

**PEMULIHAN KONDISI DAERAH ALIRAN SUNGAI PRIORITAS
DENGAN PEMODELAN
(STUDI KASUS : DAS CITANDUY)**

**REHABILITATION OF PRIORITY WATERSHED
BY MODELING
(STUDI KASUS : DAS CITANDUY)**

Agus Rachmat¹ dan Diah Endah Triastutiningrum²

1)Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Barat, Jl.Naripan No.25, Bandung, 40111

Email : tu_pimpinan@bplhdjabar.go.id

2)Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Barat, Jl.Naripan No.25, Bandung, 40111

Email : endah@bplhdjabar.go.id

Abstrak : Perubahan pada pola penggunaan lahan, seiring dengan ekspansi daerah urban sebagai akibat dari peningkatan jumlah penduduk ataupun faktor sosial-ekonomi lainnya, dapat mengubah debit maupun pola musiman air sungai. Perubahan pola debit air sungai dapat mengakibatkan pengaruh yang tidak menguntungkan. Makalah ini bertujuan untuk memberikan panduan dalam pemulihan kondisi DAS berdasarkan analisis hasil pemodelan pada DAS prioritas terpilih, yaitu Citanduy. Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah analisis hasil pemodelan dan penyusunan rekomendasi program pemulihan. Analisis hasil pemodelan DAS Citanduy menunjukkan bahwa adanya pengaruh pemanasan global akan mengakibatkan berkurangnya curah hujan sehingga akan terjadi perubahan total runoff menjadi lebih kecil; perbaikan kerusakan pada kemampuan infiltrasi dari tingkat tinggi ke tingkat yang lebih rendah akan terjadi jika dilakukan 15% artificial recharge; serta tekanan jumlah penduduk dan perubahan iklim juga akan menyebabkan kenaikan konsentrasi beban polutan pada DAS Citanduy. Perbaikan kerusakan dalam upaya merubah pola distribusi total runoff bulanan menjadi lebih baik dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain adalah peningkatan infiltrasi dengan cara mengurangi koefisien air larian, upaya artificial recharge dan modifikasi jenis tanaman atau tutupan lahan.

Kata kunci : DAS Citanduy, pemodelan, pemulihan, runoff

Abstract : The changing pattern of land usage, along with urban area expansion in consequence of population growth or other social-economic factors can change capacity and seasonal pattern of river water. The changing pattern of river water capacity can cause unprofitable impact. The purpose of this essay is to give guidance in rehabilitation of DAS condition based on modeling result analysis at selected priority DAS, which is Citanduy. The steps needed to be done are analyzing of modeling result and compiling of recommended rehabilitation program. Modeling result analysis of DAS Citanduy indicates that global warming impact will reduce total runoff; damage rehabilitation on infiltration ability from high level to lower level will happened if 15% recharge artificial is conducted; as well as population pressure and climate change also will cause pollutant load concentration increasing in DAS Citanduy. Damage rehabilitation in the effort of recovering the distribution pattern of monthly total runoff, can be conducted with several activities, for example are infiltration improvement by reducing runoff coefficient, recharge artificial effort and crop type or land covering modification.

Key words : DAS Citanduy, modeling, rehabilitation, runoff

I. PENDAHULUAN

Pembangunan berkelanjutan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat memerlukan kemampuan dukungan sumberdaya manusia, sumberdaya alam dan fasilitas lainnya. Manusia dengan segala kegiatannya berinteraksi dengan alam dalam bentuk pemanfaatan sumberdaya alam, yang di antaranya berupa penggunaan lahan. Pemanfaatan sumber daya alam ini perlu dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak merusak jaringan ekosistem yang dapat membahayakan manusia itu sendiri dan mahluk hidup lainnya.

Penggunaan lahan serta laju perubahannya dipengaruhi oleh kondisi sosial-ekonomi dan kependudukan (Turner dkk, 1993). Perubahan tataguna lahan pada umumnya disebabkan peningkatan kebutuhan akan lahan (pertumbuhan jumlah penduduk). Sedangkan pola bentuk perubahannya maupun lajunya, selain peningkatan jumlah penduduk, juga dipengaruhi oleh faktor-faktor sosial lain. Pola sikap masyarakat dalam menilai lingkungan, termasuk sikap politik, juga akan mempengaruhi pola perubahan dari lahan hutan atau lahan konservasi lainnya.

Perubahan pada pola penggunaan lahan, seiring dengan ekspansi daerah urban (kota) sebagai akibat dari peningkatan jumlah penduduk ataupun faktor sosial-ekonomi lainnya, dapat mengubah debit maupun pola musiman air sungai (Lørup dkk, 1998). Hal ini karena masing-masing jenis guna lahan memiliki karakter hidrologis tersendiri, khususnya dalam evapotranspirasi, infiltrasi dan koefisien larian air permukaan. Perubahan pola debit air sungai ini, dapat mengakibatkan pengaruh yang tidak menguntungkan. Misalnya, penurunan debit air sungai di musim kemarau, dapat menjadikan peningkatan konsentrasi polusi air sungai dengan berkurangnya pengencer (Nippon Koei and Nikken Consultants, 1997). Kenaikan debit air sungai, di lain pihak dapat meningkatkan resiko banjir.

Kondisi sungai di Provinsi Jawa Barat sudah sangat memprihatinkan. Perbedaan debit pada musim kemarau dan musim hujan sangat besar berakibat pada menurunnya kualitas

sumberdaya air sungai yang selanjutnya mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan hidup.

Dengan demikian, kontrol dan pengelolaan yang baik terhadap tataguna lahan perlu dilakukan dalam upaya mendapatkan pola debit musiman air sungai maupun debit tahunan yang terkendali (Lørup dkk, 1998), disamping untuk mendapatkan keuntungan lain seperti: kualitas air yang baik; cukup debit pada musim kemarau; pengurangan jumlah erosi dan sedimentasi; peningkatan kualitas habitat ikan-ikan dan mahluk hidup lainnya; dan perbaikan nilai estetika sungai (Ponce dan Lindquist, 1990).

Makalah ini bertujuan untuk memberikan panduan dalam pemulihan kondisi DAS berdasarkan analisis hasil pemodelan pada DAS prioritas terpilih, yaitu Citanduy.

Pemodelan dimaksudkan untuk mengkaji akibat-akibat dari perubahan-perubahan yang terjadi sebagai bagian dari interaksi antara manusia dengan alam, sehingga dapat diupayakan harmonisasi dalam hal memanfaatkan sekaligus menjaga ketersediaan sumberdaya alam dalam rangka mendukung kegiatan pembangunan yang berkelanjutan.

Dalam hal ini pemodelan dilakukan untuk: menentukan tingkat daya dukung dari fungsi lahan sebagai daerah lindung (resapan) sebagai bagian dari usaha untuk memulihkan DAS, dalam kaitannya dengan sumberdaya air, khususnya debit air sungai; sekaligus sebagai masukan dalam perencanaan pembangunan yang berkelanjutan pada masa yang akan datang untuk DAS tersebut; melakukan kajian terhadap kualitas air yaitu tentang tingkat potensi perubahan beban pencemaran dalam kaitannya dengan perubahan debit air.

DAS Citanduy

Luas DAS Citanduy adalah sekitar 3574 km². Kota-kota utama yang berada di wilayah DAS Citanduy adalah Garut, Tasikmalaya, Ciamis dan Banjar.

- **Morfologi**

DAS Citanduy membujur dari barat laut hingga tenggara. DAS ini dibatasi oleh tinggian pegunungan di bagian barat laut dengan elevasi tertinggi 1872 m (Gunung Gombong), serta pegunungan yang membujur arah timur laut - barat daya yang membagi DAS Cimanuk dan DAS Citanduy. Di sebelah timur barisan gunung-gunung ini terdapat satu gunung tersendiri yaitu Gunung Sawal dengan ketinggian 1764 m yang merupakan salah satu hulu dari Sungai Citanduy.

Morfologi DAS Citanduy sebagian besar terdiri dari daerah datar dan kemiringan landai sampai daerah dengan kemiringan sedang sampai tinggi yang dialiri sungai utamanya dengan lembah yang relatif datar dengan ketinggian minimum 6,25 m di muara sungai di daerah pantai selatan, yaitu di sekitar Pantai Samudra India. Ketinggian maksimum adalah 1872 m (Gunung Gombong).

- **Geologi**

Geologi DAS Citanduy dapat dibagi berdasarkan perkolasi (infiltrasi air di batuan) yaitu:

1. Tinggi (*high*), didominasi oleh batu pasir, breksi, konglomerat, tufa dan endapan hasil letusan gunung api muda kwarter dengan fragmen-fragmen lepas dan endapan alluvial (delta, pantai, banjir) yang terdiri dari *boulder*, *gravel*, pasir, lanau dan sebagian lempung. Penyebarannya sebagian besar menutupi DAS Citanduy di daerah datar dan kemiringan yang landai sampai kemiringan sedang dan tinggi yang mengisi bagian tengah yang membujur dari barat laut - tenggara.
2. Sedang (*medium*), terdiri dari breksi vulkanik (*sedimen vulkanik*), batu pasir gampingan, serpih (*shale*) dan lempung (*clay*) diselingi oleh adanya lava (*andesitic-basaltic*) dengan jumlah yang relatif sedikit dengan umur kwarter sampai tersier.
3. Rendah (*low*), terdiri dari batuan beku antara *andesitic* sampai *basaltic* yang tidak dipisahkan (*undifferentiated igneous rocks*) dengan umur tersier.

- **Iklm**

Rata-rata curah hujan tahunan daerah di sekitar wilayah tengah DAS Citanduy adalah berkisar antara 2.400 hingga 3.000 mm. Umumnya curah hujan bulanan memperlihatkan pola distribusi yang seragam. Pada bulan-bulan November, Desember, Januari dan Februari lebih besar dari 200 mm. Kemudian pada bulan Maret sampai Agustus menurun secara gradual, namun jarang sekali sampai mengalami tidak hujan sama sekali dalam satu bulan. Karakteristik hujan di wilayah DAS Citanduy didominasi oleh dua jenis hujan, yaitu hujan orografik dan hujan konvergensi.

II. METODOLOGI

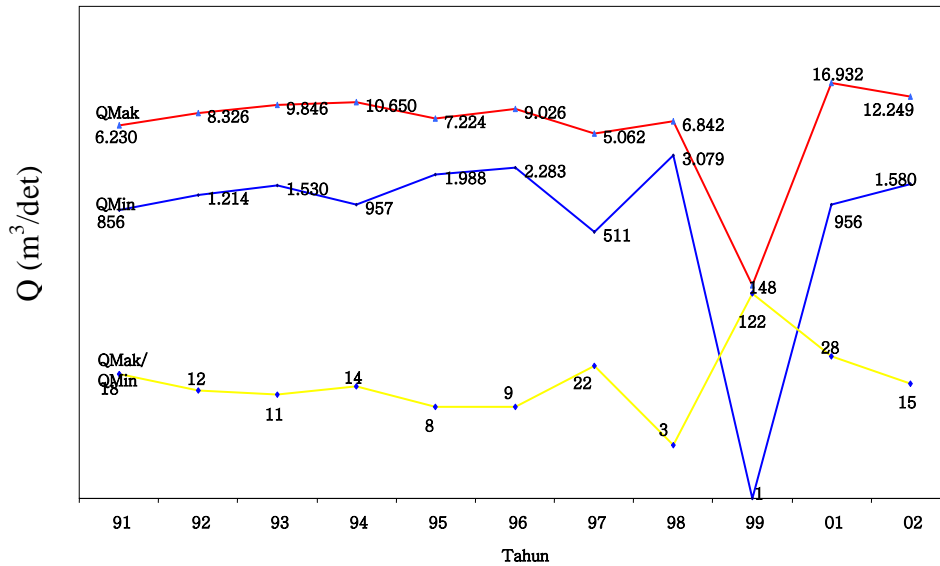
Pada dasarnya upaya pemulihan keadaan hidrologis DAS Citanduy dilakukan dengan pendekatan penggunaan lahan, yaitu berdasarkan hubungan fungsi lahan terhadap hidrologi. Untuk mengevaluasi pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap debit musiman air sungai dilakukan pemodelan.

Untuk itu, langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah analisis hasil pemodelan dan penyusunan rekomendasi program pemulihan. Model yang akan dianalisis adalah model yang dibuat menggunakan struktur model yang telah dikembangkan di Puslit Geoteknologi-LIPI yang telah dimodifikasi khususnya pada bagian keluaran (*output*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis dari pemetaan tataguna lahan (kurun waktu 1995-2002), pola tata guna lahan daerah DAS Citanduy secara umum tidak mengalami perubahan yang signifikan. Hanya di beberapa tempat terjadi perluasan wilayah urban baik berupa penambahan luas pemukiman maupun area industri.

Debit maksimum rata-rata Sungai Citanduy adalah sebesar 13.825 m³/dtk yang terjadi pada bulan Oktober hingga Maret. Sedangkan debit minimum rata-rata adalah sebesar 4.440 m³/dtk yang berlangsung selama bulan Juli sampai dengan September.



Gambar 1. Fluktuasi Debit Sungai Citanduy (BP DAS Citanduy-Cimanuk, 2004)

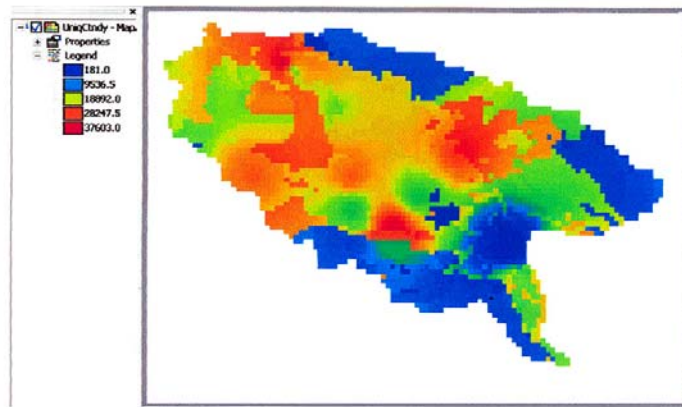
Analisa Hasil Pemodelan DAS Citanduy

- Total *runoff* dan distribusi perubahannya

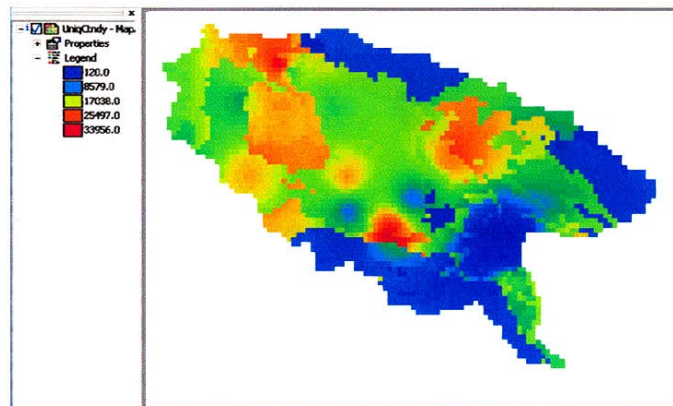
Keberadaan *runoff* ditentukan oleh banyak faktor. Faktor yang paling dominan adalah faktor tutupan / guna lahan, jenis tanah, geologi serta iklim lokal dan regional. Perubahan *runoff* dalam hal ini dapat diakibatkan oleh perubahan pada tutupan atau guna lahan dan oleh perubahan iklim.

Adanya perubahan iklim akibat pemanasan global akan terjadi peningkatan temperatur yang mengakibatkan perubahan pada parameter iklim lainnya. Pemanasan global akan secara langsung mempengaruhi dua parameter neraca air yaitu curah hujan dan evapotranspirasi.

Nilai *runoff* paling besar untuk DAS Citanduy umumnya berada pada bagian tengah DAS dan mengecil ke arah batas DAS. *Runoff* terbesar lebih disebabkan curah hujan yang cenderung besar di daerah tersebut (Gambar 2). Dengan memperhitungkan perubahan iklim, dimana pengaruh pemanasan global terjadi, akan mengakibatkan berkurangnya curah hujan. Akibatnya terjadi perubahan total *runoff*, dimana total *runoff* menjadi lebih kecil (Gambar 3).



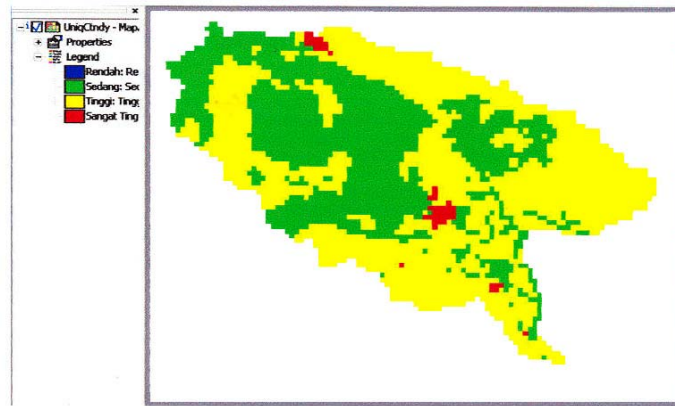
Gambar 2. Distribusi Total Runoff Kondisi Eksisting (BPLHD Jabar dan Puslit Geotek LIPI, 2003)



Gambar 3. Distribusi Runoff Akibat Perubahan Iklim (tahun 2100)
(BPLHD Jabar dan Puslit Geotek LIPI, 2003)

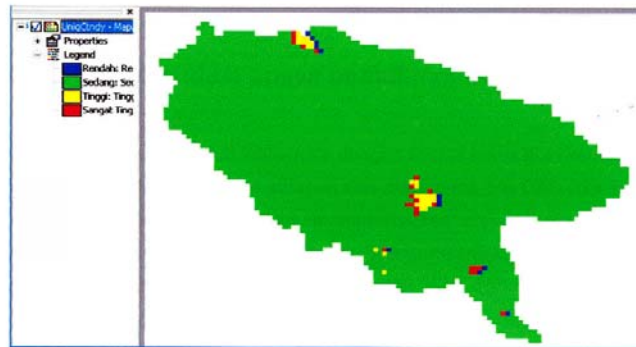
- Pengelompokkan daerah berdasarkan potensi infiltrasi

Geologi / jenis tanah, tataguna lahan dan distribusi hujan merupakan parameter-parameter yang sangat menentukan dalam menentukan nilai infiltrasi. Zonasi tingkat kerusakan infiltrasi DAS Citanduy diperlihatkan dalam Gambar 4. Pada umumnya tingkat kerusakan berada dalam kelompok yang masih cukup baik (tingkat sedang) pada bagian tengah DAS. Sedangkan deretan pegunungan di pinggir DAS pada umumnya berada pada tingkat kerusakan tinggi. Sementara itu pada daerah perkotaan mempunyai kemampuan infiltrasi yang kurang baik, yaitu berada pada tingkat kerusakan kemampuan infiltrasi yang sangat tinggi (>25%).



Gambar 4. Tingkat Kerusakan Penyerapan (Infiltrasi) Sebagai Akibat Pengaruh Guna Lahan (BPLHD Jabar dan Puslit Geotek LIPI, 2003)

Jika dilakukan 15% *artificial recharge*, akan terjadi perbaikan kerusakan pada kemampuan infiltrasi dari tingkat tinggi ke tingkat yang lebih rendah (Gambar 5). Hampir seluruh bagian yang pada mulanya memiliki tingkat kerusakan kemampuan infiltrasi tinggi berubah menjadi sedang.



Gambar 5. Perubahan Tingkat Kemampuan Infiltrasi Setelah Penerapan 15% Artificial Recharge (BPLHD Jabar dan Puslit Geotek LIPI, 2003)

- Perubahan konsentrasi beban polutan

Akibat tekanan jumlah penduduk dan perubahan iklim akan menyebabkan kenaikan konsentrasi beban polutan. Konsentrasi beban polutan ini juga dapat dikurangi dengan upaya menaikkan total *runoff*.

Rekomendasi Upaya Pemulihan DAS Citanduy

Dari hasil pemodelan terlihat zona-zona dengan tingkat kerusakan kemampuan infiltrasi relatif terhadap potensi serapan dari DAS Citanduy (Gambar 4). Peta tersebut sekaligus memperlihatkan zona-zona yang dapat diprioritaskan untuk diperbaiki. Prioritas perbaikan disarankan pada zona yang berwarna merah (tingkat kerusakan sangat tinggi).

Prosedur upaya pemulihan DAS disarankan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- Identifikasi zona kerusakan daya serap air (infiltrasi), misalnya dengan menggunakan model yang telah dibuat untuk menentukan daerah yang diprioritaskan untuk dipulihkan;
- Merancang langkah-langkah operasional, antara lain dengan mengatur tataguna lahan, mengatur resapan air, dll;
- Mengevaluasi langkah-langkah tersebut dengan menggunakan model sebelum langkah-langkah tersebut dilakukan di lapangan.

Upaya pemulihan DAS, khususnya daerah tangkapan, harus dilaksanakan bersama-sama dengan melibatkan semua kelompok yang terkait, termasuk masyarakat yang berada di sekitar wilayah yang akan diupayakan pemulihannya.

Perbaikan kerusakan pada DAS dalam upaya merubah pola distribusi total *runoff* bulanan menjadi lebih baik dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain adalah :

- Peningkatan infiltrasi dengan cara mengurangi koefisien air larian (S)
- Peningkatan infiltrasi dengan cara mengurangi air larian dari hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan mengakibatkan kenaikan pada aliran dasar (*baseflow*). Secara teknis peningkatan infiltrasi dapat dilakukan dengan cara penyengkedan lahan pertanian, konservasi/restorasi lahan basah sebagai tempat 'parkir' air (dataran banjir) sebagai zona penyerapan pada saat air berlebih, pembuatan fasilitas-fasilitas untuk memperlambat laju air. Khususnya dengan membuat cek-dam pada sungai-sungai, atau dengan membuat

kolam-kolam penyerapan air dapat berupa kolam-kolam imbuan, pembuatan saluran air atau irigasi yang dapat menyerap air, dll. Dalam kondisi ekstrim, misalnya 99% dari hujan diserap oleh tanah, akan terjadi kenaikan aliran dasar yang cukup tinggi, yang akan memberikan kontribusi pada total *runoff* (debit air sungai). Dalam kondisi infiltrasi yang sangat tinggi, bulan terjadinya puncak debit akan mengalami pergeseran mengikuti bulan puncak aliran dasar. Pada bulan-bulan relatif kering, sungai mendapatkan pasokan air yang hampir seluruhnya berasal dari aliran dasar. Kondisi infiltrasi yang sangat tinggi juga menyebabkan terjadinya keterlambatan naiknya total *runoff* pada saat hujan mulai turun pada akhir musim kering.

- *Upaya artificial recharge*

Artificial recharge, misalnya dengan cara pembuatan sumur resapan di lahan-lahan perumahan, penyuntikan sebagian dari air larian permukaan ke dalam tanah ataupun langsung ke lapisan akifer bawah tanah, merupakan sebuah alternatif lain untuk mengubah pola aliran sungai bulanan. Cara ini memberikan pengaruh yang sama dengan cara peningkatan infiltrasi, yaitu peningkatan pada aliran dasar. Dari pemodelan terlihat bahwa hampir seluruh bagian dar DAS Citanduy berubah kelas tingkat kerusakannya menjadi lebih baik apabila dilakukan *artificial recharge* sebesar 15% dari *surface runoff* yang tersedia (Gambar 5). Cara ini dapat memperbaiki debit air musiman khususnya untuk meningkatkan total *runoff* tahunan.

- Modifikasi jenis tanaman atau tutupan lahan.

Memodifikasi jenis tanaman ataupun tutupan lahan akan mempengaruhi jumlah air yang dilepas dari sistem melalui proses evapotranspirasi. Misalnya kegiatan penghutanan kembali akan memperbesar nilai evapotranspirasi, sehingga kelebihan air pada saat musim hujan akan dapat dikurangi. Sebaliknya perubahan tutupan lahan menjadi kebun ataupun ladang dengan cara penebangan pohon-pohon di hutan dan menggantinya dengan tanaman kering musiman akan mengurangi evapotranspirasi, yang selanjutnya akan memperbesar jumlah air larian. Perubahan pola tanam dapat pula dilakukan untuk dapat merubah jumlah pemakaian air bulanan dari setiap jenis lahan pertanian. Cara-cara

demikian pada umumnya akan memberikan dampak yang dapat dirasakan apabila daerah yang dikerjakan cukup luas.

Khusus untuk kegiatan penghutan kembali, dapat mengakibatkan perubahan hidro-klimatologi. Selain terjadi peningkatan kehilangan air melalui proses evapotranspirasi, dalam waktu yang panjang apabila tanah permukaan tidak diusik akan juga merubah struktur lapisan tanah permukaan yang berakibat pada kenaikan infiltrasi. Hutan juga berfungsi sebagai penyerap energi yang mempengaruhi iklim mikro di sekitar DAS, yang selanjutnya dapat mempengaruhi pola intensitas dan distribusi hujan. Hal terakhir ini perlu dikaji melalui studi lebih lanjut untuk melihat pengaruh positif dari kegiatan penghutan terhadap iklim mikro dan total *runoff* musiman dari suatu DAS.

Upaya pemulihan dengan cara-cara tersebut di atas harus pula mempertimbangkan faktor geologi/jenis tanah pada lahan tersebut. Dengan demikian upaya perbaikan dengan cara ini berlaku setempat dan hasilnya harus dikaji terlebih dahulu.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil pemodelan, nilai *runoff* paling besar untuk DAS Citanduy umumnya berada pada bagian tengah DAS dan mengecil ke arah batas DAS. Adanya pengaruh pemanasan global akan mengakibatkan berkurangnya curah hujan sehingga akan terjadi perubahan total *runoff* menjadi lebih kecil.

Tingkat kerusakan infiltrasi pada bagian tengah DAS Citanduy berada dalam kelompok yang masih cukup baik (tingkat sedang), sedangkan deretan pegunungan di bagian pinggir berada pada tingkat kerusakan tinggi. Sementara itu, pada daerah perkotaan mempunyai kemampuan infiltrasi yang kurang baik. Perbaikan kerusakan pada kemampuan infiltrasi dari tingkat tinggi ke tingkat yang lebih rendah jika dilakukan 15% *artificial recharge*.

Akibat tekanan jumlah penduduk dan perubahan iklim akan menyebabkan kenaikan konsentrasi beban polutan pada DAS Citanduy. Konsentrasi beban polutan ini juga dapat dikurangi dengan upaya menaikkan total *runoff*.

Perbaikan kerusakan pada DAS dalam upaya merubah pola distribusi total *runoff* bulanan menjadi lebih baik dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain adalah peningkatan infiltrasi dengan cara mengurangi koefisien air larian, upaya *artificial recharge* dan modifikasi jenis tanaman atau tutupan lahan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Makalah ini adalah bagian dari kegiatan "Modeling Pemulihan DAS Prioritas" pada tahun 2003 yang merupakan kerjasama antara Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI dengan Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Barat.

Daftar Pustaka

Badan Pengelola DAS Citanduy dan Cimanuk. 2004. *Bahan Presentasi Pengelolaan Sub DAS Citanduy Hulu*.

Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Jawa Barat dan Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2003. *Modeling Pemulihan DAS Prioritas*.

Lørup, J.K., Refsgaard, J.C and Mazvimavi, D. 1998. Assessing the effect of land use change on catchment runoff by combined use of statistical tests and hydrological modeling: Case studies from Zimbabwe. *Journal of Hydrology* 205, 147-163.

Nippon Koei and Nikken Consultants. 1997. *The Study on Comprehensive Management Plan for the Water Resources of the Brantas River Basin in the Republic of Indonesia – Interim Report*. Japan International Cooperation Agency, Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Works, R.I. October 1997.

Ponce, V.M. and Lindquist, D.N. 1990. Management of baseflow augmentation: A review. *Water Resources Bulletin* 26 (2), 259-268.

Turner II,B.L., Moss, R.H. and Skole, D.L. (eds.). 1993. *Relating Land Use and Global Land-Cover Change: A proposal for an IGBP-HDP Core Project*. IGBP Report No. 24, HDP Report No. 5, Stockholm.