

PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA AIR DAS CITARUM

Budi Kartiwa¹, Setyono Hari Adi¹, dan Kasdi Subagyono²

¹Peneliti Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi.

Jln. Tentara Pelajar No 11 A. Cimanggu Bogor, e-mail: iahri@telkom.net

²Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat

Abstract

Software of Citarum Water Resources Information System was developed in research collaboration between IAHR and PJT II. This tool consists of database system (biophysics, hydrology, and climate) as well as instantaneous and daily discharge model integrated to database. The opening menu of the information system consists of main menu, daily simulated discharge, instantaneous simulated discharge, and observed data presentation. GIS based map is presented on main menu interactively, shows position of observed discharge station, rainfall, climate and dam; reservoir; administrative boundary; watershed/ sub watershed boundary; contour, river, road, irrigation network, and information of various land use change. Daily simulated discharge menu is simulated using GR4J mode. This Menu facilitates the discharge simulation for a watershed/sub watershed based on rainfall and evapotranspiration data and the parameter model recorded in database system. Instantaneous simulated discharge menu is simulated using the modified H2U model. The model needs two types of parameters model determined by topographical and drainage network map analysis and calculation module available in instantaneous simulated discharge menu. Observed data presentation menu consists of two windows choices i.e. information concerns the watershed and information concerns the reservoirs. Watershed information presents discharge data visualization at the outlets, rainfall data, discharge data, discharge at weir and climate data.

KeyWords: Citarum, GIS, Daily Discharge Model, Instantaneous Discharge Model, Water Resources Information System

Abstrak

Makalah ini menyajikan keragaan perangkat lunak SISDA Citarum, hasil kerjasama penelitian Balitklimat dan PJT II terdiri dari sistem basisdata (biofisik, hidrologi, iklim) serta software model debit sesaat dan harian yang terintegrasi dengan basisdata. Menu pembuka SISDA Citarum terdiri dari menu halaman utama, simulasi debit harian, simulasi debit sesaat, serta menu tampilan data pengamatan. Peta berbasis SIG yang ditampilkan pada menu halaman utama bersifat interaktif, yang dapat menampilkan posisi stasiun pengamatan debit, hujan, iklim dan bendung; waduk; batas administratif; batas DAS/sub-DAS; kontur, sungai, jalan, bangunan bagi sistem jaringan irigasi wilayah kerja PJT II, serta informasi perubahan penggunaan lahan. Menu simulasi debit harian dikembangkan berdasarkan aplikasi Model GR4J. Menu yang disajikan memberikan pilihan nama DAS/sub-DAS yang akan disimulasi debatnya berdasarkan data masukan nilai parameter model, serta data masukan hujan dan evapotranspirasi potensial harian dari beberapa pilihan stasiun hujan dan iklim yang tersimpan dalam sistem basisdata. Menu simulasi debit sesaat dikembangkan berdasarkan aplikasi Model H2U modifikasi. Model ini membutuhkan 2 jenis parameter yang ditetapkan berdasarkan analisis peta topografi dan peta jaringan hidrografi, serta berdasarkan modul perhitungan yang telah tersedia dalam menu model simulasi debit sesaat. Menu tampilan data pengamatan terdiri dari dua pilihan windows yaitu informasi terkait daerah aliran sungaidan informasi terkait waduk. Informasi pada DAS meliputi visualisasi data debit pada outlet DAS, data curah hujan, data debit pada bendungserta data iklim.

Kata Kunci: Citarum, SIG, Model Debit Harian, Model Debit Sesaat, Sistem Informasi SDA

1. Pendahuluan

DAS Citarum memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, aktivitas industri, pembangkit listrik serta kebutuhan domestik di beberapa daerah di Jawa Barat. Pemanfaatan DAS Citarum diatur oleh tiga waduk besar, yaitu: Waduk Saguling di bagian hulu, Waduk Cirata serta Waduk Jatiluhur di bagian hilir. Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan produksi air sungai Citarum, yang sangat dipengaruhi oleh perubahan karakteristik DAS. Perubahan terbesar terjadi akibat alih fungsi lahan dari hutan menjadi lahan pertanian, dan dari lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian. Selain itu, terjadinya pendangkalan di bagian hilir Citarum, yang disebabkan oleh erosi dan tidak berfungsinya sempadan sungai sesuai peraturan yang berlaku, telah memperparah kondisi DAS Citarum. Dalam 16 tahun terakhir, tercatat laju sedimen DAS Citarum telah mencapai 59.438.931 m³ (Pikiran Rakyat 2002). Penurunan debit Citarum disebabkan pula oleh berkurangnya curah hujan, akibat semakin tingginya frekwensi serta intensitas kejadian kekeringan akibat fenomena El-Niño.

Mengingat peran penting Sungai Citarum sebagai pemasok kebutuhan air pada berbagai sektor dan instansi, maka diperlukan suatu alat bantu pengambilan keputusan berupa sistem informasi yang memadukan antara basis data dan prediksi variabel iklim dan hidrologi menjadi sebuah informasi yang berguna, dapat diakses secara cepat, akurat, murah dan dapat diperbaharui (*updatable*). Dengan demikian, dapat disusun suatu tindakan pengelolaan DAS yang tepat, sehingga permasalahan tentang penggunaan air Sungai Citarum dapat diantisipasi lebih dini, dan resiko kerusakan yang terjadi dapat diminimalkan.

2. Metode

Penelitian lapang dilakukan di wilayah DAS Citarum pada tahun 2005, sedangkan analisis data serta magang dan pelatihan dilakukan di Laboratorium Agrohidrometeorologi Balitklimat Bogor. Bahan yang digunakan meliputi: peta penggunaan lahan, topografi, jaringan sungai, geologi dan jenis tanah baik dalam format digital maupun dalam bentuk manual; data iklim dan hidrologi; data fisika tanah; data debit. Peralatan yang digunakan meliputi: Teodolit, GPS, Terrameter, Curvimeter, planimeter. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan meliputi: ER Mapper 6.0, Arc Info 3.5.2, Map Info 6.5, Arc View 3.1, Microsoft Visual Basic, serta *Mathwork MATLAB 6.1*. Pengembangan Sistem Informasi SDA Citarum (SISDA Citarum) mencakup tiga tahapan yaitu: perancangan sistem, analisis sistem dan desain sistem. Perancangan sistem prototipe database menggunakan metode Siklus Hidup Pengembangan Sistem (*System Development Life Cycle/SDLC*) yang terdiri dari beberapa tahap, yaitu: analisis, desain dan implementasi (Gambar 1).

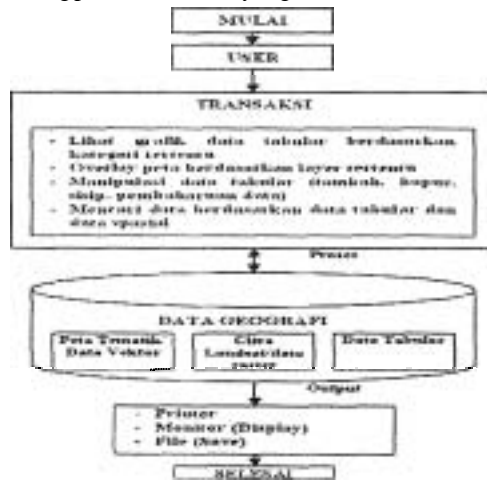
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Tahapan Pengembangan Sistem Informasi Sumberdaya Air Citarum

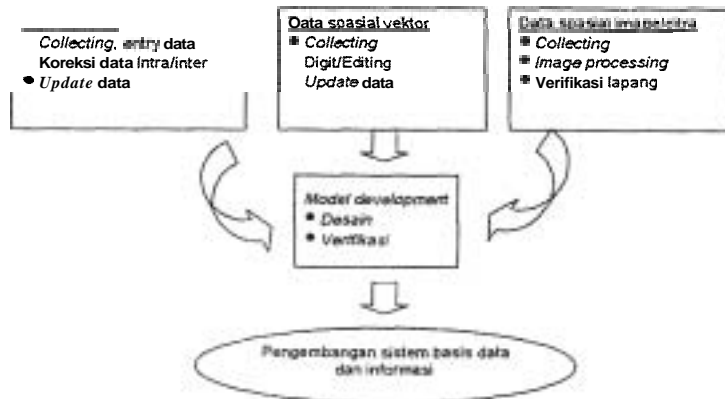
Secara operasional, pengembangan Sistem Informasi Sumberdaya Air DAS Citarum meliputi tiga tahap, yaitu: (1) inventarisasi dan karakterisasi data, (2) pengembangan model, dan (3) pengembangan sistem basis data dan informasi (Gambar 2).

a. Inventarisasi dan Karakterisasi Data

Kegiatan penyiapan data difokuskan untuk menginventarisasi semua data dan informasi yang berkaitan dengan penelitian pengembangan sistem basis data dan informasi SDA. Keanekaragaman data, berupa data spasial (image dan vektor), maupun data tabular atau atribut dengan variasi satuan, jenis data, dan selang waktu pengamatan yang berbeda, merupakan hal yang harus dicermati agar data tersebut dapat diolah dan menghasilkan informasi yang akurat. Di dalam sistem informasi, prioritas data yang akan dimasukkan dibatasi untuk parameter dan analisis hidrologi DAS Citarum. Data yang telah dikumpulkan di dalam tahap ini, kemudian dimasukkan ke dalam sistem basis data. Proses input data yang diterapkan bergantung pada jenis data yang dimiliki.



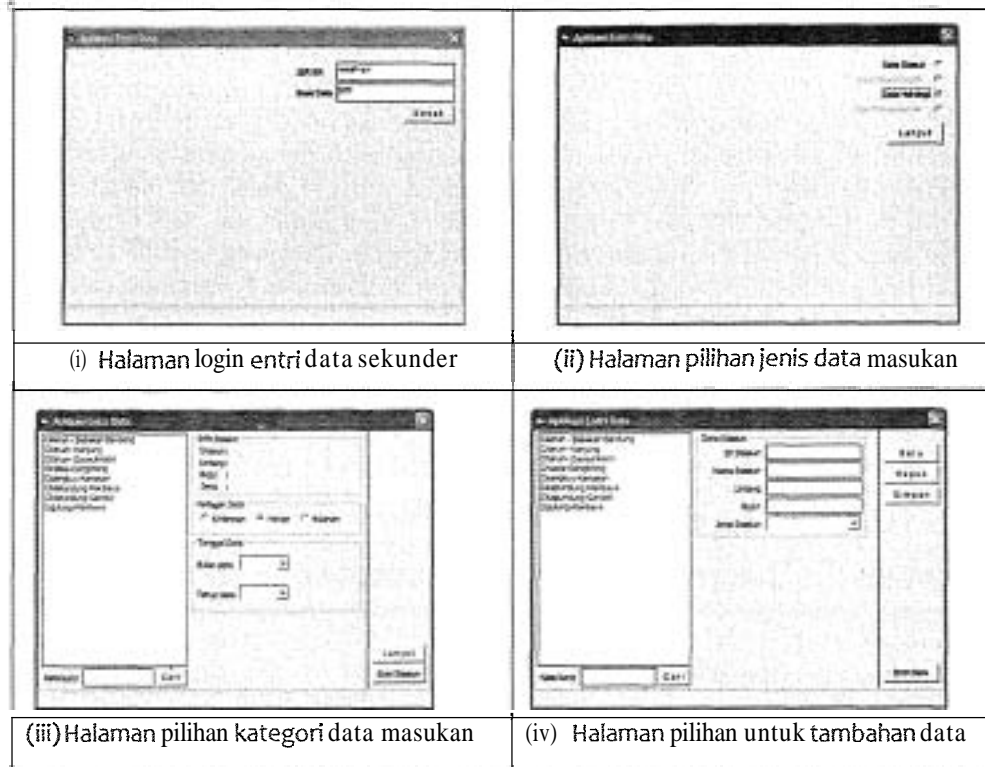
Gambar 1. Diagram alir prototipe Sistem Informasi Sumberdaya Air



Gambar 2. Diagram alir pengembangan sistem database dan sistem informasi SDA.

(1) Data tabular

Data tabular yang dimaksud adalah data karakteristik DAS, curah hujan, dan debit. Data dimasukkan ke dalam sistem basis data yang dibangun khusus, sebagaimana yang tertera pada Gambar 3. Fasilitas dan basis data ini menjadi dasar untuk analisa selanjutnya dandalam penyajian informasi.



Gambar 3. Window untuk entri berbagai jenis data

(2) Data spasial vektor

Data spasial dalam bentuk vektor, seperti batas administrasi, sungai, kontur, jalan, dimasukkan ke sistem melalui proses digitasi. Di dalam tahapan digitasi dilakukan proses editing yang tujuannya adalah melakukan pengecekan dan perbaikan, jika terjadi kesalahan-kesalahan dalam proses digitasi, agar diperoleh suatu bentuk akhir sesuai dengan yang diinginkan. Untuk keseluruhan DAS Citarum, telah dilakukan digitasi data spasial sebanyak 119 lembar, mencakup lima jenis informasi spasial. Pada tahap selanjutnya, keseluruhan lembar peta hasil digitasi akan digabung dalam satu mosaik, sehingga akan menampilkan secara utuh keseluruhan DAS Citarum.

(3) Data spasial image atau raster

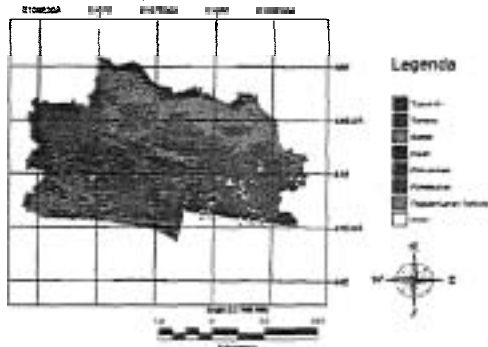
Data spasial dalam bentuk image, seperti distribusi penggunaan lahan, berasal dari analisis citra satelit. Analisis diawali dengan membaca/mengimpor file ke software SIG yang akan digunakan. Sebelum citra tersebut dianalisis, data tersebut mengalami beberapa proses seperti geocoding (penentuan posisi geografis) dan mosaicing (penggabungan beberapa citra). Pada tahap enhancement, citra dianalisis sesuai dengan tujuan pengguna. Tujuan tersebut, dapat berupa klasifikasi jenis tutupan lahan ataupun mengidentifikasi wilayah hutan rawan kekeringan, dan sebagainya. Output analisis citra ini dapat dihubungkan dengan sumber data lain, misalnya data tematik dalam bentuk vektor ataupun dengan data tabular/atribut, yang akhirnya dapat disimpan sebagai file ataupun dalam bentuk hardcopy sesuai kebutuhan pengguna.

Citra beberapa tahun, seperti tahun 1992, 1997, dan 2002, dapat dianalisa untuk melihat perubahan atau konversi tutupan/penggunaan lahan selama periode tersebut. Perubahan yang dicermati, terutama perubahan yang mempengaruhi lahan sawah, misalnya perubahan dari sawah ke tegalan atau dari sawah ke pemukiman, karena perubahan ini sangat mempengaruhi luas sawah dan produksi padinya. Untuk mendukung hasil analisis citra tersebut, telah dilakukan pengamatan lapang, yang bertujuan untuk mengecek kebenaran penggunaan lahan suatu titik/hamparan, dengan menggunakan GPS.

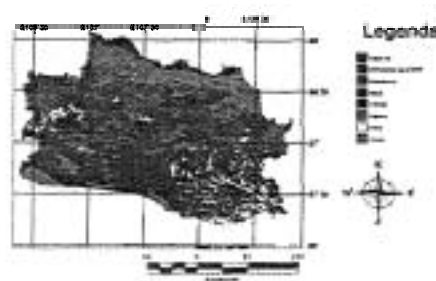
(4) Citra satelit

Citra satelit dianalisa untuk melihat perubahan penutupan lahan (land cover) dan penggunaannya (land use) sekitar sepuluh tahun terakhir. Data yang diperoleh dari LAPAN/BIOTROP/TRFICC USA adalah citra Landsat 7 ETM. Untuk analisis perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum, dibutuhkan 4 scenes citra Landsat 7 untuk setiap pemotretan. Kelas klasifikasi penggunaan lahan secara umum, dibagi atas tujuh kelompok besar. Hasil analisis citra divalidasi dengan menggunakan Peta Penggunaan Lahan Jawa Barat tahun 2001. Tujuh Kelas klasifikasi penggunaan lahan DAS Citarum, meliputi: tubuh air, pemukiman, hutan, sawah, tegalan, perkebunan dan tambak (Gambar 4).

Klasifikasi Penggunaan Lahan Jawa Barat Tahun 1997



Klasifikasi Penggunaan Lahan Jawa Barat Tahun 2002



Gambar 4. Klasifikasi penggunaan lahan Jawa Barat berdasarkan hasil analisis citra Landsat TM 7 Tahun 1997 dan 2002.

b. Pengembangan Model Hidrologi

Penggabungan ketiga bentuk jenis data tersebut (tabular, vektor, spasial) dalam sistem, dilakukan melalui proses programming. Pada tahap ini semua informasi harus saling terintegrasi, sehingga memberikan kemudahan bagi pengguna untuk menampilkan data ataupun untuk melakukan analisis dan interpretasi. Setelah data terkumpul di dalam basis data, dilakukan pengolahan data (model subsistem) agar diperoleh informasi, yang dalam hal ini berkaitan dengan DAS Citarum.

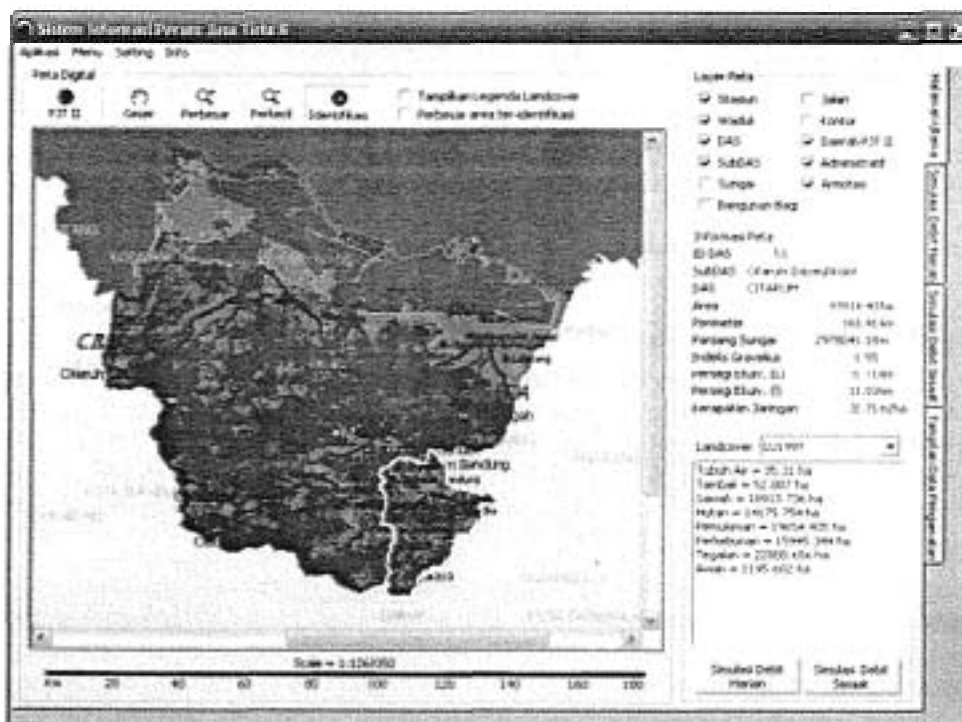
Untuk mengantisipasi ketersediaan jenis data yang terbatas, telah dikembangkan dua model prediksi debit, yaitu model H2U serta model GR4J. Model H2U digunakan untuk memprediksi debit sesaat pada DAS/sub-DAS yang memiliki stasiun hujan otomatis dengan interval pengamatan menitan atau jam-jaman, sedangkan model GR4J digunakan untuk memprediksi debit harian pada DAS/sub-DAS yang hanya memiliki satu atau beberapa stasiun hujan manual.

3.2. KeluaranSISDA Citarum

a. Menu Halaman Utama

Halaman utama Sistem Informasi PJT II menampilkan informasi karakteristik biofisik SWS Citarum (Gambar 3). Pada menu ini dapat ditampilkan peta dasar DAS/sub-DAS berbasis SIC, karakteristik fisiografi DAS/sub-DAS, serta informasi perubahan tutupan lahan. Peta berbasis SIG yang ditampilkan pada menu halaman utama bersifat interaktif, yang dapat menampilkan posisi stasiun pengamatan debit, hujan, iklim dan bendung; waduk; batas administratif; batas DAS/sub-DAS; kontur, sungai, jalan, serta bangunan bagi sistem jaringan irigasi wilayah kerja PJT II. Informasi karakteristik fisiografi (geometri dan morfometri) mencakup luas dan keliling DAS, panjang total jaringan sungai, Indeks Gravelius (indeks yang menunjukkan bentuk DAS, 1 berarti bentuk DAS adalah bulat, 1.15 - 1.2 bentuk DAS persegi, 1.8 bentuk DAS sangat memanjang), persegi panjang ekuivalen, serta kerapatan jaringan. Informasi karakteristik fisiografi setiap DAS/sub-DAS akan muncul saat pengguna memilih poligon yang merepresentasikan suatu DAS pada tampilan peta berbasis SIG di menu Halaman Utama (Gambar 5).

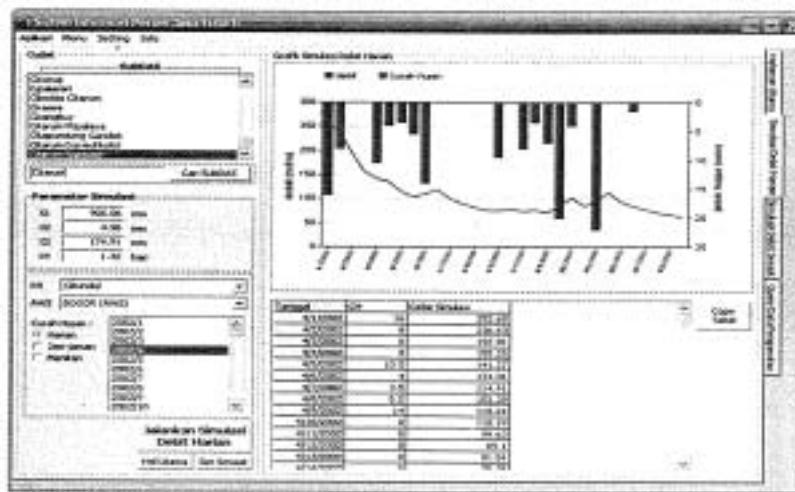
Sistem Informasi PJT II dapat menampilkan informasi luas, jenis dan repartisi penutupan lahan pada Menu Halaman Utama, yang dapat disajikan saat pilihan tahun informasi tutupan lahan diaktifkan dan pengguna telah memilih poligon DAS/sub-DAS yang dimaksud. Gambar 6a menyajikan tampilan visualisasi jenis tutupan lahan dari poligon DAS yang diaktifkan, sedangkan Gambar 6b menyajikan tampilan visualisasi perubahan tutupan lahan dari poligon DAS yang diaktifkan.



Gambar 5. Menu Halaman Utama Sistem Informasi Sumberdaya Air Citarum

- X_1 ; Kapasitas maksimum simpanan produksi (maximum capacity of the production store) (mm)
- X_2 ; Koefisien tukar air (water exchange coefficient) (mm)
- X_3 ; Kapasitas maksimum simpanan pengalihan (maximum capacity of the routing store) (mm)
- X_4 ; Waktu dasar hidrograf satuan (time base of unit hydrograf) (hari).

Menu yang disajikan memberikan pilihan nama DAS/sub-DAS yang akan disimulasi debitnya berdasarkan data masukan nilai parameter model, serta data masukan hujan dan evapotranspirasi potensial harian dari beberapa pilihan stasiun hujan dan iklim yang tersimpan dalam sistem basis data. Nilai parameter simulasi dihitung berdasarkan prosedur kalibrasi model GR4J untuk DAS/sub-DAS yang telah atau pernah memiliki stasiun pengukuran debit harian. Sedangkan untuk DAS yang tidak memiliki stasiun pengukuran debit, parameter simulasi yang digunakan mengacu pada DAS yang diasumsikan memiliki karakteristik biofisik yang hampir sama. Gambar 7 menampilkan menu simulasi debit harian.



Gambar 7. Menu Simulasi Debit Harian Sistem Informasi Sumberdaya Air

c. Menu Simulasi Debit Sesaat

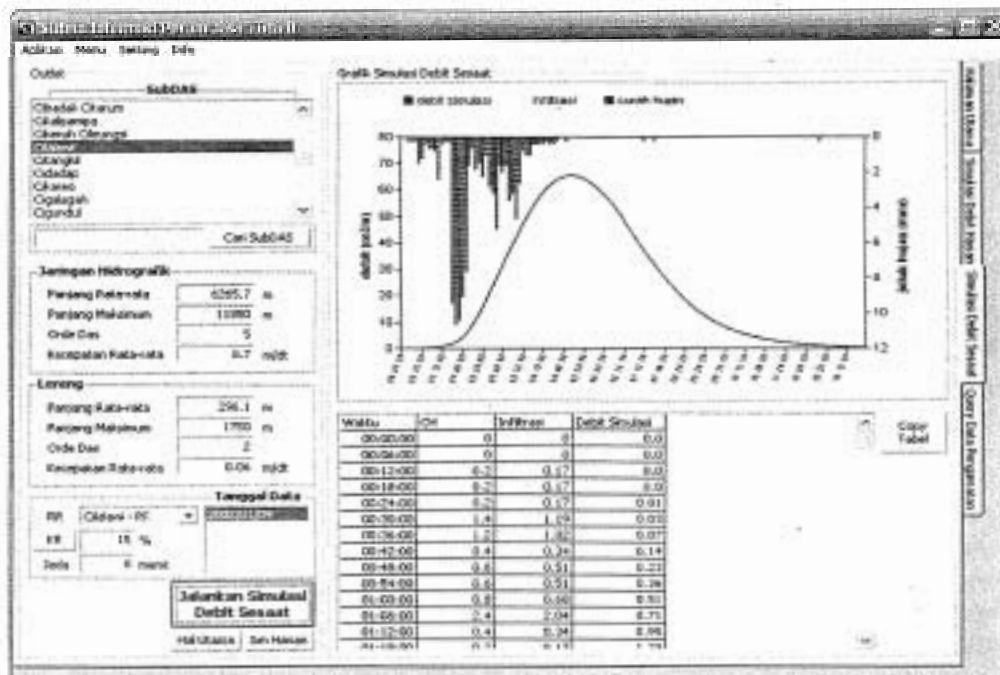
Menu simulasi debit sesaat dikembangkan berdasarkan aplikasi Model H2U modifikasi (Kartiwa 2004). Model ini membutuhkan 2 jenis parameter yaitu parameter fungsi transfer dan parameter fungsi produksi. Penentuan parameter fungsi transfer dapat ditetapkan berdasarkan analisis peta topografi dan peta jaringan hidrografik dan studi literatur, sedangkan penentuan parameter fungsi produksi dilakukan berdasarkan modul perhitungan yang telah tersedia dalam menu model simulasi debit sesaat. Parameter fungsi transfer yang dibutuhkan mencakup nilai rata-rata-rata dan nilai maksimum panjang alur hidrolik pada jaringan hidrografik (drainage network) dan pada lereng (hillslope), orde sungai maksimum, serta kecepatan aliran rata-rata pada jaringan hidrografik dan pada lereng. Penentuan kecepatan aliran dapat dilakukan berdasarkan uji *trial and error* maupun berdasarkan studi literatur. Tabel 1 menyajikan karakteristik fungsi transfer 5 DAS yang dihitung dari Peta Rupa Bumi skala 1:25.000.

Pengembangan Sistem Informasi Sumberdaya Air DAS Citarum

Tabel 1. Karakteristik parameter fungsi alihan 5 DAS di SWS Citarum

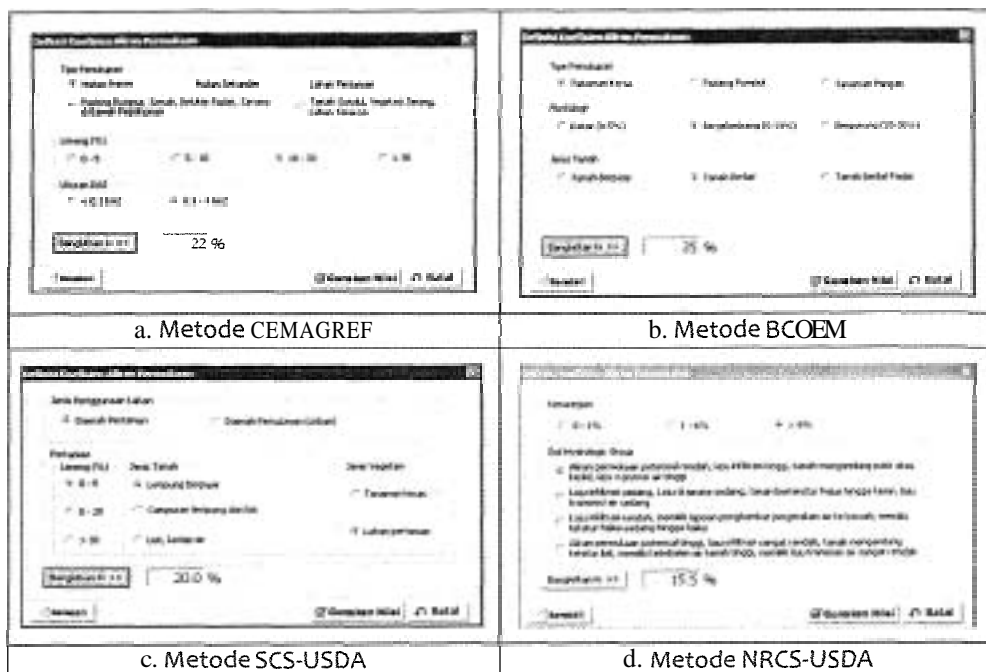
DAS	S	L	L_{max}	L_0	l_{0-max}	n
Cisangkuy-Kamasan	205.7	18500.0	32500.0	136.5	500.0	5
Citarum-Majalaya	176.5	16430.0	28000.0	114.3	500.0	5
Cirasea-Cengkong	62.0	7228.3	13750.0	136.4	550.0	4
Cikeruh-B. Bandung	48.0	8683.8	16750.0	112.5	375.0	4
Cikapundung-Gandok	90.4	20755.9	34250.0	163.2	775.0	5
Cikapundung-Marlibaya	76.0	8638.3	14750.0	126.6	550.0	5

Ket: S Luas (km²), l_0 Panjang alur hidrolik rata-rata pada lereng (m), L Panjang alur hidrolik rata-rata pada Jaringan Hidrografik (m), $l_0 \max$ Panjang alur hidrolik maksimum pada lereng (m), L_{max} Panjang alur hidrolik maksimum pada Jaringan Hidrografik (m), n Orde Sungai Maksimum menurut Strahler



Gambar 8. Menu Simulasi Debit Sesaat Sistem Informasi Sumberdaya Air

Parameter fungsi produksi dihitung berdasarkan aplikasi konsep koefisien aliran permukaan (KR). Koefisien aliran permukaan menunjukkan rasio antara total volume aliran permukaan dengan total volume hujan untuk sebuah episode hujan. Perkalian antara KR dengan intensitas hujan akan menghasilkan intensitas hujan *neto* yang selanjutnya dalam sub model fungsi transfer, intensitas hujan *neto* akan ditransformasi menjadi hidrograf debit simulasi (Gambar 8). Dalam menu simulasi debit sesaat, penentuan koefisien aliran dilakukan berdasarkan beberapa pilihan metodologi meliputi metode CEMAGREF, BCOEM, SCS-USDA, NRCS-USDA (Gambar 9) dan pilihan menggunakan nilai KR baku.



Gambar 9. Pilihan metodologi penentuan nilai koefisien aliran permukaan dalam Menu Simulasi Debit Sesaat

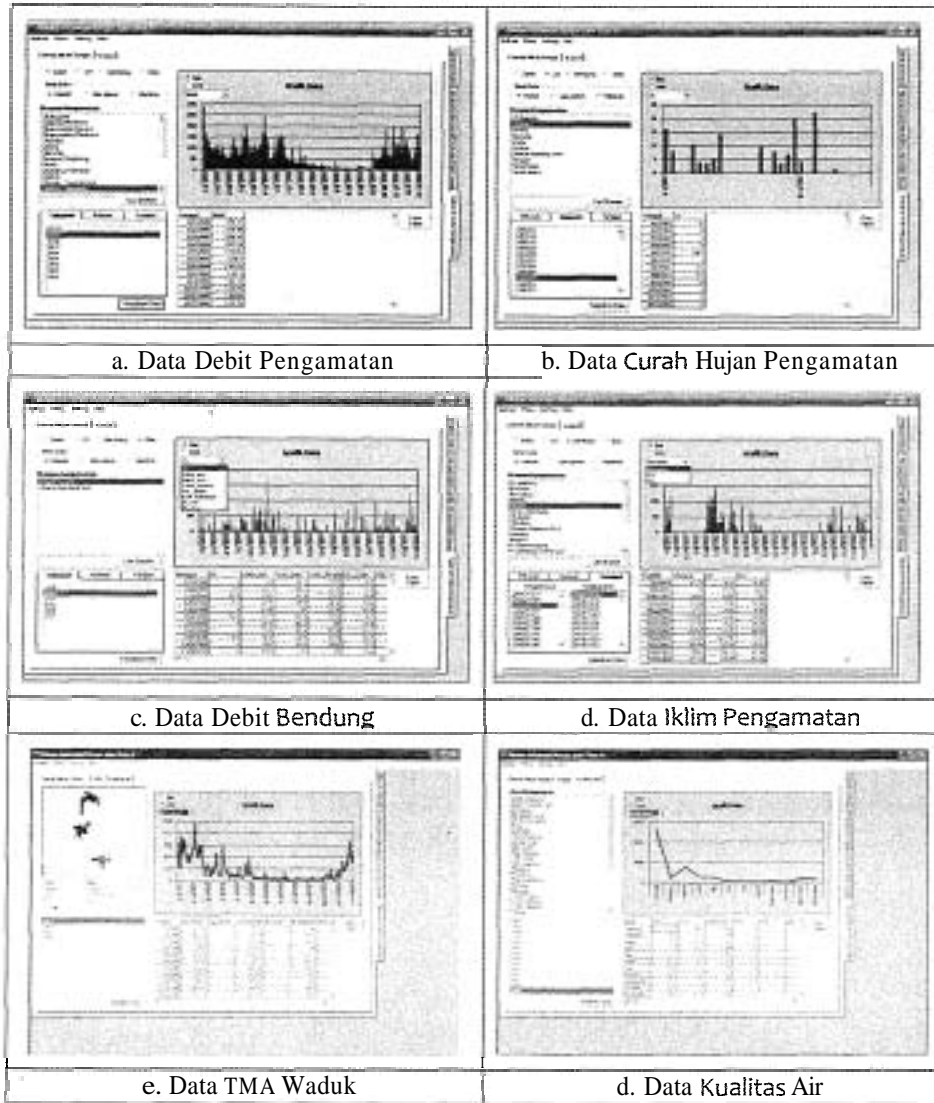
d. Menu Tampilan Data Pengamatan

Menu tampilan data pengamatan terdiri dari 3 pilihan windows yaitu informasi terkait DAS, informasi terkait waduk serta informasi kualitas air. Informasi pada DAS meliputi visualisasi data debit pada outlet DAS, data curah hujan, data debit pada bendung serta data iklim. Informasi-informasi tersebut dapat ditampilkan dalam interval harian, jam-jaman maupun menitan (6 menitan). Data dapat ditampilkan baik berupa tabel maupun grafik. Informasi pada waduk meliputi visualisasi posisi waduk di SWS Citarum yaitu Juanda, Saguling dan Cirata, serta data tinggi muka air masing-masing waduk dalam interval harian. Data dapat ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Sedangkan informasi kualitas air menampilkan data bulanan parameter kualitas air pada beberapa titik pengamatan. Parameter kualitas air yang ditampilkan meliputi BOD, COD, Kekeruhan dan TDS (Gambar 10).

4. Kesimpulan

- Sistem Informasi Sumberdaya Air (SISDA) Citarum memiliki basisdata dengan sistem entri data yang mudah dan terkoneksi dalam suatu sistem jaringan LAN (local area network). Dengan demikian pembaruan data dapat dilakukan setiap saat secara mudah dan tidak akan memungkinkan terjadinya tumpang tindih entri data. Hal ini memungkinkan ditampilkannya informasi hidrologi SWS Citarum terkini dengan tingkat akurasi memadai sehingga dapat menjadi informasi yang bermanfaat bagi pengguna (user).
- Keluaran SISDA Citarum terdiri dari menu halaman utama, menu simulasi debit harian, simulasi debit sesaat, serta menu tampilan data pengamatan.

- Agar penyusunan SISDA Citarum dapat mencapai sasaran, maka diperlukan masukan-masukan dari para pemangku kepentingan dalam lingkup DAS Citarum.



Gambar 10. Menu tampilan data pengamatan debit, hujan, bendung, iklim, TMA waduk dan kualitas air

Daftar Pustaka

- Kartiwa B. 2004. Modelisation du fonctionnement hydrologique des bassins versants, application sur des bassins versants de Java et Sumatra. These de doctorat. Universited'Angers. France. 197 pp.
- Llamas J. 1993. Hydrologie Générale, Principes et Applications. Gaétan Morin Editeur, Boucherville, Quebec, Canada. 527 p.

Prosiding Lokakarya "Sistem Informasi Pengelolaan DAS: Inisiatif pengembangan Infrastruktur Data" Bogor: 5 September 2007

- Musy A 2000. Hydrologie generale. Course virtuel. Section SIE et GC 4ème semestre. ESPL. Lausanne.
- Nash JE, JV Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models, 1, a discussion of principles. J. Hydrol. 10(1), 282-290.
- Pikiran Rakyat. 2002. Citarum Sakit Parah, Siapa Peduli?
- Perrin C. 2000. Towards an improvement of a lumped rainfall-runoff model through a comparative approach (in french). Ph.Dthesis, Université Joseph Fourier, Grenoble.
- Rodriguez-Iturbe I. et Valdés. J. B., 1979. The geomorphologic structure of hydrologic response. Water Resour. Res. 15(5): 1409-1420.
- Sherman LK. 1932. Streamflow from rainfall by the unit hydrograph method. Eng. News-Record, 108, 501-505.
- Soil Conservation Service. 1972. National Engineering Handbook : Section 4, Hydrology. 2nd ed., US Departement of Agriculture, Washington.
- Strahler AN. 1952. Hypsometric analysis of erosional topography. Bull. Geol. Soc. Am., 63, 117-142.