**PEMETAAN KERENTANAN AIRTANAH DAN PERANANNYA DALAM
PERENCANAAN PENGEMBANGAN PERMUKIMAN**

(Studi Kasus Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul)

Ahmad Cahyadi¹, Gilang Arya Dipayana², Panji Nur Rahmat³, Fedhi Astuty Hartoyo⁴

^{1,2,3}Program Beasiswa Unggulan Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar negeri

Kementrian Pendidikan Nasional Republik Indonesia pada MPPDAS Fakultas Geografi

Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

⁴Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan kota identik dengan perubahan penggunaan atau penutup lahan dan penggunaan lahan non terbangun menjadi lahan terbangun. Perubahan penggunaan lahan ini dapat menyebabkan semakin tingginya risiko pencemaran airtanah, padahal airtanah adalah salah satu sumber utama air bersih. Penelitian ini bertujuan untuk membuat peta kerentanan airtanah di Kecamatan Piyungan kabupaten Bantul untuk menjadi salah satu masukan dalam perencanaan pengembangan permukiman di masa mendatang, mengingat perkembangan Kota Yogyakarta yang terus berlangsung. Pemetaan groundwater vulnerability dilakukan dengan menggunakan Metode DRASTIC dengan analisis overlay menggunakan sistem informasi geografis (SIG). Data yang digunakan dalam Metode DRASTIC meliputi peta kedalaman airtanah, peta curah hujan wilayah, peta media akuifer, peta tekstur tanah, peta kemiringan lereng, peta media akuifer tidak jenuh dan peta konduktivitas hidraulik. Hasil penelitian ini adalah kerentanan airtanah di Kecamatan Piyungan terdiri atas tingkat tidak rentan sampai dengan kerentanan airtanah sangat tinggi. Wilayah yang tergolong tidak rentan adalah wilayah bukan akuifer yang menempati perbukitan dengan batuan vulkanik tersier yang kedap air, sedangkan kerentanan sangat tinggi terdapat pada dataran aluvial Merapi bagian Timur Laut Kecamatan Piyungan. Pengembangan permukiman sebaiknya dilakukan pada dataran aluvial Merapi yang berada di sebelah barat Kecamatan Piyungan. Hal ini terkait potensi air yang besar di wilayah tersebut sehingga dapat mendukung berlangsungnya kegiatan industri, permukiman dan peternakan serta pertimbangan bahwa wilayah tersebut memiliki kerentanan airtanah yang rendah

Kata Kunci : Kerentanan Airtanah, DRASTIC,

A. PENDAHULUAN

Perkembangan kota identik dengan perubahan penutup/ penggunaan lahan di permukaan bumi yang sifatnya dinamis serta terus-menerus. Perkembangan yang terjadi di wilayah perkotaan Yogyakarta menyebabkan adanya perubahan penggunaan lahan dari lahan pertanian (lahan non-terbangun) menjadi lahan terbangun, antara lain lahan pemukiman dan industri. Pertumbuhan penduduk yang cukup pesat serta tingginya tingkat urbanisasi kota memberikan konsekuensi pula pada perubahan penutup/ penggunaan lahan pada daerah pinggiran kota. Perubahan penutup/ penggunaan lahan yang semakin meluas ini akan memberikan dampak pada adanya penurunan kualitas lingkungan, termasuk penurunan kualitas air.

Wilayah Kota Yogyakarta mengalami perembetan sifat kekotaan paling pesat ke arah utara dan arah barat, meskipun demikian kecenderungan perubahan penggunaan lahan pada

bagian timur (Yogyakarta-Gunungkidul) juga mengalami perkembangan yang cukup pesat (lihat Gambar 1). Suryantoro (2002) menyebutkan bahwa konversi penggunaan lahan di Yogyakarta dari tahun 1959 paling banyak terjadi pada lahan pertanian (10,24 Ha/thn) dan terjadi peningkatan kawasan permukiman (7,75 Ha/thn). *Urban sprawl* di Kota Yogyakarta meningkat 135,05 Ha/thn (1970-1987) dan 225,09 Ha/thn (1987-1996). Perubahan penggunaan lahan yang signifikan menyebabkan perubahan tutupan lahan dan kemampuan permukaan bumi untuk meresapkan air sebagai imbuhan airtanah. Kondisi ini juga ditambah dengan adanya pertambahan penduduk yang ada di Yogyakarta. Fungsi kota melebar hingga ke daerah pinggiran dan menyebabkan kepadatan di pinggiran kota menjadi tinggi. Populasi di Yogyakarta telah padat dan hanya tersedia sedikit ruang. Hal ini menyebabkan daerah pinggiran kota menunjukkan adanya peningkatan kepadatan penduduk, di mana pada tahun 1990 terdapat 10 kelurahan di *urban fringe area* yang memiliki kepadatan penduduk lebih dari 2000 jiwa/km², pada tahun 2000 menjadi 14 kelurahan atau keseluruhan dari *urban fringe area* (Suryantoro, 2002).

Tabel 1. Tabel Perubahan Penggunaan Lahan pada Beberapa Area di Kota Yogyakarta

Penggunaan Lahan	1959	1972	1987	1996
Permukiman	1836,87	1922,43	2064,02	2123,61
Komersial	107,62	139,74	176,22	200,63
Layanan dan Jasa	110,39	137,87	165,59	191,42
Transportasi	255,74	267,79	289,88	302,64
Budaya dan RS	43,47	42,44	43,76	44,66
Olahraga	20,16	19,47	21,89	24,22
Tempat Ibadah	15,99	18,1	23,52	25,82
Pertanian	641,27	538,57	366,97	262,53
Lainnya	216,51	161,61	96,18	72,54

Sumber: Suryantoro (2002).

Gambar 1. Perubahan penggunaan lahan di Kota Yogyakarta (Suryantoro, 2002)

Airtanah merupakan salah satu sumberdaya air yang mempunyai potensi dalam pemenuhan kebutuhan air. Sudarmadji (1990) menyebutkan bahwa keuntungan dari airtanah adalah mempunyai kualitas yang relatif baik dibanding air permukaan dan tidak terpengaruh musim, cadangan airtanah lebih besar dan lebih mudah diperoleh dengan cara yang sederhana, dan mempunyai biaya yang murah. Vörösmarty et al. (2000) menunjukkan bahwa masalah air terjadi karena adanya peningkatan penduduk bumi dan perubahan penutup/ penggunaan lahan sebagai akibat dari pertumbuhan penduduk yang menuntut penyediaan lahan guna mendukung berbagai aktivitasnya. Permasalahan air dapat terjadi karena adanya penurunan kualitas air akibat pencemaran. Comans, dkk (1987) menyampaikan bahwa antara kualitas airtanah dan penggunaan lahan di atasnya terdapat korelasi. Perubahan penggunaan lahan akan memberikan pengaruh pada penutup lahan yang sifatnya memberikan keseimbangan ekologis. Oleh karena itu, maka dibutuhkan pemetaan kerentanan airtanah untuk dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam perencanaan pengembangan permukiman. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui sebaran spasial kerentanan airtanah di Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul (2) memberikan rekomendasi lokasi dan langkah yang dapat diambil dalam pengembangan permukiman di wilayah kajian berdasarkan pada peta kerentanan airtanah yang telah dibuat.

B. METODE PENELITIAN

Parameter Penentu, Data, dan Sumber Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Parameter Penentu, Data, dan Sumber Data

Parameter Penentu	Data	Metode	Sumberdata
Kedalaman Muka Airtanah (D)	Ploting Lokasi Sumur	Ploting GPS (Pengukuran Lapangan)	Pengukuran Lapangan
	Kedalaman Muka Airtanah	Pengukuran Kedalaman Sumur	Pengukuran Lapangan
	Peta Kedalaman Muka Airtanah	Interpolasi <i>Spline Method</i> pada ArcGIS 9.x	Titik Lokasi Sumur
Curah Hujan Wilayah (R)	Lokasi Stasiun Hujan	Pengumpulan Data Hujan Tahun 1971-2009	BMKG DIY dan BPDAS Opak Oya
	Curah Hujan Tahunan	Pengolahan Data Hujan (Pengisian Data Hujan, Uji Konstensi, dan Uji Korelasi)	-
	Peta Curah Hujan Wilayah	<i>Isohyet Method</i> dengan Interpolasi <i>Kriging Method</i> pada ArcGIS 9.x	-
Media Akuifer (A)	Data Bor Kecamatan Piyungan	Pengumpulan Data Sekunder	Dinas P2TK
		Pengukuran dengan Geolistrik <i>Schlumberger Method</i>	Pengukuran Lapangan
	Peta Media Akuifer	Interpolasi Data Bor dan Geolistrik	-
Tekstur Tanah (S)	Peta Tanah Kecamatan Piyungan	Ekstraksi dari Peta Tanah Semi Detil Skala 1:50000	PUSLITANAK Tahun 1994
Kemiringan Lereng (T)	Peta Kontur Kecamatan Piyungan	Ekstraksi dari Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25000	Peta RBI 1:25000 Bakosurtanal
		Pembuatan Model DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) pada ArcGIS 9.x	-
		Pembuatan Peta Lereng dengan <i>3D Analyst</i> > <i>Surface Analyst</i> > <i>Slope</i> pada ArcGIS 9.x	-
Zona Tidak Jenuh (I)	Data Bor Kecamatan Piyungan	Pengumpulan Data Sekunder	Dinas P2TK
		Pengukuran dengan Geolistrik <i>Schlumberger Method</i>	-
	Peta Zona Tak Jenuh	Interpolasi Data Bor dan Geolistrik	-
Konduktivitas Hidraulik (C)	Data Bor Kecamatan Piyungan	Pengumpulan Data Sekunder	Dinas P2TK
		Pengukuran dengan Geolistrik <i>Schlumberger</i>	-

		<i>Method</i>	
	Nilai Konduktivitas Hidraulik	Pendekatan Nilai Material Akuifer dengan Nilai Konduktivitas Hidraulik	-
		Interpolasi Nilia C	-
Kerentanan Airtanah	Nila Parameter Penentu	<i>Weighted Overlay Index</i> pada ArcGIS 9.x	Hasil Perhitungan Parameter Penentu

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DRASTIC, di mana merupakan singkatan dari parameter-parameter yang digunakan dalam metode ini (lihat Gambar 2). Analisis dilakukan dengan memberikan bobot pada masing-masing parameter dan memberikan skor pada setiap klasifikasi dalam parameter yang digunakan. Klasifikasi pada tiap-tiap parameter di metode pemetaan kerentanan airtanah dengan DRASTIC dapat dilihat pada tabel-tabel berikut ini Widyastuti, dkk (2006):

Tabel 3. Nilai Parameter Kedalaman Airtanah yang Digunakan Dalam Metode DRASTIC

No.	Kedalaman Muka Airtanah (meter)	Nilai
1.	0 – 1,5	10
2.	>1,5 – 3	9
3.	>3 – 9	7
4.	>9 – 15	5
5.	>15 – 22	3
6.	>22 – 30	2
7.	>30	1

Tabel 4. Nilai Parameter Curah Hujan yang Digunakan Dalam Metode DRASTIC

No.	Curah Hujan (mm/tahun)	Nilai
1.	0 – 1.500	2
2.	> 1.500 – 2.000	4
3.	>2.000 – 2.500	6
4.	>2.500 – 3.000	8
5.	>3.000	10

Tabel 5. Nilai Parameter Media Akuifer yang Digunakan Dalam Metode DRASTIC

No.	Media Akuifer	Nilai
1.	Shale Masif	2
2.	Batuan Metamorf/Beku	3
3.	Batuan Metamorf/Beku Lapuk	4
4.	Batu Pasir Tipis, Shale, Batugamping	6
5.	Batu Pasir Masif	6
6.	Batu Gamping Masif	6
7.	Pasir dan Kerikil	8
8.	Basalt	9
9.	Batu gamping Karst	10

Tabel 6..Nilai Tekstur Tanah yang Digunakan Dalam Metode DRASTIC

No.	Tekstur Tanah	Nilai
1.	Tanah Tipis	10
2.	Kerikil	10
3.	Pasir	9
4.	Shrinking dan atau Agregat Lempung	7
5.	Geluh Pasiran (<i>Sandy Loam</i>)	6
6.	Geluh (<i>Loam</i>)	5
7.	Geluh Lanauan (<i>Silty Loam</i>)	4
8.	Geluh Lempungan (<i>Clay Loam</i>)	3
9.	Non Shrinking dan non Agregat Lempung	1

Tabel 7.Nilai Kemiringan Lereng yang Digunakan Dalam Metode DRASTIC

No.	Kemiringan Lereng (%)	Nilai
1.	0 – 2	10
2.	>2 – 6	9
3.	>6 – 12	5
4.	>12 – 18	3
5.	>18	1

Tabel 8. Nilai Material Zona Tidak Jenuh yang Digunakan Dalam Metode DRASTIC

No.	Material Zona Tidak Jenuh	Nilai
1.	Lanau/Lempung	1
2.	Shale	3
3.	Batu Gamping	6
4.	Batu Pasir	6
5.	Batu Gamping Berlapis (<i>Bedded Limestone</i>)	6
6.	Shale dan Kerikil dengan lanau dan lanau cukup	6
7.	Pasir dan Kerikil	4
8.	Batuan Metamorf/Beku	8
9.	Basalt	9
10.	Batu Gamping Karst	10

Tabel 9.Nilai Konduktivitas Hidraulik yang Digunakan Dalam Metode DRASTIC

No.	Konduktivitas Hidraulik (m/hari)	Nilai
1.	0 - 0,86	1
2.	>0,86 - 2,59	2
3.	>2,59 - 6,05	4
4.	>6,05 - 8,64	6
5.	>8,64 - 17,18	8
6.	>17,18	10

Parameter-parameter tersebut kemudian ditumpangstusun (*overlay*) sehingga menghasilkan indeks DRASTIC yang mencerminkan kerentanan airtanah. Persamaan yang digunakan dalam analisis ini adalah:

$$\text{Indeks DRASTIC} = DwDr + RwRr + AwAr + SwSr + TwTr + IwIr + CwCr$$

Keterangan :

- D = *Depth to the water table* (kedalaman muka airtanah);
R = *Recharge* (dalam hal ini diperhitungkan sama dengan curah hujan);
A = *Aquifer media* (media akuifer);
S = *Soil media* (dalam analisis ini digunakan parameter tekstur tanah);
T = *Topography* (dalam analisis ini hanya digunakan parameter lereng);
I = *Impact of vadose zone* (pengaruh zona tidak jenuh);
C = *Conductivity* (konduktivitas hidraulik);
W = Bobot masing-masing parameter (nilai Bobot Lihat Gambar 3.2)
r = nilai masing-masing parameter

Hasil tumpangsusun menggunakan sistem informasi geografis akan menghasilkan nilai indeks DRASTIC. Berikut klasifikasi kerentanan airtanah berdasarkan indeks DRASTIC:

Tabel 10. Klasifikasi Kerentanan Airtanah Berdasarkan Indeks DRASTIC

No.	Indeks DRASTIC	Klasifikasi Kerentanan Airtanah
1.	73 – 92	Tidak rentan
2.	>92 – 112	Kerentanan rendah
3.	>112 – 132	Kerentanan sedang
4.	>132 – 152	Kerentanan tinggi
5.	>152 – 172	Kerentanan sangat tinggi

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman sumur di wilayah penelitian, diperoleh informasi bahwa kedalaman muka airtanah ialah antara 1,5 meter sampai dengan 15 meter. Airtanah yang dangkal terdapat pada dataran aluvial bagian Barat Laut dan pada kipas aluvial di dasar perbukitan. Airtanah tidak terdapat pada perbukitan di wilayah penelitian karena perbukitan tersebut tersusun atas batuan yang beku yang termasuk dalam satuan Formasi Nglanggran (Tmn) yang didominasi oleh batuan breksi vulkanik, sehingga air tidak dapat meresap menjadi airtanah. (lihat Gambar 2).

Gambar 2. (kiri) Peta Kedalaman Airtanah Kecamatan Piyungan

Gambar 3. (kanan) Peta Curah Hujan Wilayah Kecamatan Piyungan

Penentuan curah hujan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode isohyet, dimana data curah hujan merupakan data titik yang berasal dari data stasiun hujan dan kemudian diinterpolasi untuk mendapatkan data keruangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki curah hujan antara 1.300 mm/tahun sampai dengan 1.900 mm/tahun.

Berdasarkan media akuifernya, wilayah penelitian terbagi menjadi dua wilayah, yaitu wilayah dengan akuifer berupa pasir dan kerikil, serta wilayah dengan batuan metamorf beku lapuk. Wilayah dengan akuifer berupa pasir dan kerikil merupakan bagian dari endapan aluvial Merapi, kerucut koluvial perbukitan dan kipas aluvial. Wilayah ini memiliki kerentanan pencemaran yang cukup tinggi karena material pasir dan kerikil merupakan material yang memiliki permeabilitas tinggi, sehingga filterisasi terjadi sangat sedikit (lihat Gambar 4).

Gambar 4. Peta Media Akuifer Wilayah Kecamatan Piyungan

Gambar 5. Peta Material Zona Tak Jenuh Wilayah Kecamatan Piyungan

Material zona tidak jenuh pada wilayah ini terbagi menjadi dua, yaitu berupa pasir dan berupa lempung. Material berupa pasir memungkinkan meresapnya bahan pencemar airtanah dengan mudah. Sedangkan wilayah yang bukan merupakan akuifer merupakan bagian dari gunungapi tersier dengan batuan kedap air dan memiliki material pada zona tidak jenuh air berupa lempung (tanah tipis pada bagian atas, banyak diantaranya merupakan singkapan batuan) (lihat Gambar 5).

Wilayah dengan tekstur pasir akan lebih mudah tercemar (kerentanan airtanah tinggi) dibandingkan dengan tanah bertekstur lempung (lihat Gambar 6). Sementara itu, peta lereng dihasilkan dari peta rupa bumi Indonesia dengan mengekstrak data kontur yang terdapat di dalam peta tersebut. Hasil analisis dengan Sistem Informasi Geografis (SIG), maka ditemukan bahwa kemiringan lereng di wilayah penelitian adalah dari datar sampai sangat curam (lihat Gambar 7). Hasil pemetaan kerentanan airtanah dengan model DRASTIC menunjukkan bahwa Kecamatan Piyungan memiliki kerentanan airtanah dari tingkat tidak rentan sampai dengan kerentanan airtanah sangat tinggi. Wilayah yang tergolong tidak rentan adalah wilayah bukan akuifer yang menempati perbukitan dengan batuan vulkanik tersier yang kedap air. Kerentanan sangat tinggi terdapat pada dataran aluvial Merapi bagian Timur Laut Kecamatan Piyungan yang memiliki kedalaman airtanah 3-9 meter, media akuifer berupa pasir, kemiringan lereng 0%-2%, tekstur tanah pasir, media akuifer tidak jenuh dan media akuifer utama berupa pasir dan kerikil serta memiliki curah hujan tinggi (1500-1800 mm/tahun) (lihat Gambar 8).

Gambar 6. Peta Tekstur Tanah Wilayah Kecamatan Piyungan

Gambar 7. Peta Kemiringan Lereng Wilayah Kecamatan Piyungan

Gambar 8. Peta Kerentanan Airtanah Kecamatan Piyungan

Berdasarkan hasil pemetaan kerentanan airtanah yang telah dilakukan, maka pengembangan industri dan permukiman sebaiknya diletakkan pada dataran aluvial Merapi yang berada di sebelah barat Kecamatan Piyungan. Hal ini terkait potensi air yang besar di wilayah tersebut sehingga dapat mendukung berlangsungnya kegiatan industri dan permukiman serta pertimbangan bahwa wilayah tersebut memiliki kerentanan airtanah yang rendah. Namun demikian faktor teknologi dan pengelolaan limbah harus tetap dilakukan sehingga kelestarian airtanah dapat terus dijaga.

D. KESIMPULAN

1. Kerentanan airtanah di Kecamatan Piyungan terdiri atas tingkat tidak rentan sampai dengan kerentanan airtanah sangat tinggi. Wilayah yang tergolong tidak rentan merupakan wilayah bukan akuifer yang menempati perbukitan, sedangkan kerentanan sangat tinggi terdapat pada dataran aluvial Merapi bagian Timur Laut Kecamatan Piyungan.
2. Pengembangan permukiman sebaiknya dilakukan pada dataran aluvial Merapi yang berada di sebelah barat Kecamatan Piyungan. Hal ini terkait potensi air yang besar di wilayah tersebut sehingga dapat

mendukung berlangsungnya kegiatan industri, permukiman dan peternakan serta pertimbangan bahwa wilayah tersebut memiliki kerentanan airtanah yang rendah.

E. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada Program BEASISWA UNGGULAN Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri (BPKLN) atas dukungan penuhnya kepada penulis dalam seminar ini. Kami berharap keberlangsungan program ini sebagai salah satu program berkualitas yang mengantarkan Indonesia menuju Bangsa yang maju dan mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Comans, R.N.J, van der Weijden, C.H., dan Vried, S.P. 1987. Geochemical Studies in Drainage Basin of the Rio Vouga, Portugal. *Jurnal Enviromental Geology Water Science*, 9(2), hal 119-129.
- Sudarmadji.1990. Perembetan Pencemaran dalam Airtanah Pada Akuifer Tak Tertekan di Daerah Lereng Gunungapi Merapi. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta : PAU Ilmu Teknik UGM.
- Suryantoro, A., 2002. Perubahan Penggunaan Lahan Kota Yogyakarta Tahun 1959-1996 dengan Menggunakan Foto Udara. Kajian Utama Perubahan Luas, Jenis Frekuensi dan Kecepatan Perubahan Penggunaan Lahan, *Disertasi*. Yogyakarta : Universitas Gdjah Mada.(tidak dipublikasikan)
- Vörösmarty, C. J., P. Green, J. Salisbury and R. B. Lammers. 2000.Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Jurnal Science*, 289, 284 – 28 (2000).
- Widyastuti, M; Notosiswoyo, S; dan Anggayana, K. 2006. Pengembangan Metode DRASTIC untuk Prediksi Kerentanan Airtanah Bebas Terhadap Pencemaran di Sleman. *Majalah Geografi Indonesia*, 20(1). 32-51.