

Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Menentukan Daerah Prioritas Rehabilitasi di Cekungan Bandung

Ida Narulita^a, Arif Rahmat^a dan Rizka Maria^a

^aPusat Penelitian Geoteknologi, LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135

ABSTRACT *Spatial data processing using Geographic Information System has been applied to determine the priority site for land rehabilitation at Bandung basin. Land rehabilitation is needed to reduce hidrological degradation. The critical level of water recharge map is a result of the spasial analysis (overlying, intersecting and scoring) operation on topographic map, landuse map, soil map, and rainfall distribution. The rehabilitation priority site in Bandung basin was determined using overlying the critical level of water recharge map and groundwater modelling. This study concludes that using the spatial analysis of GIS, the priority location of rehabilitation of Bandung basin can be obtained. The priority sites are upstream of Majalaya, Soreang, Lembang, Batujajar and Gunung halu. In this paper proposed land use rehabilitation and land management at upstream problematic area are obtained in order to reduce hidrological problem at Bandung basin*

Keywords: geographic information system (GIS), land rehabilitation, groundwater recharge, landuse

ABSTRAK Sistem pengolahan data spasial dengan memanfaatkan sistem informasi geografi digunakan untuk menentukan daerah prioritas rehabilitasi di cekungan Bandung. Rehabilitasi lahan diperlukan untuk mengurangi degradasi fungsi hidrologi yang sedang terjadi. Peta tingkat kekritisitas air dihasilkan melalui analisis spasial (tumpang susun/*overlying*), tumpang tindih (*intersecting*) serta operasi skoring pada peta topografi, peta tataguna lahan, peta tanah dan peta distribusi hujan. Daerah prioritas rehabilitasi di cekungan Bandung ditentukan dengan cara menumpang susunkan peta tematik tingkat kekritisitas resapan air dengan hasil pemodelan airtanah. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa dengan menggunakan analisis spasial dalam Sistem Informasi Geografi dapat ditentukan daerah prioritas rehabilitasi di cekungan Bandung. Daerah prioritas rehabilitasi di cekungan Bandung adalah hulu Majalaya, hulu Soreang, Lembang, Tanjungsari, Cimahi (Batujajar) dan daerah sekitar Gununghalu. Rehabilitasi yang disarankan untuk mengurangi degradation hidrologi adalah perbaikan tutupan lahan di hulu daerah problematik.

Kata kunci: Sistem Informasi Geografi, rehabilitasi Lahan, resapan air, tutupan lahan

PENDAHULUAN

Cekungan Bandung yang merupakan bagian hulu DAS Citarum merupakan daerah yang secara hidrologis telah mengalami degradasi yang cukup parah. Di musim kemarau kualitas dan kuantitas air sungai sangat rendah sehingga mengakibatkan terjadinya kekurangan air bersih di beberapa tempat. Di musim hujan debit air Sungai Citarum sangat tinggi, sehingga menyebabkan banjir tahunan di daerah dataran rendah dan sepanjang aliran sungai.

Dari sisi hidrologi, penyebab kunci degradasi ini adalah berkurangnya resapan air ke dalam tanah sehingga setiap kali hujan menghasilkan proporsi air limpasan yang besar dan kemudian terakumulasi menjadi banjir dan genangan. Disamping itu, kurangnya air yang dapat tersimpan di

dalam tanah menyebabkan luah mata air di musim kemarau berkurang drastis. Berkurangnya jumlah air yang tersimpan di dalam tanah ini diduga karena adanya perubahan penggunaan lahan.

Secara kuantitatif, upaya rehabilitasi DAS yang diperlukan adalah untuk memperkecil fluktuasi luah antara musim kemarau dan musim hujan. Fluktuasi luah ini dapat dikurangi apabila jumlah air yang meresap pada setiap kali hujan dapat diperbesar yaitu dengan cara meningkatkan kapasitas imbuhan. Untuk meningkatkan kapasitas imbuhan diperlukan rehabilitasi lahan pada daerah dimana tingkat kekritisannya tinggi dan berada pada daerah hulu lokasi problematik. Hasil studi akan merupakan suatu metode untuk menentukan daerah prioritas yang harus direhabilitasi untuk memperbaiki fungsi hidrologi di cekungan Bandung.

DAERAH PENELITIAN

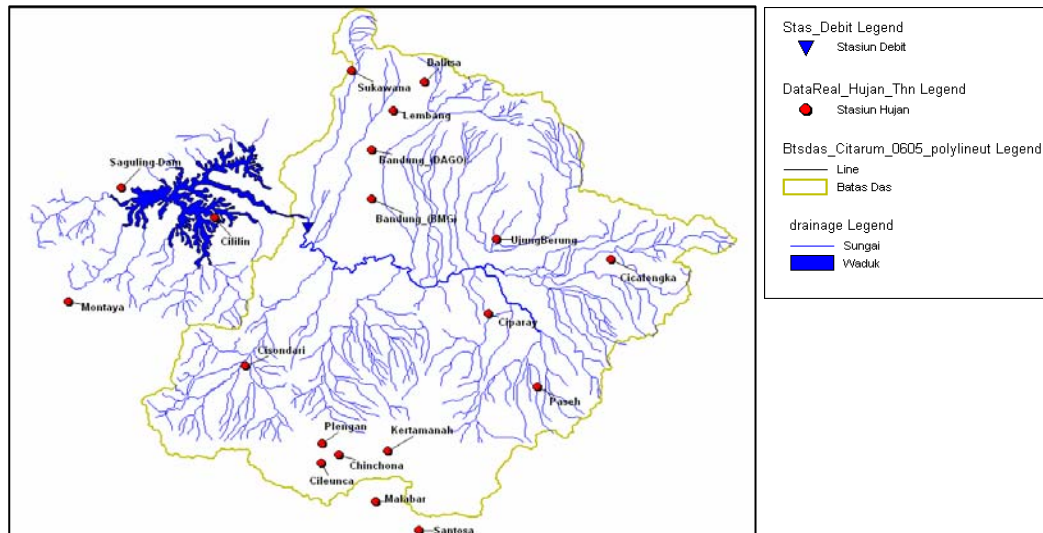
Cekungan Bandung merupakan suatu cekungan (basin) yang dikelilingi oleh gunung api dengan ketinggian 650 m sampai lebih dari 2000 meter. Sungai Citarum yang berhulu di gunung Wayang, Kabupaten Bandung (1700 m dpl) melewati dasar cekungan dan mengalir ke Waduk Saguling dan bermuara di pantai Utara Jawa, tepatnya di Kabupaten Karawang membagi geologi cekungan Bandung menjadi 4 unit berdasarkan ciri litologi yang membedakan batuan penyusunnya, yaitu: endapan tersier, hasil gunungapi tua, hasil gunungapi muda dan endapan danau (Aust et al., 1994).

Karakteristik iklim di cekungan Bandung adalah tipe monsoon tropis dengan musim kemarau dari bulan Juli sampai September dan musim hujan dari bulan Oktober sampai Juni (Narulita, 2006). Variasi hujan tahunan rata-rata terendah pada periode 1986 – 2004 adalah 1458 mm di tahun 1997 dan tertinggi adalah 2350 mm di tahun 1998 (Narulita, 2006). Variasi temperatur udara harian 25° sampai 28° (Weert, 1994). Akan tetapi pada tahun 2006 temperatur udara yang tercatat di stasiun Cemara Bandung adalah 31° – 34° (Nurlianti, 2006). Berdasarkan penafsiran citra satelit landsat tahun 2004 yang dilakukan oleh Puslit Geoteknologi LIPI sebagian besar wilayah cekungan Bandung merupakan perkebunan teh, ladang dan kebun sayur, kecuali di lereng lereng yang terjal. Di dataran Bandung sebagian besar merupakan sawah dan pemukiman. Hutan primer dan sekunder hanya didapati pada topografi yang tinggi di bagian Utara dan Selatan cekungan Bandung. Pemukiman dan daerah industri berkembang sangat pesat dalam 10 tahun terakhir. Daerah industri pada umumnya berada di dataran Bandung yaitu di Majalaya, Leuwigajah, Soreang dan Ranca Ekek. Sedangkan pemukiman berkembang di dataran dan merambah dengan cepat ke daerah pebukitan bagian Utara dan Selatan cekungan Bandung. Perubahan yang pesat dalam 3 tahun terakhir di wilayah pebukitan Bandung Utara dan Selatan adalah perubahan hutan menjadi kebun sayuran.

DATA

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data muka airtanah tahun 1950 yang diperoleh dari IWACO.
2. Data muka air tanah tahun 1997 diperoleh dari Pusat Lingkungan Geologi.
3. Data muka airtanah yang diukur oleh Puslit Geoteknologi LIPI pada tahun 2006.
4. Data topografi cekungan Bandung skala 1 : 25.000 yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal.
5. Data curah hujan harian tahun 1986 – 2004 (selama 19 tahun) yang diperoleh dari 19 stasiun pencatat hujan milik PT. Indonesia Power, 1 stasiun pencatat hujan milik Badan Meteorologi dan Geofisika dan 1 stasiun milik PTPN VIII Jawa Barat dan 1 stasiun milik Balai Penelitian Sayuran Lembang (Gambar 1).
6. Data citra satelit landsat cekungan Bandung tahun 2004.



Gambar 1. Distribusi stasiun Pencatat Hujan dan Luah di cekungan Bandung

METODE DAN HASIL PENELITIAN

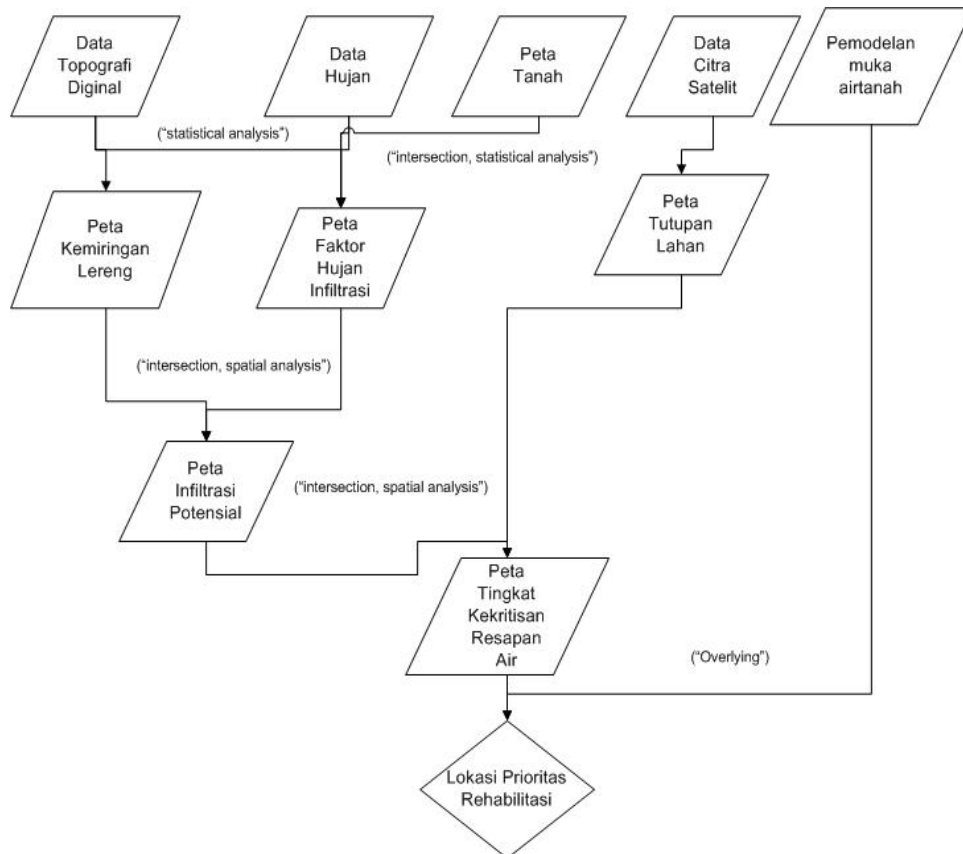
Daerah rehabilitasi di cekungan Bandung ditentukan dengan melakukan analisis spasial peta tematik berdasarkan Sistem Informasi Geografi (Gambar 2). Distribusi tingkat kekritisitas resapan air di cekungan Bandung diperoleh dengan menggunakan metode tumpang susun (*overlying*) dan tumpang tindih (*intersecting*) antara peta tematik penyebaran hujan, jenis tanah, kemiringan lereng dan penggunaan lahan. Peta tematik tersebut masing masing diubah menjadi peta tematik potensi infiltrasi. Ketiga faktor ini memberikan indeks tingkat infiltrasi potensial yang alami. Sedangkan penggunaan lahan merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia yang memberikan implikasi berbeda terhadap infiltrasi. Faktor alamiah (distribusi hujan, tanah dan kemiringan lereng) mencerminkan kondisi potensial sedangkan penggunaan lahan mencerminkan kondisi aktualnya. Dengan menumpangsusunkan (ESRI, 1993) faktor alamiah dengan faktor aktual (yang sudah ditransformasi) maka dapat diperoleh tematik baru yaitu tematik tingkat kekritisitas resapan air (Anonim, 1998).

Pemodelan air tanah dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak *modflow* dengan menggunakan data dasar muka air tanah dari 19 sumur yang tersebar di daerah kajian. Pemodelan muka air tanah menghasilkan informasi adanya perubahan pola dan arah aliran air tanah terhadap perubahan waktu di cekungan Bandung. Dengan menumpang susunkan peta tematik kekritisitas resapan air dan hasil pemodelan muka airtanah dapat ditentukan daerah prioritas rehabilitasi di cekungan Bandung agar degradasi hidrologi dapat dikurangi.

Tematik Faktor Hujan Infiltrasi

Tematik Hujan Infiltrasi merupakan pengembangan dari faktor distribusi hujan yaitu curah hujan tahunan dikalikan jumlah hari hujan dibagi seratus. Hasil perhitungan ini berkaitan dengan potensi infiltrasi. Alexandra (1996) menyatakan bahwa curah hujan adalah parameter yang merupakan fungsi

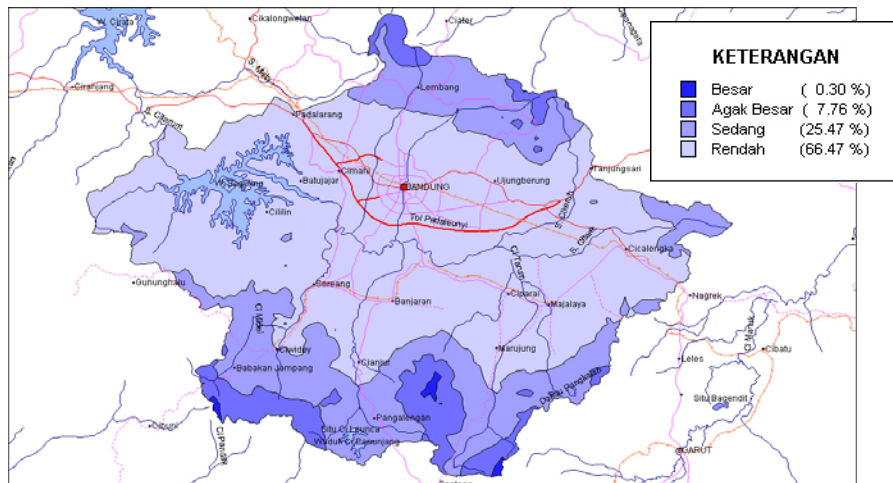
dari sejumlah parameter diantaranya adalah topografi dan posisi geografi, maka untuk menyusun distribusi spasial tematik hujan infiltrasi terlebih dahulu harus ditentukan fungsi korelasi antara faktor hujan infiltrasi dengan ketinggian (Narulita, 2006). Hal ini disebabkan karena di daerah berbukit faktor topografi perlu diperhitungkan untuk menggambarkan distribusi faktor hujan infiltrasi. Tematik Faktor Hujan Infiltrasi dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa 66,5 % dari luas cekungan Bandung mempunyai nilai faktor hujan infiltrasi rendah, 25,5 % mempunyai nilai faktor hujan infiltrasi sedang, dan 8 % mempunyai nilai faktor hujan infiltrasi agak besar dan besar.



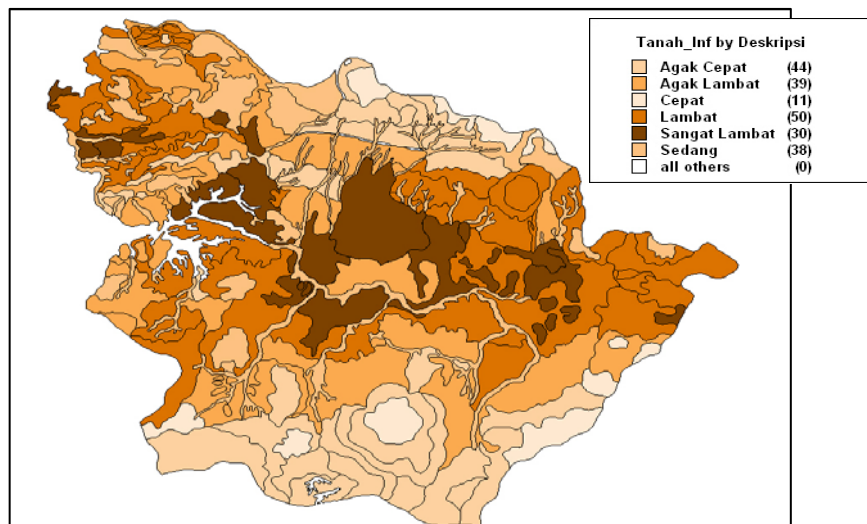
Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Tematik Tanah

Tematik tanah digital dibuat berdasarkan peta tanah hasil penelitian Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat tahun 1992/1993. Peta ini kemudian dijadikan peta tematik tanah digital di Laboratorium Sistem Informasi Kebumihan dan Tata Ruang, Puslit Geoteknologi LIPI. Peta tanah digital ini kemudian dilengkapi dengan data atribut nilai permeabilitas dan erodibilitas yang diperoleh dari analisa sampel tanah yang dilakukan oleh Puslit Geoteknologi. Selanjutnya nilai atribut ini ditransformasi berdasarkan hubungannya dengan infiltrasi (Anonim, 1998). Peta tanah digital dengan nilai permeabilitas dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Distribusi Faktor Hujan Infiltrasi di cekungan Bandung



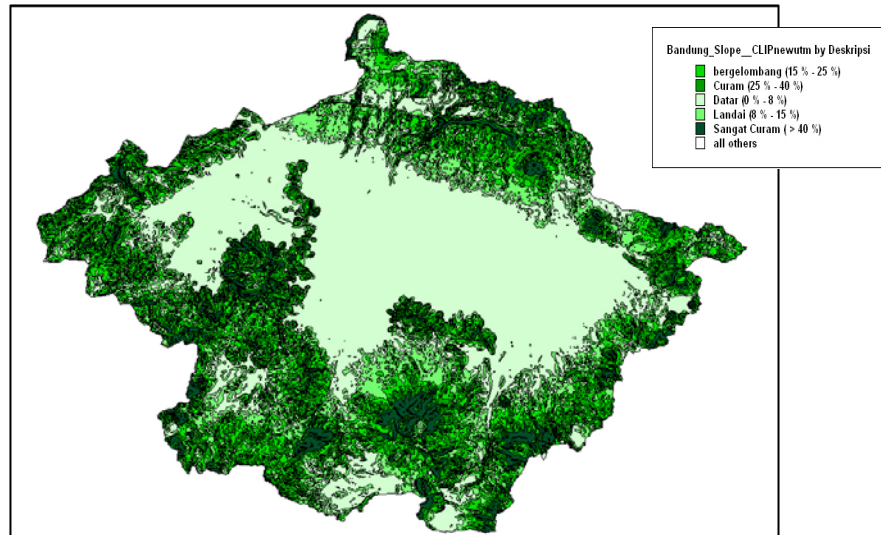
Gambar 4. Peta Permeabilitas Tanah Di Bagian Hulu DAS Citarum

Berdasarkan hasil pemetaan nilai permeabilitas tanah pada peta tanah, dapat disimpulkan bahwa 4,99% dari luas cekungan Bandung ($123,3 \text{ km}^2$) mempunyai nilai permeabilitas Cepat, 20,56% ($507,7 \text{ km}^2$) nilai permeabilitas Agak Cepat, 13,23 % ($326,9 \text{ km}^2$) nilai permeabilitas Sedang, 22,11 % ($545,898 \text{ km}^2$) nilai permeabilitas Agak Lambat, 28,98 % ($715,6 \text{ km}^2$) nilai permeabilitas Lambat dan 10,12 % ($249,8 \text{ km}^2$) nilai permeabilitas Sangat Lambat

Tematik Kemiringan Lereng

Tematik kemiringan lereng disusun dengan melakukan analisis spasial peta topografi digital skala 1:25.000 yang diterbitkan oleh Bakosurtanal. Hasil analisis berupa tematik kemiringan lereng yang

dapat dilihat pada Gambar 5. Sebagian besar (42 %) di wilayah cekungan Bandung merupakan daerah datar (kemiringan 0 – 8 %), 21 % merupakan daerah landai (kemiringan 8 % – 15%), 20 % bergelombang (kemiringan lereng 15 % - 25 %), 12 % merupakan daerah curam (kemiringan lereng 25 % - 40 %), dan 5 % merupakan daerah sangat curam (kemiringan lereng > 40 %). Tematik kemiringan lereng ini kemudian ditransformasi berdasarkan hubungannya dengan infiltrasi.



Gambar 5. Peta Kemiringan Lereng Cekungan Bandung

Tematik Tutupan Lahan

Hasil klasifikasi terawasi atau terbimbing (*supervised*) dengan menggunakan 13 kelas yang telah dikelompokkan kembali menjadi 8 kelas beserta prosentase luasannya dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan tematik tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 1. Penggunaan Lahan Hasil Klasifikasi *Supervised*

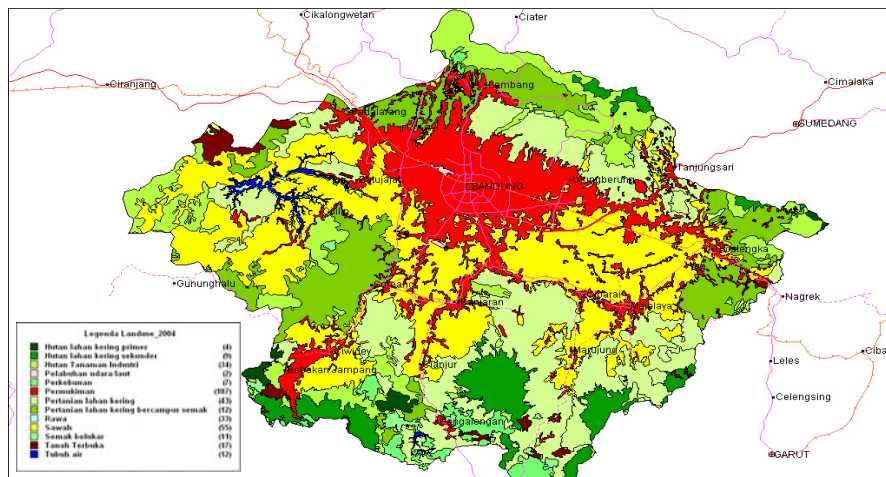
Penggunaan Lahan	Luas	Prosentase (%)
Huan Tanaman Industri dan Hutan Primer	1033,.79	26,0
Perkebunan	332,65	8,4
Permukiman	407,86	10,3
Pertanian Lahan Kering	1412,46	35,5
Semak Belukar	16,78	0,4
Sawah	711,01	17,9
Tanah Terbuka	46,72	1,2
Tubuh Air	14,88	0,4

Sumber : Hasil klasifikasi

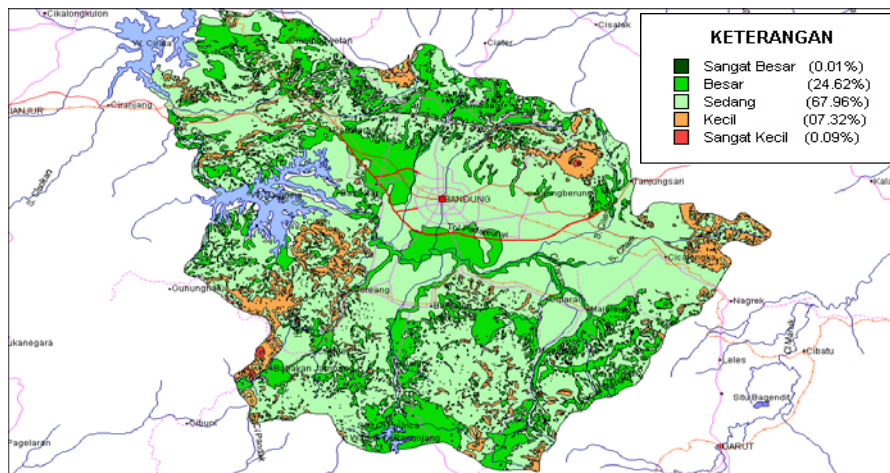
Tematik Infiltrasi Potensial

Peta infiltrasi potensial disusun dengan cara menumpang tindihkan faktor hujan infiltrasi, faktor kemiringan lereng dan faktor tanah yang sudah ditransformasi ke dalam bentuk nilai tingkat infiltrasi

serta melakukan analisis spasial pada tematik tematik tersebut (Departemen Kehutanan, 1998). Hasil tumpangtindih aspek alamiah ini dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil analisis menunjukkan lebih dari 90 % dari luas cekungan Bandung mampu meresapkan air hujan dengan kemampuan sedang sampai sangat besar. Sedangkan sisanya (10 %) merupakan resapan air kecil dan sangat kecil.



Gambar 6. Tematik Tutupan lahan di cekungan Bandung tahun 2004



Gambar 7. Tematik Infiltrasi Potensial di cekungan Bandung

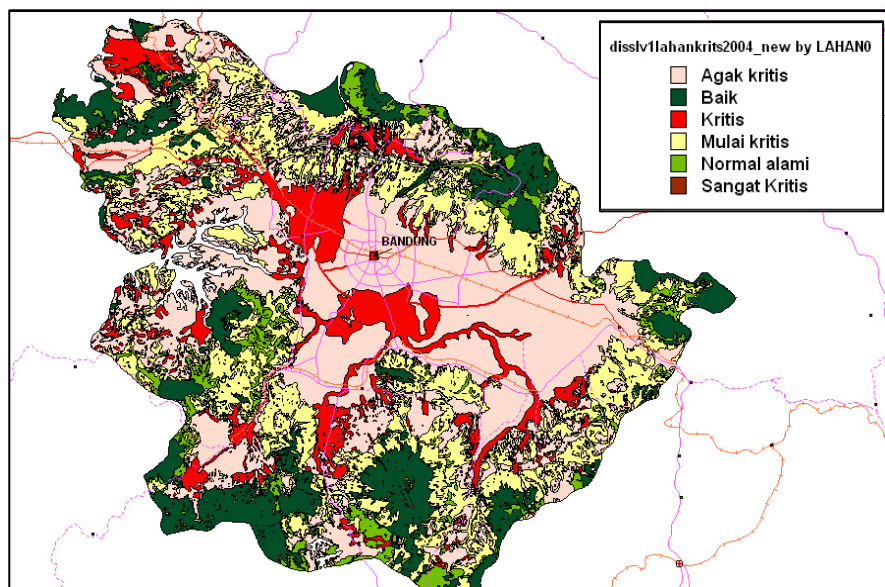
Tematik Tingkat Kekritisn Resapan Air

Peta distribusi tingkat kekritisn resapan air disusun dengan cara membandingkan antara nilai infiltrasi potensial dengan nilai infiltrasi aktualnya. Caranya dengan menumpang tindihkan tematik infiltrasi potensial (Gambar 6) dengan tematik tutupan lahan tahun 2004 (Gambar 5) dengan kriteria sebagai berikut (Anonim, 1998):

- I. Kondisi baik, yaitu bila nilai infiltrasi aktual lebih besar dari nilai infiltrasi potensial.

- II. Kondisi normal alami, yaitu bila nilai infiltrasi aktual sama dengan nilai infiltrasi potensial.
- III. Kondisi mulai kritis, yaitu bila nilai infiltrasi aktual sudah turun setingkat dari nilai infiltrasi potensial.
- IV. Kondisi agak kritis, yaitu bila nilai infiltrasi aktual sudah turun dua tingkat dari nilai infiltrasi potensial.
- V. Kondisi kritis, yaitu bila nilai infiltrasi aktual sudah turun tiga tingkat dari nilai infiltrasi potensial.
- VI. Kondisi sangat kritis, yaitu bila nilai infiltrasi aktual berubah dari sangat besar menjadi sangat kecil.

Hasil analisis spasial antara tematik infiltrasi potensial (Gambar 6) dengan tematik tutupan lahan tahun 2004 (Gambar 5) dapat dilihat pada Gambar 7.

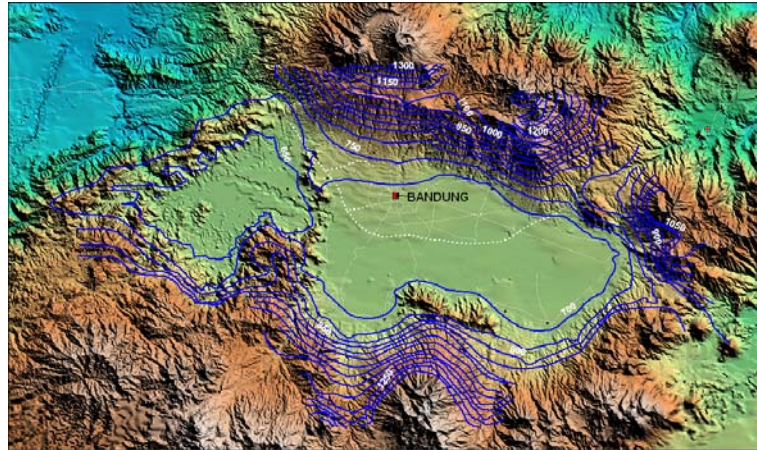


Gambar 7. Peta Kekritisan Resapan Air di cekungan Bandung tahun 2004

Berdasarkan metode analisis spasial diatas dapat diketahui bahwa di cekungan Bandung pada tahun 2004, 22,8 % dari cekungan Bandung kondisi resapan airnya baik dan normal alami. Sedangkan 77,2 % nya merupakan daerah dengan kondisi kekritisan resapan airnya mulai kritis sampai sangat kritis.

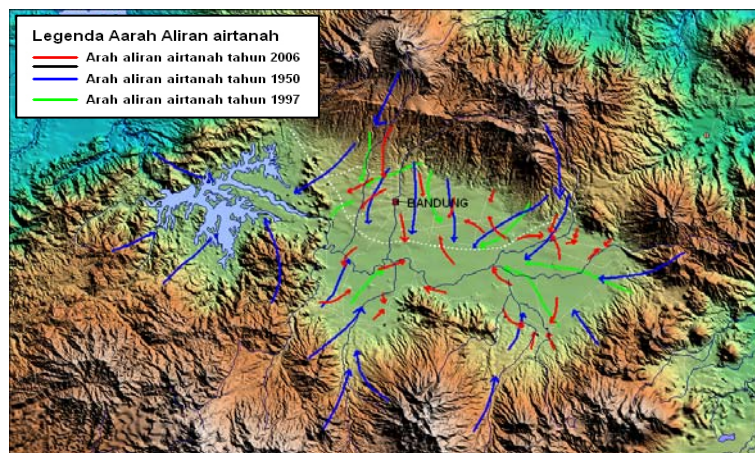
Pemodelan Muka dan Arah air tanah

Dengan menggunakan data muka airtanah yang diterbitkan oleh Iwaco (1991). Pada tahun 1950 aktifitas di Cekungan Bandung belum sebesar saat ini, kondisi airtanah masih dalam kondisi alami, sehingga aliran airtanah masih merupakan aliran airtanah alami, yaitu dimana muka airtanah mengikuti kontur topografi (Gambar 8). Berdasarkan asumsi bahwa tekanan berbanding lurus dengan ketinggian, maka air mengalir muka airtanah tinggi ke rendah (Domenico 1990), maka kontur ketinggian tahun 50-an aliran airtanah alami ini mengalir dari dataran tinggi cekungan Bandung menuju dataran rendah dan akhirnya keluar di Sungai Citarum.



Gambar 8. Muka Airtanah di Cekungan Airtanah Bandung Tahun 1950
(Sumber : Iwaco et al.,1991)

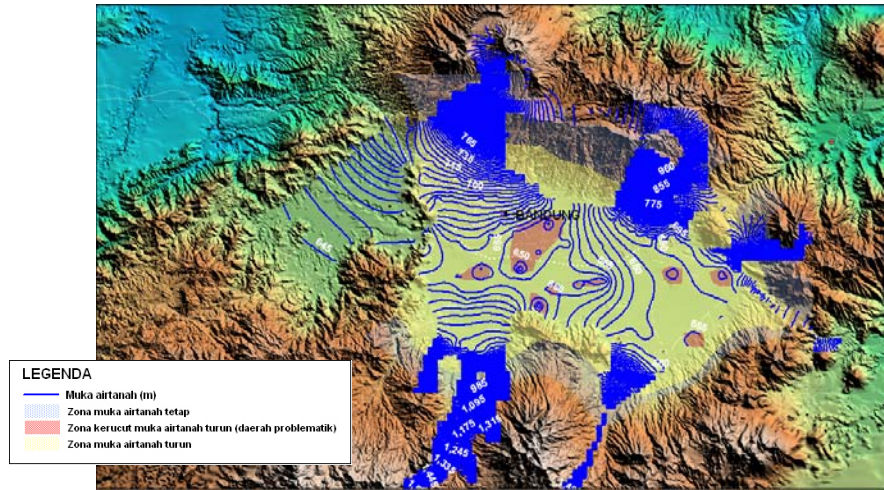
Dengan berkembangnya kota Bandung telah menyebabkan makin meluasnya kerucut penurunan di daerah tersebut dan menimbulkan kerucut kerucut baru di beberapa daerah di Cekungan Bandung (Gambar 10 dan 11) serta menyebabkan perubahan arah aliran airtanah (Gambar 9). Kerucut-kerucut tersebut terjadi di Majalaya, Rancaekek dan Ujungberung. Hal ini sesuai dengan kebijakan pemerintah daerah yaitu daerah industri dikembangkan ke arah daerah tersebut.



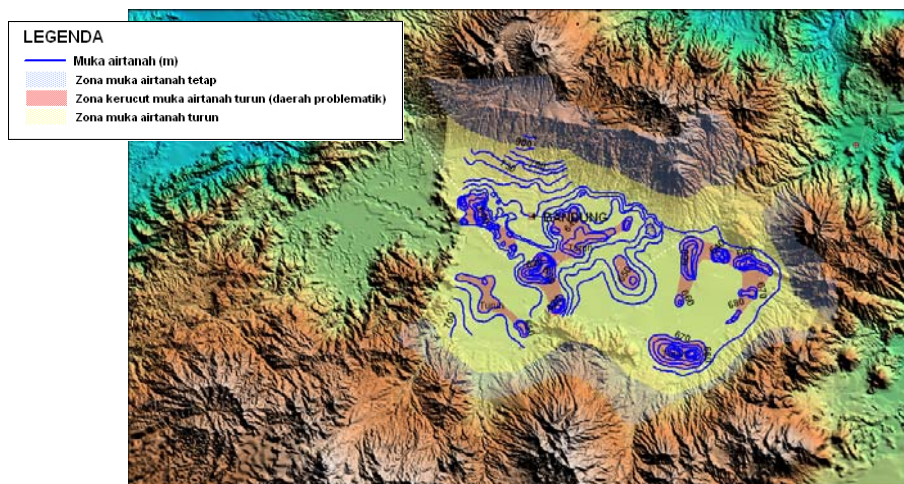
Gambar 9. Muka Airtanah Cekungan Airtanah Bandung Tahun 1950, 1997 dan 2006
(Sumber Pusat Lingkungan Geologi Badan Geologi Nasional & Data Lapangan P2 Geoteknologi-LIPI)

Deliniasi Daerah yang harus direhabilitasi di cekungan Bandung

Berdasarkan hasil *tumpangsusun* tematik tingkat kekritisan resapan air pada Gambar 7 dengan hasil pemodelan muka airtanah pada Gambar 11, maka dapat dideliniasi daerah prioritas yang harus direhabilitasi (lihat Gambar 12). Daerah prioritas yang harus direhabilitasi adalah merupakan daerah hulu wilayah problematik karena berkurangnya resapan air.



Gambar 10. Muka Airtanah dan zona kerucut muka airtanah turun di Cekungan Airtanah Bandung Tahun 1970

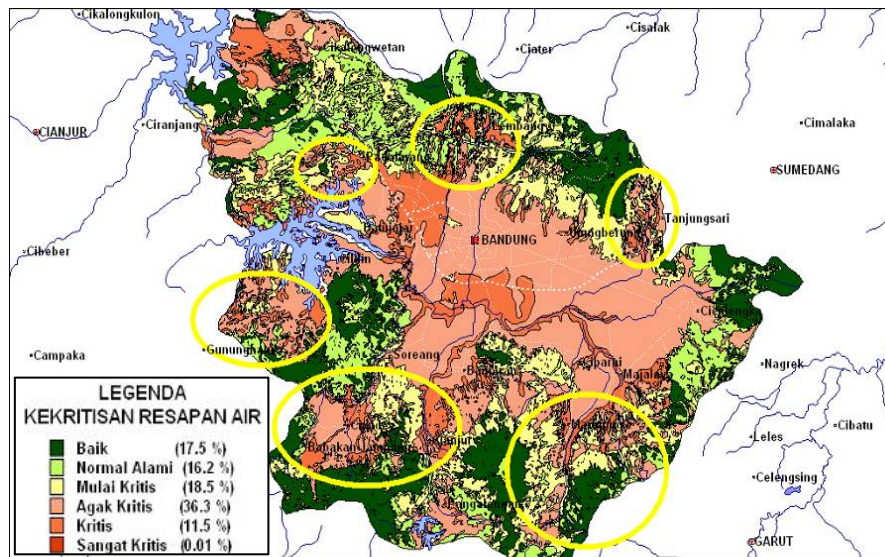


Gambar 11. Muka Airtanah dan zona kerucut muka airtanah turun (daerah *problematic*) di Cekungan Airtanah Bandung Tahun 2006

Cekungan Bandung dengan rata rata curah hujan tahunan 1900 – 2100 mm, sekitar 60 % mempunyai kemiringan lereng datar sampai landai dan sekitar 40% mempunyai permeabilitas tanah sedang sampai cepat. Berdasarkan analisis spasial dari distribusi parameter hujan infiltrasi, kemiringan lereng dan permeabilitas tanah, lebih dari 90 % wilayah cekungan Bandung berpotensi meresapkan air hujan.

Hasil analisa spasial distribusi resapan air potensial dengan peta penggunaan lahan 2004 menghasilkan peta kekritisian resapan air tanah tahun 2004. Peta tersebut menunjukkan bahwa pada tahun 2004 daerah yang berfungsi baik dan normal alami di cekungan Bandung hanya 22,9 % dari luas cekungan Bandung, sementara 77 % merupakan daerah dengan tingkat kekritisian resapan airnya mulai kritis sampai sangat kritis. Kondisi ini diduga sebagai akibat konversi dari tutupan lahan dari

yang mampu meresapkan air hujan menjadi penggunaan lahan yang tidak mampu meresapkan air hujan. Pada umumnya daerah yang baik dan normal alami resapan airnya tutupan lahannya berupa hutan, perkebunan dan semak belukar. Perubahan vegetasi sangat berpengaruh terhadap besaran besaran hidrologi dalam hal ini adalah besaran infiltrasi atau resapan (Bruce, 1966), sehingga daerah dengan tutupan vegetasi lebih banyak maka resapan airnya akan baik dan normal alami sebaliknya apabila tutupannya makin kecil (terbuka) maka tingkat kekritisian resapan airnya akan tinggi. Daerah dengan tingkat kekritisian resapan airnya baik dan normal alami berada di puncak-puncak bukit di bagian Utara dan Selatan cekungan Bandung dengan luasan yang sangat kecil.



Gambar 12. Peta Deliniasi Daerah Prioritas yang harus direhabilitasi di cekungan Bandung

DISKUSI

Hasil pemodelan muka airtanah menunjukkan adanya perubahan pada pola dan arah muka air tanah seiring dengan meningkatnya aktifitas penduduk di cekungan Bandung. Akibatnya terjadi penurunan muka (terjadi perubahan pola) dan arah pergerakan airtanah di daerah Cimahi – Leuwigajah, Soreang dan Bandung Selatan, Majalaya, dan Ranca Ekek. Pertumbuhan industri di lokasi tersebut memicu terjadinya kerucut kerucut dan perubahan arah aliran yang disebabkan oleh meningkatnya pemakaian air tanah.

Dengan melakukan tumpang-susun antara peta tingkat kekritisian resapan air dan daerah problematik karena berkurangnya air, terlihat bahwa daerah problematik merupakan daerah dengan tingkat kekritisian resapan airnya tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bagian hulu dari lokasi-lokasi problematik merupakan lokasi prioritas yang harus direhabilitasi agar fungsi hidrologi (resapan air) dapat diperbaiki. Lokasi prioritas yang harus direhabilitasi dapat dilihat pada Gambar 12.

KESIMPULAN

Pada studi ini dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Dengan memanfaatkan sistem informasi geografi (SIG) melalui analisis spasial tematik curah hujan, kemiringan lereng, permeabilitas tanah, penggunaan lahan dihasilkan peta tematik kekritisitas resapan air yang tersimpan dalam basis data spasial. Dengan demikian akan mempermudah dalam melakukan pemutakhiran data (*updating*).
2. Hasil tumpang-susun peta kekritisitas resapan air dengan pemodelan muka airtanah dapat ditentukan lokasi prioritas rehabilitasi untuk mengurangi degradasi hidrologi di cekungan Bandung.
3. Dengan memanfaatkan sistem informasi geografi melalui analisis spasial tematik curah hujan, kemiringan lereng, permeabilitas tanah, penggunaan lahan dan pemodelan muka airtanah dapat ditentukan lokasi prioritas rehabilitasi di cekungan Bandung dengan cepat dan mudah.
4. Enam lokasi prioritas yang harus direhabilitasi tersebut adalah:
 - a) Daerah hulu Majalaya
 - b) Daerah gunung Malabar yang merupakan hulu daerah Soreang
 - c) Daerah Lembang
 - d) Daerah Tanjungsari
 - e) Daerah Batujajar yang merupakan hulu Cimahi.
 - f) Daerah sekitar Gununghalu.
5. Rehabilitasi yang disarankan adalah memperbaiki tutupan lahan dan penataan di lokasi problematik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexandra, K., et al., 1996, *Estimation of Mean Annual Precipitation in Wyoming Using Geostatistical Analysis*, Proceeding of American Geophysical Union 16th Annual Hydrology Days, Fort Collins, Colorado, pp. 271 – 282.
- Aust, H., et al., 1994, *Groundwater Protection and Selection of waste Disposal Sites in the Greater Bandung Area, Indonesia*. Natural Resources and Development, Tubingen. Vol. 40 pp. 7 – 24.
- Bruce, J.P, et al., 1966, *Introduction to Hydrometeorology Pergamon Press Ltd.*
- Domenico, P.A., Schwartz, F.W., 1990, *Physical and Chemical Hydrogeology*, John Wiley & Son, Inc., New York.
- ESRI, 1993. PC Network Training Workbook, *Environmental System Research Institute Inc, USA*
- Iwaco & Waseco, 1991, *West Java Provincial water sources master plan for water supply, Bandung hydrological study, Government of Indonesia, Ministry of Public Works, Jakarta, and Directorate General for Human Settlements, Directorate of Water Supply and Government of the Netherlands, Ministry of Foreign Affair, Directorate General of International Cooperation.*
- Narulita, I., et al., *Some Rainfal Characteristics in Bandung Basin*, Proceedings International Symposium on Geotechnical Hazards: Prevention, Mitigation and Engineering Response, 24 – 27 April, 2006
- Nurlianti, W., 2006. *Hutan, Solusi Bencana Sumberdaya Air*. Laporan Akhir Tahun Pikiran Rakyat, 22 Desember 2006.

Narulita et al. / Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 18 No.1 (2008) 23-35

Anonin. Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai, 1998, Departemen Kehutanan, Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan.

Weert, R.v.d., 1994. Hydrological Conditions in Indonesia. Delft Hydraulics. Jakarta, 71p., annexes

Naskah masuk: 9 Juni 2008
Naskah diterima: 20 Juli 2008