

# KAJIAN KERENTANAN AIRTANAH BEBAS TERHADAP PENCEMARAN DI KAWASAN PESISIR PARANGTRITIS KABUPATEN BANTUL DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Dhoni Wicaksono  
dhoni\_wicaksono@yahoo.com

Emilya Nurjani, S.Si.,M.Si.  
n\_emilya@geo.ugm.ac.id

## Abstract

*The Existence of human activities has the potential to contaminate water resources in coastal areas. Modeling of groundwater vulnerability based on Geographic Information System (GIS) can represent quickly the potential groundwater vulnerability. The purpose of this research is to apply the model of groundwater vulnerability to identify potential contamination based on the physical condition of the land compared with the phosphate levels as an pollutant indicator. The research method used was DRASTIC and evaluation of Human Activity Impact (HAI) with weighting and rating method.*

*The results show that the level of groundwater vulnerability in the study area consists of a very low 0.23%, 21.05% low, 53.03% moderate, high 12.42% and 13.28% is very high. Multiple regression analysis show that the most dominant parameter affecting the levels is the depth of groundwater, with a significance level of 0.003. Correlation analysis showed that DRASTIC and HAI index is significant with phosphate levels, and has low and moderate levels of correlation (0,340 and 0.425).*

*Keywords: groundwater, groundwater vulnerability, contamination, GIS, DRASTIC, HAI*

## Abstrak

Eksistensi manusia beserta kegiatannya memiliki potensi untuk mencemari sumberdaya air yang ada di kawasan pesisir. Pemodelan kerentanan airtanah bebas berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat merepresentasikan secara cepat potensi kerentanan airtanah. Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan model kerentanan airtanah bebas sebagai upaya dalam mengetahui potensi pencemaran berdasarkan kondisi fisik lahan yang dibandingkan dengan kadar fosfat sebagai indikator pencemar. Metode penelitian yang digunakan adalah DRASTIC dan evaluasi dari *Human Activity Impact* (HAI) dengan teknik pembobotan dan penilaian (*weighting and rating method*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerentanan airtanah di daerah penelitian terdiri dari 0,23% sangat rendah, 21,05% rendah, 53,03% sedang, 12,42% tinggi dan 13,28% sangat tinggi. Analisis regresi ganda menunjukkan parameter yang paling dominan dalam mempengaruhi kadar fosfat adalah kedalaman muka airtanah, dengan tingkat signifikansi 0,003. Analisis korelasi menunjukkan hasil bahwa indeks kerentanan DRASTIC dan HAI signifikan terhadap kadar fosfat, serta memiliki hubungan tingkat lemah dan sedang (0,340 dan 0,425).

Kata kunci : airtanah, kerentanan airtanah, pencemaran, SIG, DRASTIC, HAI

## PENDAHULUAN

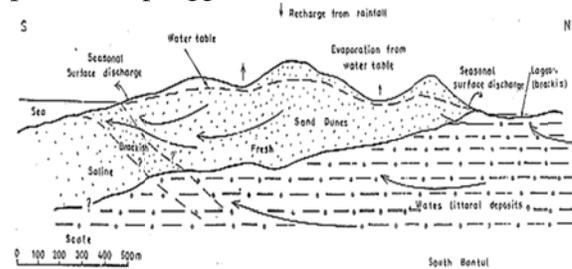
Airtanah (*groundwater*) adalah air yang mengisi rongga-rongga batuan pada zona jenuh air, dengan tekanan hidrostatik sama atau lebih besar daripada tekanan udara. Kondisi tersebut menyebabkan zona jenuh air tersebut air mengisi semua celah batuan (Todd, 1980). Sumber utama airtanah adalah air hujan yang jatuh ke permukaan bumi, dimana sebagian air hujan akan terinfiltrasikan ke dalam tanah. Airtanah merupakan bagian terbesar dari seluruh cadangan air tawar yang ada di bumi, yaitu sekitar 97% (Asdak, 1995).

Karakteristik akuifer di kawasan gumuk pasir bersifat lokal, yang artinya memiliki sistem imbuhan (*recharge*) dan simpanan (*discharge*) terjadi dalam lokasi itu juga. Dengan adanya kondisi tersebut, maka segala proses hidrologi akan saling mempengaruhi dengan cepat. Konsekuensinya adalah segala bentuk *input* berupa polutan akan dapat berpengaruh besar dalam kondisi kualitas airtanah. Kondisi ini diperjelas oleh Hem (1970); Todd (1980); Stuyfzand (1991) dan Fetter (1994) dalam Santosa (2010) bahwa selama perjalanan airtanah di dalam akuifer, akan terjadi kontak antara mineral penyusun akuifer dengan air yang melaluinya. Material yang dapat terlarutkan oleh air tidak hanya berasal dari unsur alamiah penyusun akuifer namun juga dapat berasal dari material lain yang dihasilkan oleh kegiatan *antropogenik* (manusia), seperti pembuangan limbah.

Bemmelen (1972) menyebutkan bahwa Pantai Selatan DIY berada pada perbatasan antara Jawa bagian timur dan Jawa bagian selatan. Berdasarkan kondisi geologinya, pantai selatan DIY terdiri dari dua formasi batuan. Kedua formasi batuan tersebut adalah Formasi Wonosari yang berupa batuan gamping terumbu dan kalkarenit yang ada di sebelah timur dan formasi alluvium (Qa) yang terdiri dari kerakal, pasir, lanau, dan lempung yang ada di bagian barat (Peta Geologi Lembar Yogyakarta). Dengan adanya kondisi tersebut, maka potensi pencemaran menjadi semakin tinggi, dimana polutan yang meresap ke dalam tanah dapat dengan cepat menyebar karena karakteristik permeabilitas material pasir yang tergolong cepat (15-45 m/hari) (Todd, 1980).

Mc Donald, dkk. (1984) menjelaskan bahwa pengisian (*recharge*) airtanah pada

akuifer gumuk pasir terjadi melalui infiltrasi secara langsung dari air hujan (Gambar 1). Infiltrasi yang terjadi secara langsung ini akan menyebabkan proses pengangkutan material secara horizontal dari permukaan gumuk pasir ke dalam airtanah akan berjalan secara cepat. Konsekuensi dari kondisi tersebut adalah akuifer gumuk pasir akan menjadi semakin rentan akan segala bentuk pencemaran akibat perubahan penggunaan lahan.



**Gambar 1** Penampang Akuifer Gumuk Pasir Di Pantai Selatan Kabupaten Bantul (Mc Donald, dkk. 1984)

Perkembangan kawasan kepebisiran yang diorientasikan pada sektor pariwisata menjadi daya tarik bagi wisatawan, akibatnya adalah semakin banyak orang yang melakukan perpindahan baik secara permanen maupun secara sementara guna memanfaatkan peluang usaha di sektor pariwisata. Kondisi ini terbukti dengan perkembangan kawasan yang tidak hanya sebagai hunian, namun juga perhotelan. Sumber pencemaran yang ada tidak hanya berasal dari limbah domestik namun juga dapat berasal dari *septik-tank*. Perkembangan pariwisata memicu dibangunnya toilet umum dalam jumlah yang banyak, sehingga akan semakin banyak sumber pencemar.

Kerentanan dapat didefinisikan sebagai sifat kepekaan sistem airtanah terhadap pengaruh alami maupun aktivitas manusia. Kerentanan airtanah yang bersifat spesifik didasarkan atas faktor jumlah jenis zat pencemar yang berinteraksi dengan faktor hidrogeologi (Goldscheider, 2005).

DRASTIC merupakan salah satu dari metode yang dikembangkan dengan sistem PCSM (*Point Count System Models*) dikenal dengan istilah metode pembobotan dan penilaian (*parameter weighting and rating method*). Di dalam metode PCSM, besarnya bobot yang diberikan menunjukkan besarnya pengaruh/kontribusi dari setiap parameter kerentanan airtanah terhadap pencemaran, sedangkan nilai setiap kelas parameter

menunjukkan hierarki aspek penyusun dalam setiap parameter. Salah satu contoh dari metode ini yang banyak dikembangkan adalah metode DRASTIC.

Perkembangan metode DRASTIC telah banyak dilakukan, salah satunya adalah dengan HAI (*Human Activity Impact*). Zwahlen (2004 dalam Al-Hanbali dan Kondoh, 2008) menjelaskan bahwa HAI (*Human Activity impact*) adalah pengembangan dari metode DRASTIC, dimana dalam HAI dipertimbangkan pula mengenai aspek penggunaan lahan sebagai akibat dari aktivitas manusia. Aktivitas industri, lalu lintas, tangki septik (*septic tank*), sistem drainase (selokan) dan penggunaan pupuk yang digunakan pada aktivitas pertanian merupakan potensi bahaya (*hazard*) yang dapat berpengaruh kepada kualitas airtanah dan dapat meningkatkan potensi pencemaran.

Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan model kerentanan airtanah bebas

sebagai upaya dalam mengetahui potensi pencemaran berdasarkan kondisi fisik lahan, menganalisis hasil pemodelan kerentanan airtanah bebas, mengetahui parameter yang dominan dalam mempengaruhi kerentanan serta mengevaluasi hasil pemodelan terhadap kadar fosfat yang ada pada sumur uji.

Secara geografis daerah penelitian terletak pada 420573 mT 9114468 mU dan 427342 mT 9112434 mU. Dasar pemilihan wilayah kajian adalah dari aspek fisiografisnya, dimana wilayah tersebut terdiri atas bentuklahan gumuk pasir (*sand dune*) dan beting gisik (*beach ridge*). Secara keseluruhan, luas daerah kajian adalah 270,4 ha terbentang dari Pantai Parangtritis hingga Pantai Depok dengan garis pantai sepanjang 7,1 km. Secara administratif merupakan sebagian wilayah dari Desa Parangtritis, secara spesifik, wilayah ini masuk kedalam Dusun Depok, Dusun Grogol 9, Dusun Grogol 10 dan Dusun Mancingan (Gambar 2).



Gambar 2 Peta Daerah Penelitian Kerentanan Airtanah

## METODE PENELITIAN

### Model Kerentanan Airtanah Bebas

Kelas kerentanan dengan metode DRASTIC akan dibagi menjadi lima kelas, yaitu : kerentanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Sistem pembobotan yang akan digunakan untuk perhitungan metode DRASTIC dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1 Bobot Parameter Kerentanan Airtanah Bebas Terhadap Pencemaran

No	Parameter	Bobot	
1	D	Kedalaman muka airtanah	5
2	R	Curah ujan	4
3	A	Media akuifer	3
4	S	Tekstur tanah	2
5	T	Lereng	1
6	I	Pengaruh zona tak jenuh	5
7	C	Konduktivitas hidrolik	3

Sumber : Aller, et al. (1987 dalam Ahmed, 2007)

$$\text{DRASTIC index} = DwDr + RWRr + AwAr + SwSr + TwTr + IwIr + CwCr$$

Ket : w, Bobot parameter  
r, Nilai parameter

HAI (*Human Activity Impact*) adalah pengembangan dari metode DRASTIC, dimana dalam HAI dipertimbangkan pula mengenai aspek penggunaan lahan sebagai akibat dari aktivitas manusia. Aktivitas industri, lalu lintas, tangki septik (*septic tank*), sistem drainase (selokan) dan penggunaan pupuk yang digunakan pada aktivitas pertanian merupakan potensi bahaya (*hazard*) yang dapat berpengaruh kepada kualitas airtanah dan meningkatkan potensi pencemaran. (Zwahlen, 2004 dalam Al-Hanbali dan Kondoh, 2008).

$$\text{HAI} = \text{DRASTIC indeks} + \text{LUC}_w \cdot \text{LUC}_r$$

Ket : HAI : *Human Activity Impact*  
LUC<sub>w</sub> : bobot penggunaan lahan/tutupan lahan  
LUC<sub>r</sub> : skor penggunaan lahan/tutupan lahan

**Tabel 2** Nilai Parameter Kedalaman Muka Airtanah

No	Interval Kedalaman (m)	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

Sumber : Aller, et al (1987 dalam Rosen, 1994)

**Tabel 3** Nilai Parameter Curah Hujan

No	Curah hujan (mm/tahun)	Nilai
1	0 – 1500	1,8
2	1500 – 2000	3
3	2000 – 2500	6
4	2500 – 3000	8
5	3000 <	10

Sumber : Aller, et al (1987 dalam Rosen, 1994)

**Tabel 4** Nilai Parameter Media Akuifer

No	Media akuifer	Nilai
1	Shale massif	2
2	Batuan metamorf/beku	3
3	Batuan metamorf/breksi lapuk	4
4	Batupasir, shale dan batugamping	6
5	Batupasir massif	6
6	Batugamping massif	6
7	Pasir dan kerikil	8
8	Basalt	9
9	Batugamping karst	10

Sumber : Aller, et al (1987 dalam Rosen, 1994)

**Tabel 5** Nilai Parameter Tekstur Tanah

No	Ukuran butir	Nilai
1	Kerikil	10
2	Pasir	9
3	Shrinking dan atau agregat lempung	8
4	Geluh pasir (sandy loam)	7
5	Geluh (loam)	6
6	Geluh lanauan (silty loam)	5
7	Geluh berlempung (clay loam)	4
8	Non Shrinking dan non agregat lempung	3

Sumber : Aller, et al (1987 dalam Rosen, 1994)

**Tabel 6** Nilai Parameter Topografi

No	Lereng (%)	Nilai
1	0 - 2	10
2	2 – 6	9
3	6 – 12	5
4	12 – 18	3
5	18 <	1

Sumber : Aller, et al (1987 dalam Rosen, 1994)

**Tabel 7** Nilai Parameter Zona Tak Jenuh

No	Media Zona Tak Jenuh	Nilai
1	Lanau / lempung	1
2	Shale	3
3	Batugamping	6
4	Batupasir	6
5	Bedded limestone, batupasir, shale	6
6	Shale dan kerikil dengan lanau dan lempung cukup	6
7	Pasir dan kerikil	7
8	Batuan metamorf	8
9	Basal	9
10	Batugamping karst	10

Sumber : Aller, et al (1987 dalam Rosen, 1994)

**Tabel 8** Nilai Parameter Konduktivitas Hidrolik

No	Konduktivitas Hidrolik (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

Sumber : Aller, et al (1987 dalam Rosen, 1994)

**Tabel 9** Deskripsi dan Nilai Parameter Penggunaan / Penutup Lahan

Penggunaan lahan	Penjelasan	Nilai
Permukiman	Lahan terbangun, contoh : aspal, beton, kompleks perdagangan dan industri, DAM, tanggul, hunian (termasuk hunian tunggal atau kelompok hunian), fasilitas transportasi, contoh : jalan utama dan jalan lokal.	8

Pertanian	Areal pertanian (lahan irigasi dan non irigasi)	8
Tutupan vegetasi alami	Lahan penggembalaan/padang rumput dan bentuk tutupan vegetasi lain (kurang dari 20%)	2
Tubuh air	Semua bentuk tubuh air, termasuk sungai dan danau	3
Kolam penguapan	Kolam penguapan yang digunakan untuk keperluan industri	7
Lahan kosong	Lahan terkonsolidasi, contoh : lahan berbatu, gravel, bolder. Lahan tidak terkonsolidasi, contoh : lahan tanah terbuka.	1
Areal peternakan	Areal peternakan (ternak besar, sedang, maupun unggas) yang memiliki klaster secara tegas maupun permukiman yang terdapat sejumlah kandang ternak.	8

Sumber : Al-Hanbali dan Kondoh, 2008 dan Widyastuti, 2003 dengan modifikasi

### Pemilihan Lokasi Sampling Airtanah

Pemilihan lokasi sampel didasarkan pada sisten *porpositive sampling* dan *systematic sampling*. Sistem *systematic sampling* dilakukan untuk memilih lokasi sumur yang akan digunakan untuk memetakan kedalaman muka airtanah, tinggi muka airtanah dan DHL. Teknis penentuan lokasi adalah berdasarkan grid-grid peta dengan ukuran 50x50m sehingga data akan cukup representatif untuk dilakukan interpolasi. Sementara itu sistem *porpositive sampling* dilakukan untuk memilih lokasi pengambilan sampel airtanah, dimana aspek yang dipertimbangkan adalah penutup/penggunaan lahan.

### Analisis Kerentanan Airtanah

Pengujian model kerentanan airtanah dilakukan melalui tiga metode, yaitu :

1. Analisis deskriptif, menjelaskan mengenai kondisi masing-masing parameter yang digunakan dalam metode DRASTIC dan HAI, serta menjelaskan hasil pemodelan kerentanan airtanah.
2. regresi berganda, untuk menentukan parameter yang paling dominan dalam mempengaruhi kadar fosfat.
3. Korelasi Kendall's tau-b dan Spearman untuk mengetahui signifikansi dan hubungan indeks kerentanan airtanah terhadap kadar fosfat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kedalaman Muka Airtanah (D)

Berdasarkan pengukuran lapangan, diperoleh hasil bahwa kedalaman muka airtanah mayoritas ada pada kelas interval 3-9 m dengan luas 239,9 ha (53,3%), kemudian kelas interval 1,5-3 m dengan luas 192,6 ha (42,8%), kelas interval 0-1,5 m dengan luas 17,8 ha (3,9%). Secara umum, kondisi kedalaman airtanah di daerah penelitian termasuk relatif dangkal dengan menempati kelas nilai kerentanan 7-10. Airtanah yang dangkal memungkinkan masuknya polutan kedalam sistem akuifer terjadi dengan mudah dan cepat, sehingga kawasan dengan kondisi fisik semacam ini relatif memiliki kerentanan yang tinggi.

### Imbuhan Airtanah (R)

Imbuhan airtanah (recharge) berasal dari data curah hujan yang ada di stasiun Hujan Pundong, dengan panjang data 30 tahun (1980-2009). Asumsi yang dikembangkan adalah jumlah curah hujan akan sama dengan nilai imbuhan airtanah. Kondisi tersebut dilakukan mengingat sistem akuifer airtanah yang berkembang di kawasan pesisir Parangtritis yang bersifat lokal, artinya adalah proses imbuhan (recharge) terjadi pada lokasi yang sama. Oleh adanya keterbatasan jumlah stasiun hujan, maka nilai hujan wilayah bersifat homogen atau diasumsikan sama di seluruh daerah penelitian. Nilai hujan wilayah terhitung 1797 mm/th, nilai hujan tersebut masuk kedalam kelas dengan nilai 4 (nilai min-maks : 1-10) dan dengan bobot 4. Nilai 4 menunjukkan bahwa dari segi imbuhan airtanah, daerah penelitian relatif memiliki potensi rendah untuk tercemar.

### Media Akuifer (A) dan Zona Tak Jenuh (I)

Kondisi material bawah permukaan di daerah penelitian relatif homogen, yaitu material lepas tekstur pasir di bagian atas, kemudian pasir halus dan lanau/lempung di bagian bawahnya. Didalam klasifikasi DRASTIC parameter media akuifer (A) termasuk kedalam kategori yang memiliki nilai 6 dengan bobot 3 dan pengaruh zona tak jenuh (I) dengan nilai 6 (nilai min-maks : 2-10) dengan bobot 5. Nilai 6 (nilai min-maks : 1-10) pada media akuifer dan material zona tak jenuh

mengindikasikan tingkat kerentanan sedang pada metode DRASTIC.

#### Tekstur Tanah (S)

Kondisi tekstur tanah di daerah penelitian terdiri atas non agregat lempung dengan luas 65,6 ha (14,6%), Geluh dengan luas 286,9 ha (63,7%) dan pasir dengan luas 97,7 ha (21,7%). Berdasarkan klasifikasi tektur tanah dalam metode DRASTIC (nilai min-maks 3-10), non agregat lempung memiliki nilai 3, geluh 6 dan pasir 9 dengan bobot parameter tekstur tanah adalah 2. Berdasarkan kondisi tekstur, daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan airtanah tingkat sedang-tinggi, kondisi tersebut disebabkan oleh adanya dominasi material yang memiliki permeabilitas tinggi, sehingga potensi zat pencemar untuk dapat masuk kedalam tubuh airtanah relatif tinggi.

#### Kemiringan Lereng (T)

Hasil pengolahan data menunjukkan 5 kelas kelerengan di daerah penelitian. Adapun kelas lereng tersebut adalah : 0-2% dengan luas 262,6 ha (58,3%), 2-6% dengan luas 119,6 ha (26,6%), 6-12% dengan luas 42,8 ha (9,5%), 12-18% dengan luas 16,1 ha (3,6%) dan 18% < dengan luas 9,2 ha (2%). Kondisi lereng dengan tingkat kemiringan lebih besar berada di sekitar pantai Parangtritis dan Parang Kusumo, kemudian secara berangsur-angsur semakin datar menuju ke Pantai Depok. Eksistensi lereng yang miring berasosiasi dengan gumuk pasir, yang secara visual memang nampak memiliki topografi bergelombang. Secara umum, dominasi lereng ada pada kelas 0-2% dengan demikian maka tingkat kerentanan airtanah dari parameter kemiringan lereng dapat dikatakan relatif tinggi. Namun demikian, parameter lereng dalam metode DRASTIC hanya memiliki bobot yang paling rendah yaitu 1, sehingga peran lereng dalam mempengaruhi nilai indeks DRASTIC tergolong kecil.

#### Konduktivitas Hidrolik

Satuan geologi yang terdapat dalam daerah penelitian adalah Qmi nilai konduktivitas hidrolik 3,32 m/hari dengan nilai 4, Tmn nilai konduktivitas hidrolik 0,81m/hari dengan nilai 1 dan Qa nilai konduktivitas hidrolik 7,79 m/hari (rata-rata 3 sumur uji, yaitu sumur 6, 7 dan 9) dengan nilai 6. Dominasi satuan geologi adalah Qa dengan

nilai konduktivitas hidrolik 6 yang berarti bahwa tingkat kerentanan airtanah tergolong sedang-tinggi untuk parameter konduktivitas hidrolik. Satuan geologi Qa terdiri dari terdiri dari kerakal, pasir, lanau dan lempung, dengan kondisi tersebut, wajar jika nilai konduktivitas hidroliknya relatif tinggi.

Terdapat 5 jenis penggunaan lahan yang teridentifikasi di daerah penelitian. Adapun penggunaan lahan tersebut adalah : lahan kosong dengan luas 169,4 ha (37,6%), permukiman dengan luas 61,3 ha (13,6%), pertanian dengan luas 36,3 ha (8,1%), peternakan dengan luas 3,3 ha (0,7%) dan vegetasi alami dengan luas 179,8 ha (39,9%). Nilai pada masing-masing penggunaan lahan adalah 1 untuk Lahan kosong, 2 untuk vegetasi alami dan 8 untuk permukiman, pertanian dan peternakan. Dominasi penggunaan lahan adalah lahan kosong dengan nilai 1, dengan demikian maka potensi kerentanan airtanah kemungkinan rendah. Namun demikian, terdapat penggunaan lahan dengan nilai 8 yang menempati 22,2% (permukiman, pertanian dan peternakan) dari luas daerah penelitian dapat berpotensi besar sebagai sumber pencemar. Penggunaan lahan dengan nilai 8 tersebut memiliki distribusi mengelompok pada kawasan sekitar Pantai Parangtritis, Pantai Parang Kusumo dan Pantai Depok. Kawasan tersebut merupakan pusat kegiatan pariwisata di pesisir selatan DIY, sehingga cukup rasional jika terdapat bentukan asal proses antropogenik yang dominan.

#### Kerentanan Airtanah Bebas

Kerentanan statis airtanah didominasi oleh kelas kerentanan tinggi, dengan indeks (DRASTIC) 143,5-154,9 (Gambar 3). Kelas kerentanan tersebut menempati areal seluas 245,1 ha atau sekitar 54,42% dari luas total daerah penelitian. Berdasarkan hasil pemodelan tersebut maka jelas bahwa kondisi kelas kerentanan memang tergolong tinggi dan hal ini sesuai dengan teori bahwa pada areal pesisir (gumuk pasir dan beting gisik) memang rentan terjadi pencemaran airtanah. Distribusi kerentanan tinggi ada pada areal yang dekat dengan garis pantai, menuju ke arah dalam hingga areal beting gisik. Sementara itu, kelas kerentanan sangat tinggi menempati peringkat dibawahnya, dengan luas 110,0 ha atau sekitar 24,44%. Distribusi kerentanan sangat tinggi ada pada areal sekitar Pantai Depok dan areal

sebelah barat Pantai Parangkusumo (Gambar 7). Hasil kelas kerentanan airtanah statis dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10** Kelas Kerentanan Statis Airtanah Bebas Terhadap Beban Pencemaran

No	Kelas Kerentanan	Kategori	Luas (ha)	%
1	109,0-120,4	Sangat Rendah	10,0	2,23
2	120,5-131,9	Rendah	23,6	5,24
3	132,0-143,4	Sedang	61,6	13,67
4	143,5-154,9	Tinggi	245,1	54,42
5	155,0-166,4	Sangat Tinggi	110,0	24,44

Sumber : Pengolahan Data (2013)

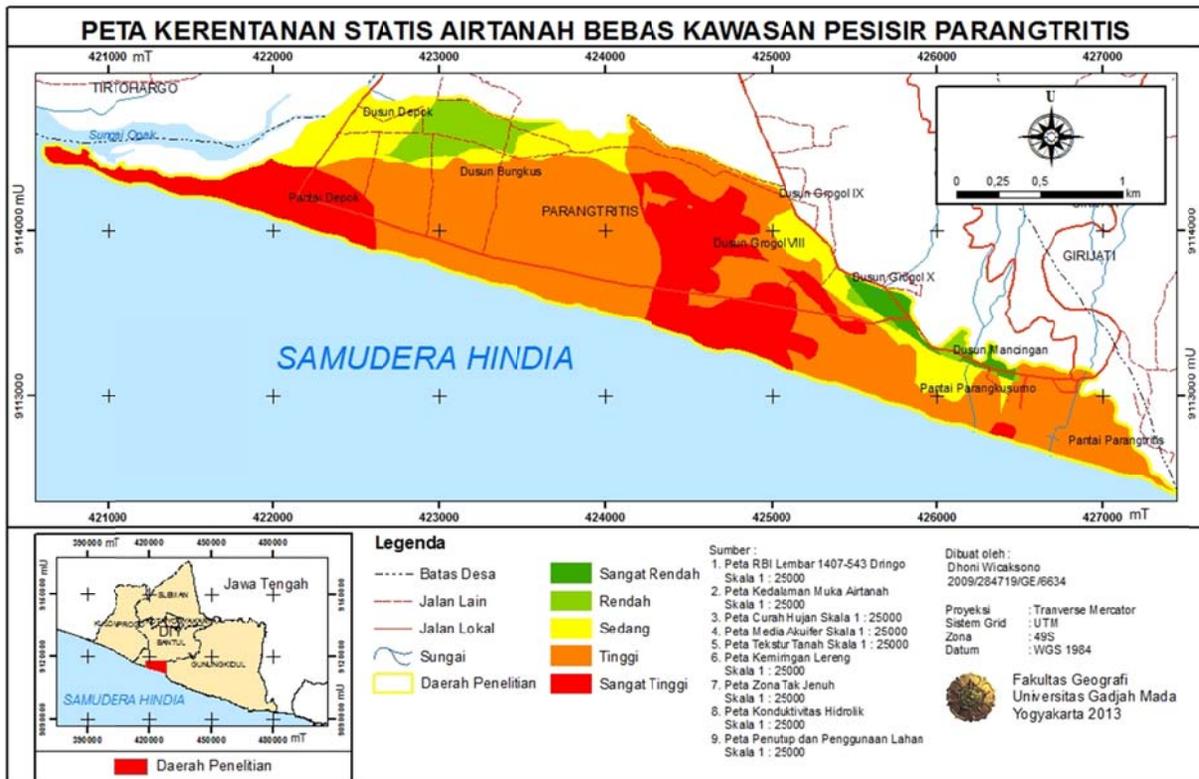
Kerentanan dinamis airtanah didominasi oleh kelas kerentanan sedang, dengan indeks (HAI) 151,0-169,4 (Gambar 4). Luas areal kerentanan mencapai 238,8 ha atau sekitar 53,03% dari total luas daerah penelitian. Pengaruh parameter penggunaan lahan dalam penentuan model kerentanan airtanah cukup tinggi, dengan bobot 5 (HAI), parameter ini

mampu menggeser tren dominasi kerentanan kedalam kelas kerentanan satu tingkat dibawahnya (tinggi ke sedang). Distribusi kelas kerentanan sedang berada pada areal yang dekat dengan garis pantai, hingga pada bagian tengah dari daerah penelitian. Kelas kerentanan tinggi (12,42%) dan sangat tinggi (13,28%) terpola secara mengelompok pada areal yang dekat dengan pusat pariwisata pantai, yaitu di Pantai Depok, Parangkusumo dan Parangtritis (Gambar 8). Hasil kelas kerentanan airtanah dinamis dapat dilihat pada Tabel 11.

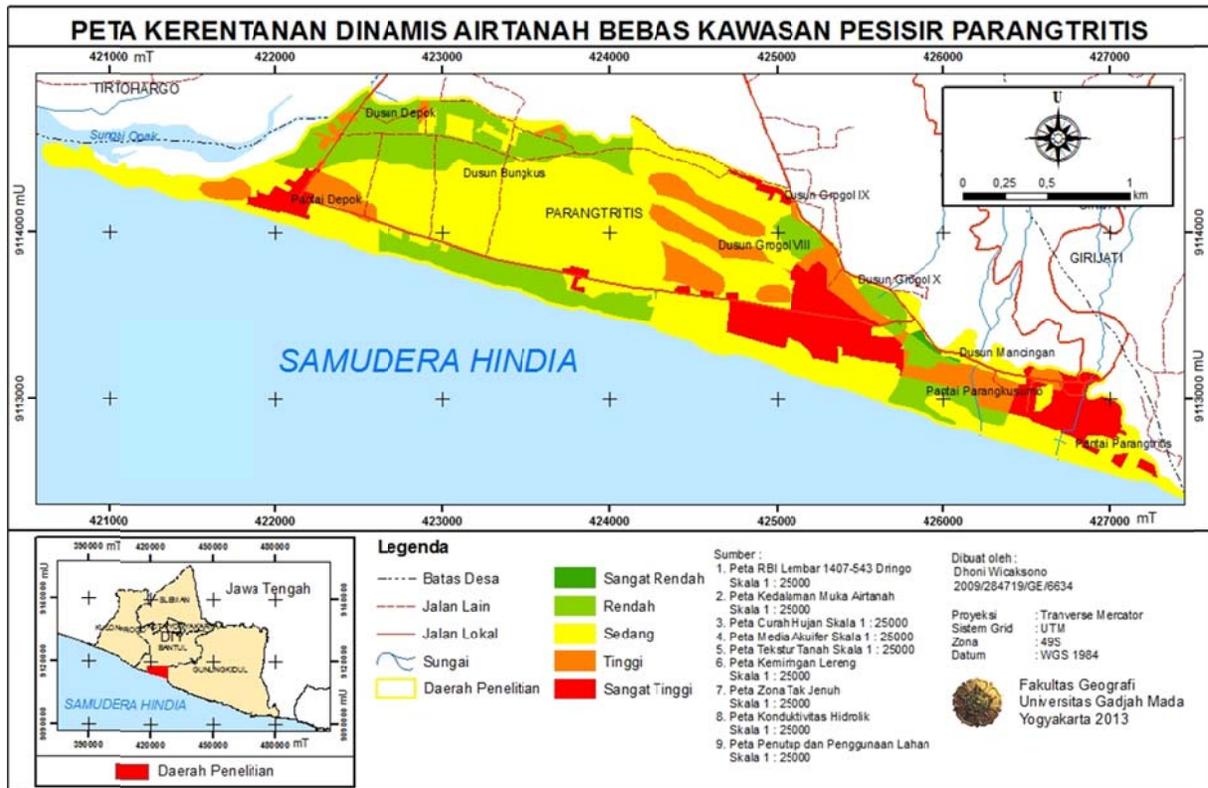
**Tabel 11** Kelas Kerentanan Dinamis Airtanah Bebas Terhadap Beban Pencemaran

No	Kelas Kerentanan	Kategori	Luas (ha)	%
1	114,0-132,4	Sangat Rendah	1,0	0,23
2	132,5-150,9	Rendah	94,8	21,05
3	151,0-169,4	Sedang	238,8	53,03
4	169,5-187,9	Tinggi	55,9	12,42
5	188,0-206,4	Sangat Tinggi	59,8	13,28

Sumber : Pengolahan Data (2013)



**Gambar 3** Kerentanan Statis Airtanah Bebas



**Gambar 4** Kerentanan Dinamis Airtanah Bebas

### Analisis Regresi Ganda

Parameter kedalaman muka airtanah dan penggunaan lahan sama-sama signifikan dalam uji regresi ganda. Namun demikian berdasarkan nilai signifikansinya, parameter kedalaman muka airtanah adalah 0,003 sedangkan penggunaan lahan 0,013, dengan demikian maka parameter kedalaman muka airtanah adalah parameter yang paling berpengaruh dalam kenaikan kadar fosfat.

**Tabel 12** Koefisien Determinasi Uji Regresi Berganda  
**Model Summary<sup>c</sup>**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.504 <sup>a</sup>	.254	.230	.65329
2	.630 <sup>b</sup>	.396	.356	.59737

a. Predictors: (Constant), Skor\_KMA

b. Predictors: (Constant), Skor\_KMA, skor\_PL

c. Dependent Variable: PO4

Berdasarkan Tabel 12 dapat diketahui nilai *R Square* ( $R^2$ ) dari parameter kedalaman muka airtanah adalah 25,4%, sedangkan gabungan kedalaman muka airtanah dan penggunaan lahan adalah 39,6%. Angka tersebut menunjukkan bahwa kedalaman muka

airtanah berpengaruh 25,4% terhadap kenaikan kadar fosfat, sedangkan 74,6% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diketahui

### Analisis Korelasi

Metode Kendall's tau-b menunjukkan nilai signifikansi kadar fosfat terhadap indeks DRASTIC adalah 0,008 (dibawah 0,005) dengan nilai koefisien korelasi 0,340 yang berarti masuk kedalam klasifikasi hubungan tingkat lemah. Sementara itu untuk nilai signifikansi kadar fosfat terhadap indeks HAI adalah 0,001 (dibawah 0,05) dengan nilai koefisien korelasi 0,425 yang berarti memiliki hubungan tingkat sedang.

Metode Spearman menunjukkan nilai signifikansi kadar fosfat terhadap indeks DRASTIC adalah 0,009 (dibawah 0,005) dengan nilai koefisien korelasi 0,445 yang berarti masuk kedalam klasifikasi hubungan tingkat sedang. Sementara itu untuk nilai signifikansi kadar fosfat terhadap indeks HAI adalah 0,001 (dibawah 0,05) dengan nilai koefisien korelasi 0,535 yang berarti memiliki hubungan tingkat sedang.

Hasil yang ditunjukkan dalam metode Kendall's tau-b dan Spearman tidak jauh berbeda, dimana kedua metode baik DRASTIC

maupun HAI sama-sama signifikan terhadap kadar fosfat sebagai parameter uji. Namun demikian terdapat perbedaan, dimana pada metode Spearman menyatakan bahwa koefisien korelasi antara kadar fosfat dengan indeks DRASTIC masuk kedalam klasifikasi hubungan tingkat sedang (0,445), sementara itu dalam metode Kendall's tau-b menyatakan

masuk kedalam hubungan tingkat lemah (0,340). Melalui kedua metode korelasi, diketahui bahwa nilai koefisien korelasi pada indeks HAI selalu lebih besar dibandingkan indeks DRASTIC, hal ini membuktikan bahwa metode HAI lebih sensitif dibandingkan metode DRASTIC. Uji statistika korelasi dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 13** Hasil Korelasi Indeks Kerentanan Terhadap Kadar Fosfat (PO<sub>4</sub>)  
(Korelasi-Kendall's tau-b dan Spearman)

			Correlations		
			DRASTIC	HAI	kadar_PO4
Kendall's tau_b	DRASTIC	Correlation Coefficient	1.000	.642**	.340**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.008
		N	33	33	33
	HAI	Correlation Coefficient	.642**	1.000	.425**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.001
		N	33	33	33
	kadar_PO4	Correlation Coefficient	.340**	.425**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.008	.001	.
		N	33	33	33
Spearman's rho	DRASTIC	Correlation Coefficient	1.000	.700**	.445**
		Sig. (2-tailed)	.	.000	.009
		N	33	33	33
	HAI	Correlation Coefficient	.700**	1.000	.535**
		Sig. (2-tailed)	.000	.	.001
		N	33	33	33
	kadar_PO4	Correlation Coefficient	.445**	.535**	1.000
		Sig. (2-tailed)	.009	.001	.
		N	33	33	33

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Hasil pemodelan kerentanan airtanah dengan metode HAI terdiri dari 0,23% sangat rendah, 21,05% rendah, 53,03% sedang, 12,42% tinggi dan 13,28% sangat tinggi.
2. Parameter yang paling dominan dalam mempengaruhi kadar fosfat adalah kedalaman muka airtanah, dengan nilai signifikansi 0,003.
3. Analisis korelasi menunjukkan hasil bahwa indeks kerentanan DRASTIC dan HAI signifikan terhadap kadar fosfat, serta

memiliki hubungan tingkat lemah dan sedang (0,340 dan 0,425) dengan metode Kendall's tau-b, sementara itu untuk uji dengan metode Spearman menunjukkan hubungan tingkat sedang-sedang (0,445 dan 0,535). Berdasarkan nilai koefisien korelasinya, model HAI lebih sensitif daripada model DRASTIC dalam memprediksi kerentanan airtanah terhadap pencemaran.

### Saran

1. Dalam menentukan nilai imbuhan airtanah, perlu didahului dengan studi mengenai karakteristik sistem akuifer, apakah proses imbuhan (*recharge*) bersifat langsung atau

melalui proses yang lebih kompleks.

2. Dalam melakukan uji statistika, diperlukan jumlah sampel yang lebih banyak dari 30 (standar jumlah N-sampel untuk uji statistika) untuk mengantisipasi adanya data yang bias atau data ekstrim yang nantinya dapat berpengaruh pada hasil uji statistika.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hanbali, A dan Kondoh, A. 2008. Groundwater Vulnerability Assessment and Evaluation of Human Activity Impac (HAI) Wwithin The Dead Sea Groundwater Basin, Jordan. *Hydrogeology Journal*, 16 : 499-510.
- Asdak, C . 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bemmelen, R.W. van, 1970. *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent archipelagoes*. The Haque : Government Printing Office.
- Goldscheiner, N. 2005. Karst Groundwater Vulnerability Mapping : Application of a New Methods in The Swabian Alb, Germany. *Hydrogeology Journal*. 13 : 555-565.
- Mc Donald and Partners, 1984. *Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study*. London : Overseas Development Administration.
- Rosen, L. 1994. A Study of The DRASTIC : methodology with emphanis on Swedish condition. *Groundwater Journal* Vol. 32 no.2
- Santosa, L.W dan Adji, T.N. 2006. Survey Geolistrik Untuk Penentuan Lokasi Sumur Produksi di Kelurahan Bener Kecamatan Tegalorejo Yogyakarta. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Todd, D.K., 1980. *Groundwater Hydrology*. New York : John Wiley and Sons.