permukaan (m^3s^{-1})	0,68	0,88

Sumber: Hasil analisis data primer

Kriteria Nash dan Sutcliffe dikelompokkan menjadi tiga kriteria yaitu buruk ($F < 0,5$), sedang ($0,5 < F < 0,7$) dan baik ($F > 0,7$), nilai $F > 0,7$ artinya hasil prediksi model mampu menerangkan hasil pengukuran lebih dari 70%. Beberapa kendala yang umum dijumpai pada penggunaan model menyangkut variasi atau keragaman curah hujan menurut ruang dan waktu, luas sub DAS yang cukup besar, di mana curah hujan dan nilai energi intensitas hujan diasumsikan seragam untuk seluruh sub DAS yang diprediksi. Walaupun demikian dapat disimpulkan bahwa nilai-nilai parameter yang digunakan dalam model AGNPS cukup akurat untuk memprediksi volume aliran permukaan dan debit puncak aliran permukaan, sehingga nilai-nilai parameter ini dapat digunakan di sub DAS Cilalawi.

Hasil pengukuran pada episode hujan 22 - 1 - 2002 dengan curah hujan 14,8 cm, menunjukkan bahwa debit puncak aliran permukaan sebesar $200,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ sedangkan debit puncak aliran permukaan hasil prediksi model sebesar $163,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Hasil analisis pemisahan aliran permukaan episode hujan 22 - 1 - 2002 disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemisahan aliran permukaan episode hujan 22 Januari 2002.

Dari hasil pengukuran episode hujan 30- 1- 2002 dengan curah hujan 8,3 cm, menunjukkan bahwa debit puncak aliran permukaan sebesar $116,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, sedangkan debit puncak aliran permukaan hasil prediksi model sebesar $115,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Kesamaan nilai yang dihasilkan menunjukkan bahwa model dapat digunakan sebagai alat bantu kegiatan konservasi tanah dan air untuk menyusun perencanaan pengelolaan daerah aliran sungai. Dengan adanya model AGNPS, maka permasalahan per sel dalam DAS dapat diketahui. Daerah-daerah yang memerlukan penanganan konservasi untuk perencanaan pengelolaan DAS dapat dilakukan dengan memperhatikan permasalahan di setiap sel dalam DAS.

KESIMPULAN

1. Model AGNPS cukup akurat digunakan untuk memprediksi aliran permukaan, erosi dan sedimentasi yang ditunjukkan oleh nilai kriteria Nash dan Sutcliffe sebesar 0,74 untuk volume aliran permukaan dan sebesar 0,68 untuk debit puncak aliran permukaan. Hal ini menyatakan bahwa model AGNPS dapat digunakan sebagai alat bantu kegiatan konservasi tanah dan air untuk menyusun perencanaan pengelolaan daerah aliran sungai.
2. Model AGNPS sangat membantu perencanaan dalam mengidentifikasi permasalahan di dalam DAS sekaligus bisa menetapkan usaha konservasi yang akan dilakukan dan mengevaluasi kegiatan yang pernah dilakukan untuk perencanaan pengelolaan DAS.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Nash JE, and Sutcliffe JV. 1970. River Flow Forecasting Through Conceptual Model, a discussion of principle. J. Hydrol. 1:P. 282-292
- Pawitan H. 1999. Hidrologi daerah aliran sungai: suatu pendekatan analisis sistem. Makalah pelatihan Dosen-dosen PTN Indonesia Bagian Barat dalam Bidang Agroklimatologi. Bogor: 1-12 Februari 1999.
- Irianto G., Perez P., and Duchesne 1999. Influence of Irrigated Terraces on the Hydrological Response of Small Basin I. In: Calibration of the Hydroulic Model. Proceeding of International Congress on Modelling and Simulation: Modelling the Dynamics of Natural Agriculture, Tourism and Socio-economic Syatems.; Hamilton, New Zeland, 6th – 9th December 1999. P. 194-199.
- Seyhan E. 1999. Dasar-dasar Hidrologi. Yokyakarta.: Gajahmada University Press.
- Schumann, AH. 1993. Development of conceptual semi-distributed hydrological models and estimation of their parameters with the aid of GIS. J. Hydrol. Sci. 38(6): 519-528.
- Young RA, Onstad CA, Bosch D and Anderson WP. 1994. Agricultural Non-Point Source Pollution Model, Version 5.00. AGNPS User's Guide. Morris. Minnesota: North Central Soil Conservation Research Laboratory.