Chapter 3

Analisis Kerentanan Airtanah Terhadap Pencemaran Sebagai Salah Satu Dasar Zonasi Kawasan Karst

Mukhamad Ngainul Malawani¹, Ahmad Cahyadi², dan Fedhi Astuty Hartoyo³

^{1,2}Jurusan Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

³Jurusan Sains Informasi Geografis dan Pengembangan Wilayah Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Email: mn.malawani@gmail.com ; ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id

Intisari

Kawasan karst memiliki kondisi hidrologi yang unik. Berkembangnya lorong-lorong pelarutan menyebabkan wilayah ini memiliki kerentanan airtanah terhadap pencemaran tinggi. Disisi lain, kawasan karst merupakan tandon air yang merupakan pensuplai sumber air bagi masyarakat di kawasan karst ataupun wilayah di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menunjukkan kerentanan airtanah di kawasan karst Paliyan dan Saptosari yang disusun berdasarkan metode APLIS, serta (2) memberikan contoh zonasi yang dibuat berdasarkan peta kerentanan airtanah terhadap pencemaran. Penelitian ini penting mengingat kawasan karst Paliyan dan Saptosari Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan wilayah recharge area bagi Sungai Bawah Tanah Ngobaran yang mensuplai PDAM yang melayani distribusi air bersih di Kabupaten Gunungkidul bagian Barat. Hasil menunjukkan bahwa kerentanan airtanah di wilayah kajian memiliki kelas sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Berdasarkan peta kelas kerentanan airtanah ini maka zona kawasan yang ada di wilayah penelitian dapat dibagi menjadi kawasan karst kelas I, kelas II, dan kelas III.

Kata Kunci : Karst, Kerentanan Airtanah, APLIS, Zonasi Kawasan Karst

Pendahuluan

Air merupakan unsur kehidupan yang sangat penting. Semua makhluk hidup di bumi membutuhkan air untuk hidup, tak terkecuali manusia. Air dianggap sebagai barang yang tidak berharga sehingga penghargaan terhadap air seringkali diabaikan. Namun ketika terjadi krisis air, air baru dianggap sebagai barang yang berharga. Kondisi ini terkait dengan karakteristik air yang sangat dipengaruhi oleh *spatial dan temporal variability* (Cahyadi dkk, 2012). Karakteristik ini menyebabkan keberadaan air berbeda-beda pada setiap tempat dan setiap waktu. Berbagai masalah muncul akibat adanya karakteristik air tersebut seperti kekeringan, pencemaran, ataupun kesulitan dalam mengakses air. Dalam suatu kasus dapat terjadi bahwa air yang tersedia pada suatu daerah sangat melimpah namun karena minimnya sumberdaya air tersebut tidak dapat diakses untuk pemenuhan kebutuhan manusia.

Sumber air di bumi bermacam-macam. Air yang digunakan oleh manusia dapat berasal dari mata air, air hujan, airtanah, air sungai, air waduk/danau, serta air es/salju. Sebagian besar manusia, terutama penduduk Indonesia menggunakan air untuk kebutuhan domestik berasal dari airtanah. Akses terhadap airtanah ini dapat melalui sumur gali ataupun sumur bor. Kuantitas airtanah cenderung tidak rentan karena input airtanah utamanya adalah berasal dari air hujan sehingga airtanah dapat digolongkan sebagai sumberdaya yang terbarukan. Walaupun demikian, hal yang kurang disadari dalam menggunakan airtanah adalah dari segi kualitasnya. Kualitas airtanah memang cenderung lebih bagus daripada air sungai atau air danau. Namun ketika terjadi polusi atau pencemaran dalam airtanah maka airtanah akan sulit mengalami penjernihan diri (*self purification*). Hal ini dikarenakan airtanah keberadaannya mengisi pori-pori batuan yang komposisinya relatif tetap sepanjang tahun. Berbeda halnya dengan air sungai yang memiliki *self purification* lebih baik karena mengalami kontak dengan udara dan sinar matahari.

Kondisi airtanah karst berbeda dengan kondisi airtanah di dataran alluvial ataupun bentuklahan lain. Kawasan karst identik dengan kondisi lingkungan yang kering. Kondisi permukaan karst yang kering ini menyebabkan kondisi tanah banyak mengalami banyak rekahan. Namun dibalik itu semua terdapat potensi sumber

airtanah yang tinggi di kawasan karst. Airtanah yang ada di kawasan karst terkonsentrasi pada lorong-lorong atau retakan yang ada di bawah tanah. Sulitnya pendugaan keberadaan lorong-lorong ini menjadikan potensi airtanah karst agak sulit diakses. Walaupun demikian, akses airtanah pada kawasan karst dilakukan pada sungai bawah tanah yang muncul ke permukaan seperti Sungai Bawah Tanah Ngobaran, Gunungkidul. Kondisi lingkungan karst tentunya dapat berpengaruh terhadap kualitas airtanah. Kondisi inilah yang menyebabkan airtanah mempunyai kerentanan intrinsik, yaitu kondisi lingkungan suatu wilayah yang dapat menurunkan kualitas airtanah. Pemetaan kerentanan airtanah sangat penting sekali dilakukan untuk kawasan karst, terutama di wilayah Paliyan dan Saptosari karena dua wilayah ini merupakan daerah imbuhan untuk Sungai Bawah Tanah Ngobaran. Pemetaan ini merupakan salah satu model untuk mengetahui kerentanan airtanah yang menggunakan metode APLIS (*altitude, slope, litology, infiltration zone, soils*). Metode APLIS merupakan metode yang sangat tepat digunakan untuk analisis kerentanan airtanah karst. Metode ini dikenalkan oleh Andero, dkk (2008).

Melalui hasil penelitian ini maka akan dihasilkan suatu peta kerentanan airtanah di kawasan karst Paliyan dan Saptosari, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Peta kerentanan ini menunjukkan persebaran spasial tingkat kerentanan airtanah pada lokasi penelitian. Dari peta ini juga akan dapat dilihat wilayah mana saja yang memiliki tingkat kerentanan airtanah tinggi sampai rendah. Wilayah dengan kerentanan airtanah tinggi tentunya memiliki karakteristik airtanah yang lebih buruk daripada wilayah yang memiliki kerentanan airtanah lebih rendah. Dengan diketahuinya tingkat kerentanan airtanah maka langkah awal perlindungan airtanah dapat dilakukan untuk menjaga kelestarian airtanah yang ada di Paliyan dan Saptosari. Selain itu dari peta tersebut juga dapat digunakan untuk menentukan zonasi kawasan karst. Zonasi kawasan karst juga sangat perlu dilakukan sebagai perlindungan kawasan karst dari eksploitasi sumberdaya, terutama sumberdaya batu gamping. Kawasan karst di Indonesia keterdapatannya sangat minor sehingga sangat perlu untuk dijaga dan dilestarikan. Selain itu zonasi kawasan karst di Paliyan dan Saptosari menjadi sangat penting untuk dilakukan karena melalui

zonasi ini dapat diketahui kawasan karst yang berkembang baik sampai kawasan karst yang belum berkembang, sehingga langkah penjagaan dan pelestarian kawasan akan lebih mudah dan efisien dilakukan.

Konsep Airtanah dan Kerentanan Airtanah

Airtanah merupakan air yang bergerak dibawah permukaan tanah di dalam zona jenuh air yang mempunyai tekanan hidrostatik. Keberadaan airtanah sangat spesifik, yaitu berada didalam zona akuifer. Akuifer merupakan lapisan batuan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah yang cukup (Suyono, 2004). Purnama (2010) menambahkan bahwa sumber utama airtanah adalah air hujan yang meresap kedalam tanah yang mengikuti suatu proses alam, yaitu siklus hidrologi. Menurut Cleary (Travis dan Etnier, 1984 dalam Purnama, 2010) penggunaan airtanah sebagai sumber utama air domestic memiliki beberapa keuntungan, antara lain adalah :

1. Kualitasnya lebih baik daripada air permukaan dan air hujan serta keberadaanya relatif tidak begitu terpengaruh musim.
2. Perubahan kualitas air akibat perubahan waktu relatif kecil.
3. Cadangan airtanah lebih besar dan lebih mudah diperoleh.
4. Distribusi dan luasan airtanah lebih besar daripada air permukaan sehingga dapat mengurangi biaya untuk penyaluran dan distribusi.
5. Lahan diatas akuifer dapat dimanfaatkan sebagai lahan dengan berbagai keperluan lain.

Istilah karst berasal dari Bahasa Yugoslavia atau Slovenia yakni *krst* atau *krast*. Kata ini merupakan gambaran suatu kawasan di perbatasan Yugoslavia di dekat Kota Trieste yang memiliki kondisi lingkungan yang gersang dan berbatu. (Adji dkk, 1999). Saat ini, istilah ini sudah jamak digunakan untuk menyebutkan bentuklahan yang secara dominan terbentuk akibat pelarutan batuan (Veni dan DuChene, 2001). White (1988) menjelaskan bahwa kawasan karst dapat dicirikan oleh :

1. Terdapat cekungan yang tertutup dengan berbagai ukuran dan bentuk serta lembah yang kering.

2. Tidak terdapat/langka drainase permukaan.
3. Terdapat goa dan sistem saluran/drainase bawah tanah.

Kawasan karst memiliki karakteristik akuifer yang spesifik, yaitu berada di lorong-lorong bawah tanah yang membentuk sungai atau dalam rekahan di bawah tanah. Air bawah tanah yang ada pada kawasan karst yaitu mengisi pada saluran atau lorong-lorong bawah permukaan. Walaupun pada dasarnya air ini keterdapatannya berada pada suatu saluran/sungai bawah tanah, namun air ini dapat disebut sebagai airtanah karena pada definisi airtanah menurut Todd (1980) merupakan air yang mengisi pori-pori/rongga antar batuan. (Haryono dan Adji, 2004). Kawasan karst dapat menjadi kawasan yang lebih rentan terhadap pencemaran airtanah dibandingkan bentuklahan lainnya karena pada kawasan karst terjadi proses pembentukan permeabilitas sekunder akibat proses pelarutan (*solusional*) (Adji, 2005). Nilai permeabilitas sangat bergantung pada besar kecilnya porositas, sortasi dan tekstur batuan. Lorong-lorong solusional yang dihasilkan pada batuan gamping yang terkarifikasi (pelarutan batu gamping) dengan baik menyebabkan nilainya menjadi cukup besar atau signifikan dibanding dengan batuan jenis lain. Kondisi inilah yang mengakibatkan kontaminasi pada airtanah kawasan karst tidak dapat tereduksi dengan baik karena waktu kontak dengan batuan sangat minim. (Haryono dan Adji, 2004)

Kerentanan airtanah dipengaruhi oleh faktor geohidrologi seperti kedalaman muka airtanah, penyerapan cadangan permukaan, hubungan antara tanah dan air permukaan, dan kecepatan rata-rata aliran airtanah. (Margat, 1987 dalam Vrba dan Zaporozec, 1994). Vrba dan Zaporozec (1994) juga membagi kerentanan airtanah kedalam dua jenis, yaitu kerentanan alami dan kerentanan gabungan. Kerentanan alami merupakan kerentanan yang disebabkan oleh karakteristik alami hidrogeologi, sedangkan kerentanan gabungan merupakan airtanah yang disebabkan oleh perpaduan faktor hidrogeologi dan aktifitas manusia yang mampu menurunkan kualitas airtanah. Kerentanan airtanah sangat erat kaitannya dengan kerentanan akuifer karena airtanah berada atau menempati suatu akuifer. Menurut Johnston (1988, dalam Vrba dan Zaporozec, 1994) kerentanan akuifer sangat dipengaruhi oleh sistem

aliran airtanah, kerangka hidrologi, dan faktor iklim. Terdapat banyak metode yang dapat digunakan untuk pemetaan kerentanan airtanah seperti GOD, DRASTIC, dan lain-lain. Khusus untuk wilayah karst, metode pemetaan kerentanan airtanah yang cocok digunakan adalah metode APLIS. (Andreo dkk, 2008)

Perlindungan kawasan karst sangat perlu dilakukan untuk menjaga kelestariannya. Hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1456 K/20/MEM/2000 tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Karst. Kepmen ini menjelaskan bahwa pemanfaatan dan perlindungan merupakan semua usaha atau kegiatan yang mempertimbangkan daya dukung fungsi lingkungan, yang merupakan hubungan timbal balik yang dinamis antara manusia dengan alam. Dalam Kepmen ini juga menjelaskan bahwa klasifikasi kawasan karst dibagi kedalam tiga kelas, yaitu Kawasan Karst Kelas I, Kawasan Karst Kelas II, dan Kawasan Karst Kelas III.

Medologi Penelitian

Pemetaan kerentanan airtanah dan zonasi kawasan karst di Paliyan dan Saposari, Gunungkidul menggunakan metode APLIS. Metode ini dikenalkan oleh Andreo, dkk pada tahun 2008. APLIS merupakan singkatan dari *altitude*, *slope*, *litology*, *infiltration zone*, dan *soil* yang dalam bahasa Indonesia berarti ketinggian, kemiringan lereng, litiologi, zona infiltrasi, dan tanah. Teknik dalam metode ini adalah dengan memampatkan (*overlay*) lima *layer* peta yang memuat kelima variabel tersebut. Masing-masing variabel tersebut memiliki kelas dan skor sebagai berikut dalam tabel 1 sampai 5 sesuai klasifikasi Andreo, dkk (2008).

Tabel 1. Klasifikasi dan skoring variabel litologi

Litologi/ Batuan	Skor
Batu gamping dan dolomit terkarstifikasi baik	9-10
Marmer dengan rekahan, gamping dan dolomit terkarstifikasi sedang	7-8
Batu gamping dan dolomit bercelah	5-6
Pasir dan kerikil koluvial	4
Napal, breksi dan konglomerat	3
Batuan plutonik dan metamorf	2
Skiss, slate dan lempung	1

Tabel 2. Klasifikasi dan skoring variabel zona infiltrasi

Zona Infiltrasi	Skor
Zona infiltrasi utama	10
Zona infiltrasi lain	1

Tabel 3. Klasifikasi dan skoring variabel tanah

Tanah	Skor
Litosols	10
Albic Arenosols dan Calcic Xerosols	9
Rendzina, Calcareous Regosols dan Fluvisols	8
Eutric dan Distric Regosols serta Solonchaks	7
Calcic Cambisols	6
Eutric Cambisols	5
Eutric Histosols, Orthic dan Calcic Luvisols	4
Chromic Luvisols	3
Planosols	2
Chromic Vertisols	1

Tabel 4. Klasifikasi dan skoring vaeriable ketinggian

Ketinggian	Skor
≤ 300 mdpal	1
>300-600 mdpal	2
>600-900 mdpal	3
>900-1200 mdpal	4
>1200–1500 mdpal	5
>1500-1800 mdpal	6
>1800-2100 mdpal	7
>2100-2400 mdpal	8
>2400-2700 mdpal	9
>2700 mdpal	10

Tabel 5. Klasifikasi dan skoring vaeriable lereng

Kemiringan Lereng	Skor
≤3%	10
>3-8%	9
>8-16%	8
>16-21%	7
>21-31%	5

Proses pemampatan (*overlay*) dilakukan dengan sistem informasi geografis (SIG) yang menggunakan rumus dari Andreo, dkk (2008) sebagai berikut : $R = (A+P+3L+2I+S) / 0,9$ dengan A adalah variabel ketinggian, P adalah kemiringan lereng, L adalah litologi, I adalah zona infiltrasi, dan S adalah tanah. Untuk mengetahui kelas kerentanan airtanah, maka hasil skoring *overlay* (R) dicocokkan dengan klasifikasi dari Andreo, dkk (2008) ditunjukkan oleh Tabel 8.6.

Berdasarkan rumus yang digunakan, variabel litologi merupakan variabel yang paling berpengaruh sehingga mempunyai harkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan variabel yang lain. Variabel zona infiltrasi juga memiliki harkat yang lebih tinggi daripada variabel kemiringan lereng, ketinggian, dan tanah. Hasil dari proses pemetaan kerentanan dengan menggunakan teknik pembobotan

overlay ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk membuat peta zonasi kawasan karst. Zonasi ini ditentukan dari kelas kerentanan yang dihasilkan. Asumsinya adalah semakin tinggi kelas kerentanan airtanah maka pemerian zonasi kawasan karst juga semakin tinggi atau kelas I. Artinya bahwa wilayah yang memiliki kerentanan airtanah paling tinggi dijadikan sebagai zona kawasan karst dengan perlindungan yang paling utama. Diagram alir pembuatan peta kerentanan airtanah dan zonasi kawasan karst ditunjukkan oleh Gambar 8.1.

Tabel 6. Klasifikasi Nilai Imbuhan (R)

Nilai Imbuhan (R)	Kelas
$\leq 20\%$	Sangat Rendah
$>20-40\%$	Rendah
$>40-60\%$	Sedang
$>60-80\%$	Tinggi
$>80\%$	Sangat Tinggi

Gambar 1 : Diagram Alir Penelitian

Hasil Pembahasan

Hasil pemetaan kerentanan airtanah di Saptosari dan Paliyan Kabupaten Gunungkidul menunjukkan hasil bahwa kerentanan airtanah di wilayah ini memiliki kelas sangat rendah sampai tinggi. Wilayah penelitian sangat didominasi oleh kelas kerentanan airtanah tinggi, yaitu lebih dari 50% (Gambar 2). Hal ini menunjukkan bahwa sebagai *recharge area* sungai bawah tanah Ngobaran wilayah ini memiliki kerentanan kelas tinggi yang dominan sehingga tentunya akan berpengaruh terhadap kualitas airtanahnya yang dilain pihak digunakan sebagai suplai utama untuk PDAM di wilayah lain seperti Panggang, Purwosari, dan Playen.

Saat ini, pemenuhan kebutuhan air bersih di Kabupaten Gunungkidul melalui PDAM dilakukan dengan menggunakan empat sistem. Salah satu sistem yang digunakan adalah sistem Ngobaran yang terletak di Pantai Ngobaran Kecamatan Saptosari. Sistem ini melayani 152 dusun dan 40 desa (Tabel 7). Pencemaran yang terjadi di atasnya akan menyebabkan pencemaran terhadap air yang digunakan sebagai bahan baku air minum PDAM. Oleh karena itu zonasi perlindungan kawasan resapan air mutlak dilakukan.

Berdasarkan kenyataan di atas, maka hendaknya pada wilayah dengan kerentanan airtanah tinggi ditetapkan sebagai kawasan karst kelas I, yaitu kawasan karst dengan perlindungan yang lebih intensif. Sedangkan untuk kelas kerentanan sedang yang luas wilayahnya lebih kecil dijadikan sebagai kawasan karst kelas II. Kerentanan airtanah dengan kelas rendah dan sangat rendah yang keterdapatannya dominan disebelah Utara wilayah penelitian dijadikan sebagai kawasan karst kelas III. Urutan kelas kawasan karst ini dapat dijadikan sebagai rujukan utama dalam pengambilan kebijakan pengelolaan daerah karst, dengan kelas I adalah kelas yang paling utama untuk dilindungi dan dijaga kelestariannya.

Gambar 2. Kerentanan Airtanah di Kecamatan Paliyan dan Saptosari Kabupaten Gunungkidul

Tabel 7. Sistem Pelayanan Air Bersih PDAM Gunungkidul

Sistem	Daerah Pelayanan	Jumlah Sambungan Hidran Umum	Jumlah Sambungan Saluran Rumah Tangga	Jumlah Dusun dan Desa Yang Terlayani
Bribin 1 dan 2	Kecamatan Semanu, Tepus, Rongkop, dan Girisubo	510	7.387	134 dusun; 21 desa
Seropan	Kecamatan Semanu, Ponjong, Karangmojo, dan Wonosari	115	7.292	134 dusun; 21 desa
Baron	Kecamatan Tanjungsari	57	874	32 dusun; 4 desa
Ngobaran	Kecamatan Saptosari, Paliyan, Purwosari dan Panggang	180	6.811	152 dusun; 40 desa

Sumber: Suryono (2006)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, maka disimpulkan beberapa hal berikut ini:

1. Wilayah penelitian memiliki kelas kerentanan airtanah dari sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi.
2. Kelas kerentanan tinggi dijadikan sebagai kawasan karst kelas I, kerentanan sedang dijadikan sebagai kawasan karst kelas II, dan kerentanan rendah dijadikan sebagai kawasan karst kelas III.

Daftar Pustaka

- Adji, Tjahyo Nugroho; Haryono, Eko; dan Woro, Suratman. 1999. Kawasan Karst dan Prospek Pengembangannya. *Makalah dalam Seminar Pertemuan Ilmiah Tahunan Ikatan Geografiwan Indonesia 1999*. Universitas Indonesia, 26-27 Oktober 1999.
- Adji, Tjahyo Nugroho. 2005. Peranan Geomorfologi Dalam Kajian Kerentanan Air Bawah Tanah Karst. *Paper Geomorfologi Terapan S-3 Geografi UGM*. Sekolah Pasca Sarjana UGM Yogyakarta.
- Andreo, B., Vías, J., Durán, J.J., Jiménez, P., López-Geta, P. A., dan Carrasco, F. 2008. Methodology for Groundwater Recharge Assessment in Carbonate Aquifers: Application to Pilot Sites in Southern Spain. *Hydrogeology Journal*, Vol. 16. Hal: 911–925.
- Anonim. 2000. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1456 K/20/MEM/2000 tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Karst
- Cahyadi, Ahmad; Priadmodjo, Anggit dan Yananto, Ardila. 2011. Criticizing The Conventional Paradigm of Urban Drainage. *Proceeding The 3rd International Graduated Student Conference on Indonesia*. Yogyakarta, 8-9 November 2011. Hal: 547-553.
- Haryono, E dan Adji, T.N. 2004. *Pengantar Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Yogyakarta : Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi UGM.
- Purnama, S. 2010. *Hidrologi Air Tanah*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Suryono, Thomas. 2006. Pengelolaan Sumber Air Bawah Tanah Sungai Bribin. *Gunung Sewu Indonesian Cave and Karst Journal*, 2(1): 37-52.
- Suyono. 2004. *Hidrologi Dasar*. Yogyakarta : Fakulats Geografi UGM.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York : John Wiley ang Sons.
- Veni, G. dan DuChene, H. 2001. *Living With Karst: A Fragile Foundation*. Alexandria: American Geological Institute.

- Vrba, J dan Zoporozec, A. 1994. *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability*. Hannover : International Association of Hydrogeologist.
- White, W.B. 1988. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. New York: Oxford University Press.

Makalah ini merupakan salah satu chapter dalam buku berjudul “**Ekologi Lingkungan Kawasan Karst Indonesia: Menjaga Asa Kelestarian Kawasan Karst Indonesia**”, dengan Editor **Ahmad Cahyadi, Bayu Argadyanto Prabawa, Tommy Andryan Tivianton dan Henky Nugraha**. Buku ini diterbitkan di **Yogyakarta** Tahun **2014** oleh Penerbit Deepublish. Makalah ini dimuat di **halaman 23-36**.