

**ZONASI POTENSI PENCEMARAN AIR TANAH PADA TERAS
SUNGAI CODE YOGYAKARTA**
*(Zoning the Potential Groundwater Pollution at Code
River Terrace, Yogyakarta)*

Frista Yorhanita
Program Studi Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di sebagian teras Sungai Code Yogyakarta, dan memiliki tiga tujuan. Pertama, untuk mengetahui daerah dalam wilayah teras Sungai Code yang berpotensi terhadap terjadinya pencemaran air tanah. Kedua, untuk mengetahui faktor fisik alami (material penyusun akuifer, kedalaman muka air tanah, dan jarak aliran air tanah) dan faktor fisik non-alami atau faktor sanitasi lingkungan (kepadatan penduduk, kepadatan permukiman, jarak horizontal antara sumber pencemar dan sumur pengambilan sampel, serta jumlah pemakai air) yang paling berpengaruh terhadap terjadinya pencemaran di daerah penelitian. Ketiga untuk mengestimasi kerugian ekonomi yang timbul akibat adanya pencemaran air tanah tersebut.

Penentuan daerah-daerah yang berpotensi terhadap terjadinya pencemaran dilakukan melalui Sistem Informasi Geografis dengan cara menumpang-susun peta material penyusun akuifer, peta kedalaman muka air tanah, peta kemiringan muka air tanah, dan peta tekstur tanah. Hasil tumpang susun berupa peta potensi pencemaran air tanah. Untuk mengetahui pencemaran aktual yang telah terjadi, dilakukan uji sampel airtanah. Parameter yang diuji adalah suhu, daya hantar listrik, kekeruhan, nitrat, nitrit, zat besi, natrium, kesadahan, klorida, pH, dan bakteri koli. Jumlah sampel yang diambil sebanyak 30 buah dengan metode *stratified random sampling*, yaitu berdasar pada kepadatan permukiman dan penduduk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah yang berpotensi terhadap pencemaran air tanah adalah daerah-daerah yang padat permukiman dan penduduknya, serta tampak pada peta potensi pencemaran air tanah dan peta pencemaran air tanah aktual. Analisis statistik menunjukkan bahwa faktor fisik alami yang paling berpengaruh terhadap pencemaran air tanah adalah jarak aliran air tanah yang ditunjukkan dengan adanya korelasi signifikan antara faktor jarak dan kadar klorida serta nitrit. Faktor sanitasi lingkungan yang paling berpengaruh adalah kepadatan penduduk dan jumlah pemakai air yang ditunjukkan dengan korelasi signifikan antara kedua faktor tersebut dengan kadar klorida, nitrat, kekeruhan, dan pH. Perhitungan kerugian ekonomi dengan pendekatan biaya substitusi PDAM menunjukkan bahwa daerah yang paling banyak menderita kerugian adalah Kelurahan Kotabaru (18.125/bulan/rumah tangga). Daerah yang paling banyak menderita kerugian ekonomi dihitung dari pendekatan biaya kesehatan adalah Kelurahan Gowongan (Rp.849.000/tahun).

Kata kunci: pencemaran airtanah potensial dan aktual, kualitas airtanah, teras sungai, sanitasi lingkungan.

Abstract

The study area of this research was parts of The Code River Terraces, Yogyakarta. The aims of this research were as follows: (1) to determine the part of the Code River Terrace which has potential groundwater pollution; (2) to assess the natural physical factors (aquifer materials, depth of groundwater table, and the groundwater flow distance) and the non-natural physical factors or environmental sanitation (houses density, population density, horizontal distance between pollution source and well, and the number of water consumers) that influence groundwater pollution; and (3) to estimate the total amount of economical loss that caused by groundwater pollution.

The determination of groundwater pollution potential area was done by overlaying aquifer material map, groundwater table depth map, groundwater table gradient map, and soil texture map. The result of the overlay was the potential groundwater pollution map. In order to find out the actual groundwater pollution, a quality test of the groundwater samples was conducted. The parameters of the water quality tested were temperature, electric conductivity, turbidity, CaCO_3 , NO_2 , NO_3 , Fe, Na, Cl, pH, and coli bacteria. The result of the NO_3 test was drawn in an actual groundwater pollution map. The actual groundwater map and the potential groundwater map were compared to know the difference between them.

The result of this research showed that the area which had the potential groundwater pollution were those density populated and high houses density. Statistical analysis showed that a non-natural physical factors which has the most significant influence on the groundwater pollution was the groundwater flow distance. Population density and the number of water consumers significantly influence the groundwater pollution. The estimation of economical loss by PDAM substitution costs indicated that area which suffered the most financial loss was Kotabaru region (Rp. 18,125.00/month/house). The estimation of the economical loss by health substitution costs showed that area suffered the most was Gowongan region (Rp.849,000.00/year).

Key words: potential and actual groundwater pollution, water quality, river terraces, environmental sanitation.

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang Permasalahan

Masalah pencemaran air tanah sangat tergantung pada faktor fisik alami dan kondisi fisik non-alami. Kondisi fisik alami yang dimaksud di sini adalah kondisi yang secara alami dimiliki oleh daerah tersebut. Kondisi fisik non-alami adalah kondisi lingkungan yang tidak terjadi secara alami, tetapi dicipta oleh manusia, contohnya adalah sistem sanitasi lingkungan. Kondisi fisik alami daerah penelitian adalah material pasir dengan tinggi yang menyebabkan daerah tersebut merupakan daerah yang air tanahnya rentan terhadap pencemaran. Sistem sanitasi berkait erat dengan pengelolaan limbah cair. Di Yogyakarta terdapat dua sistem pembuangan limbah, yaitu

secara individual (dengan membuat jamban keluarga lengkap dengan tangki septik dan resapan) dan secara kolektif (dengan membuat saluran air kotor yang merupakan saluran penampung limbah domestik bersama-sama). Sebagian besar penduduk Kotamadya Yogyakarta telah menggunakan jamban dan sumur keluarga. Namun, jumlah rumah yang menyambungkan saluran limbah dengan saluran air kotor relatif masih sedikit (11,38%). Hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan air tanah terkontaminasi oleh limbah domestik masih cukup besar (Sudarmadji, 1991).

Berdasarkan studi tentang bantaran Sungai Code dan Winongo yang dilakukan oleh Departemen Pekerjaan Umum (Anonim, 1996), sebagian besar wilayah teras Sungai Code merupakan daerah yang memiliki kepadatan

penduduk dan permukiman cukup tinggi (> 60 %). Menurut studi tersebut, masih banyak permukiman yang membuang limbahnya langsung ke dalam tanah tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal tersebut membuat air tanahnya rentan terhadap pencemaran. Hasil penelitian Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta (Anonim, 1996 b) menunjukkan kualitas air tanah bebas Kotamadya Yogyakarta, terutama di daerah padat permukiman seperti Kecamatan Gondokusuman, Kecamatan Kraton, Kecamatan Mergangsan, Kecamatan Danurejan, dan Kecamatan Umbulharjo sudah mulai tercemari oleh limbah rumah tangga. Hal ini terlihat dari parameter NO_3 , deterjen, dan bakteri coli. Hasil pemeriksaan sampel air bersih yang diambil dari 240 sumur galian penduduk oleh Dinas Kesehatan Kotamadya Yogyakarta (Anonim, 2000) menunjukkan bahwa kualitas air bersih di hampir seluruh kecamatan Kotamadya Yogyakarta tidak baik (192 sampel atau 80 %), kurang baik (13 sampel atau 5 %), dan hanya 35 sampel atau 15 % sampel air bersih yang memiliki kualitas baik. Hasil pemeriksaan kualitas sampel air bersih secara bakteriologis juga menunjukkan persentase yang sama. Berdasarkan uraian di atas, timbul beberapa permasalahan yang menarik untuk diteliti, yaitu:

- a. Wilayah-wilayah mana saja pada teras sungai Code Yogyakarta yang air tanahnya berpotensi melakukan pencemaran ?
- b. Faktor fisik alami dan faktor sanitasi lingkungan apa yang paling berpengaruh terhadap pencemaran tersebut ?
- c. Berapa besarnya kerugian (rupiah) yang ditimbulkan akibat adanya pencemaran air tanah tersebut ?

B. Tujuan

Untuk menjawab permasalahan di atas, perlu dirumuskan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Pada dasarnya, penelitian ini bertujuan untuk

- a. membuat zonasi berdasarkan potensi pencemaran air tanah bebas di teras Sungai Code;

- b. meneliti faktor fisik alami dan sanitasi lingkungan yang paling berpengaruh terhadap pencemaran air tanah bebas di teras Sungai Code; dan
- c. menghitung kerugian (rupiah) yang ditimbulkan akibat tercemarnya air tanah bebas di teras Sungai Code.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Secara alami kualitas air tanah dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu iklim, geologi, dan proses biokimia yang terjadi. Dalam hal kualitas air tanah, aliran air tanah sangat dipertimbangkan untuk menentukan kemampuan air dalam melarutkan polutan (Chapman, 1996). Keberadaan pencemar yang masuk ke dalam air tanah akan berkurang seiring dengan waktu dan jarak yang telah ditempuh oleh pencemar tersebut. Secara hipotetik, pencemar yang masuk ke dalam air tanah akan membentuk *plume*. Bentuk dan ukuran *plume* tergantung pada struktur geologi, aliran air tanah, tipe dan konsentrasi dari pencemar, kesinambungan pembuangan limbah, dan modifikasi yang dilakukan manusia terhadap sistem air tanahnya (Todd, 1980).

Untuk mengevaluasi potensi pencemaran air tanah, LeGrand (dalam Todd 1980) mengembangkan sebuah metode empirik yang mempertimbangkan faktor-faktor fisik yang dianggap mempengaruhi pencemaran air tanah, yaitu kedalaman muka air tanah, daya serap di atas permukaan air, permeabilitas akuifer, gradien kemiringan muka air tanah, dan jarak horizontal. Selain dari faktor fisik, pencemaran air tanah dapat juga berasal dari limbah domestik, industri, dan pertanian (Todd, 1980). Untuk mengetahui pencemaran air tanah aktual dapat digunakan parameter nitrat (Novotny & Chester, 1981, dalam Sihotang 1995). Nitrat dan nitrogen merupakan kontaminan yang umum terdapat dalam airtanah.

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk membuat model yang

berhubungan dengan masalah air dan lingkungan (Bagaoglu *et al.*, 1987). Sihotang (1995) dan Anna (1995), pernah mengadakan penelitian untuk menentukan mintakat rentan pencemaran air tanah dengan menggunakan SIG.

Pencemaran air tanah dapat menimbulkan masalah ekonomi. Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung kerugian ekonomi akibat pencemaran air tanah adalah Metode Proksi (Substitusi). Prinsip-prinsip yang mendasari metode ini ialah bahwa kita dapat menemukan nilai lingkungan alam dengan mencari nilai substitusi yang dekat (Djajadiningrat, 1997). Apabila air tanah telah tercemari berat dan tidak dapat digunakan lagi untuk memenuhi kebutuhan akan air, terutama air minum, maka perlu diteliti apakah ada alternatif sumber air yang dapat dipilih untuk menggantikannya (Dumairy, 1992). Salah satu sumber air yang dapat digunakan untuk mengganti air tanah adalah air Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM, Indrajato, 1995).

III. METODE PENELITIAN

A. Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi pengumpulan pustaka, penelaahan penelitian sebelumnya, orientasi awal lapangan, dan pengumpulan data sekunder.

B. Tahap Pengumpulan Data

Data di lapangan yang dikumpulkan meliputi data kedalaman muka air tanah, jarak sumber pencemar dengan lokasi pengambilan sampel air tanah, dan kualitas air tanah. Data kualitas air tanah dilakukan dengan mengambil sampel air tanah. Untuk pengambilan data dari lapangan dipilih titik-titik sampel yang mewakili kondisi lapangan. Titik sampel tersebut dibedakan menjadi titik sampel pada teras atas, teras tengah, dan teras bawah sesuai dengan jumlah teras yang ada di daerah penelitian. Pemilihan sampel sumur yang akan diambil berdasarkan metode *Stratified Random Sam-*

pling. Metode *Stratified Random Sampling* dipilih karena daerah penelitian dibedakan berdasarkan kepadatan permukiman dan penduduk. Pada setiap kelas kepadatan, diambil sampel secara acak.

Selain memperhatikan kepadatan permukiman dan penduduk, pemilihan sumur juga memperhatikan daya hantar listrik. Sebelum sampel airnya diambil, dilakukan pengukuran daya hantar listrik terlebih dahulu. Sumur-sumur yang memiliki daya hantar listrik relatif lebih tinggi yang diambil sampel airnya. Jumlah sumur yang diukur kedalamannya dan diambil sampel airnya adalah 30. Dari 30 sampel tersebut 23 sampel diuji secara lengkap, 7 sampel hanya diuji kandungan nitratnya. Di lapangan juga diadakan wawancara dengan penduduk setempat untuk mengetahui asal sumber dan jumlah air yang digunakan, macam limbah yang dibuang, cara pembuangan limbah, letak pembuangan limbah, konstruksi sumur dan tempat pembuangan limbah, dampak pencemaran air tanah yang mungkin telah dirasakan, serta fluktuasi muka air tanah.

C. Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Untuk mengetahui zonasi potensi pencemaran terhadap air tanah diperlukan peta kontur kedalaman muka air tanah, peta permeabilitas, peta tekstur tanah, dan peta gradien hidrolik. Kedalaman muka air tanah dan gradien muka air tanah diperoleh dari peta kontur kedalaman air tanah. Peta permeabilitas akuifer diperoleh dari interpretasi peta geologi dan data bor. Peta daya serap permukaan terhadap pencemar diperoleh berdasarkan peta tekstur tanah. Masing-masing parameter dalam setiap peta diberi skor. Pemberian skor disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian. Skor total yang didapat, dibagi menjadi lima kelas potensi pencemaran air tanah, yaitu sangat mungkin tercemari, mungkin tercemari, mungkin tercemari tetapi sulit, sulit tercemari, sangat sulit tercemari. Semua peta diproses dan diolah dengan SIG.

Pencemaran air tanah bebas secara aktual dianalisis berdasarkan sebaran nitrat. Kandung-

an nitrat diketahui dari analisis sampel air sumur gali. Metode analisis yang digunakan adalah spektrofotometri dengan peralatan spektrofotometer. Hasilnya berupa peta sebaran pencemaran air tanah bebas secara aktual di teras Sungai Code Yogyakarta. Pada peta sebaran pencemaran air tanah bebas secara aktual, tingkat pencemaran nitrat dibagi dalam tiga kelas, yaitu tercemari berat, tercemari sedang, dan tercemari ringan. Lebar interval setiap kelas pencemaran dihitung dengan metode statistik, yaitu dengan mengurangkan nilai nitrat tertinggi dengan nilai nitrat terendah. Hasil pengurangan tersebut kemudian dibagi dengan jumlah kelas (tiga kelas). Hasil kedua peta tersebut (secara potensial dan aktual) dibandingkan untuk dilihat perbedaannya.

Untuk mengetahui faktor fisik alami dan faktor sanitasi lingkungan yang paling berpengaruh terhadap pencemaran air tanah, digunakan analisis statistik, yaitu dengan analisis regresi berganda. Kualitas air tanah merupakan variabel terpengaruhi (Y). Faktor fisik alami (kedalaman air tanah, kemiringan gradien muka air tanah, daya serap lapisan tanah, material penyusun akuifer) dan faktor sanitasi lingkungan (kepadatan permukiman, kepadatan penduduk, jarak horizontal antara sumur pengamat dan tempat pembuangan limbah, serta jumlah pemakaian air) merupakan variabel berpengaruh (X).

Analisis ekonomi dilakukan melalui perhitungan besarnya kerugian (rupiah) yang ditimbulkan akibat adanya pencemaran air tanah di daerah penelitian didasarkan pada perhitungan harga air dan biaya kesehatan. Untuk perhitungan harga air digunakan pendekatan substitusi, yaitu berdasarkan perhitungan biaya atau harga air yang dikeluarkan oleh penduduk untuk mengganti air tanah yang telah tercemari. Untuk perhitungan harga air digunakan pendekatan harga air dari PDAM. Perhitungan yang dilakukan menggunakan rumus sbb.:

$$Y = Y_1 \times Y_2 \dots\dots\dots (1)$$

dalam hal ini:

Y : biaya yang harus dikeluarkan oleh setiap rumah tangga untuk mengganti air tanah yang telah tercemari (rupiah/bulan)

Y₁ : kebutuhan air setiap rumah tangga (m³/bulan)

Y₂ : tarif air PDAM (rupiah/m³)

Untuk mengetahui besarnya biaya kesehatan yang timbul akibat adanya pencemaran. Lave dan Saskin dalam Dorfman (1977) menggunakan pendekatan estimasi, yaitu dengan menghitung jumlah uang yang harus dikeluarkan oleh masyarakat untuk perawatan medis sebagai akibat dari terjadinya pencemaran air tanah di daerahnya.

Untuk mengetahui daerah-daerah yang tercemari air tanahnya, yang dapat mengganggu kesehatan, diadakan pemeriksaan sampel air sesuai dengan kriteria air yang dapat digunakan sebagai air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No 416/Menkes/PER/IX/1990 dan Perda No 9 Tahun 1995. Tidak semua parameter yang terdapat dalam peraturan Menteri Kesehatan dan Perda tersebut diuji, hanya diambil beberapa parameter yang diperkirakan banyak terdapat di daerah penelitian dan diperkirakan dapat menimbulkan efek buruk bagi kesehatan. Parameter-parameter air yang akan diuji tersebut adalah kekeruhan, daya hantar listrik, pH, klorida, kesadahan, zat besi, nitrat, nitrit, natrium, dan bakteri koli. Selain berdasarkan analisis sampel air tanah, data mengenai kesehatan juga diperoleh dari Puskesmas yang berada di wilayah penelitian, seperti Puskesmas Mlati Sleman, Puskesmas Gondokusuman, Puskesmas Danurejan, Puskesmas Gondomanan, dan Puskesmas Mergangsan.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Potensi Pencemaran Air Tanah

Kelas potensi pencemaran air tanah didasarkan pada total nilai yang diperoleh dari

tumpang susun antara peta kedalaman muka air tanah, peta kemiringan muka air tanah, peta tekstur tanah, dan peta material penyusun akuifer. Dari kelima kelas potensi pencemaran air tanah, daerah penelitian hanya terdiri atas tiga kelas potensi pencemaran, yaitu kelas mungkin tercemari (5,2 - 9,4), mungkin tercemari tetapi sulit (9,4 - 13,6), dan sulit tercemari (13,6 - 17,8). Daerah penelitian didominasi oleh kelas pencemaran mungkin tercemari tetapi sulit. Daerah yang mungkin tercemari tetapi sulit dijumpai mulai dari utara hingga ke selatan daerah penelitian. Daerah yang sulit tercemari hanya dijumpai di bagian utara sisi timur sungai Code (daerah Pogung Rejo, Sinduadi). Daerah yang mungkin tercemari terdapat pada teras bawah di sisi sebelah barat sungai dan teras tengah di sisi sebelah timur sungai. Kondisi tersebut terjadi karena material yang dominan adalah pasir kasar yang mudah meloloskan bahan pencemar untuk masuk ke dalam air tanah dan mengalirkannya bersama air tanah. Selain itu, daerah-daerah tersebut juga memiliki muka air tanah yang dangkal.

B. Pencemaran Air Tanah Aktual

Secara aktual, daerah penelitian dibagi menjadi tiga kelas pencemaran, yaitu kelas tercemari ringan (1,09 mg/l – 14,72 mg/l), kelas tercemari sedang (14,73 mg/l – 28,36 mg/l), dan kelas tercemari berat (28,37 mg/l – 42,00 mg/l). Daerah yang tercemari ringan ditemui di bagian utara dan selatan daerah penelitian, baik di sisi barat maupun timur sungai (sekitar daerah Pogung Rejo dan Karang Jati, Kelurahan Sinduadi; sebagian Kelurahan Cokrodingratan; dan sekitar Kelurahan Sorosutan serta Kelurahan Brontokusuman). Bagian utara dan selatan termasuk dalam kelas pencemaran ringan karena permukiman dan penduduk pada daerah tersebut masih jarang. Selain itu, pada bagian selatan, bahan pencemar yang ada telah berkurang kadarnya sesuai dengan jarak tempuh yang telah dilalui oleh bahan pencemar tersebut; semakin jauh jarak tempuhnya

semakin berkurang kadar bahan pencemarnya.

Bagian tengah daerah penelitian yang berada di sisi barat sungai, didominasi oleh kelas tercemari sedang, sedangkan daerah yang tercemari berat dijumpai di teras bawah di sekitar daerah Ngupasan serta di teras atas dan tengah sekitar daerah Keparakan, yang merupakan daerah padat permukiman dan penduduk. Pada sisi timur sungai, mulai dari daerah Caturtunggal hingga Wirogunan merupakan daerah yang tercemari sedang hingga berat. Daerah-daerah yang tercemari berat adalah daerah-daerah yang padat penduduk dan permukimannya, sehingga jumlah limbah yang dibuangpun relatif lebih banyak.

C. Evaluasi Potensi Pencemaran Air Tanah dan Pencemaran Air Tanah Aktual

Data pencemaran air tanah potensial dan aktual dibandingkan untuk dievaluasi. Evaluasi menunjukkan adanya beberapa ketidaksesuaian antara pencemaran air tanah secara potensial dan pencemaran yang secara aktual terjadi. Daerah yang secara potensial sulit tercemari (daerah Sinduadi yang berada di sisi timur sungai) ternyata di bagian teras atasnya telah tercemari sedang, hal tersebut terjadi karena daerah itu merupakan daerah padat permukiman. Kondisi yang sama juga terjadi pada daerah yang secara potensial merupakan daerah yang mungkin tercemari tetapi sulit, ternyata secara aktual telah tercemari sedang hingga berat. Kondisi tersebut juga karena bagian tersebut merupakan daerah padat permukiman dan penduduk. Keadaan yang sebaliknya terjadi di bagian selatan daerah penelitian yang merupakan daerah jarang permukiman dan penduduknya sehingga antara pencemaran air tanah potensial dan aktualnya sesuai, yaitu secara potensial merupakan daerah yang mungkin tercemari tetapi sulit dan secara aktual juga hanya tercemari secara ringan.

Untuk daerah-daerah yang secara potensial mungkin tercemari, ternyata sesuai dengan kondisi aktualnya, yaitu telah tercemari sedang hingga berat, hal tersebut terlihat baik pada

daerah di sisi timur maupun barat sungai, kecuali untuk Kelurahan Sinduadi yang ada di sisi barat sungai.

D. Faktor Fisik Alami dan Faktor Fisik Non-alami yang Paling Berpengaruh terhadap Pencemaran Air Tanah

Hasil Analisis Regresi Berganda untuk faktor fisik dan sanitasi lingkungan yang paling berpengaruh terhadap terjadinya pencemaran menunjukkan bahwa jumlah parameter yang mempunyai korelasi signifikan dengan faktor alami pada taraf signifikansi 95 % adalah kadar klorida (Cl) dan nitrit (NO₂). Faktor alami yang paling berpengaruh adalah X₃ (jarak dengan titik terutara, yang menunjukkan jarak tempuh aliran airtanah). Korelasi tersebut adalah korelasi positif, yaitu semakin besar jaraknya atau semakin jauh dari titik terutara, semakin besar kadar klorida dan nitrit dalam airtanah.

Untuk faktor sanitasi lingkungan, parameter kualitas air tanah yang mempunyai korelasi yang signifikan dengan faktor sanitasi lingkungan adalah kekeruhan, klorida, nitrat, dan pH. Faktor sanitasi lingkungan yang paling berpengaruh terhadap parameter kualitas air tanah adalah kepadatan penduduk dan jumlah pemakaian air. Korelasi tersebut pada umumnya positif, yaitu semakin besar kepadatan penduduk dan semakin banyak pemakaian air, maka semakin tinggi kekeruhan dan kadar klorida, nitrat, dan pH dalam air tanah. Korelasi signifikan yang negatif terjadi antara kepadatan penduduk dan kekeruhan air tanah, dan kadar pH dengan kepadatan penduduk dan jumlah pemakaian air.

E. Perhitungan Kerugian Ekonomi

Sampel air sumur yang diambil diteliti di laboratorium untuk mengetahui kualitasnya. Parameter kualitas air yang diteliti adalah kekeruhan, pH, kesadahan, besi, nitrat, nitrit, klorida, natrium, dan bakteri koli. Kualitas air tanah tersebut dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI No 416/1990 tentang

“Air Minum” dan Peraturan Daerah No 214/KPTS/1991 tentang “Baku Mutu Air DIY”. Dari parameter kualitas air tanah yang diteliti terdapat tiga parameter yang secara umum telah melebihi batas maksimum yang diperbolehkan oleh Menteri Kesehatan RI dan Gubernur DIY untuk digunakan sebagai air minum. Ketiga parameter kualitas air tanah tersebut adalah besi, nitrat, dan bakteri koli. Parameter-parameter kualitas air tanah yang lain secara umum masih memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air minum. Kandungan nitrat, besi, dan bakteri koli yang berlebihan dalam air tanah tersebut akan membahayakan kesehatan apabila digunakan sebagai air minum. Nitrat yang berlebihan dapat menyebabkan gangguan darah temporer dan methaemoglobinemia, sedangkan bakteri koli yang berlebihan dapat menyebabkan penyakit diare. Sampai sejauh ini keluhan yang timbul di Puskesmas-Puskesmas di daerah penelitian baru sebatas pada penyakit diare.

Perhitungan kerugian ekonomi dengan pendekatan biaya substitusi PDAM menunjukkan daerah yang paling menderita kerugian adalah Kelurahan Kotabaru (Rp 18.125/bulan/rumah tangga) dan kelurahan yang paling sedikit menderita kerugian materi adalah Sinduadi, Caturtunggal, Purwokinanti, dan Tegalpanggung (Rp 6.000/bulan/rumah tangga). Hal yang mempengaruhi besar kecilnya kerugian materi adalah jumlah penduduk per rumah tangga yang mengakibatkan perbedaan jumlah kebutuhan air dan perbedaan tarip per m³ dalam setiap rumah tangganya.

Perhitungan kerugian ekonomi dari pendekatan biaya kesehatan menunjukkan wilayah yang paling banyak menderita kerugian materi dari segi kesehatan akibat adanya pencemaran airtanah di daerah penelitian adalah Kelurahan Gowongan dan Keparakan (Rp 849.000/tahun dan Rp651.000/tahun) dan wilayah yang paling sedikit menderita kerugian materi adalah Kelurahan Purwokinanti dan Caturtunggal. Perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya ketaksamaan jumlah orang yang

mungkin akan terkena penyakit akibat adanya pencemaran air tanah di wilayahnya.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian zonasi potensi pencemaran air tanah bebas pada teras sungai Code ini adalah:

1. Daerah yang padat permukiman dan penduduknya merupakan daerah yang air tanahnya berpotensi melakukan pencemaran; hal ini dibuktikan dengan hasil pemeriksaan sampel air tanah yang menunjukkan bahwa pada daerah padat permukiman dan penduduk kadar nitrat dalam air tanah lebih tinggi dibandingkan daerah yang jarang permukiman dan penduduknya.
2. Faktor fisik yang paling berpengaruh terhadap terjadinya pencemaran air tanah di daerah penelitian adalah jarak terutara dari titik pengambilan sampel; hal ini ditunjukkan dengan adanya korelasi yang signifikan pada taraf signifikansi 95 % antara faktor jarak dan parameter kualitas air tanah klorida dan nitrit. Korelasi tersebut adalah korelasi positif, berarti semakin jauh jaraknya dari titik terutara pengambilan sampel atau semakin jauh jarak tempuh aliran air tanah, semakin besar kandungan klorida dan nitrit dalam air tanah.
3. Faktor sanitasi lingkungan yang paling berpengaruh terhadap terjadinya pencemaran air tanah di daerah penelitian adalah kepadatan penduduk dan jumlah pemakaian air, yang ditunjukkan melalui adanya korelasi yang signifikan pada taraf signifikansi 95 % antara kepadatan penduduk, jumlah pemakaian air dan kekeruhan, kadar klorida, nitrat, pH dalam air tanah. Kekeruhan berkorelasi negatif dengan kepadatan penduduk dan berkorelasi positif dengan jumlah pemakaian air, artinya semakin banyak jumlah pemakai airnya maka semakin keruh air tanahnya. Kadar klorida dan nitrat berkorelasi positif dengan kepadatan penduduk, yaitu semakin padat penduduk maka semakin tinggi kadar klorida dan nitrat. Kadar pH berkorelasi negatif dengan kepadatan penduduk dan jumlah pemakaian air, yaitu semakin jarang penduduk maka semakin tinggi pH.
4. Kerugian ekonomi yang ditimbulkan akibat adanya pencemaran air tanah di daerah penelitian:
 - a. Pendekatan biaya substitusi PDAM: Kelurahan yang paling banyak menderita kerugian materi adalah Kelurahan Kotabaru (Rp.18.125/bulan/rumah tangga). Hal tersebut karena jumlah penduduk per rumah tangga pada Kelurahan Kotabaru lebih besar dibandingkan jumlah penduduk per rumah tangga kelurahan lainnya (8 penduduk per rumah tangga), sehingga kebutuhan air per rumah tangganya menjadi besar. Kelurahan yang paling sedikit menderita kerugian materi adalah Kelurahan Sinduadi, Caturtunggal, Purwokinanti, dan Tegalpanggung (Rp 6.000/bulan/rumah tangga). Hal tersebut karena jumlah penduduk per rumah tangganya kecil (4 - 5 orang per rumah tangga) sehingga kebutuhan air per rumah tangganya sedikit.
 - b. Pendekatan biaya kesehatan wilayah yang paling banyak menderita kerugian materi dari segi kesehatan akibat adanya pencemaran air tanah di daerah penelitian adalah Kelurahan Gowongan dan Keparakan (Rp849.000/tahun dan Rp651.000/tahun). Hal tersebut karena jumlah penduduk yang mungkin terkena penyakit akibat air tanahnya tercemari, di kedua wilayah tersebut jauh lebih besar dibandingkan kelurahan-kelurahan lainnya, yaitu 2.830 jiwa untuk Kelurahan Gowongan dan 2.170 jiwa untuk Kelurahan Keparakan. Wilayah yang paling sedikit menderita kerugian materi adalah Kelurahan Purwokinanti

dan Caturtunggal, karena jumlah penduduk yang mungkin terkena penyakit akibat tercemarnya air tanah di daerah tersebut hanya sedikit, yaitu 13 jiwa dan 15 jiwa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anna, A.N. 1995. *Kualitas Airtanah Di Daerah Kartasura-Surakarta dan sekitarnya* (Tinjauan Sistem Hidrologi Air Tanah Di Antara Sungai Pepe dan Sungai Wiro), Tesis, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Bagaoglu, H., E Celenk, M.A. Marino, & N. Usul. 1997. "Selection Of Waste Disposal Site Using GIS", *J. of Ame. Water Res. Assoc. (Jawra) Vol 33 No 2*.
- Chapman, D. 1996. *Water Quality Assessment*, E&FN Spon, London.
- Djajadiningrat, S. 1997. *Pengantar Ekonomi Lingkungan*, LP3ES, Jakarta.
- Dorfman, R. & Dorfman N. 1977. *Economics of the Environment*, W.W. Norton & Company, Inc., Toronto,
- Dumairy. 1992. *Ekonomika Sumberdaya Air, Pengantar Ke Hidronomika*, BPFE, Yogyakarta.
- Harsanto, B. 1999. *Situasi Kualitas Airtanah Di Daerah Istimewa Yogyakarta, Makalah Pertemuan Lintas Sektor Mengenai Proteksi Zona Sumber Air Baku Proyek PKA-GTZ*, Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta.
- Indrajato, R. 1995. *Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Permintaan Air PDAM di Kabupaten Banyumas*, Tesis, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sihotang, M.K. 1995. *Model Evaluasi Kerentanan Akuifer Terhadap Pencemaran Airtanah Dangkal Dengan Sistem Informasi Geografis di Basin Yogyakarta*, Skripsi, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sudarmadji. 1991. *Agihan Geografi dan Kimiawi Airtanah Bebas Kotamadya Yogyakarta*, Disertasi, Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology*, John Willey & Sons, New York.