

SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA AIR DAN IKLIM UNTUK PENGELOLAAN DAS BERKELANJUTAN

Kasdi Subagyo¹ dan Budi Kertiwa²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat, Lembang

²Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Bogor

Abstract

Water resources are the urgent need for community in a watershed, but the quantity and quality have been degraded due to watershed degradation. Climate change has also affected biodiversity and farming system in the watershed. Unfortunately, climate and water resource management in the watershed is generally under inappropriate plan and implementation due to limit of database and information of water and climate resources. For sustainable watershed management, proper data and information of climate and water resources are urgently required. Information system is built to help policy makers in decision making during planning and monitoring processes of sustainable watershed management. Information system and DSS of climate and water resources are built through the following steps: (1) development of climate and hydrology stations network, (2) development of database of climate and water resources, (3) development of prediction model of climate and water resources, (4) development of decision support system, and (5) implementation of climate and water resources information system for supporting watershed management. Development and implementation climate and water resources information system need to be parallel with capacity building especially human resources in handling data and its use for watershed management. Integration between sectors concerned to climate and water resources need to be set up to realize sustainable climate and water resources management specifically and watershed management in general.

Keyword: Information system, Climate and water resources, Watershed, Database, DSS, Watershed management

Abstrak

SDA merupakan sumberdaya alam penting untuk mendukung kelangsungan hidup masyarakat di DAS, namun kuantitas dan kualitasnya cenderung menurun akibat degradasi DAS. Pada sisi lain perubahan iklim telah berdampak buruk terhadap biodiversitas dan sistem usahatani yang cenderung mengalami pergeseran. Secara umum pengelolaan SDA dan iklim di DAS belum direncanakan dan dioperasionalkan secara optimal akibat belum rincinya basis data dan informasi SDA dan iklim yang dibangun di DAS. Untuk pengelolaan DAS berkelanjutan, data dan informasi SDA dan iklim yang kondisinya sangat dinamis tersebut sangat diperlukan. Sistem informasi dibangun untuk membantu para penentu kebijakan (policy makers) dalam membuat keputusan (decision making) dalam merencanakan dan memantau pelaksanaan pengelolaan DAS secara berkelanjutan. Sistem informasi dan sistem pendukung keputusan SDA dan iklim dibangun dengan tahap-tahap sebagai berikut (1) pengembangan jaringan pengamatan dan pengukuran potensi SDA dan iklim dan sistem akuisisi data, (2) pengembangan basis data SDA dan iklim, (3) pengembangan model prediksi potensi SDA dan iklim, (4) pengembangan sistem pendukung keputusan, dan (5) implementasi sistem informasi SDA dan iklim untuk mendukung pengelolaan DAS. Pengembangan dan implementasi sistem informasi SDA dan iklim tersebut perlu didukung dengan pengembangan kapasitas (capacity building) untuk peningkatan kemampuan SDM di daerah dalam menangani data dan pemanfaatannya untuk mengoptimalkan pengelolaan DAS. Integrasi antar sektor yang berkepentingan terhadap SDA dan iklim perlu dibangun agar keberlanjutan pengelolaan SDA dan iklim pada khususnya dan pengelolaan DAS pada umumnya dapat direalisasikan.

Kata Kunci: Sistem informasi, SDA dan iklim, DAS, Basis data, DSS, Pengelolaan DAS

Makalah utama

1. Pendahuluan

Ketersediaan data dan informasi SDA dan iklim yang terformat dalam suatu sistem basisdata sangat diperlukan dalam perencanaan dan operasionalisasi pengelolaan DAS. Di Indonesia, ketersediaan data tersebut terpecah di berbagai instansi dengan bentuk, format, dan waktu penyajian yang tidak standar serta dari berbagai sumber dan versi yang berbeda. Akibatnya adalah (1) tidak ada jaminan kualitas dan kuantitas data secara spasial dan temporal, (2) sangat sulit mencari dan menyiapkan data dalam waktu yang singkat, (3) tidak bisa diakses dengan mudah, (4) tidak komprehensif (5) kendala dalam updating dan (6) kurang optimal dalam penggunaannya.

Data dan informasi SDA dan iklim di DAS dapat ditingkatkan kualitasnya menurut ruang dan waktu secara real time apabila dinamika perubahan data dan informasi dapat diperbaharui secara interaktif dengan alat bantu dalam bentuk model sistem informasi SDA dan iklim yang mengintegrasikan data dan informasi untuk mendukung pengelolaan DAS. Integrasi data dan informasi sosial ekonomi dan kelengkapan serta segala aktivitas yang relevan ke dalam sistem informasi SDA dan iklim dapat dioperasionalkan secara ramah pengguna (user friendly) sebagai alat bantu pengambilan keputusan untuk menyusun perencanaan dan strategi pengelolaan SDA dan iklim mendukung pengelolaan DAS.

Basisdata dan informasi SDA dan iklim di DAS belum secara rinci dibangun, sehingga pengelolaan SDA dan iklim di DAS masih belum dapat dilakukan secara optimal. Terkait dengan pemanfaatan SDA dan iklim, data dan informasi kebutuhan air dan iklim sangat diperlukan. Kebutuhan air makin meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan ragam kebutuhan yang menuntut SDA dalam jumlah banyak, baik kebutuhan air untuk keluarga, industri, irigasi, energi (hydro-electricity), rekreasi dan berbagai aspek kehidupan lainnya. Pada sisi lain, fungsi penyangga (resapan) DAS makin memburuk kondisinya. Alih fungsi lahan di daerah penyangga, makin meluasnya lahan kritis, dan penyebab-penyebab lain berubahnya fungsi DAS adalah awal dari hilangnya volume besar air melalui aliran permukaan (surface runoff). Perubahan iklim merupakan kendala lain yang dihadapi masyarakat dalam mengelola DAS, khususnya masyarakat petani dimana sistem usahatani telah mengalami pergeseran akibat perubahan iklim tersebut.

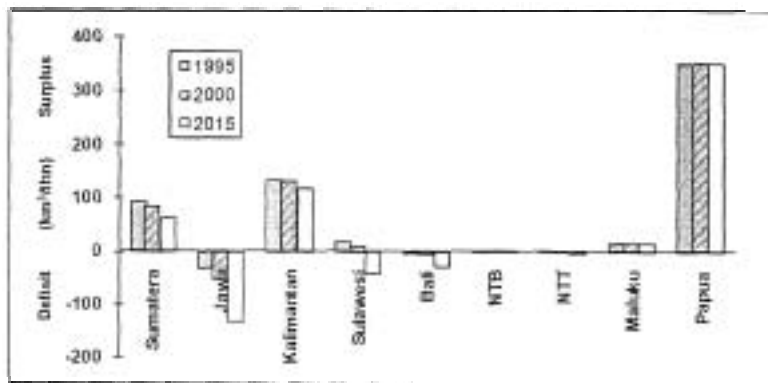
Indeks penggunaan air (IPA) atau rasio kebutuhan dan ketersediaan air sudah melebihi 1,0. Depkimpraswil mencatat IPA untuk DAS Ciliwung dan Cisadane sudah melampaui 1,2 (129,4%) pada tahun 1995. Dalam tahun-tahun terakhir indeks tersebut diperkirakan makin meningkat, karena pertumbuhan jumlah penduduk yang relatif cepat, perkembangan pesat sektor industri, energi dan rumah tangga sementara potensi ketersediaan air makin menurun.

DAS sebagai fungsi penyangga (resapan) makin terdegradasi karena rusaknya sebagian besar DAS tersebut. Alih fungsi lahan di daerah penyangga, makin meluasnya lahan kritis (data Depkimpraswil menunjukkan 13,1 juta Ha tahun 1992 dan sekarang menjadi sekitar 18,5 juta Ha) dan makin luasnya penyebaran DAS kritis (22 DAS kritis pada tahun 1984, menjadi 59 DAS kritis tahun 1998), penebangan liar (illegal logging) pada areal penyangga dan penyebab-penyebab lain berubahnya fungsi DAS adalah awal dari hilangnya volume besar air melalui aliran permukaan yang seharusnya dapat dikonservasi. Faktanya adalah makin meningkatnya defisit air di wilayah kekurangan air atau menurunnya ketersediaan air di daerah surplus. Mengeringnya kantong-kantong air di daerah cekungan di kawasan DAS adalah indikasi nyata dari makin hilangnya fungsi hidrologis DAS.

SDA telah mengalami berbagai tekanan yang berakibat pada makin buruknya kualitas. Salah satu penyebabnya adalah pencemaran pada air permukaan (sungai, danau, waduk) dan air bawah permukaan (groundwater). Intrusi air laut ke daratan menyebabkan salinitas air di sumur-sumur penduduk meningkat. Kebocoran-kebocoran limbah industri ke sungai dan lahan-lahan pertanian makin memberikan tekanan pada lingkungan. Kekeringan dan banjir yang semakin meningkat frekuensi dan intensitasnya sebagai akibat perubahan iklim dan rusaknya DAS merupakan masalah yang dihadapi juga oleh masyarakat di DAS. Tindakan antisipasi terhadap kekeringan dan banjir yang dilakukan memerlukan respon dengan segera karena terkait dengan kebijakan-kebijakan pengelolaan DAS yang mencakup berbagai aspek. Hal ini hanya bisa direncanakan dengan baik apabila didukung dengan ketersediaan data dan informasi yang cepat dan akurat secara spasial dan temporal. Makalah ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran terhadap status sistem informasi SDA dan iklim di DAS dan upaya pengembangannya untuk mendukung perencanaan dan operasionalisasi pengelolaan DAS.

2. Potensial Keragaman SDA dan Iklim

Indonesia menduduki urutan ke lima negara-negara yang kaya air setelah Brazil, Rusia, China dan Canada. Hal ini tercermin dari potensi ketersediaan air permukaan terutama air sungai yang menurut catatan Depkimpraswil rata-rata mencapai kurang lebih 15.500 m³/kapita/tahun, jauh melebihi rata-rata dunia yang hanya 600 m³/kapita/tahun. Namun jumlah yang berlimpah tersebut ketersediaannya sangat bervariasi menurut tempat dan waktu. Pulau Jawa yang penduduknya mencapai 65% dari total penduduk Indonesia, hanya tersedia 4.5% potensi air tawar nasional. Faktanya, jumlah ketersediaan air di P. Jawa mencapai 30.569,2 juta m³/tahun tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air bagi seluruh penduduknya. Artinya di pulau yang terpadat penduduknya ini selalu mengalami defisit paling tidak hingga nanti 2015 dan akan terus meningkat jika tidak ada upaya konservasi dan efisiensi pemanfaatan airnya. Demikian juga halnya di wilayah lain, walaupun pada tahun yang sama masih tergolong surplus, namun secara umum kelebihan air tersebut jumlahnya menurun (Gambar 1) dan ketersediaannya sangat berfluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau. Catatan Depkimpraswil menunjukkan bahwa pada musim hujan debit air di S. Cimanuk mencapai 600 m³/detik tetapi hanya 20 m³/detik pada musim kemarau.



Gambar 1. Ilustrasi surplus dan defisit ketersediaan air di sebagian besar wilayah Indonesia (dimodifikasi dari Depkimpraswil 2003)

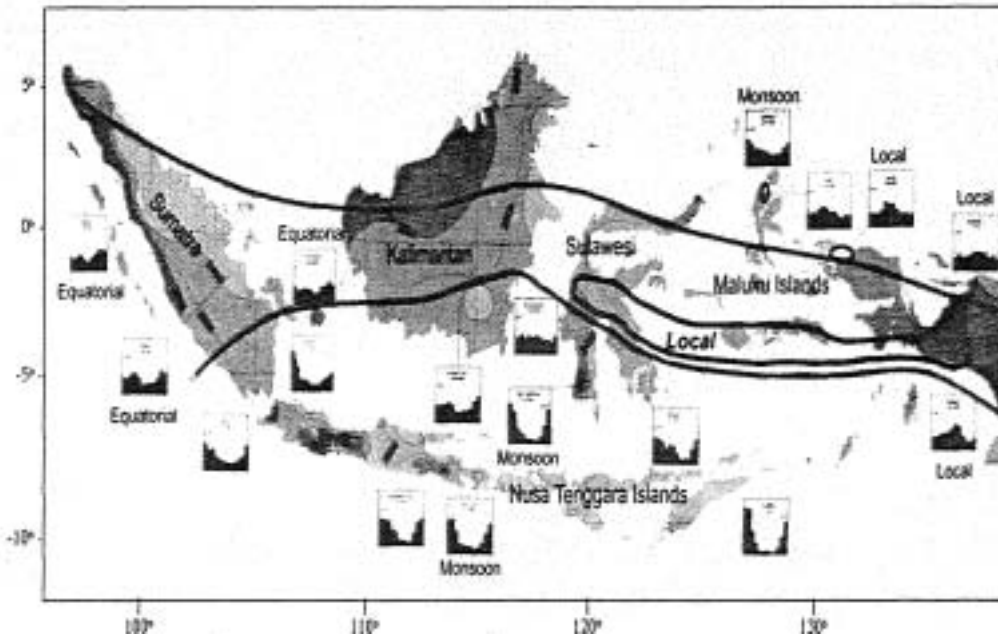
Keragaman SDA di suatu wilayah juga diakibatkan oleh keragaman kebutuhan air antara satu wilayah dengan yang lainnya. Ketersediaan air yang ada digunakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian (irigasi), domestik, rrunisipal, dan industri (DMI). Kebutuhan air untuk DMI relatif tidak berubah sepanjang tahun (selama tidak terjadi lonjakan jumlah penduduk, industri dll.), sedangkan kebutuhan air irigasi dipengaruhi oleh proses budidaya tanaman yang mencakup pola tanam, pengolahan tanah, dan pertumbuhan tanaman, yang umumnya relatif tinggi. Di samping itu dinarnika penggunaan lahan juga mempengaruhi tingkat kebutuhan air. Penggunaan air untuk sawah beririgasi membutuhkan air yang lebih banyak dibandingkan dengan budidaya tanaman lain di lahan kering.

Di sektor pertanian, kebijakan revitalisasi pertanian yang mencanangkan lahan abadi 15 juta ha lahan sawah dan 15 juta ha lahan kering memerlukan dukungan SDA untuk irigasi yang lebih proporsional. Jika kebutuhan air untuk irigasi sawah sebesar 1.65 liter/detik/ha/musim tanam, maka diperlukan air 24,75 juta liter/detik/15 juta ha/musim tanam. Dengan indeks pertanarnan (IP) zoo, diperlukan 49,5 juta liter/detik/15 juta ha. Untuk lahan kering, kebutuhan air untuk suatu komoditas tanarnan relatif lebih rendah. Sebagai contoh, untuk mernproduksi 1 kg jagung diperlukan air kurang lebih 600 liter. Dengan produktivitas jagung 3 ton/ha, maka diperlukan air kurang lebih 2,7 juta liter/ha. Dibanding dengan kondisi sekarang (yang diperkirakan terdapat 8 juta ha lahan sawah beririgasi), maka ke depan kebutuhan air untuk irigasi sawah khususnya dan lahan kering akan meningkat. Pendeknya, untuk sentra-sentra produksi pertanian seperti di Jawa, kebutuhan air untuk pertanian sangat besar. Di sarnping itu menghadapi peningkatan jumlah penduduk dan pesatnya perkembangan sektor industri, kebutuhan air juga akan meningkat. Sebagai gambaran, kebutuhan air untuk domestik kurang lebih 100 liter/kapitalhari. Hal ini tentunya juga sangat menentukan keragaman status SDA di Indonesia. Pulau Jawa yang padat penduduknya menuntut kebutuhan air untuk domestik yang jauh lebih besardibandingpulau-pulau lainnya.

Pada sisi lain, Indonesia memiliki iklim yang beragam dari satu wilayah ke wilayah lain. Hal ini dicirikan dengan pola hujan yang beragam, yang secara umum dapat dikategorikan kedalam tiga pola hujan (Boererna 1938). Pertama tipe monsoon yang dicirikan dengan puncak rrusim hujan yang terjadi sekitar bulan Desember/Januari. Kedua pola ekuatorial yang dicirikan oleh dua puncak musim hujan yaitu sekitar Maret dan Oktober. Ketiga pola lokal dimana puncak musim hujan terjadi sekitar bulan Juli/Agustus. Pola monsoon dapat dibagi lagi rnenjadi dua tipe. Tipe pertarna memiliki rrusim kemarau yang lebih panjang (wilayah Indonesia bagian Timur, Lombok dan Nusa Tenggara) dan lebih kering dari tipe kedua (Jawa, Sumsel dan Sulawesi Sefatan) sehingga tipe pertarna lebih sering mengalami kekeringan dibanding tipe ke dua. Jadi sebagian besar wilayah ini berada di bagian Selatan wilayah Indonesia sehingga pengaruh sistem musim Australia cukup besar. Wilayah yang memiliki hujan dengan pola lokal umumnya ditemui di wilayah bagian tirnur ekuator (misalnya Maluku) sedangkan pola ekuatorial umumnya ditemui di wilayah Sumatera bagian tengah dan utara dan musim kemaraunya tidak begitu tegas (Cambarz).

Selain memiliki pola hujan yang sangat beragam, wilayah Indonesia juga memiliki panjang rrusim hujan (MH) yang sangat bervariasi mulai dari 80-300 hari sampai 10-110 hari. Jumlah curah hujan selarna MH beragam dari 641 mm sampai 4,115 mm (Boer dan Subbiah

2005). Wilayah yang memiliki MH yang pendek atau musim kemarau (MK) yang pajang umumnya berada di wilayah bagian Timur Indonesia. Wilayah Lombok Tengah dan Lombok Timur misalnya memiliki panjang MK lebih dari 300 hari, di wilayah Lombok Utara sekitar 260 hari, di wilayah Sumba dan Flores termasuk Probolinggo-Jawa Timur serta Subang dan Indramayu-Jawa Barat panjang MK mencapai 250 hari. Daerah dengan MK terpendek ditemukan di wilayah Pantai Timur Sumatera dan Jawa Barat bagian Tengah dan Selatan.



Gambar 2. Pola hujan di Indonesia (Sumber: Boer dan Subbiah 2005)

Pada sektor pertanian, perbedaan karakteristik dan distribusi curah hujan berimplikasi pada panjang periode tanam dan masa produksi, jenis tanaman yang diusahakan dan persediaan pangan, teknologi yang digunakan, keanekaragaman sentra produksi pertanian, serta keunggulan komparatif wilayah. Keunggulan-keunggulan masing-masing wilayah memberikan implikasi pertumbuhan ekonomi baru di masing-masing wilayah, saling menjalin kerjasama dan membuka perdagangan antara daerah.

Secara umum dinamika dan keragaman iklim sangat berpengaruh terhadap pengelolaan DAS, terkait dengan penggunaan lahan, pola usahatani, pemanfaatan SDA untuk berbagai tujuan, upaya konservasi dan penyelamatan lahan dan biodiversitas, serta berbagai aktivitas masyarakat.

3. Pentingnya Sistem Informasi SDA dan Iklim untuk Pengelolaan DAS

Dua aspek penting dalam pengelolaan DAS adalah pengelolaan SDA dan iklim. Dalam pengelolaan kedua aspek tersebut sangat memerlukan dukungan data dan informasi SDA dan iklim yang memadai mencakup ragam dan distribusi serta kontinuitas ketersediaannya. Di Indonesia, data dan informasi tersebut umumnya masih belum dikelola

secara baik, sehingga pengambilan keputusan dalam pengelolaannya menjadi tidak optimal. Pada sisi lain, lembaga-lembaga yang membangkitkan dan mengelola data dan informasi tersebut juga belum melakukan koordinasi dan sinkronisasi dengan baik. Pada kondisi demikian pengguna data dan informasi sering dihadapkan pada kendala baik dalam jumlah, ragam dan distribusi yang sesuai dengan yang mereka perlukan.

Untuk pengelolaan SDA, potensi dan distribusi SDA perlu diidentifikasi dan dianalisis sehingga menjadi informasi yang siap digunakan. Sumberdaya air baik dalam bentuk air permukaan (surface water) maupun air bawah permukaan (groundwater) merupakan potensi yang dapat dikelola untuk menunjang pengelolaan DAS. Semakin beragamnya penggunaan air baik untuk irigasi, domestik, munisipal, energi, pariwisata, dan berbagai penggunaan lainnya menuntut perbagian air secara proporsional (proportional watersharing). Air untuk penggunaan yang berbeda tersebut menuntut kualitas dan jumlah yang berbeda. Selain manfaat, air juga menjadi kekuatan yang merusak dalam bentuk banjir, demikian juga jika ketersediaannya langka (kekeringan). Hal ini menuntut sistem peringatan dini (early warning system) yang handal. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut di atas, maka ketersediaan data dan informasi yang dikemas dalam sistem informasi yang handal akan memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap pengelolaan DAS.

4. Pengembangan Sistem Informasi SDA dan Iklim

Pengembangan sistem informasi SDA dan iklim memerlukan strategi dan tahapan yang tepat. Sistem informasi SDA dan iklim akan dimanfaatkan oleh pengguna terutama perencana secara optimal jika pengguna tersebut memahami konsep dasar, teknologi, aplikasi, pengembangan dan pengelolaannya. Pada Gambar 3 disajikan kerangka sistem informasi yang diharapkan dapat dipahami oleh pengguna.

4.1. Strategi pengembangan

Seperti halnya sistem informasi lainnya, sistem informasi SDA dan iklim dikembangkan dengan memperhatikan urgensi dan intensitas pemanfaatan data dan informasi serta tingkat pemahaman pengguna terhadap sistem informasi tersebut. Data dan informasi yang dikemas dalam sistem basis data perlu ditampilkan dalam berbagai bentuk yang meliputi data dan informasi secara tabular, spasial dan grafis. Data dan informasi tersebut diformat dalam bentuk yang dapat diperbaharui (updatable) sehingga pengguna senantiasa terfasilitasi dengan data dan informasi yang terbaru.

Pengembangan sistem informasi SDA dan iklim akan mampu mendukung pengelolaan DAS jika perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), keahlian (brainware), prosedur dan atau aturan dapat dikelola secara integral untuk mengolah data menjadi informasi yang menghasilkan output baik dalam bentuk gambar, suara maupun tulisan yang bermanfaat guna memecahkan masalah dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan DAS.

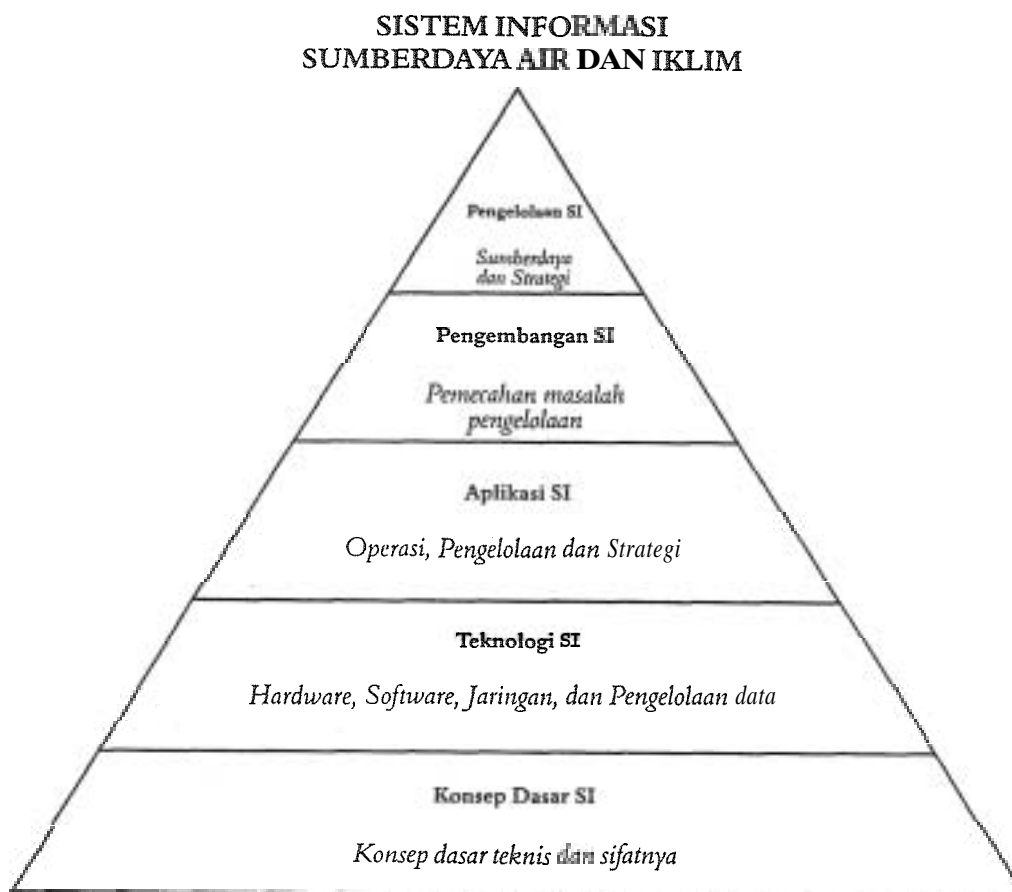
4.2. Tahap-tahap pengembangan sistem informasi

Pengembangan sistem informasi SDA dan iklim dibangun melalui beberapa tahapan yang satu sama lain saling terkait. Tahap-tahap pengembangan sistem informasi SDA dan iklim tersebut adalah sebagai berikut: (1) pengembangan jaringan pengamatan

Sistem Informasi Sumberdaya Air dan Iklim untuk Pengelolaan DAS Berkelanjutan

dan pengukuran potensi SDA dan iklim dan sistem pengiriman data, (2) pengembangan basisdata SDA dan iklim, (3) pengembangan model prediksi potensi SDA dan iklim, (4) pengembangan sistem pendukung keputusan, dan (5) implementasi sistem informasi SDA dan iklim untuk mendukung pengelolaan DAS.

Pengembangan jaringan pengamatan dan pengukuran potensi SDA dan iklim perlu ditunjang dengan stasiun pengamatan hidrologi dan iklim dalam jumlah yang memadai dan distribusi yang representatif serta disesuaikan dengan tujuan pengembangan jaringan tersebut. Untuk tujuan penelitian dinamika potensi SDA dan iklim, kerapatan pengamatan dan pengukuran sangat menentukan akurasi terutarna untuk pengembangan model. Untuk prediksi hidrologi dan iklim, distribusi stasiun pengamatan dan pengukuran menjadi aspek penting yang harus diperhatikan. Pada Gambar 4 disajikan pengembangan jaringan stasiun iklim dan hidrologi Badan Litbang Pertanian

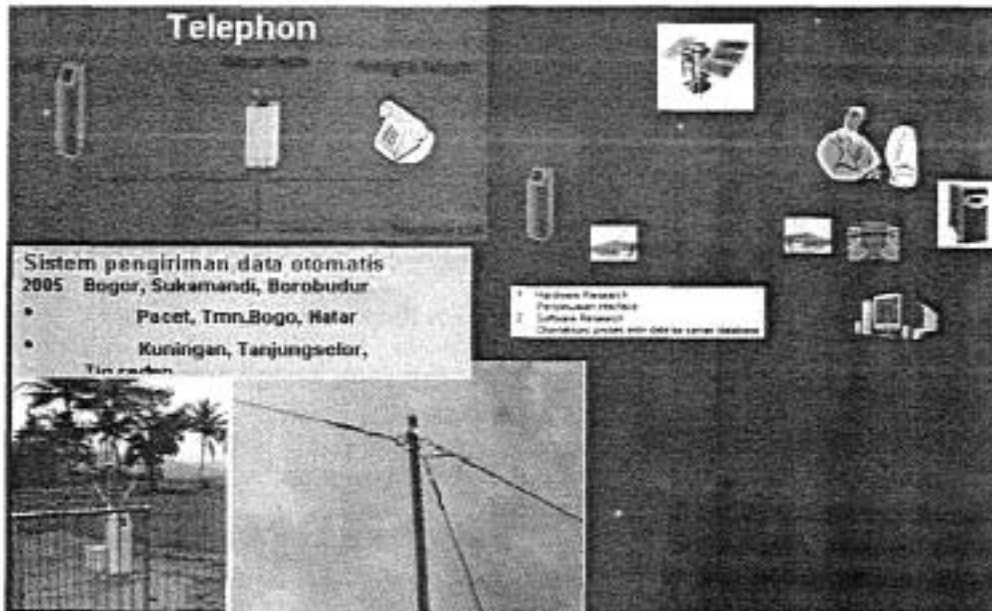


Gambar 3. Kerangka pemahaman sistem informasi SDA dan iklim oleh pengguna



Gambar 4. Pengembangan jaringan stasiun pengamatan iklim (dan hidrologi) lingkup Badan Litbang Pertanian

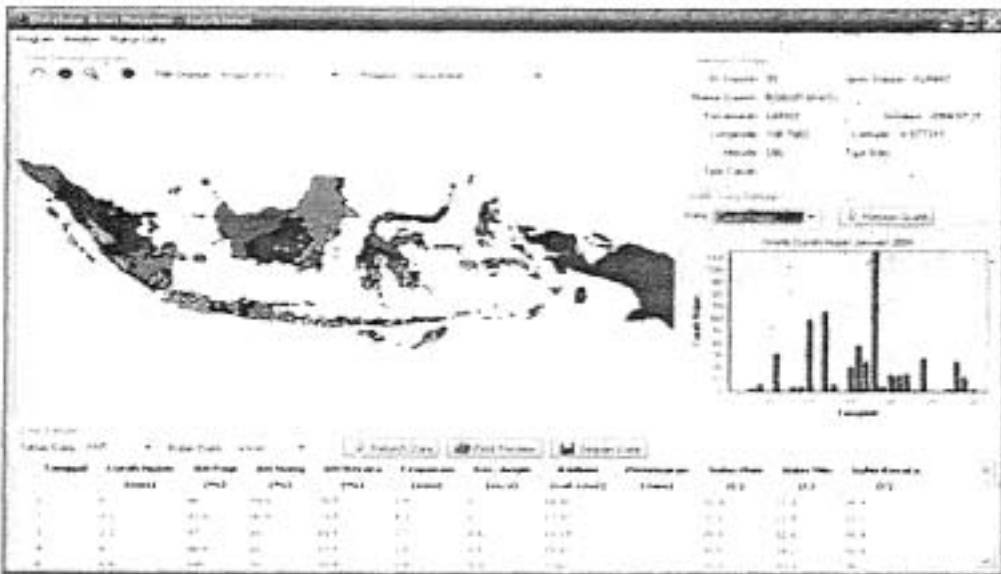
Sistem pengiriman data merupakan aspek penting lain untuk mendapatkan data dan informasi yang mendekati kondisi di lapangan (near real time). Data dan informasi dari stasiun-stasiun yang tersebar di berbagai wilayah dapat dikirim ke pusat data melalui sistem telepon dan satelit (Gambar 5). Pengiriman melalui telepon masih tergolong semi otomatis, sedangkan dengan satelit sistem pengiriman secara otomatis dapat dibangun



Gambar 5. Sistem pengiriman data dari stasiun di lapangan ke pusat data

Basisdata merupakan tahap penting dari pengembangan sistem informasi SDA dan iklim. Data disusun dalam format tabular, grafik maupun spasial (Gambar 6) untuk memberikan alternatif yang lebih luas dalam pemanfaatan data dan informasi. Sistem basisdata tersebut perlu distandarisasi agar setiap pengguna dengan mudah dan benar mengakses untuk suatu penggunaan. Untuk pengembangan sistem informasi juga memerlukan basisdata yang telah distandarisasi agar kompatibel dengan sistem jaringan yang telah dibangun baik di tingkat Nasional maupun Provinsi. Untuk lebih memperluas akses terhadap data dan informasi SDA dan iklim, maka sistem informasi dapat dikembangkan dalam format Web.

Model prediksi iklim dan hidrologi merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari pengembangan sistem informasi SDA dan iklim. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah mengembangkan model prediksi iklim dan hidrologi yang diintegrasikan dengan sistem informasi yang telah dan sedang dikembangkan. Model prediksi Filter Kalman digunakan untuk prediksi iklim sedangkan model prediksi hidrologi dengan mengaplikasikan model Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph (H_2U) and a daily discharge model (GR4J).



Gambar 6. Sistem basisdata iklim dan hidrologi

Model H_2U (Hydrogramme Unitaire Universel) telah dikembangkan oleh Prof. Jean Duchesne dari *Ecole Nationale Supérieure Agronomique* (ENSA) Rennes, Perancis. Model ini dikembangkan dari konsep geomorphological instantaneous unit hydrograph (GIUH) oleh Rodriguez-Iturbe dan Valdes (1979). Model H_2U mensimulasikan probability density Junction (PDF) dari waktu tempuh air dari daerah tangkapan ke outlet. Ada 2 tipe PDF, yaitu PDF untuk model jalur aliran (*drainage network*) dan PDF untuk daerah pegunungan (*hillslope*) (Kartiwa 2004):



$$\rho_{RH}(t) = \left(\frac{n \overline{V_{RH}}}{2L} \right)^{\frac{n}{2}} \cdot \frac{1}{\Gamma(n/2)} \cdot t^{\frac{n}{2}-1} \cdot e^{-\frac{n \overline{V_{RH}} t}{2L}}$$

$\rho_{RH}(t)$ menyatakan PDF model jalur aliran, n maksimum order daerah tangkapan, $\overline{V_{RH}}$ kecepatan aliran pada jalur aliran, L rerata panjang jalur aliran, Γ fungsi gamma, dan interval waktu.

$$\rho_v(t) = \frac{\overline{V_v}}{t_0} e^{-\frac{\overline{V_v} t}{t_0}}$$

$\rho_v(t)$ menyatakan PDF untuk hillslope, $\overline{V_v}$ kecepatan aliran di hillslope, dan t_0 rerata panjang aliran di hillslope.

PDF daerah tangkapan dapat ditetapkan dengan formula sebagai berikut :

$$\rho_{DAS}(t) = \rho_v(t) \otimes \rho_{RH}(t)$$

$\rho_{DAS}(t)$ menyatakan PDF daerah tangkapan dan $\rho_{RH}(t)$ PDF jalur aliran.

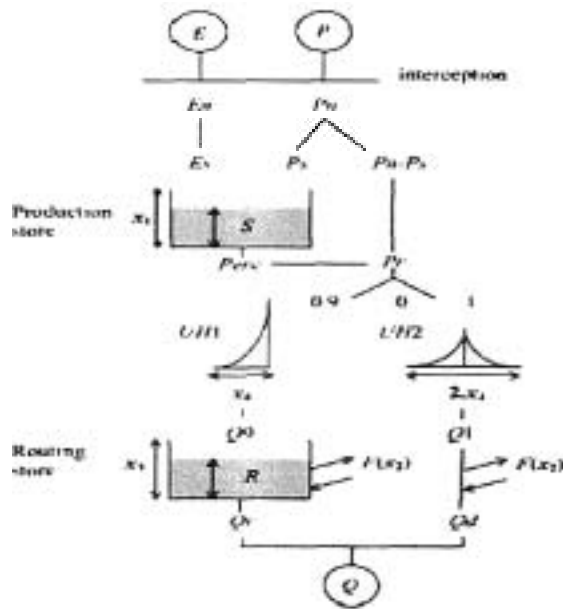
Indeks infiltrasi (Φ) digunakan untuk menetapkan kelebihan curah hujan sebagai input model :

$$R_u = \sum_{m=1}^M (Pb_m - \Phi \Delta t)$$

R_u menyatakan total runoff terukur dengan menggunakan separasi hidrograf (mm), dan

Pb_m intensitas curah hujan pada interval waktu m (mm).

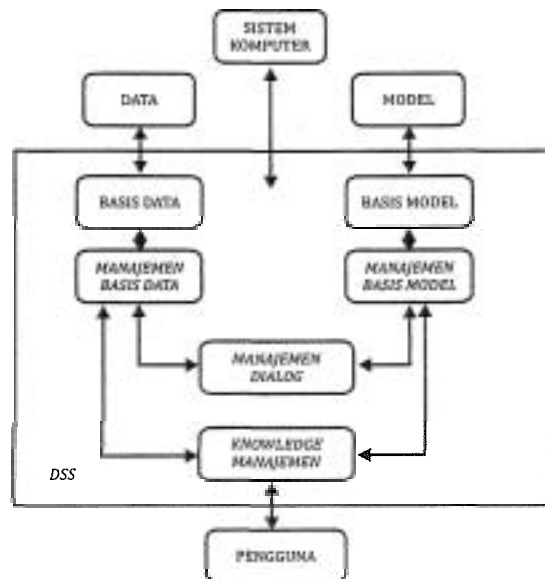
Model GR4J merupakan model prediksi debit harian yang sederhana, yang memiliki empat parameter (Perrin 2000). Model ini merupakan bagian dari model perhitungan kelengasan tanah. Model GR4J merupakan modifikasi akhir dari model GR3J yang diusulkan oleh Edijatno dan Michel (1989). Gambar 7 menunjukkan diagram dari model tersebut.



Gambar 7. Diagram model hubungan curah hujan dan aliran permukaan GR4J

Untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan operasionalisasi pengelolaan DAS, DSS perlu dibangun. Sean (2002) dan Bohanec (2002) mendefinisikan DSS sebagai interaksi timbal balik yang diolah melalui sistem komputer dengan tujuan membantu pengambil keputusan menggunakan data dan model untuk mengidentifikasi, memecahkan masalah dan membuat keputusan. Sistem ini sudah berkembang 30 tahun dan memiliki dampak yang luas bagi para pengguna untuk formulasi keputusan. Model DSS ini diilhami oleh sistem dan pemikiran yang dinamis terhadap suatu permasalahan yang terjadi dan memerlukan keputusan dengan segera. Dalam perkembangannya DSS selalu terkait dengan simulasi dan model. Simulasi adalah suatu upaya untuk menirukan beroperasinya suatu fenomena yang menggunakan suatu model. Model adalah suatu gambaran suatu fenomena menggunakan media yang dapat dikomunikasikan (Tasrif 2004). Struktur DSS yang perlu dibangun dalam mendukung pengelolaan DAS disajikan pada Gambar 8. Gambar 8 adalah contoh tampilan prototipe DSS peningkatan produksi tanaman pangan berdasarkan potensi sumberdaya lahan.

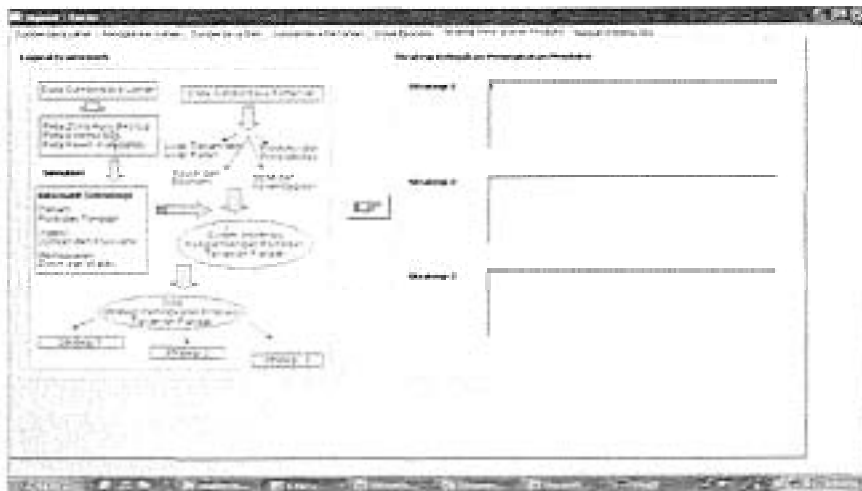
Implementasi sistem informasi SDA dan iklim dalam perencanaan dan operasionalisasi pengelolaan DAS memerlukan tahap sosialisasi kepada pengguna. Peningkatan kapasitas pengguna dalam memahami dan mengoperasikan sistem informasi perlu ditingkatkan baik melalui pelatihan, magang maupun media pengembangan kapasitas (capacity building) lainnya. Pada awal pelaksanaan implementasi, pendampingan terhadap petugas sangat diperlukan.



Gambar 8. Struktur DSS

5. Penutup

Dengan mempertimbangkan bahwa data dan informasi SDA dan iklim terbatas, maka pengembangan sistem informasi sangat diperlukan. Pembangunan jaringan pengamatan dan pengukuran potensi dan karakteristik SDA dan iklim perlu mendapat prioritas untuk penguatan penyediaan data dan informasi. Basisdata SDA dan iklim perlu dibangun untuk penyediaan data secara tepat jenis, tepat waktu, tepat sasaran dan tepat pemanfaatan. Sistem informasi SDA dan iklim akan lebih banyak mendukung perencanaan dan operasionalisasi pengelolaan DAS jika dilengkapi dengan pengembangan sistem pendukung keputusan.



Gambar. Prototipe DSS peningkatan produksi tanaman pangan berdasarkan potensi sumberdaya lahan

Daftar Pustaka

- Balitklimat. 2004. Pengembangan Decision Support System Hortikultura Nasional Berdasarkan Potensi Sumberdaya Lahan. Laporan Akhir TA 2004. Balai Penelitian Agroklirnat dan Hidrologi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Surnberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Bohanec M. 2002. What is Decision Support?, Department of Intelligent systems, Jožef Stefan Institute, Ljubljana, Slovenia.
- Kartiwa B. 2004. Modelisation du fonctionnement hydrologique des bassins versants, application sur des bassins versants de Java et Sumatra. These de doctorat. Universite d'Angers. France.197 pp.
- Perrin C. Towards an improvement 'of a lumped rainfall-runoff model through a comparative approach (in french). Ph.D thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble, 2000.
- Rodriguez-Iturbe I. et Valdés. J. B, 1979. The geomorphologic structure of hydrologic response. *Water Resour. Res.* 15(5):1409-1420.
- Sean B EOM. 2002. Decision support systems, Southeast Missouri State University, USA.
- Tasrif M. 2004. Model Simulasi untuk Analsis Kebijakan: Pendekatan Metodologi System Dynamics. Kelornpok Penelitian dan Pengembangan Energi. Institut Teknologi Bandung.
- Turban E 1993. Decision Support and Expert System. Mc.Millan. Publ. Co.