

# **Kajian Kerentanan Airtanah Terhadap Potensi Pencemaran di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul**

Krishna Aji Wijaya,  
krishnawijaya@ymail.com

Ig. L. Setyawan Purnama  
setyapurna@geo.ugm.ac.id

## **Abstract**

*Land-use change over the consequences of increasing population has potentially increase the risk of groundwater contamination underneath by anthropogenic activity. Groundwater resources conservation can be conducted effectively by assessing the vulnerability of groundwater. A modified DRASTIC method using geographic information system (GIS) was applied to evaluate groundwater vulnerability in Kasihan subdistrict, which known as one of many peri-urban region that has impacted by urban development of Yogyakarta. The purpose of this research was to assess the groundwater vulnerability as potential and actual, and also analyse the correlation between them. This research is expected to bring benefits as alternative review in the effort of groundwater conservation for development planning of settlements in the future. The result of the potential groundwater vulnerability classified in four levels, very low, low, moderate, and high. The result indicated area covered under very low vulnerability zone located in Sentolo Formation Structural Hill, area under moderately vulnerable zone located at transition between foot slope and structural hill, while area under high vulnerability zone located at foot slope of Young Merapi Volcanic Deposit. Actual groundwater vulnerability classified in four levels based on impact of potential risk contamination of land use. Cross correlation between potential and actual vulnerability showed the impact of land use role in vulnerability status changing from potential into actual groundwater vulnerability.*

*Key Words : groundwater vulnerability, DRASTIC, peri-urban*

## **Abstrak**

*Perubahan penggunaan lahan atas konsekuensi pertambahan jumlah penduduk berpotensi meningkatkan risiko pencemaran airtanah di bawahnya oleh aktivitas antropogenik. Upaya perlindungan sumberdaya airtanah dapat dilakukan secara efektif dengan melakukan penilaian kerentanan airtanah. Penerapan metode DRASTIC modifikasi dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) dilakukan untuk mengkaji kerentanan airtanah di Kecamatan Kasihan, yang dikenal sebagai salah satu daerah pinggiran kota yang mulai terpengaruh dampak perkembangan Kota Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai kerentanan airtanah secara potensial dan aktual, serta menganalisis keterkaitan antara keduanya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai tinjauan alternatif dalam upaya perlindungan airtanah bagi perencanaan pengembangan permukiman di masa mendatang. Hasil kerentanan airtanah potensial diklasifikasi pada empat tingkat, sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Zona potensi kerentanan tinggi tersebar pada wilayah yang merupakan bagian dari Dataran Kaki Gunungapi Merapi Muda. Zona kerentanan rendah terdapat pada wilayah yang merupakan bagian dari Perbukitan Struktural Sentolo dan wilayah peralihannya. Kerentanan airtanah aktual diklasifikasi pada empat tingkat berdasarkan pengaruh potensi risiko oleh faktor penggunaan lahan. Keterkaitan antara kerentanan airtanah potensial dan aktual menunjukkan pengaruh faktor penggunaan lahan dalam perubahan status kerentanan potensial menjadi aktual.*

*Kata Kunci: kerentanan airtanah, DRASTIC, daerah pinggiran kota*

## PENDAHULUAN

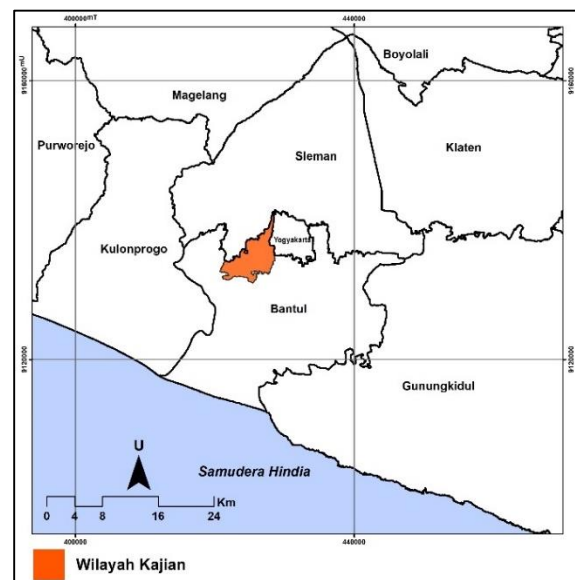
Perkembangan fungsi kota Yogyakarta yang semakin tinggi intensitasnya dihadapkan pada peningkatan aktifitas manusia yang berpotensi memberi dampak pada kualitas lingkungan. Perkembangan permukiman menimbulkan masalah polusi yang cukup rumit dan hal ini menjadi salah satu sumber pencemar pada airtanah. Polusi tanah yang diakibatkan oleh menumpuknya sampah di suatu tempat dapat menimbulkan berbagai dampak negatif. Bahan pencemar yang banyak terkandung dalam sampah organik berpotensi menimbulkan pencemaran terhadap airtanah yang merupakan sumber air baku bagi penduduk. Perkembangan kekotaan Kota Yogyakarta berdampak pada perubahan fisik sekitarnya. Perluasan sifat kekotaan ini banyak mengubah penggunaan lahan di wilayah pinggiran kota, terutama yang berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta. Sebagai konsekuensi atas perkembangan kekotaan, daerah pinggiran kota dipersiapkan untuk menyangga perkembangan pusat kota.

Airtanah merupakan sumber air tawar terbesar yang dimanfaatkan oleh manusia. Airtanah mempunyai peran penting dalam mencukupi kebutuhan air bagi manusia dalam rangka menopang pembangunan (Purnama, 2010). Sudarmadji (1990) menyebutkan bahwa di samping kualitas airtanah yang relatif lebih bagus dibanding sumber air lainnya, keberadaan dan pemanfaatannya juga cukup mudah diakses. Airtanah memiliki potensi untuk tercemar. Kondisi hidrogeologi berpengaruh terhadap masuknya kontaminan terlarut ke dalam airtanah (Baalousha, 2016). Dalam konsep pencemaran airtanah, penggunaan lahan merupakan sumber pelepasan kontaminan yang berpeluang untuk menurunkan kualitas airtanah lewat proses infiltrasi. Peningkatan pemanfaatan lahan yang berimbang pada konversi lahan merupakan dampak yang ditimbulkan sebagai tuntutan atas peningkatan jumlah penduduk. Konsekuensi yang dihadapi atas berkembangnya aktivitas manusia terhadap airtanah adalah perubahan respon hidrologi dan dampaknya terhadap kualitas airtanah

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran kerentanan airtanah secara potensial dan aktual di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul, dan menganalisis

keterkaitan antara kerentanan potensial dan kerentanan aktual. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang akademis sekaligus sebagai bahan masukan dalam rencana pembangunan berkelanjutan mengenai tata ruang wilayah tingkat detil di Kecamatan Kasihan.

Penelitian dilakukan di Kecamatan Kasihan (gambar 1) dengan luas wilayah 32,24 km<sup>2</sup>, Secara administratif, Kecamatan Kasihan berbatasan dengan Kabupaten Sleman di bagian utara, sebelah timur berbatasan dengan Kota Yogyakarta dan Kecamatan Sewon, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Bantul dan Kecamatan Pajangan, dan di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Sleman, Kecamatan Pajangan, dan Kecamatan Sedayu.



Gambar 1. Lokasi Kajian Penelitian

## METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pita ukur, *Global Positioning System* (GPS), lembar ceklis pengukuran, dan perangkat pengolahan *ArcMap*, *Excel*, dan *Word*. Bahan-bahan yang digunakan antara lain Peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000 lembar Yogyakarta, Peta Geologi skala 1:100.000 lembar Yogyakarta, dan Peta Tanah Semi Detil skala 1:50.000 Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari instansi dan penelitian terdahulu. Data sekunder yang digunakan antara lain data curah hujan beserta lokasi stasiun hujan, dan data bor material bawah tanah beserta lokasi titik bor,

dan data kualitas airtanah dari beberapa penelitian terdahulu. Data primer yang dikumpulkan yaitu data kedalaman muka airtanah beserta lokasi sumur.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah model DRASTIC modifikasi. Model ini dikembangkan oleh Aller (1987) untuk menilai kerentanan airtanah secara potensial. DRASTIC merupakan akronim dari tujuh parameter yang digunakan dalam pemodelan kerentanan, yaitu kedalaman muka airtanah (D), imbuhan airtanah (R), media akuifer (A), tekstur tanah (S), topografi (T), pengaruh lapisan tanah tak jenuh (I), dan konduktivitas hidrolik (C).

DRASTIC adalah salah model yang umum diterapkan dalam penaksiran kerentanan airtanah terhadap pencemaran. Model ini telah banyak diaplikasikan sebagai metode alternatif penilaian kerentanan airtanah serta terus dikembangkan modifikasi untuk mendapatkan hasil yang lebih representatif. Indeks DRASTIC ditentukan dari jumlah keseluruhan penghitungan nilai dan bobot pada setiap parameter (Widyastuti, 2004). Klasifikasi nilai dan bobot pada masing-masing parameter DRASTIC dapat dilihat pada tabel 1-7.

Tabel 1. Nilai Parameter Kedalaman Airtanah

Kedalaman Muka Airtanah (m)	Nilai
1,5 - 3	9
3 - 9	7
9 -15	5
15 - 22	3
22 - 30	2
>30	1
<b>Bobot</b>	<b>4</b>

Sumber: Aller (1987)

Tabel 2. Nilai Parameter Curah Hujan

Curah Hujan (mm/tahun)	Nilai
0 - 1.500	2
1.500 - 2.000	4
2.000 - 2.500	6
2500 - 3000	8
>3000	10
<b>Bobot</b>	<b>2</b>

Sumber: Aller (1987)

Tabel 3. Nilai Parameter Media Akuifer

Media Akuifer	Nilai
Shale Masif	2
Batuan Beku/Metamorf	3
Batuan Beku Lapuk/Metamorf	4
Batupasir, Shale, Batugamping	6
Batugamping Masif	6
Pasir dan Kerikil	8
Batugamping Karst	10
<b>Bobot</b>	<b>5</b>

Sumber: Aller (1987)

Tabel 4. Nilai Parameter Tekstur Tanah

Tekstur Tanah	Nilai
Pasir	9
Lempung berpasir	6
Lempung	5
Lembung berdebu	4
Liat	3
Liat berdebu	1
<b>Bobot</b>	<b>2</b>

Sumber: Aller (1987)

Tabel 5. Nilai Parameter Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng (%)	Nilai
0 - 2	10
2 - 10	9
10 - 20	5
20 - 33	3
>33	1
<b>Bobot</b>	<b>1</b>

Sumber: Aller (1987)

Tabel 6. Material Zona Tak Jenuh

Material zona tak jenuh	Nilai
Lanau/Lempung	1
Shale	3
Batugamping/Batupasir	6
Pasir dan Kerikil	4
Basal	9
<b>Bobot</b>	<b>5</b>

Sumber: Aller (1987)

Tabel 7. Nilai Parameter Konduktivitas Hidrolik

Konduktivitas hidrolik (m/hari)	Nilai
0 - 0,86	1
0,86 - 2,59	2
2,59 - 6,05	4
6,05 - 8,64	6
8,64 - 17,18	8
> 17,18	10
<b>Bobot</b>	<b>3</b>

Sumber: Aller (1987)

Masing-masing parameter yang telah diklasifikasikan berdasarkan nilai dan bobot kemudian dikalkulasi secara tumpang susun menggunakan sistem informasi geografis (SIG) untuk menghasilkan peta indeks DRASTIC. Perhitungan dalam analisis ini ditunjukkan dalam berikut:

$$IKP = \lambda_D D + \lambda_R R + \lambda_A A + \lambda_S S + \lambda_T T + \lambda_I I + \lambda_C C \dots(1)$$

Di mana *IKP* adalah indeks kerentanan potensial, *D* adalah kedalaman airtanah, *R* adalah imbuhan airtanah, *A* adalah media akuifer, *S* adalah tekstur tanah, *T* adalah kemiringan lereng, *I* adalah material zona tak jenuh, *C* adalah konduktivitas hidrolik, dan  $\lambda$  adalah koefisien bobot untuk masing-masing parameter. Hasil perhitungan diklasifikasi ke dalam empat kelas kerentanan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi.

Parameter penggunaan lahan (tabel 8) dianalisis terhadap indeks kerentanan airtanah potensial untuk memperoleh kerentanan airtanah aktual dan diverifikasi dengan penilaian kualitas airtanah dan pengamatan kondisi airtanah di lapangan. Pemilihan lokasi pengambilan sampel airtanah ditentukan dengan teknik *systematic sampling* dan *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan aspek penggunaan lahan. *Systematic sampling* digunakan untuk pengukuran kedalaman muka airtanah pada grid peta ukuran 100x100 m. Data kualitas airtanah yang dipakai sebanyak 15 sampel yang dikumpulkan dari penelitian-penelitian terdahulu yang diambil berdasarkan *purposive sampling*. Kualitas airtanah dinilai dengan metode STORET. Pemanfaatan data lampau umum digunakan dalam pemodelan DRASTIC untuk keperluan validasi. (Lin *et al.*

1999; Rupert, 1999; Marín *et al.* 2012; Sahoo *et al.* 2015).

Tabel 8. Nilai Parameter Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Nilai
Permukiman kepadatan tinggi	9
Permukiman kepadatan sedang	8
Permukiman kepadatan rendah	7
Lahan Pertanian	5
Hutan/Kebun/Tegalan	2
Semak/Rumput/Lahan kosong	1
<b>Bobot</b>	<b>5</b>

Sumber: Singh *et al.* (2015)

Indeks kerentanan airtanah aktual dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$IKA = IKP + \lambda_R L \dots(2)$$

Di mana *IKA* adalah indeks kerentanan aktual, *IKP* adalah indeks kerentanan potensial, *L* adalah parameter penggunaan lahan sebagai faktor risiko pencemaran. Hasil perhitungan diklasifikasi ke dalam empat kelas kerentanan, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi.

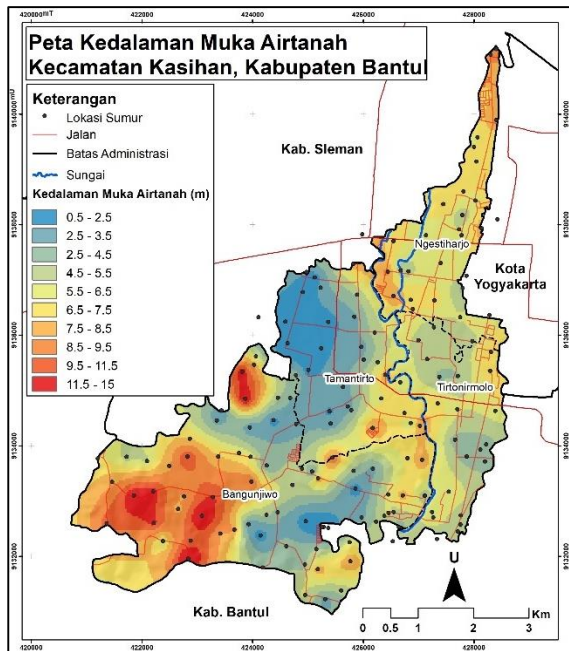
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kedalaman muka airtanah

Kedalaman muka airtanah diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung pada sejumlah sampel titik sumur gali. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan petak grid secara sistematis dengan luasan 1000 km<sup>2</sup>. Hasil pengukuran sampel kedalaman airtanah menunjukkan variasi kedalaman mulai dari 0,5 hingga 18 meter. Hasil analisis kedalaman airtanah dapat dilihat pada gambar 2.

Airtanah dangkal banyak ditemukan pada wilayah dataran yang merupakan bagian dari Lereng Kaki Gunungapi Merapi Muda. Pada bagian Perbukitan Struktural Sentolo, airtanah yang ditemui berupa airtanah yang tersimpan dalam kekaratan batuan yang umumnya cukup dalam dari permukaan. Di samping itu airtanah pada wilayah tersebut kualitasnya kurang bagus karena adanya kandungan kapur. Wilayah perbukitan tersebut merupakan bagian dari Formasi Sentolo yang terdiri dari batugamping napal berlapis. Sifat batugamping yang mudah larut jika bereaksi dengan air dan karbondioksida menyebabkan

kandungan airtanah pada wilayah tersebut banyak mengandung kapur.



Gambar 2. Sebaran Spasial Kedalaman Airtanah Kecamatan Kasihan

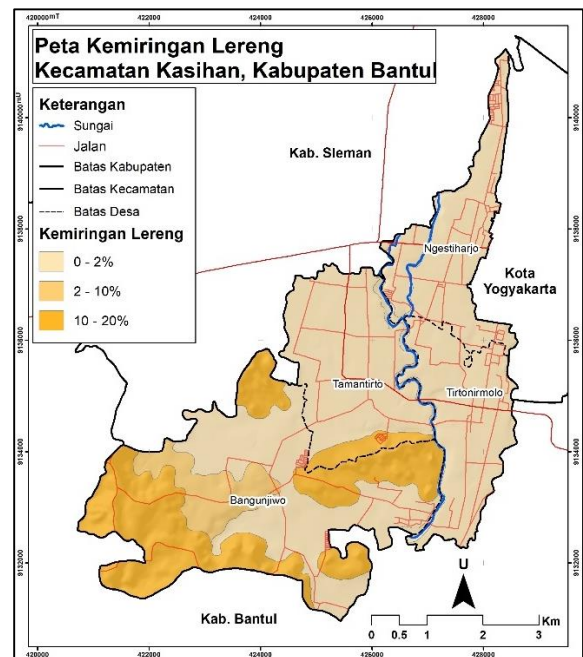
### Kemiringan Lereng

Berdasarkan analisis kemiringan lereng dengan menggunakan SIG, ditemukan 3 kelas kemiringan lereng pada wilayah kajian, yaitu datar, landai, dan miring (gambar 3). wilayah dengan lereng datar mencakup sebagian besar Dataran Kaki gunungapi Merapi Muda dengan kemiringan lereng 0 - 2%. Bagian perbukitan memiliki kemiringan lereng miring yang ditunjukkan dengan relief bergelombang, sedangkan wilayah peralihan antara dataran dengan perbukitan struktural yang berada di Dusun Bangunjiwo teridentifikasi memiliki kemiringan lereng landai.

Secara umum wilayah dengan kemiringan lereng yang datar dalam tinjauan konsep kerentanan airtanah berpotensi memiliki tingkat kerentanan yang relatif lebih tinggi dari daerah lain yang lebih miring. Wilayah yang datar cenderung menerima polutan terlarut lebih banyak dibandingkan dengan daerah yang miring. Di sisi lain faktor kemiringan lereng berpengaruh dalam kontrol limpasan air pada permukaan tanah.

Daerah dengan gradien kelerengan tinggi cenderung akan menghasilkan limpasan lebih besar dari jumlah air yang terinfiltrasi, dan mengalirkannya menuju daerah datar yang

lebih rendah dari sekitarnya. Dari segi pemanfaatan lahan, wilayah dengan lereng yang datar memiliki pemanfaatan lahan yang lebih variatif dibandingkan wilayah yang miring atau curam, misalnya untuk permukiman dan industri. Jenis kegiatan ini dinilai memiliki dampak yang lebih besar dalam pencemaran melalui buangan limbah domestik dan industri.



Gambar 3. Klasifikasi Kemiringan Lereng Kecamatan Kasihan

### Media Akuifer

Berdasarkan informasi dari peta geologi dan data bor, wilayah kajian dibagi menjadi dua wilayah menurut media akuifernya. Wilayah Dataran Kaki Gunungapi Merapi Muda yang meliputi Desa Ngestiharjo, Tirtonirmolo, Tamantirto, dan sebagian Desa Bangunjiwo tersusun oleh endapan material aluvium berupa pasir dan kerikil sebagai media akuifernya. Airtanah yang ditemui pada wilayah tersebut tergolong dangkal. Dalam konsep kerentanan DRASTIC, wilayah dengan material akuifer tersebut tergolong cukup rentan. Wilayah ini dinilai memiliki kerentanan terhadap pencemar yang tinggi karena sifat fisik material batuan yang memiliki sifat mudah lolos air tinggi. Material batuan yang bersifat mudah meloloskan air tinggi hanya terjadi sedikit proses filterisasi, akibatnya polutan terlarut tertentu sebagian dapat lolos melewati material batuan hingga mencapai sistem airtanah.

Bagian Perbukitan Struktural Sentolo memiliki media akuifer berupa batugamping yang tergolong dalam kerentanan sedang. Jenis batuan yang menyusun formasi ini adalah batugamping napalan berlapis dengan sisipan rombakan lempung abu dan debu. Airtanah pada formasi ini umumnya ditemukan di dalam zona kekar dan rekahan. Media akuifer wilayah kajian dapat dilihat pada gambar 4.



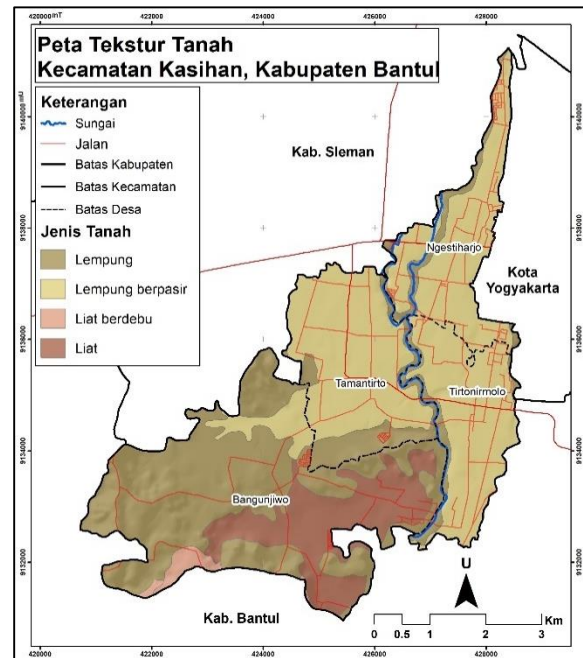
Gambar 4. Media Akuifer Kecamatan Kasihan

### Tekstur Tanah

Tanah mempunyai dampak yang cukup signifikan pada air termasuk kontaminan terlarut yang terinfiltrasi dari permukaan tanah menuju ke dalam tanah. Secara umum semakin halus ukuran butiran tanahnya, maka semakin kecil potensi kontaminan terlarut dapat masuk ke dalam tanah. Kondisi tekstur tanah yang tersebar di wilayah kajian terdiri atas geluh, lempung berpasir, liat, dan liat berdebu (gambar 5). Berdasarkan peta tersebut, wilayah yang datar didominasi oleh tanah bertekstur lempung berpasir hasil endapan aluvial dan sebagian bertekstur liat. Wilayah perbukitan dan lembah sungai bertekstur geluh dan sebagian kecil bertekstur liat berdebu.

Wilayah dengan tekstur berpasir akan lebih mudah tercemar dibandingkan tanah bertekstur lempungan. Hal ini berkaitan dengan proses infiltrasi air pada permukaan tanah. Sifat tekstur tanah berasosiasi dengan permeabilitas

intrinsiknya. Semakin besar besar butir tanahnya maka semakin tinggi laju permeabilitasnya, sehingga air dapat terinfiltrasi dengan mudah. Wilayah dengan tekstur lempung geluh hingga pasir berpasir berdasarkan indeks DRASTIC memiliki tingkat kerentanan sedang hingga tinggi, sedangkan wilayah bertekstur liat dan debu memiliki tingkat kerentanan yang rendah.



Gambar 5. Tekstur Tanah Kecamatan Kasihan

### Imbuan Airtanah

Sumber utama airtanah berasal dari hujan yang berhasil terinfiltrasi ke dalam tanah. Imbuan airtanah menunjukkan jumlah air hujan yang teresap dari permukaan tanah masuk ke sistem airtanah. Imbuan airtanah dihitung dengan teknik tumpang susun berdasarkan dengan mempertimbangkan faktor kemampuan pada setiap area untuk bertindak sebagai daerah tangkapan potensial. Artinya setiap tempat memiliki potensi imbuan yang berbeda-beda. Faktor yang diperhatikan dalam perhitungan imbuan airtanah antara lain curah hujan, kemiringan lereng, dan permeabilitas tanah.

Perhitungan hujan wilayah dilakukan dengan membuat isohyet hujan menggunakan data curah hujan dengan rentang 30 tahun. Data curah hujan berasal dari 5 stasiun hujan terdekat yang tersebar di sekitar wilayah kajian dan telah dilakukan analisis frekuensi. Kelima stasiun hujan tersebut antara lain Ringinharjo, Gandok, Nyemengan, Ngestiharjo, dan Pajangan. Hasil

akhir analisis hujan wilayah menunjukkan besar curah hujan tahunan memiliki rentang nilai antara 1400 - 1900 mm/tahun. Hujan wilayah tersebut terbagi dalam dua kelas, yaitu kelas rendah (< 1500 mm/tahun), dan kelas sedang (> 1500 - 2000 mm/tahun).

### Konduktivitas hidrolik

Nilai konduktivitas hidrolik ditentukan dengan teknik rerata tertimbang, yaitu dengan menjumlahkan nilai konduktivitas hidrolik pada setiap lapisan batuan pada informasi data bor duntuk mendapatkan nilai rerata tunggal (Hiscock *et al.* 2014). Satuan bentuklahan digunakan sebagai unit analisis dalam perhitungan konduktivitas hidrolik. Hasil perhitungan dilihat pada tabel 8.

Hasil perhitungan menunjukkan pada satuan Lereng Kaki Gunung Api Merapi Muda mempunyai konduktivitas hidrolik rerata sebesar 17,22 m/hari. Nilai tersebut tergolong dalam kelas kerentanan cukup tinggi. Dibandingkan pada Perbukitan Struktural Sentolo, konduktivitas hidroliknya jauh lebih rendah yaitu sebesar 2,25 m/hari. Nilai tersebut tergolong sangat lambat dan termasuk dalam tingkat kerentanan airtanah rendah.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Konduktivitas Hidrolik

Satuan Bentuklahan	Nama Titik Bor	K (m/hari)	Rerata (m/hari)
Lereng Kaki Gunungapi Merapi Muda	TW32-BT	22.85	17.22
	TW21-BT	27.83	
	E30-BT	0.38	
	66 BL	8.45	
	E31-BT	26.59	
Perbukitan Struktural Sentolo	E42-BT	0.83	2.25
	E22-BT	3.67	

Sumber: Analisis (2017)

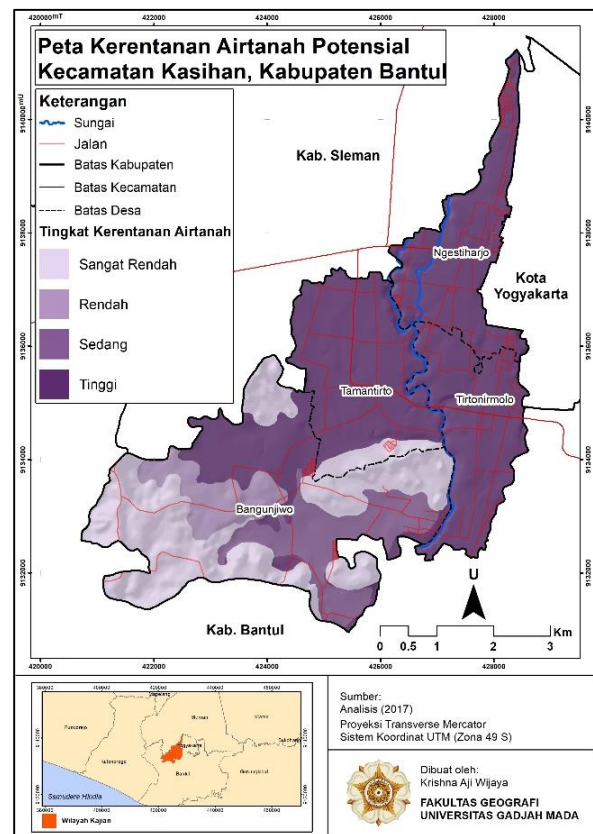
### Material Zona Tak Jenuh

Material zona tak jenuh berpengaruh terhadap kemudahan sebuah fluida yang telah terinfiltrasi bergerak menuju lapisan akuifer. Material ini terletak pada zona lengas tanah atau di atas muka airtanah. Identifikasi material zona tak jenuh dilakukan dengan interpretasi nilai resistivitas material batuan dan data bor. Hasil identifikasi menunjukkan kondisi material bawah permukaan yang terdapat pada

wilayah kajian dikelompokkan menjadi material lempung, pasir dan kerikil. Berdasarkan indeks DRASTIC, lempung merupakan material yang sifatnya memperlambat peresapan air ke dalam tanah sehingga tergolong dalam kerentanan rendah. Sedangkan material lepas berupa pasir dan kerikil yang tersebar di sebagian besar wilayah perbukitan tergolong dalam kerentanan sedang.

### Kerentanan Airtanah Potensial

Hasil pemetaan kerentanan airtanah potensial (gambar 7) menunjukkan pola sebaran kerentanan airtanah potensial mengikuti konfigurasi morfologi lahan dan kondisi hidrogeologinya. Wilayah yang tergolong dalam kerentanan sedang hingga tinggi terdapat di bagian tengah dan utara wilayah kajian. Sedangkan zona kerentanan sangat rendah hingga rendah terdapat di bagian selatan dan sebagian kecil di bagian tengah wilayah kajian.



Gambar 7. Peta Kerentanan Airtanah Potensial

Hasil analisis (tabel 9) menunjukkan wilayah dengan kerentanan sangat rendah (63-77) melingkupi 26% wilayah kajian, yang sebagian besar terdistribusi pada Desa Bangunjiwo. Wilayah dengan kerentanan

rendah (78-90) melingkupi 5% wilayah kajian, yang seluruhnya terdapat pada Desa Bangunjiwo. Wilayah dengan kerentanan sedang (91-138) melingkupi 10% dari luas wilayah kajian, yang juga terdapat pada Desa Bangunjiwo. Secara umum, wilayah yang tergolong kerentanan sangat rendah hingga sedang meliputi kompleks wilayah perbukitan, termasuk wilayah peralihan antara dataran dengan perbukitan yang berada di Desa Bangunjiwo. Wilayah dengan kerentanan tinggi (139-144) melingkupi 59% wilayah kajian atau lebih dari separuh luas wilayah kajian, tepatnya seluas 1917,54 ha. Wilayah dengan kerentanan tinggi terdistribusi merata pada Desa Tamantirto, Tirtonirmolo, Ngestiharjo, dan sebagian Bangunjiwo. Wilayah ini tersusun oleh endapan aluvium dengan airtanah yang cukup dangkal.

Tabel 9. Klasifikasi Kerentanan Potensial

Kerentanan	Nilai	Luas (ha)	(%)
Sangat Rendah	63-77	825,75	26
Rendah	78-90	172,49	5
Sedang	91-138	308,02	10
Tinggi	139-144	1917,54	59

Sumber: Analisis (2017)

### Kerentanan Airtanah Aktual

Penilaian kerentanan airtanah hanya mempertimbangkan properti hidrogeologi suatu wilayah. Aspek pemanfaatan lahan menjadi faktor penting dalam memperkirakan risiko pencemaran airtanah. Suatu wilayah yang berpotensi memiliki kerentanan airtanah yang tinggi, namun pemanfaatan lahan di atasnya hanya berupa rawa, maka wilayah tersebut secara aktual dapat dikatakan tidak memiliki risiko pencemaran airtanah. Demikian keberadaan sumber pencemar penting dipertimbangkan dalam penilaian tersebut.

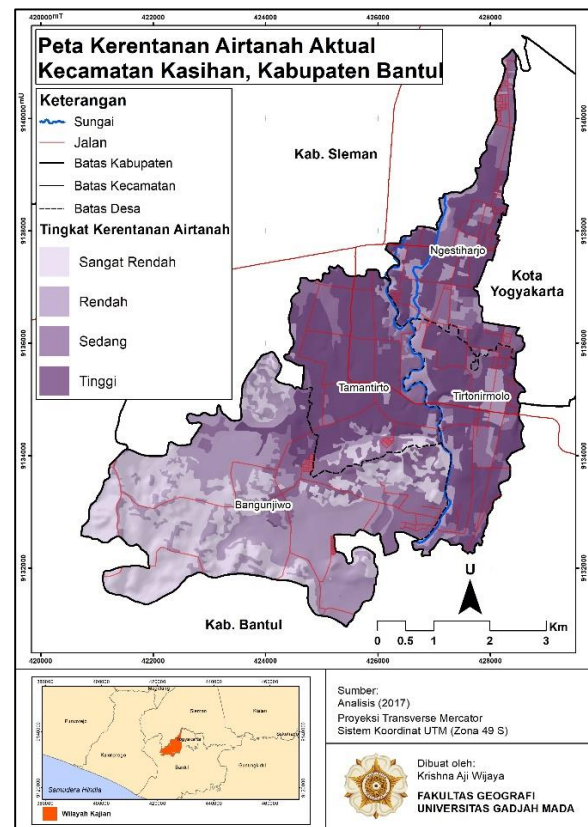
Hasil penilaian kualitas airtanah (tabel 10) menunjukkan kelompok sampel airtanah pada permukiman kepadatan rendah, sedang, dan tinggi tergolong dalam tingkat pencemaran sedang (-11 s/d -30). Kondisi pencemaran sedang pada permukiman kepadatan tinggi disebabkan oleh nilai BOD yang tinggi (>2 mg/l). Kondisi pencemaran pada permukiman kepadatan rendah dan sedang lebih banyak dipengaruhi oleh jumlah *Coliform* total yang melebihi baku mutu (>1000 MPN/100ml).

Tabel 10. Penilaian Kualitas Airtanah

Parameter Kualitas Airtanah		Kepadatan Permukiman					
		Tinggi		Sedang		Rendah	
		Kadar	Nilai	Kadar	Nilai	Kadar	Nilai
TDS	Minimum	178	0	212	0	93	0
	Maksium	791	0	459	0	393	0
	Rerata	279.2	0	289.2	0	270.4	0
BOD	Minimum	0.04	0	0.18	0	0.04	0
	Maksium	10.3	-2	0.68	0	1.4	0
	Rerata	2.772	-6	0.498	0	0.724	0
Amonia	Minimum	0	0	0	0	0	0
	Maksium	2.9	-2	0.08	0	0.162	0
	Rerata	0.58	-6	0.016	0	0.032	0
Coliform Total	Minimum	9	0	9	0	43	0
	Maksium	150	0	2400	-3	2400	-3
	Rerata	319.6	0	1186	-9	1409	-9
Indeks STORET		-16		-12		-12	
Status Mutu Air		Cemar Sedang		Cemar Sedang		Cemar Sedang	

Sumber: Analisis 2017

Kerentanan airtanah aktual diperoleh dari analisis kerentanan potensial dengan parameter penggunaan lahan yang telah ditentukan tingkat pencemarannya. Hasil analisis diperoleh zonasi kerentanan airtanah aktual yang diklasifikasi menjadi empat tingkat, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi (gambar 8).



Gambar 8. Peta Kerentanan Airtanah Aktual



Hasil perhitungan luas zonasi kerentanan (tabel 5.8) menunjukkan wilayah dengan kerentanan sangat rendah (73-100) melingkupi 21% wilayah kajian, yang sebagian besar terdapat pada Desa Bangunjiwo yaitu seluas 673,2 ha. Wilayah dengan kerentanan rendah (101-134) melingkupi 10% wilayah kajian, yaitu seluas 336,04 ha. Wilayah dengan kerentanan sedang (135-166) melingkupi 19% dari luas wilayah kajian dan terdistribusi secara sporadis, yaitu seluas 594,15 ha. Wilayah dengan kerentanan tinggi (167-189) melingkupi 50% wilayah kajian, yang terdistribusi pada bagian utara dan timur wilayah kajian seluas 1620,43 ha, terutama pada wilayah dengan kepadatan permukiman sedang hingga tinggi. Pola sebaran kerentanan airtanah aktual mengikuti sebaran penggunaan lahannya.

Tabel 11. Klasifikasi Kerentanan Aktual

Kerentanan	Nilai	Luas (ha)	(%)
Sangat Rendah	73-100	673,2	21%
Rendah	101-134	336,04	10%
Sedang	135-166	594,15	19%
Tinggi	167-189	1620,43	50%

Sumber: Analisis (2017)

#### Keterkaitan potensial dan aktual

Risiko pencemaran airtanah dinilai dengan menganalisis potensi pencemaran yang diakibatkan oleh penggunaan lahan terhadap kerentanan airtanah secara potensial yang bersifat statis. Widyastuti (2006) menyimpulkan suatu wilayah yang yang tergolong dalam kerentanan airtanah potensial tinggi dikatakan tidak mempunyai risiko pencemaran airtanah apabila tidak ada sumber pencemaran yang ada pada wilayah tersebut

Hasil analisis (tabel 12) menunjukkan wilayah dengan kelas kerentanan potensial sangat rendah tidak banyak berubah status pada kerentanan aktualnya, sebesar 67,91% wilayahnya berstatus kerentanan sama secara aktual yang disebabkan oleh penggunaan lahan yang sebagian besar masih alami serta jumlah permukiman yang masih sedikit. Kelas kerentanan potensial rendah secara aktual banyak berubah menjadi kerentanan sangat rendah sebesar 69,89% yang dipengaruhi oleh penggunaan lahan alami dan sedikitnya keberadaan permukiman yang berada pada

zona tersebut. Kelas kerentanan potensial sedang juga banyak berubah secara aktual menjadi kerentanan sangat rendah sebesar 65,74%. Kondisi ini disebabkan oleh mayoritas penggunaan lahan alami berupa kebun, sawah, tegalan, dan sedikitnya keberadaan permukiman yang berada pada zona tersebut. Wilayah dengan kelas kerentanan potensial tinggi secara aktual tidak banyak berubah. Sebanyak 57,05% dari luas wilayah tersebut secara aktual tetap dalam kondisi kerentanan tinggi yang disebabkan oleh banyaknya penggunaan lahan berupa permukiman dengan kepadatan sedang hingga tinggi.

Tabel 12. Analisis Luasan Wilayah Kerentanan Aktual Terhadap Kerentanan Potensial

Kerentanan Potensial	Kerentanan Aktual	Luas (ha)	Luas (%)
Sangat Rendah	Sangat Rendah	560,98	67,91
	Rendah	153,3	18,56
	Sedang	111,38	13,48
	Tinggi	0,42	0,05
	Luas total	826,1	100
Rendah	Sangat Rendah	120,23	69,89
	Rendah	44,86	26,07
	Sedang	6,95	4,04
	Tinggi	0	0
	Luas total	172,03	100
Sedang	Sangat Rendah	202,53	65,74
	Rendah	36,7	11,92
	Sedang	68,82	22,34
	Tinggi	0	0
	Luas total	308,06	100
Tinggi	Sangat Rendah	361,87	18,87
	Rendah	76,4	3,98
	Sedang	385,31	20,09
	Tinggi	1094,1	57,05
	Luas total	1917,63	0

Sumber: Analisis (2017)

#### KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Pemetaan kerentanan airtanah potensial menghasilkan zonasi tingkat kerentanan sangat rendah seluas 825,75 ha (26%), rendah seluas 172,49 ha (5%), sedang seluas 308,02 ha (10%), dan tinggi seluas

1917,54 ha (59%). Desa Ngestiharjo, Tamantirto, dan Tirtonirmolo yang merupakan bagian dari Lereng Kaki Gunungapi Merapi Muda secara keseluruhan diliputi oleh zona kerentanan airtanah tinggi. Sedangkan kerentanan sangat rendah hingga rendah tersebar di Desa Bangunjiwo yang secara umum merupakan bagian dari Perbukitan Struktural Sentolo.

2. Pemetaan kerentanan airtanah aktual sangat dipengaruhi oleh faktor penggunaan lahan. Hasil pemetaan diperoleh kerentanan sangat rendah seluas 673,2 ha (21%), kerentanan rendah seluas 336,04 ha (10%), kerentanan sedang seluas 594,15 ha (19%), dan kerentanan tinggi seluas 1620,43 ha (50%). Wilayah dengan kerentanan aktual sangat rendah dan rendah tersebar di bagian selatan wilayah kajian. Wilayah dengan kerentanan aktual sedang dan tinggi tersebar di bagian timur dan utara wilayah kajian.

3. Faktor penggunaan lahan terutama permukiman dalam analisis kerentanan airtanah aktual memiliki pengaruh yang tinggi. Hasil analisis didapatkan kelas kerentanan potensial sangat rendah, rendah, dan sedang sebagian besar (>50%) secara aktual berubah menjadi kerentanan sangat rendah. Kelas kerentanan potensial tinggi sebagian besar (>50%) secara aktual tetap pada kerentanan tinggi, sebagian kecil lainnya beralih menjadi sangat rendah dan sedang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., & Hackett, G. (1987). *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Using Hydrogeologic Settings*. U.S. Environmental Protection Agency Report.
- Baalousha, H. M. (2016). Groundwater Vulnerability Mapping of Qatar Aquifers. *Journal of African Earth Sciences*, 75-93.
- Hiscock, K., & Bense, V. (2014). *Hydrogeology: Principles and Practice*. Oxford: Wiley Blackwell.
- Lin, H. S., Scott, H. D., Stelle, K. F., & Inyang, H. I. (1999). Agricultural Chemical in The Alluvial Aquifer of a typical County of The Arkansas Delta. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment* vol. 58, hal. 151-172.
- Marín, A. I., Dörfliker, N., & Andreo, B. (2012). Comparative Application of Two Methods (COP and PaPRIKa) for Groundwater Vulnerability Mapping in Mediterranean Karst Aquifers (France and Spain). *Environmental Earth Sciences* vol. 65, 2407-2421.
- Purnama, S. (2000). *Hasil Aman (Safe Yield) Eksploitasi Airtanah Untuk Kebutuhan Rumah Tangga dan Industri di Kotamadya Semarang*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada.
- Purnama, S. (2010). *Hidrologi Airtanah*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Rupert, M. G. (1999). *Improvements to The DRASTIC Ground Water Vulnerability Mapping Method*. USGS.
- Sahoo, M., Sahoo, S., Dhar, A., & Pradhan, B. (2016). Effectiveness Evaluation of Objective and Subjective Weighting Methods for Aquifer Vulnerability Assessment in Urban Context. *Journal of Hydrology* vol. 541, hal. 1303-1315.
- Singh, A., Srivastav, S. K., Kumar, S., & Chakrapani, G. J. (2015). A Modified-DRASTIC Model (DRASTICA) for Assessment of Groundwater Vulnerability to Pollution in an Urbanized Environment in Lucknow, India. *Environmental Earth Sciences* vol. 74, hal. 5479-5490.
- Sudarmadji. (1990). *Perembetan Pencemaran dalam Airtanah Pada Akuifer Tak Tertekan di Daerah Lereng Gunungapi Merapi*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik UGM.
- Widyastuti, M. (2004). Vulnerability Assessment of Groundwater to Contamination Using DRASTIC Method: Study in Ngemplak, Ngaglik, and Sleman Districts of Sleman Regency, Yogyakarta Special Province. *Indonesian Journal of Geography*.