

REVIEW MODELING HIDROLOGI DAS DI INDONESIA

Budi Harsoyo¹

Abstract

Various hydrological simulation model has been developed to explain the process of changing inputs (in the form of rain) into outputs (in the form of the river flow) by considering the physical characteristics of the watershed. Hydrologic simulation model is basically designed to simplify the hydrological system, so the behavior of some components in the system can be known. This paper discusses the many hydrologic modeling applied in Indonesia, starting with a review of the definition and classification of hydrological model, and proceed with a review of several watershed hydrological model to scale along with some examples of applications that have been done in research in Indonesia.

Intisari

Berbagai model simulasi hidrologi telah dikembangkan untuk menjelaskan proses mengubah input (dalam bentuk hujan) menjadi output (dalam bentuk aliran sungai) dengan mempertimbangkan karakteristik fisik DAS. Model simulasi hidrologi pada dasarnya dirancang untuk menyederhanakan sistem hidrologi, sehingga perilaku dari beberapa komponen dalam sistem dapat diketahui. Makalah ini membahas pemodelan hidrologi banyak diterapkan di Indonesia, dimulai dengan peninjauan definisi dan klasifikasi model hidrologi, dan dilanjutkan dengan ulasan beberapa model hidrologi DAS untuk skala bersama dengan beberapa contoh aplikasi yang telah dilakukan dalam penelitian di Indonesia

Kata kunci : *hydrologic modeling, hydrological simulation, watershed*

1. PENDAHULUAN

Pemahaman dan pengenalan tentang karakteristik komponen-komponen yang ada di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat diperlukan di dalam praktek pengelolaan DAS. Hal ini tidak mudah untuk dilaksanakan secara utuh dan menyeluruh karena setiap komponen tersebut memiliki keragaman / variabilitas secara spasial dan temporal. Interdependensi dan interaksi komponen-komponen DAS merupakan peubah yang juga turut mempengaruhi karakteristik umum dari sistem DAS, dan terjadi dalam suatu kesetimbangan dinamis sehingga pola dan sifat interaksi dan interdependensinya juga selalu berubah. Oleh karena itu ilmu pengetahuan selalu mencoba mengembangkan dan menggunakan sistem modeling dalam pendekatan pengelolaan DAS untuk membantu memahami sifat dan perubahan sifat dari komponen-komponen tersebut.

Menurut Pawitan (2000) pendekatan analisis sistem dalam kajian hidrologi DAS merupakan landasan teori yang sangat ampuh dalam mengintegrasikan informasi komponen-komponen

suatu sistem DAS menjadi model-model hidrologi DAS. Hal ini telah dirasakan kebutuhan akan teknik pemodelan hidrologi yang mampu mengevaluasi dan menduga secara cepat dampak hidrologi dari perubahan dan tindakan pengelolaan tertentu yang terjadi di dalam suatu DAS. Model hidrologi demikian akan merupakan dasar bagi teknologi pengelolaan DAS yang rasional, efektif dan efisien, yaitu dengan kemampuan eksperimentasi dan simulasi dengan komputer.

Berbagai model simulasi hidrologi telah banyak dikembangkan di negara maju, untuk menerangkan proses perubahan masukan hujan menjadi keluaran berupa debit aliran sungai dengan mempertimbangkan karakteristik fisik DAS. Model simulasi hidrologi pada dasarnya dibuat untuk menyederhanakan sistem hidrologi, sehingga perilaku sebagian komponen di dalam sistem dapat diketahui. Parameter yang diperlukan sebagai data masukannya pun lebih sederhana, mudah diukur dan cepat diperoleh hasil keluarannya. Model semacam ini diharapkan dapat digunakan untuk memecahkan masalah pada suatu DAS yang kurang lengkap atau tidak tersedia datanya, seperti halnya kebanyakan DAS di Indonesia. Adapun tantangan penelitian hidrologi DAS di Indonesia

¹ *Perekayasa UPT Hujan Buatan BPP Teknologi,
E-mail: buhar04@yahoo.com*

saat ini adalah kebutuhan akan data dasar yang menyangkut identifikasi dan karakterisasi DAS serta kalibrasi parameter-parameter berbagai model yang ada, disamping kebutuhan evaluasi kelayakan model hidrologi yang ada terhadap kesesuaiannya dengan kondisi DAS di Indonesia.

Tulisan ini merupakan review mengenai modeling hidrologi di Indonesia, mulai dengan pembahasan mengenai definisi dan klasifikasi dari model hidrologi, dan dilanjutkan dengan ulasan mengenai beberapa model hidrologi untuk skala DAS beserta beberapa contoh aplikasinya yang sudah pernah dilakukan dalam riset di Indonesia.

2. MODEL HIDROLOGI

Model adalah representasi atau gambaran dari suatu keadaan (*states*), obyek (*objects*), dan kejadian (*events*). Representasi tersebut harus diungkapkan dalam bentuk yang sederhana, yaitu dengan mengeliminasi atau meminimalkan variabel-variabel lain yang rumit dan tidak terkait secara langsung dengan model tersebut. Representasi tersebut dinyatakan dalam bentuk sederhana yang dapat dipergunakan untuk berbagai macam tujuan penelitian. Penyederhanaan dilakukan secara representatif terhadap perilaku proses yang relevan dari keadaan yang sebenarnya (Hidayat, 2001). Hal yang sama dinyatakan Sri Harto (1983), bahwa model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana (*simple representation*) dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks.

Menurut Dasanto (2000), model di dalam studi hidrologi atas dasar pendekatan pembentukan model, dapat dipilah secara umum menjadi lima, yaitu :

2.1. Model Stokastik

Model Stokastik adalah suatu model matematik yang dapat menerima sembarang peubah, yaitu sebagai peubah acak (*random variable*) yang mempunyai sebaran acak. Model ini umumnya digunakan untuk menganalisa sifat fisik statistik output dari suatu sistem yang didasarkan pada urutan kejadian sebagai akibat perubahan waktu dan menghasilkan suatu set data dalam jangka panjang dengan sifat yang sama pula. Set data tersebut dapat dianalisa untuk memperoleh gambaran mengenai kemungkinan urutan kejadian yang akan terjadi di masa datang, misalnya frekuensi harapan dari debit air.

2.2. Model Probabilitas

Dalam model ini konsep frekuensi dan probabilitas memegang peranan penting seperti

halnya dalam model stokastik, namun dalam model ini tidak memperhitungkan urutan kejadian. Misalnya kejadian diperlakukan sebagai *time-independent* dan memperkirakan kejadian yang paling ekstrim berdasarkan karakteristik dari populasi data yang tersedia.

2.3. Model Konseptual

Model Konseptual didasarkan pada keadaan yang sebenarnya dari sistem dengan struktur yang lebih sederhana, misalnya penyederhanaan proses di dalam DAS dan modelnya antara lain : (1) pendekatan model rasional, (2) pendekatan linear dan non linear dari suatu reservoir, (3) kombinasi model rasional dan pendekatan reservoir.

2.4. Model Parametrik

Model ini umumnya digunakan untuk mendapatkan pernyataan matematik yang mengungkapkan fungsi dari DAS yang akan dikonversi ke dalam input dan output (*black box models*). Selanjutnya model tersebut akan menjadi lebih rumit apabila ditambahkan parameter-parameter DAS penting yang muncul kemudian jika dibandingkan dengan respon yang berbeda dari DAS lain berdasarkan input yang sama. Model parametrik akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana sistem bekerja.

2.5. Model Deterministik

Model Deterministik adalah suatu model matematik yang hanya dapat menerima peubah yang bebas dari variasi acak (*random variation*). Model ini didasarkan pada struktur sebenarnya dari sistem dan kaidah fisika yang mengatur perilaku sistem tersebut. Berdasarkan variable dan parameter input atau output maka model deterministik dapat dikelompokkan dalam dua bentuk, yaitu *lumped* dan terdistribusi (*distributed*). Variabel atau parameter disebut *lumped* apabila besaran yang diwakilinya tidak mempunyai variabilitas ruang, misalnya masukan yang berupa hujan rata-rata DAS adalah masukan yang bersifat *lumped*. Sebaliknya, variabel dan parameter yang *distributed* mengandung variabilitas ruang dan waktu. Pengertian parameter adalah suatu besaran yang menandai suatu sistem hidrologi yang memiliki nilai tetap, tidak tergantung pada waktu. Variabel adalah besaran yang menandai suatu sistem yang dapat diukur dan memiliki nilai berbeda pada waktu berbeda.

3. BEBERAPA MODEL HIDROLOGI SKALA DAS DAN APLIKASINYA DI INDONESIA

3.1. Model AGNPS

Model AGNPS (*Agricultural Non-Point Source*) adalah model hidrologi dengan parameter terdistribusi yang mensimulasikan hubungan hujan limpasan, dugaan dari hasil sediment dan hara. Model hidrologi AGNPS dikembangkan oleh *Agricultural Research Service* (ARS) yang bekerjasama dengan *Minnesota Pollution Control Agency* (MPCA) dan *Soil Conservation Service* (SCS). Dasar prediksi yang digunakan adalah dalam satuan sel, oleh karena itu areal DAS yang akan diprediksi harus dibagi habis ke dalam sel-sel.

Model AGNPS merupakan model penduga erosi skala DAS yang telah mulai banyak digunakan di Indonesia. Aplikasi model AGNPS ini utamanya adalah dalam perencanaan dan evaluasi strategi untuk mengendalikan aliran permukaan dengan mengasumsikan bahwa setiap titik dalam DAS mempunyai hubungan yang mendasar antara laju aliran permukaan dan parameter hidrologi. Karakteristik model ini menggunakan pendekatan parameter distribusi, dimana luas DAS dipresentasikan oleh jaringan sel. Walaupun masih mempunyai beberapa kelemahan, model tersebut memberikan hasil pendugaan erosi yang cukup baik.

Sinukaban et al (2000) telah menggunakan model AGNPS untuk memprediksi aliran permukaan, erosi, kehilangan nitrogen dan fosfor dan COD dari DAS seluas 10,4 hektar di wilayah perbukitan. Hasilnya menunjukkan bahwa hasil prediksi model tidak berbeda secara statistik dengan hasil pengukuran.

Nugroho et al (2002) telah mengaplikasikan model AGNPS untuk melakukan simulasi di sub DAS Dumpul untuk tujuan perencanaan pengelolaan DAS. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini menyebutkan bahwa perencanaan pengelolaan DAS dapat dilakukan dengan memanfaatkan model AGNPS sehingga kerusakan lingkungan dan lahan kritis yang ada dapat diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut. Disebutkan pula bahwa melalui simulasi model AGNPS dapat digunakan untuk menetapkan tindakan yang tepat untuk konservasi tanah dan air yang sesuai dengan kondisi biogeofisik DAS.

3.2. Model ANSWERS

Model terdistribusi ANSWERS (*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*) adalah model deterministik

yang dapat digunakan untuk mensimulasikan karakteristik DAS pada saat dan setelah terjadinya hujan. Prinsip dasar model ANSWERS didasarkan atas hipotesa bahwa setiap titik (point) di dalam suatu DAS mempunyai hubungan fungsi antara laju aliran air dan parameter hidrologinya, seperti intensitas hujan, infiltrasi, kondisi topografi dan jenis tanah. Selanjutnya laju aliran ini dapat digunakan dalam kaitannya dengan komponen lain yang berhubungan satu sama lain, seperti erosi, sedimen dan gerakan partikel-partikel zat kimia yang berada di dalam DAS.

Salim et al (2006) menyebutkan bahwa model ANSWERS yang pertama kali dikembangkan oleh Beasley, Huggins dan Dillaha pada tahun 1983, dan kemudian diintegrasikan dengan GIS oleh A.P.J. de Roo et al pada tahun 1989, selanjutnya ANSWERS versi 2000 yang dikembangkan oleh Bourouai dan Dillaha pada tahun 1998, merupakan model simulasi yang kontinyu dikembangkan untuk mensimulasikan runoff dan erosi rata-rata tahunan jangka panjang (*long term average annual*) dari suatu DAS.

Konsep dasar pemodelan dengan ANSWERS adalah bagaimana suatu DAS dapat dibentuk secara fisik dengan membagi DAS dalam luas elemen yang homogen. DAS dimodelkan secara konseptual merupakan kumpulan dari elemen bujur sangkar, sehingga derajat dari variabilitas spasial dalam DAS dapat dikeluarkan. Elemen diartikan sebagai suatu areal yang mempunyai parameter hidrologi yang sama. Setiap elemen akan memberikan kontribusinya sesuai dengan karakteristik yang dimiliki.

Konsep terdistribusi dari ANSWERS dapat mendefinisikan semua hubungan matematika dari proses simulasi seluruh interaksi antar elemen-elemen dalam DAS. Pergerakan aliran diasumsikan melalui persamaan Manning pada saluran dalam mencari besarnya debit.

Ginting dan Ilyas (1997) yang melakukan simulasi berbagai penggunaan lahan dengan menggunakan model ANSWERS di DAS Siluak, menyimpulkan bahwa model ANSWERS memerlukan validasi lebih lanjut. Hasil penelitian Tikno (1996) di Sub DAS Cibarengkok-Cimuntur, Jawa Barat, dan Hidayat (2001) di DTA Bodong Jaya dan DAS Way Besay Hulu, menunjukkan model ANSWERS dapat menduga volume aliran permukaan dan erosi dengan baik, tetapi kurang baik apabila digunakan untuk menduga debit puncak, waktu debit puncak dan time base aliran permukaan. Erosi dan aliran permukaan hasil dugaan model ANSWERS cukup baik pada jumlah dan intensitas hujan yang relatif tinggi, dan mengalami deviasi yang cukup besar pada curah hujan rendah (Hidayat, 2001).

Salim et al (2006) yang menggunakan model ANSWERS untuk melakukan pemodelan hubungan hujan, limpasan dan kapasitas erosi pada sub DAS Cipeles di Sumedang, Jawa Barat, mendeskripsikan beberapa kelebihan dan kelemahan model ANSWERS. Kelebihan dari penggunaan model ANSWERS diuraikan sebagai berikut :

- Dapat memberikan keluaran sekaligus, baik berupa debit aliran pada sungai, kehilangan tanah akibat erosi dan sedimentasi. Mampu memproses kerja simulasi (skenario) secara serentak dalam berbagai kondisi DAS.
- Mampu menganalisis parameter terdistribusi secara sensitif sehingga dapat menghasilkan simulasi akurat terhadap sifat fisik DAS.

Sedangkan kelemahan dari model ANSWERS disebutkan sebagai berikut :

- Untuk DAS berukuran besar (> 100 km²) hasilnya kurang akurat dan cukup baik untuk DAS berukuran sedang (<100 km²).
- Bukan merupakan model time series, sehingga pendekatan keluarannya hanya sekali atau pada kurun waktu tertentu dan tidak selamanya.

3.3. Model HEC-HMS

HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System*) dikembangkan oleh US Army Corps of Engineers – Institute for Water Resources. Model HEC-HMS merupakan program komputer untuk menghitung pengalihan hujan dan proses *routing* pada suatu sistem DAS. Model yang terdapat dalam HEC-HMS dapat digunakan untuk menghitung volume *runoff*, *direct runoff*, *baseflow* dan *channel flow*. Model ini merupakan pengembangan dari model yang sebelumnya yaitu HEC-1. Salah satu keunggulan dari model HEC-HMS adalah telah digunakannya konsep GIS dalam penyelesaian modelnya.

HEC-HMS dirancang untuk mensimulasikan proses hujan-limpasan (*precipitation-runoff*) terutama untuk DAS dengan pola dendritik. Model ini dirancang untuk dapat digunakan pada DAS berukuran besar. Data hidrograf yang dihasilkan dapat digunakan secara langsung atau dikaitkan dengan software lain untuk menanggulangi berbagai permasalahan hidrologi, seperti ketersediaan air, drainase kota dan peramalan aliran (Dasanto, 2006).

Widodo (2006) yang telah melakukan kajian sistem drainase di kota pesisir dengan mengambil studi kasus di Medokan, Surabaya memanfaatkan

model ini untuk membuat flood design. Penelusuran banjir dilakukan dengan program HEC - RAS, dengan beban hidrologi menggunakan model HEC – HMS.

3.4. Model TOPOG

Model TOPOG merupakan model hidrologi deterministik dengan parameter terdistribusi, yang dikembangkan oleh CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*) *Land and Water dan Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology*, Australia. Model ini didasarkan pada analisis topografi (*terrain analysis*) yang dapat digunakan untuk :

- Mendiskripsikan hal-hal tentang bentuk wilayah yang berkaitan dengan topografi Menduga penyebaran tempat-tempat yang mungkin terjadi genangan air, erosi dan longsor ;
- Mensimulasi kelakuan hidrologi suatu daerah tangkapan, dan bagaimana hal itu dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan ;
- Membuat model pertumbuhan vegetasi dan bagaimana pengaruhnya terhadap keseimbangan air ; dan
- Memprediksi pengaruh penambahan pada tempat-tempat tertentu terhadap aliran air bawah tanah.

Kemampuan pemodelan TOPOG sangat relevan pada isu-isu pengelolaan seperti :

- a. Genangan air dan salinitas lahan-lahan kering
- b. Produksi air dari suatu DAS
- c. Erosi dan sedimentasi
- d. Peramalan banjir
- e. Pembuangan limbah cair rumah tangga, pertanian dan industri pada lahan
- f. Penghutanan kembali dan penanaman hutan
- g. Penilaian kemungkinan longsor
- h. Penilaian habitat ekologi.

TOPOG mendiskripsikan air bergerak dalam tiga dimensi suatu wilayah; melalui permukaan ke dalam tanah, dan melalui tanah dan kembali ke atmosfer sebagai evaporasi.

Kekuatan utama TOPOG adalah pada prosesnya yang didasarkan pada model *digital terrain analysis* yang rumit (*shophisticated*) yang secara tepat/teliti mendiskripsikan hal-hal yang berkaitan dengan topografi dari suatu bentuk wilayah dengan tiga dimensi. TOPOG juga dilengkapi untuk mensimulasi perubahan kelembaban tanah dan kecepatan pergerakan air dalam tanah dalam *landscape* akibat perubahan pengelolaan lahan. TOPOG juga dikembangkan untuk mendiskripsikan proses-proses dalam *landscape* yang berkaitan

dengan air seperti erosi, salinitasi, dan gerakan *pollutant* dalam tanah.

3.5. Model USLE

USLE (*Universal Soil Loss Equation*) adalah model penduga erosi, merupakan model empiris yang dikembangkan di Pusat Data Aliran Permukaan dan Erosi Nasional, Dinas Penelitian Pertanian, Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) bekerja sama dengan Universitas Purdue pada tahun 1954. Model tersebut dikembangkan berdasarkan hasil penelitian erosi pada petak kecil (*Wischmeier plot*) dalam jangka panjang yang dikumpulkan dari 49 lokasi penelitian. Berdasarkan data dan informasi yang diperoleh dibuat model penduga erosi dengan menggunakan data curah hujan, tanah, topografi dan pengelolaan lahan. Secara deskriptif model tersebut diformulasikan sebagai berikut :

$$A = R K L S C P$$

di mana

A : jumlah tanah yang tererosi (ton/ha/tahun)

R : faktor erosivitas hujan

K : faktor erodibilitas tanah

L : faktor panjang lereng

S : faktor kemiringan lereng

C : faktor penutupan & pengelolaan tanaman

P : faktor tindakan konservasi tanah

Pada awalnya model penduga erosi USLE dikembangkan sebagai alat bantu para ahli konservasi tanah untuk merencanakan kegiatan usahatani pada suatu landscape (skala usaha tani). Akan tetapi mulai tahun 1970, model ini menjadi sangat populer sebagai model penduga erosi lembar (*sheet erosion*) dan erosi alur (*rill erosion*) dalam rangka mengaplikasikan kebijakan konservasi tanah. Model ini juga pada awalnya digunakan untuk menduga erosi dari lahan-lahan pertanian, tetapi kemudian digunakan pada daerah-daerah penggembalaan, hutan, pemukiman, tempat rekreasi, erosi tebing jalan tol, daerah pertambangan dan lain-lain.

Model penduga erosi USLE juga telah secara luas digunakan di Indonesia. Disamping digunakan sebagai model penduga erosi wilayah (DAS), model tersebut juga digunakan sebagai landasan pengambilan kebijakan pemilihan teknik konservasi tanah dan air yang akan diterapkan, walaupun banyak kalangan menilai bahwa ketepatan penggunaan model tersebut dalam memprediksi erosi DAS masih diragukan. Hal ini disebabkan karena model USLE hanya dapat memprediksi rata-rata kehilangan tanah dari erosi lembar dan erosi alur, tidak mampu memprediksi pengendapan sedimen pada suatu *landscape* dan

tidak menghitung hasil sedimen dari erosi parit, tebing sungai dan dasar sungai.

Menurut Hidayat (2003), berdasarkan hasil perbandingan besaran erosi hasil pengukuran pada petak erosi standar (*Wischmeier plot*) dan erosi hasil pendugaan diketahui bahwa model USLE memberikan dugaan yang lebih tinggi untuk tanah dengan laju erosi rendah, dan erosi dugaan yang lebih rendah untuk tanah dengan laju erosi tinggi. Dengan kata lain kurang akuratnya hasil pendugaan erosi pada skala plot, mencerminkan hasil dugaan model ini pada skala DAS akan mempunyai keakuratan yang kurang baik. Disamping itu, model USLE tidak menggambarkan proses-proses penting dalam proses hidrologi (Risse et al., 1993; dalam Hidayat, 2003). Berdasarkan beberapa kelemahan tersebut, model erosi USLE disempurnakan menjadi RUSLE (*Revised USLE*) dan MUSLE (*Modified USLE*) dengan menggunakan teori erosi modern dan data-data terbaru tetapi masih tetap berbasis plot.

Hasil-hasil penelitian pengujian model penduga erosi USLE baik yang dilakukan di Indonesia maupun di luar negeri seperti Afrika, Eropa, negara-negara Asia dan di Amerika Serikat itu sendiri, menunjukkan bahwa model penduga erosi USLE tidak dapat digunakan secara universal dan memberikan hasil pendugaan yang bias jika digunakan untuk memprediksi erosi DAS (Hidayat, 2003). Hal tersebut disebabkan karena :

- Model USLE sering digunakan untuk memperhitungkan erosi pada DAS yang kompleks, padahal aslinya model ini di Amerika Utara diaplikasikan hanya untuk daerah pertanian yang memiliki sistem pengelolaan dan penanaman yang konsisten. Suatu DAS yang kompleks tidak memiliki konsistensi untuk kedua hal tersebut, ditambah lagi bahwa pada suatu DAS mempunyai variabilitas wilayah yang sangat tinggi. USLE membutuhkan data yang spesifik dan detail, oleh karena itu hasil perhitungan yang diperoleh akan keliru jika diaplikasikan untuk memperhitungkan erosi di suatu DAS yang kompleks. Masih sama dengan alasan di atas, model USLE akan memberikan hasil yang keliru jika digunakan untuk memprediksi sedimentasi di suatu reservoir, karena aslinya model USLE hanya digunakan untuk memprediksi erosi tahunan pada suatu unit lahan, bukan untuk prediksi sedimentasi di suatu reservoir.
- Kekeliruan juga bersumber pada penetapan besarnya faktor C (tanaman)

dan LS (panjang dan kemiringan lereng). Faktor C sering ditentukan berdasarkan data dari hasil interpretasi citra satelit/foto udara, padahal seharusnya faktor C yang dimaksudkan dalam USLE adalah yang menggambarkan kondisi penanaman selama satu tahun, tidak hanya kondisi sesaat seperti hasil interpretasi citra satelit/foto udara. Selain itu faktor LS sering ditentukan berdasarkan peta topografi, sehingga hasil yang diperoleh akan bias dan kurang akurat (karena faktor skala peta). Seharusnya nilai LS ditentukan berdasarkan hasil pengukuran langsung di lapangan.

3.6. Model ANFIS

ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) atau Metode Jaringan Syaraf Tiruan adalah suatu metode yang merupakan penggabungan dari kemampuan jaringan neural (*neural network*) dan logika samar (*fuzzy*) sebagai *universal approximator*, yaitu kemampuan mendekati suatu fungsi, sehingga dapat melakukan interpolasi dan ekstrapolasi. ANFIS merupakan salah satu model yang dapat digunakan untuk memproses data deret waktu dengan struktur pengolahan data yang paralel.

Model ANFIS telah diaplikasikan oleh BPPT untuk membuat prediksi kejadian banjir di wilayah DKI Jakarta, berdasarkan variabel Tinggi Muka Air (TMA) sungai dan curah hujan. Model yang dikembangkan oleh Unit Pelaksana Teknis Hujan Buatan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (UPT HB – BPPT) bekerjasama dengan Departemen Geofisika dan Meteorologi Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung (Dep.GM FIKTM – ITB) sejak tahun 2002, sejauh ini telah digunakan untuk membuat prediksi banjir di wilayah DKI Jakarta yang berasal dari Sungai Ciliwung, Sungai Sunter dan Sungai Pesanggrahan.

Dalam perkembangannya, model ANFIS telah digabungkan dengan model dinamis untuk lebih memperkuat hasil keluaran prediksinya. Hasil keluaran Model ANFIS yang berupa prediksi banjir dari variabel Tinggi Muka Air (TMA) dan curah hujan, digunakan sebagai masukan bagi Model Dinamis untuk membuat simulasi jumlah aliran permukaan dan lama genangan yang akan terjadi di wilayah DKI Jakarta yang disebabkan oleh curah hujan dan aliran yang berasal dari bagian hulu.

IV. PENUTUP

Karena suatu model hidrologi merupakan suatu tools yang dapat merepresentasikan suatu proses hidrologi yang terjadi dalam suatu DAS, maka pada umumnya model yang relatif sederhana dan tidak memerlukan banyak parameter sebagai input modelnya akan lebih disukai oleh pengguna, tetapi hasil prediksinya mengalami deviasi yang cukup besar. Sebaliknya model yang lebih kompleks akan menghasilkan prediksi yang lebih baik, tetapi input parameter yang digunakannya relatif banyak, dengan demikian model seperti ini umumnya jarang dipakai oleh pengguna.

Kesulitan dalam perolehan data-data yang diperlukan sebagai input parameter model masih menjadi kendala tersendiri di Indonesia. Selain ketersediaan data yang memang tidak ada atau kurang lengkap, keberadaan data-data tersebut masih tersebar di banyak instansi dan masih belum terintegrasi. Misalnya, Departemen Pekerjaan Umum dengan database sungainya, Badan Meteorologi dan Geofisika dengan database curah hujannya, LAPAN dengan database penginderaan jauh dan satelitnya, BPPT dengan database radarnya, dan seterusnya. Hal ini yang menjadi salah satu sebab mengapa penggunaan model hidrologi di Indonesia sejauh ini masih dirasakan kurang *powerfull* karena masih sulit untuk memperoleh dan mengintegrasikan data-data parameter inputan modelnya dengan lengkap. Mayoritas penggunaan model hidrologi yang sudah dilakukan masih sebatas pada skala penelitian, jarang sekali yang sudah dalam skala terapan.

Dalam seminar bertemakan “*Use Satellite Based Information in Flood Risk Management*” yang diselenggarakan oleh Masyarakat Hidrologi Indonesia (MHI) bekerjasama dengan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (Ditjen SDA) Departemen Pekerjaan Umum pada bulan Juli tahun 2008 yang lalu, beberapa pakar hidrologi dari forum *Global Earth Observation System of Systems (GEOSS) / Asia Water Cycle Initiatives (AWCI)* pernah mempresentasikan suatu model yang mampu memprediksi dan mendeteksi bencana banjir berdasarkan data satelit yang tentunya harus divalidasi dengan data iklim dan cuaca lokal lainnya. Model tersebut sudah diaplikasikan dan diimplementasikan di beberapa negara Asia seperti Jepang dan India yang sama dengan Indonesia, selalu mempunyai permasalahan banjir setiap kali musim hujan tiba. Sayangnya Indonesia sampai sejauh ini belum mengimplementasikan model

yang ditawarkan oleh GEOSS/AWCI tersebut untuk diterapkan di Indonesia, karena belum adanya kesepakatan antar Departemen/Instansi di Indonesia yang berwenang dengan database-database yang diperlukan untuk saling sharing data. Kiranya hal ini perlu menjadi perhatian bagi pemerintah, agar sekiranya di Indonesia dapat dibentuk atau ditetapkan suatu lembaga / instansi yang berfungsi menjadi *clearing house* sebagai pusat data hidrologi, iklim dan cuaca di Indonesia secara independen, sehingga selanjutnya bagi siapa saja yang membutuhkan, data-data tersebut dapat mudah diperoleh dan tidak sesulit seperti yang masih terjadi dan dirasakan sekarang ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Sri Harto Br. 1993. *Analisis Hidrologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Sinukaban, N., S.D. Tarigan, W. Purwakusuma, D.P.T. Bakoro dan E. D. Wahyunie.b 2000. *Analysis of Watershed Function (Sediment Transfer Across Various Type of Filter Strips)*. Lab. of Soil Physics and Soil & Water Conservation, Dept. of Soil Science, IPB-ICRAF. Bogor.
- Hidayat, Y., 2001. *Aplikasi Model ANSWERS dalam Mempredikasi Erosi dan Aliran Permukaan di DTA Bodong Jaya dan DAS Way Besay Hulu*, Lampung Barat. Tesis Magister. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Hidayat, Y., 2003. *Model Penduga Erosi*. Tesis Magister. Makalah Falsafah Sains (PPs 702). Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Dasanto, B.D. 2000. *Penuntun Praktikum Model Hidrologi Daerah Aliran Sungai*. Makalah Pelatihan Agroklimatologi. Jur. Geofisika dan Meteorologi, FMIPA-IPB Bekerjasama Bagpro Peningkatan SDM Ditjen Dikti Depdiknas. Bogor, 14-26 Agustus 2000.
- Dasanto, B.D. 2006. *Petunjuk Praktikum Hydrologic Modeling System HEC HMS*. Departemen Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Pawitan, H. 2000. *Hidrologi Daerah Aliran Sungai: Teknik Pemodelan dan Simulasi Sistem DAS*. Makalah Pelatihan Agroklimatologi. Jur. Geofisika dan Meteorologi, FMIPA IPB Bekerjasama Bagpro Peningkatan Sdm Ditjen Dikti Depdiknas. Bogor, 14-26 Agustus 2000.
- Salim, H.T., M.S.Badri Kusuma, Nazili. 2006. *Pemodelan Hubungan Hujan, Limpasan dan Kapasitas Erosi Pada Suatu DAS Yang Masuk Ke Palung Sungai*. ITB Sains & Tek. Vol. 38 A, No.1, 2006, 51 – 72, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan – Institut Teknologi Bandung.
- Tikno, S. 1996. *Penggunaan Model ANSWERS untuk Memprediksi Aliran Permukaan dan Sedimen di Sub DAS Cibarengkok* Cimuntur, Jawa Barat. Tesis Magister. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Nugroho, S.P., S. Adi dan H. Soewandito. 2002. *Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Aliran Permukaan, Sedimen Dan Unsur Hara*. Jurnal Sains dan Teknologi BPPT Vol.4 No.5, JSTI 2002.

