

# AGIHAN KUALITAS AIR TANAH DAERAH PERKEMBANGAN KOTA ANTARA SURAKARTA – KARTASURA

(Tinjauan Sistem Hidrologi Air Tanah Daerah Recharge S. Bengawan Solo)  
*(Groundwater Quality Distribution in Development City between  
Surakarta - Kartasura)*

*Ground Water Hidrologi System Contemplation in Bengawan Solo Recharge*

Oleh :

**Alif Noor Anna**

*Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta*

*Jl. A.Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417*

*Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: [FORUMGEOGRAFI@yahoo.com](mailto:FORUMGEOGRAFI@yahoo.com)*

## **ABSTRACT**

*This research is conducted in Kartasura-Surakarta's area especially from an area that relatively does not grow (recharge area) to an area growing to became a city (discharge area). The area is phisiographically restricted by a groundwater contour (i.e 200 m from sea level) and by three rivers (i.e. Pepe, Wiro, and Bengawan Solo). This research has one objective to know the distribution of groundwater quality in Kartasura-Surakarta that is located between Pepe river and Wiro river. This research uses survey model and description comparative model completed by cheking the field. On the one hand, survey model measures physical data and density population data, and on the other hand, description comparative model is used to know the influence of physical factors and density population factors on groundwater quality. Physical data and density population data collected by using purposive proportional random sampling are analyzed with trend analysis model, statistical analysis model (i.e. parsiiil correlation and one-way variant analysis). The result of this research shows that the groundwater quality in the field declines. The trend analysis proves that most of the parameter concentrations of groundwater quality increase from the recharge area to the discharge area. Furthermore, the conclusion is also supported by the result of parsiiil correlation analysis that shows a positive correlation between the distance and the most of the parameters, although the positive correlation between the depth of groundwater and the parameters of groundwater quality is weak. Moreover, the results of one-way variant analysis to the selected factors (i.e. geology formation, density groundwater contour, and density population) with the parameters of water quality show that there is a strong difference on the most of the parameters.*

*Key words : Ground water quality., population density*

## PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah kota yang cepat umumnya sesuai dengan fungsi kota sebagai pusat berbagai kegiatan manusia. Dalam kaitan ini fungsi kota sebagai pusat pemerintahan, pusat perdagangan, pusat industri, dan pusat pelayanan jasa dapat dipastikan akan menarik masyarakat untuk tinggal dekat dengan pusat-pusat kegiatan. Akibat yang timbul adalah perkembangan penduduk banyak terkonsentrasi pada daerah itu. Keadaan demikian merupakan salah satu karakteristik problema perkotaan yang berdampak luas, tidak terkecuali dampak pada segi kualitas lingkungan hidup, yaitu perubahan fisik kota yang relatif cepat yang kadang-kadang bahkan perubahan itu sampai ke luar dari wilayah administrasinya.

Salah satu dampak yang berkaitan erat dengan kualitas lingkungan hidup adalah dampak yang berkaitan dengan terjadinya perubahan kondisi hidrologi, baik itu secara kuantitas maupun secara kualitas. Dari segi kuantitas, terjadinya penurunan itu disebabkan oleh peningkatan penggunaan air yang bila tidak berimbang dengan kapasitas sumber air yang tersedia pasti akan menimbulkan terjadinya krisis kekurangan air. Sedangkan dari segi kualitas, terjadinya penurunan itu disebabkan oleh pembuangan sisa penggunaan air yang dari tahun ke tahun juga cenderung semakin meningkat, baik itu sisa yang berasal dari rumah tangga, industri, dan bidang jasa, yang kesemuanya tentu akan dapat mengubah atau bahkan menurunkan kualitas sumber air.

Selain diakibatkan oleh hal-hal tersebut, kecenderungan penurunan sumber air di daerah perkotaan tampaknya juga diakibatkan oleh fungsi ganda dari sumber air, yaitu sumber air sebagai tempat pemenuhan kebutuhan hidup dan sekaligus juga sebagai tempat pembuangan limbah. Akibat dari kedua fungsi yang "bertentangan" itu banyak terjadi penurunan kualitas sumber air di daerah perkotaan. Fenomena yang jelas terlihat adalah ketersediaan air bersih yang semakin sulit untuk didapatkan akibat semakin banyaknya limbah pemakaian, baik yang berasal dari rumah tangga, industri maupun jasa.

Peristiwa penurunan sumber air ini telah terjadi pada sumber air permukaan (sungai-sungai, saluran drainase), air hujan, dan bahkan air tanah. Semua itu merupakan masalah meskipun masalah yang paling sulit untuk diatasi adalah masalah yang menyangkut kualitas air tanah karena keberadaannya dan sistem hidrologi berlainan dengan sumber air yang lain.

Perubahan kualitas air tanah selain dapat disebabkan oleh proses non-alami dapat pula diakibatkan oleh proses alami (terutama yang berlangsung di daerah imbuhan /recharge). Perubahan kualitas air tanah yang termasuk proses non-alami adalah proses perubahan kualitas air tanah yang diakibatkan oleh berbagai peristiwa yang berhubungan dengan sistem hidrologi yang diakibatkan oleh aktivitas masyarakat seperti perkembangan penduduk, perubahan penggunaan lahan, industri, dan

lain-lain. Adapun yang dimaksud dengan proses alami adalah peristiwa seperti banjir, longsor, letusan gunungapi, kebakaran, dan peristiwa yang lain sebagai proses alam.

Terkait dengan hal-hal seperti itulah penelitian ini dilakukan, tepatnya yaitu di daerah perkotaan Kartasura-Surakarta yang terletak di antara Sungai Pepe dan Sungai Wiro dan sekitarnya. Kedua daerah ini secara administratif merupakan daerah yang berbeda secara struktural, Kartasura merupakan ibu kota kecamatan, sedangkan Surakarta sebagai kotamadya. Namun, dilihat secara fisik saat ini keduanya telah mengalami proses penyatuan wilayah (*unseparated area*). Dalam konteks seperti ini, bagaimana dampak konsentrasi penduduk pada kualitas air tanah merupakan hal yang penting sekali untuk diteliti terutama dalam rangka mengetahui tingkat pencemaran yang telah terjadi.

Dalam kerangka pemikiran seperti itu, garis besar persoalan yang ada di daerah penelitian dapat dirumuskan seperti berikut ini.

a. Dinamika kependudukan membutuhkan sarana dan prasarana fisik yang semakin bertambah besar, sebagai konsekuensinya penggunaan air bertambah besar pula, padahal sumber air semakin terbatas dan sisa penggunaan air belum banyak dikelola secara serius.

- b. Perubahan fungsi lahan dari agraris ke non agraris (terutama untuk permukiman dan fasilitas umum) di wilayah Kartasura seperti dikembangkannya bandara Adisumarmo menjadi bandara Internasional, embarkasi haji, proses perubahan status administratif menjadi kotatiff yang didukung dengan aksesibilitas yang strategis, tentu semua itu berdampak pula pada lingkungan hidrologis, khususnya pada kondisi air tanah.
- c. Kebutuhan akan air untuk domestik sebagian besar masih dipasok dari air tanah
- d. Pembuangan limbah domestik maupun industri umumnya masih dilakukan ke dalam sungai atau ke tanah. Oleh karenanya akan terdapat lokasi-lokasi tertentu yang rawan terhadap pencemaran.

Berdasarkan persoalan-persoalan itu, maka masalah penelitian dapat dirumuskan bagaimana agihan kualitas air tanah di daerah perkotaan yang terletak antara Sungai Pepe dengan Sungai Windan dalam hubungannya dengan penggunaan air untuk air minum.

## TINJAUAN PUSTAKA

Daerah perkotaan sebagai pusat kegiatan masyarakat selalu ditandai adanya problema pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota yang cepat.

## PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah kota yang cepat umumnya sesuai dengan fungsi kota sebagai pusat berbagai kegiatan manusia. Dalam kaitan ini fungsi kota sebagai pusat pemerintahan, pusat perdagangan, pusat industri, dan pusat pelayanan jasa dapat dipastikan akan menarik masyarakat untuk tinggal dekat dengan pusat-pusat kegiatan. Akibat yang timbul adalah perkembangan penduduk banyak terkonsentrasi pada daerah itu. Keadaan demikian merupakan salah satu karakteristik problema perkotaan yang berdampak luas, tidak terkecuali dampak pada segi kualitas lingkungan hidup, yaitu perubahan fisik kota yang relatif cepat yang kadang-kadang bahkan perubahan itu sampai ke luar dari wilayah administrasinya.

Salah satu dampak yang berkaitan erat dengan kualitas lingkungan hidup adalah dampak yang berkaitan dengan terjadinya perubahan kondisi hidrologi, baik itu secara kuantitas maupun secara kualitas. Dari segi kuantitas, terjadinya penurunan itu disebabkan oleh peningkatan penggunaan air yang bila tidak berimbang dengan kapasitas sumber air yang tersedia pasti akan menimbulkan terjadinya krisis kekurangan air. Sedangkan dari segi kualitas, terjadinya penurunan itu disebabkan oleh pembuangan sisa penggunaan air yang dari tahun ke tahun juga cenderung semakin meningkat, baik itu sisa yang berasal dari rumah tangga, industri, dan bidang jasa, yang kesemuanya tentu akan dapat mengubah atau bahkan menurunkan kualitas sumber air.

Selain diakibatkan oleh hal-hal tersebut, kecenderungan penurunan sumber air di daerah perkotaan tampaknya juga diakibatkan oleh fungsi ganda dari sumber air, yaitu sumber air sebagai tempat pemenuhan kebutuhan hidup dan sekaligus juga sebagai tempat pembuangan limbah. Akibat dari kedua fungsi yang "bertentangan" itu banyak terjadi penurunan kualitas sumber air di daerah perkotaan. Fenomena yang jelas terlihat adalah ketersediaan air bersih yang semakin sulit untuk didapatkan akibat semakin banyaknya limbah pemakaian, baik yang berasal dari rumah tangga, industri maupun jasa.

Peristiwa penurunan sumber air ini telah terjadi pada sumber air permukaan (sungai-sungai, saluran drainase), air hujan, dan bahkan air tanah. Semua itu merupakan masalah meskipun masalah yang paling sulit untuk diatasi adalah masalah yang menyangkut kualitas air tanah karena keberadaannya dan sistem hidrologi berlainan dengan sumber air yang lain.

Perubahan kualitas air tanah selain dapat disebabkan oleh proses non-alami dapat pula diakibatkan oleh proses alami (terutama yang berlangsung di daerah imbuhan /recharge). Perubahan kualitas air tanah yang termasuk proses non-alami adalah proses perubahan kualitas air tanah yang diakibatkan oleh berbagai peristiwa yang berhubungan dengan sistem hidrologi yang diakibatkan oleh aktivitas masyarakat seperti perkembangan penduduk, perubahan penggunaan lahan, industri, dan

lain-lain. Adapun yang dimaksud dengan proses alami adalah peristiwa seperti banjir, longsor, letusan gunungapi, kebakaran, dan peristiwa yang lain sebagai proses alam.

Terkait dengan hal-hal seperti itulah penelitian ini dilakukan, tepatnya yaitu di daerah perkotaan Kartasura-Surakarta yang terletak di antara Sungai Pepe dan Sungai Wiro dan sekitarnya. Kedua daerah ini secara administratif merupakan daerah yang berbeda secara struktural, Kartasura merupakan ibu kota kecamatan, sedangkan Surakarta sebagai kotamadya. Namun, dilihat secara fisik saat ini keduanya telah mengalami proses penyatuan wilayah (*unseparated area*). Dalam konteks seperti ini, bagaimana dampak konsentrasi penduduk pada kualitas air tanah merupakan hal yang penting sekali untuk diteliti terutama dalam rangka mengetahui tingkat pencemaran yang telah terjadi.

Dalam kerangka pemikiran seperti itu, garis besar persoalan yang ada di daerah penelitian dapat dirumuskan seperti berikut ini.

a. Dinamika kependudukan membutuhkan sarana dan prasarana fisik yang semakin bertambah besar, sebagai konsekuensinya penggunaan air bertambah besar pula, padahal sumber air semakin terbatas dan sisa penggunaan air belum banyak dikelola secara serius.

- b. Perubahan fungsi lahan dari agraris ke non agraris (terutama untuk permukiman dan fasilitas umum) di wilayah Kartasura seperti dikembangkannya bandara Adisumarmo menjadi bandara Internasional, embarkasi haji, proses perubahan status administratif menjadi kotatiff yang didukung dengan aksesibilitas yang strategis, tentu semua itu berdampak pula pada lingkungan hidrologis, khususnya pada kondisi air tanah.
- c. Kebutuhan akan air untuk domestik sebagian besar masih dipasok dari air tanah
- d. Pembuangan limbah domestik maupun industri umumnya masih dilakukan ke dalam sungai atau ke tanah. Oleh karenanya akan terdapat lokasi-lokasi tertentu yang rawan terhadap pencemaran.

Berdasarkan persoalan-persoalan itu, maka masalah penelitian dapat dirumuskan bagaimana agihan kualitas air tanah di daerah perkotaan yang terletak antara Sungai Pepe dengan Sungai Windan dalam hubungannya dengan penggunaan air untuk air minum.

## TINJAUAN PUSTAKA

Daerah perkotaan sebagai pusat kegiatan masyarakat selalu ditandai adanya problema pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota yang cepat.

Perkembangan kota umumnya lebih mudah dikenali oleh perubahan fisiknya, seperti adanya daerah terbangun (*build-up area*) dan pemekaran kota (*urban sprawl*) (Sutikno, 1976; Totok Gunawan, 1992).

Ketersediaan lahan yang sangat terbatas selain mengakibatkan kenaikan harga lahan, yang tidak kalah penting juga mengakibatkan perubahan lingkungan kota, seperti menurunnya kapasitas daya dukung untuk menetralkan secara alami limbah dari berbagai penggunaan. Akibat yang terjadi lebih lanjut adalah penurunan kualitas air tanah padahal air tanah itu masih merupakan sumber air utama untuk kebutuhan domestik di daerah perkotaan. Bila hal itu terjadi terus menerus akibat yang lebih parah yaitu terjadinya penurunan air tanah, baik itu secara kuantitas maupun kualitas. Penurunan kuantitas diakibatkan adanya penggunaan yang telah melebihi kapasitas masukannya dan gejala penurunan kualitas disebabkan oleh dampak berbagai macam kegiatan yang menghasilkan limbah dari sistem sanitasi lingkungan yang kurang baik (Sudarmadji dan Suyono, 1993).

Dalam penelitian Totok Gunawan (1992) diungkapkan akibat lebih lanjut yang tampak dari proses pemekaran kota, yaitu di satu sisi menjadi berkurangnya lahan pertanian dan di sisi lain menjadi bertambahnya lahan permukiman. Karena permukaan lahan di permukiman umumnya lebih banyak diperkeras, maka dengan bertambahnya lahan permukiman berarti akan mengakibatkan berkurangnya fungsi tanah sebagai resapan air sehingga

mengakibatkan terjadinya ketidak seimbangan tata air : aliran limpasan meningkat, daerah resapan berkurang dan pembuangan limbah akan semakin banyak mencemari badan air (air sungai maupun air tanah). Ini terbukti adanya kecenderungan peningkatan kadar unsur. Kualitas air sungai sebelum masuk kota Surakarta menunjukkan bahwa hampir seluruh unsur-unsur yang diteliti masih dibawah standar baku mutu golongan D, kecuali amonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ) dan COD. Adapun setelah melewati kota itu kandungan unsurnya meningkat pesat dan bahkan melebihi baku mutu golongan D. Hal yang sama juga terjadi pada air di saluran drainase yang menunjukkan kandungan amonium, nitrat, dan COD ternyata juga telah melampaui baku mutu. Pada daerah pemekaran kota, kualitas air tanah (dari sumur gali) menunjukkan kondisi yang perlu mendapat perhatian. Sebagai contoh di daerah Solo Baru daya hantar listrik dan amonium telah melampaui batas; di perumahan Palur dan perumahan Fajar Indah kandungan sulfat ( $\text{SO}_4$ ) dan logam timbal (Pb) juga telah melampaui baku mutu. Hasil perbandingan kualitas air tahun 1981 dan 1992 menunjukkan adanya peningkatan konsentrasi kandungan unsur sulfat ( $\text{SO}_4$ ), Clorida ( $\text{Cl}$ ), nitrat ( $\text{NO}_3$ ), Plumbun (Pb) dan daya hantar listriknya.

Lerner (dalam Currie and Pepper, 1993) mengatakan bahwa sumber-sumber potensial pencemaran air tanah di daerah perkotaan (*urban*) sebetulnya hampir sama. Sumber-sumber tersebut berasal dari :

1. Pembuangan limbah, baik yang diresapkan ke dalam tanah atau yang mengalir
2. Kebocoran saluran limbah, septik tank dan latrine
3. Limbah-limbah transportasi
4. Buangan dari pengolahan limbah (baik pengolahan air tawar maupun air asin)

Di daerah perkotaan ternyata juga lebih potensial terjadi pencemaran. Hal ini karena jumlah sumber pencemaran dan macam unsur yang terdapat pada polutan sangat banyak. Jumlah sumber pencemaran lebih banyak berkaitan dengan kemampuan manusia untuk mengatur dan cara memonitornya. Jadi, lebih teratur dan lebih sering dimonitor, polutan cenderung lebih sedikit, dan sebaliknya, pembuangan polutan yang kurang teratur dan kurang monitor akan menghasilkan polutan yang banyak. Sedangkan kandungan polutan yang sangat bervariasi akan mengakibatkan fungsi akifer untuk menetralsisir polutan menjadi terlampaui.

Le grand (dalam Todd, 1980) mengembangkan sebuah *point-count system* secara empirik. Sistem ini didasarkan atas faktor-faktor fisik yang kemungkinan berperan dalam proses pencemaran air tanah. Hal itu dilandasi oleh pemikiran bahwa limbah cair yang dibuang ke saluran atau ditampung dalam galian tanah akan merembes ke berbagai gerakan air tanah. Beberapa faktor yang mempengaruhi dan sampai seberapa jauh terjadinya

penyusupan pencemar ke dalam air tanah sangat bergantung pada kedalaman sumber pencemar dari permukaan air tanah, daya absorpsi batuan atau tanah, permeabilitas akifer, gradien muka air tanah, serta jarak horizontal dari sumber pencemar. Penggunaan diagram dari Le Grand ini terutama diperuntukkan bagi wilayah yang sudah diketahui letak sumber pencemarnya, seperti pembuangan limbah dari industri yang sistemnya memakai cara ditanam (contoh Prince's Landfill, New Jersey, Grey dan Hoffman, 1983).

#### *Landasan Teori*

Saat ini air tanah di daerah perkotaan sangat rentan terkena pencemaran. Hal ini disebabkan pembuangan sisa penggunaan air yang kurang memperhatikan daya dukung lingkungan. Sisa penggunaan air yang berupa limbah mempunyai karakteristik yang tergantung dari jumlah dan jenis kegiatannya.

Beberapa sumber pencemar yang mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan hidrologi air tanah adalah sebagai berikut :

1. Pertambahan penduduk yang cepat, sehingga kebutuhan maupun limbah yang dihasilkan pun meningkat,
2. Kegiatan jasa (seperti perhotelan, rumah sakit, perkantoran, rumah makan dan lainnya) juga mempunyai potensi untuk menghasilkan limbah yang cukup banyak,

3. Perkembangan industri dari segi jumlah dan macamnya selalu membutuhkan air dalam proses produksi. Kebutuhan dan limbah yang dihasilkan tergantung dari macam usahanya dan cara pembuangannya yang keduanya turut berperan terhadap perubahan lingkungan yang bersangkutan,
4. Kepadatan kegiatan transportasi juga menyumbangkan tambahan limbah, seperti tampak dari cecceran oli, sisa bahan bakar atau gas yang terlarut bersamaan dengan limpasan yang masuk ke badan air.

Konsentrasi berbagai kegiatan itu dapat diperkirakan dari jumlah atau persentase luas jenis penggunaan lahan di daerah yang bersangkutan. Hubungan itu cenderung mempunyai korelasi positif, yaitu semakin besar jumlah suatu jenis penggunaan lahan akan semakin besar pula perannya terhadap kerusakan lingkungan. Di daerah penelitian terlihat bahwa persentase terbesar adalah untuk permukiman, sehingga permukiman jugalah yang kemungkinan mendominasi sebagai sumber pencemar.

Disamping berkaitan dengan persentase penggunaan lahan, proses pencemaran air tanah juga dipengaruhi oleh faktor alami seperti ketebalan lapisan tanah di atas permukaan air tanah, kemiringan hidrolik, permeabilitas, daya serap material pada mintakat tidak jenuh air, dan jarak horizontal antara sumber pencemar dengan sumur pengamat.

Ketebalan lapisan tanah akan menentukan konsentrasi pencemar yang akan masuk dalam akifer. Semakin tebal lapisan tanah, semakin berkurang konsentrasinya. Disamping itu, jenis material yang menyusun lapisan tanah juga akan menentukan daya serap terhadap zat pencemar yang masuk dalam lapisan tanah yang bersangkutan. Dalam hal ini antara daya serap dan butir material mempunyai korelasi negatif, yaitu daya serap bertambah besar, bila ukuran butirnya mengecil. Permeabilitas dari akifer ditentukan oleh material penyusun akifer sebagai pembawa air, yaitu mencerminkan kemampuan untuk melalukan atau meloloskan air. Permeabilitas yang semakin besar akan berarti pencemar menyebar semakin jauh dan ini memerlukan waktu yang semakin singkat. Kemiringan hidrolik berpengaruh terhadap kecepatan aliran air tanah, semakin besar kemiringannya, semakin cepat alirannya. Dengan demikian kemiringan akan berpengaruh pada skala luas dalam penyebaran pencemar. Kecepatan itu tercermin dari tingkat kerapatan kontur air tanah. Hal ini akan selaras dengan jarak horizontalnya, semakin pendek jaraknya, semakin cepat tercemar.

Karakteristik limbah dapat menentukan sumber asalnya (dari permukiman, industri atau pertanian) yang ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi. Unsur-unsur yang terkandung dalam air limbah perkotaan dilihat dari sifat fisiknya adalah pH dan daya hantar listrik; dilihat dari sifat khemisnya adalah sodium ( $\text{Na}^{+2}$ ),

potasium ( $K^+$ ), magnesium ( $Mg^{+2}$ ), calcium ( $Ca^{+2}$ ), nitrogen ( $NO_3^-$ ), klorida ( $Cl^-$ ), nitrit ( $NO_2^-$ ), amonium ( $NH_4^+$ ), fosfat ( $PO_4^{-2}$ ), sulfat ( $SO_4^{-2}$ ), dan asam karbonat ( $HCO_3^-$ ); dilihat dari sifat kimia organik dapat didekati dengan parameter BOD; dan dilihat dari bakteriologis diwakili oleh bakteri coli sebagai mikro organisme dalam air.

## **TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat hubungan yang nyata antara kualitas air tanah dengan laju perkembangan perkotaan dan kondisi fisik daerah penelitian.

## **CARA PENELITIAN**

Penelitian yang dilakukan ini adalah penelitian tentang kualitas air tanah dari daerah yang relatif belum berkembang menjadi perkotaan (rural) sampai pada daerah perkotaan (urban). Disamping itu, alasan lain yaitu karena penelitian ini lebih menekankan kesamaan kondisi fisik, sumber dan proses yang berhubungan dengan penurunan kualitas air tanah, sesuai dengan perkembangan daerah itu.

Adapun materi penelitian meliputi kualitas air tanah (yang mencakup parameter kualitas air, sumber pencemar, dan faktor-faktor fisik alami yang mempengaruhi kualitas air tanah yaitu formasi geologi yang menyangkut material penyusun akifer, sebaran batuan penyusun, tekstur tanah), kondisi hidrologi (yang mencakup kedalaman air tanah, aliran air

tanah, dan iklim), penggunaan lahan, dan kepadatan penduduk.

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan gabungan dua jenis penelitian yaitu survei dan deskriptif komparatif yang disempurnakan dengan cara pengecekan lapangan. Penelitian jenis survei digunakan untuk mengukur data fisik dan data kepadatan penduduk. Penelitian deskriptif komparatif digunakan untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor fisik dan kepadatan penduduk terhadap kualitas air tanah.

Data fisik dan data kepadatan penduduk yang diambil dengan cara purposive proporsional random sampling itu kemudian dianalisis dengan menggunakan model analisis kecenderungan (trend analysis), analisis statistik korelasi parsial dan analisis (anova) eka jalur. Adapun analisis kualitas air tanah dilakukan di laboratorium dengan menggunakan metode volumetri, colorimetri, selektif ion, dan perkiraan terdekat jumlah kuman golongan coli.

## **HASIL PENELITIAN**

Hasil analisis kecenderungan memperlihatkan bahwa kualitas air tanah di daerah penelitian dari daerah recharge ke daerah discharge (daerah perkotaan) cenderung menurun (lihat gambar 1 dan gambar 2). Dari 16 parameter kualitas air tanah yang diteliti terdapat 12 parameter yang menunjukkan kecenderungan naik dan hanya 4 parameter yang menunjukkan kecenderungan turun. Parameter yang

menunjukkan peningkatan adalah kekeruhan, DHL, pH, calcium, magnesium, natrium, klorida, nitrit, amonium, HCO<sub>3</sub>, BOD, dan bakteri Coli. Adapun parameter yang menunjukkan penurunan adalah nitrat, sulfat, besi, dan kalium. Penurunan ini disebabkan sifat dari unsur-unsur itu sendiri yang tidak stabil (reaktif), di samping adanya proses keseimbangan ion alami dalam air tanah.

Hasil analisis kecenderungan itu ternyata tidak berbeda dengan hasil analisis secara statistik. Hal ini terbukti dengan hasil analisis korelasi parsial antara jarak terhadap parameter kualitas air tanah yang menunjukkan bahwa dari 16 parameter yang diteliti ternyata juga ditemukan 12 parameter yang sama yang memperlihatkan hubungan positif, sedang 4 parameter yang lain mempunyai hubungan yang negatif. Bahkan dari 12 parameter yang mempunyai hubungan positif ada 7 parameter mempunyai hubungan positif kuat dengan level of significant 0,01. Adapun yang mempunyai hubungan negatif dari 4 parameter hanya ada 2 yang mempunyai hubungan negatif kuat (level of significant 0,01). Secara lengkap hasil korelasi parsial disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Adapun hasil korelasi parsial antara kedalaman air tanah dengan kualitas air ternyata juga cenderung menunjukkan hubungan positif, dengan perincian : 1 parameter menunjukkan hubungan positif-kuat (level of significant 0,01) yaitu pada unsur nitrat dan 8 param-

Tabel 1. Koefisien Korelasi Parsial Positif antara Jarak dengan Parameter Kualitas Air Tanah

No.	Nama Unsur	Koefisien Korelasi
1.	Kekeruhan	0,2411
2.	Daya hantar listrik	0,6396**
3.	PH	0,0568
4.	Kalsium	0,1989
5.	Magnesium	0,6989**
6.	Natrium	0,8477**
7.	Klorida	0,4890**
8.	Amonium	0,2874
9.	HCO <sub>3</sub>	0,7237**
10.	Nitrit	0,2199
11.	BOD	0,4414**
12.	Bakteri Coli	0,8494**

Keterangan : \*\* Korelasi dengan level of significant 0,01

Tabel 2. Koefisien Korelasi Parsial negatif antara Jarak dengan Parameter Kualitas Air Tanah

No.	Nama Unsur	Koefisien Korelasi
1.	Kalium	-0,2411
2.	Besi	-0,6405**
3.	Nitrat	-0,1193
4.	Sulfat	-0,4813**

Keterangan : \*\* Korelasi dengan level of significant 0,01

eter menunjukkan hubungan positif-lemah yaitu terdapat pada unsur DHL, magnesium, natrium, kalium, klorida, HCO<sub>3</sub>, BOD, dan bakteri Coli. Hasil perhitungan korelasi parsial ini secara lengkap dapat dilihat pada tabel 3.

Terjadinya hubungan positif-kuat pada nitrat disebabkan oleh aktivitas biokimia dalam air tanah oleh bakteri nitrat yang mengikat oksigen untuk bersenyawa dengan nitrogen. Adapun 7 parameter yang lain menunjukkan hubungan negatif, yaitu pada unsur kekeruhan, pH, calcium (Ca), besi (Fe), amonium (NH<sub>4</sub>), nitrit, dan sulfat. Hubungan negatif ini disamping disebabkan oleh sifat unsur yang tidak stabil juga disebabkan oleh di satu sisi berkurangnya pengaruh daerah vulkan ke arah dataran dan disisi lain oleh bertambahnya reaksi biokimia air dalam sumur akibat adanya pencemaran.

Hasil analisis varian (anova) eka jalur antar kepadatan penduduk dengan parameter kualitas air tanah memperlihatkan bahwa ada perbedaan parameter kualitas air tanah secara meyakinkan. Perbedaan ini umumnya terdapat pada kelas (kepadatan penduduk) 1 dengan kelas kepadatan penduduk lain yang lebih besar (kelas 2 sampai dengan 6). Kelas kepadatan penduduk yang diasumsikan berkaitan dengan pembuangan limbah domestiknya ternyata menyebabkan terjadinya perbedaan yang kuat pada konsentrasi parameter kualitas air tanah. Perbedaan itu terjadi pada parameter daya hantar listrik, nitrit, nitrat, sulfat, amonium, BOD, dan bakteri coli. Khusus konsentrasi nitrat menunjukkan perbedaan yang lemah. Hal ini banyak disebabkan oleh konstruksi sumur, saluran limbah, dan cara pembuangan limbah yang kurang baik pada daerah yang bersangkutan.

Tabel 3. Koefisien Korelasi Parsil antara kedalaman dengan seluruh Parameter Kualitas Air -Tanah yang diteliti.

No.	Nama Unsur	Koefisien Korelasi
1.	Kekeruhan	0,0903
2.	Daya hantar listrik	0,0769
3.	PH	-0,0448
4.	Kalsium	-0,0589
5.	Magnesium	0,1927
6.	Natrium	0,1841
7.	Kalium	0,0220
8.	Besi	-0,1191
9.	Klorida	0,0710
10.	Amonium	-0,1633
11.	Nitrat	-0,4064**
12.	Nitrit	-0,0887
13.	Sulfat	0,1225
14.	HCO <sub>3</sub>	0,0079
15.	BOD	0,1048
16.	Bakteri Coli	0,0458

Keterangan : \*\* Korelasi dengan level of significant 0,01

Hasil anova antarkelas kerapatan kontur air tanah dengan parameter kualitas air tanah juga memperlihatkan adanya perbedaan pada setiap unsur kualitas air tanah yang diteliti. Perbedaan itu menunjukkan hubungan berkebalikan yaitu semakin rapat kontur air tanah, semakin kecil konsentrasinya. Kecuali unsur nitrat yang tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata. Hal ini disebabkan sifat dari unsur nitrat yang tidak stabil, unsur itu umumnya akan cepat berubah dalam bentuk yang lain melalui reaksi kimia dalam air.

Hasil anova antar formasi geologi dengan parameter kualitas air tanah umumnya memperlihatkan perbedaan nyata pada setiap unsur kualitasnya. Kecuali pada parameter kekeruhan yang tidak menunjukkan perbedaan nyata. Hal ini disebabkan kekeruhan sangat tergantung pada banyak sedikitnya unsur yang terlarut dalam air tanah.

## KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil analisis penelitian maka dapat ditarik kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

1. Kualitas air tanah di daerah penelitian dari daerah recharge ke daerah discharge (daerah perkotaan) secara spasial cenderung menurun. Hal ini terbukti dari 16 parameter kualitas air tanah yang diteliti terdapat 12 parameter yang menunjukkan peningkatan dan hanya terdapat 4 parameter yang cenderung menunjukkan penurunan. Dari analisis secara kuantitatif yaitu dengan korelasi parsial juga terbukti bahwa ke 12 parameter itu mempunyai hubungan positif, sedang 4 parameter lain mempunyai hubungan negatif. Parameter yang menunjukkan peningkatan adalah kekeruhan, DHL, pH, calcium, magnesium, natrium, clorida, nitrat, amonium,  $\text{HCO}_3$ , BOD, dan bakteri Coli. Adapun parameter yang menunjukkan penurunan adalah nitrat, sulfat, besi, dan kalium. Penurunan ini disebabkan sifat dari
2. Pengaruh kedalaman air tanah terhadap kualitas air cenderung mempunyai hubungan positif; 1 parameter menunjukkan hubungan positif kuat yaitu unsur nitrat dan 8 parameter menunjukkan hubungan positif lemah yaitu unsur DHL, magnesium, natrium, kalium, klorida,  $\text{HCO}_3$ , BOD, dan bakteri coli. Terjadinya hubungan positif kuat pada nitrat disebabkan oleh aktivitas biokimia dalam air tanah oleh bakteri nitrat yang mengikat oksigen untuk bersenyawa dengan nitrogen. Adapun 7 parameter yang lain menunjukkan hubungan negatif, yaitu unsur kekeruhan, pH, kalsium (Ca), besi (Fe), amonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrit dan sulfat. Hubungan negatif ini disamping disebabkan oleh sifat unsur yang tidak stabil juga disebabkan oleh berkurangnya pengaruh daerah vulkan ke arah dataran dan bertambahnya reaksi biokimia air dalam sumur akibat adanya pencemaran.
3. Perbedaan kelas kepadatan penduduk yang berkaitan dengan pembuangan limbah domestiknya menyebabkan terjadinya perbedaan yang kuat pada konsentrasi parameter kualitas air tanah. Perbedaan itu terjadi pada parameter daya hantar listrik, nitrit, nitrat, sulfat, amonium, BOD, dan

bakteri coli. Khusus konsentrasi nitrat menunjukkan perbedaan yang lemah. Hal ini banyak disebabkan oleh konstruksi sumur, saluran limbah, dan cara pembuangan limbah yang kurang baik pada daerah yang bersangkutan.

4. Perbedaan kerapatan kontur air tanah menyebabkan perbedaan konsentrasi unsur kualitas air tanah, perbedaan itu menunjukkan hubungan berkebalikan yaitu semakin rapat kontur air tanah, semakin kecil konsentrasi unsurnya, kecuali unsur nitrat yang tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata.

Hal ini disebabkan sifat dari unsur nitrat yang tidak stabil, unsur itu umumnya akan cepat berubah dalam bentuk yang lain melalui reaksi kimia dalam air.

5. Perbedaan formasi geologi menyebabkan perbedaan konsentrasi unsur kimia air tanah, kecuali pada parameter kekeruhan yang tidak menunjukkan perbedaan nyata. Hal ini disebabkan kekeruhan sangat tergantung pada banyak sedikitnya unsur yang tidak terlarut dalam air tanah.

#### DAFTAR PUSTAKA

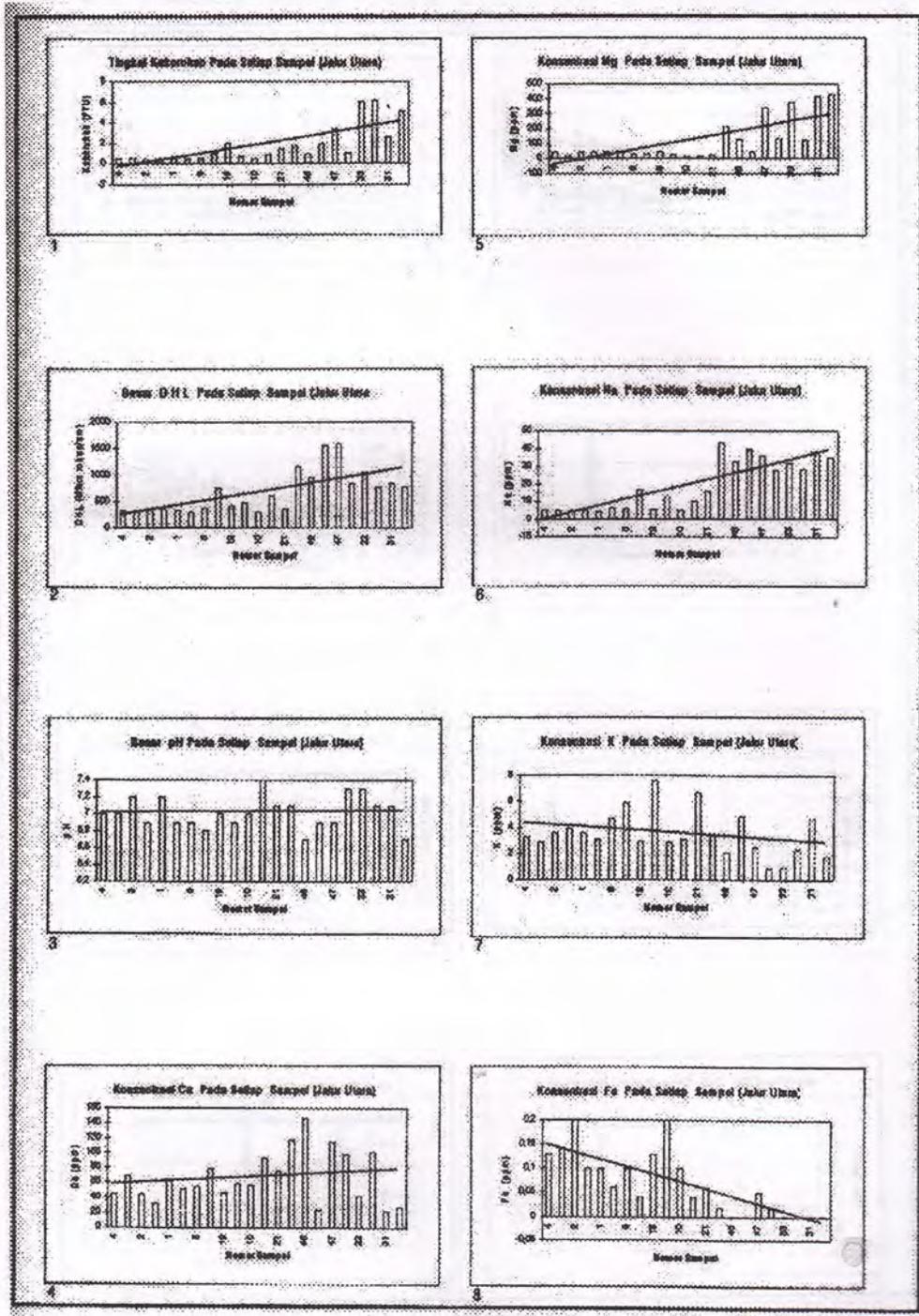
- Alaerts, G dan Sri sumestri Santika. 1987. *Metode Penelitian Air*. Surabaya : Usaha Nasional
- Amudi Pasaribu. 1983. *Pengantar Statistik*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Camberlain, Robert and Hayward, Donald. 1996. Evaluation of Water Quality and Monitor in The St. Lucie Estuary, Florida. *Water Resources Bulletin*, vol. 32, number 4 August 1996. The Netherlands : American Water Resources Assosiation (AWRA)
- Currie, JC and Pepper, AT. 1993. *Water and The Environment*. New York : Ellis Horwood Limited.
- Eko Budiharjo. 1992. *Sejumlah Masalah Permukiman Kota*. Bandung : Penerbit Alumni
- Fakultas Geografi UGM. 1995. Penataan Ruang dan Pengelolaan Wilayah untuk Menyongsong Otonomi Daerah. *Kumpulan Makalah. Seminar Nasional*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Fetter, CW. 1988. *Applied Hydrogeology*. New York : Mac Millan Publishing Company.

- Harun Sukarmadidjaja. 1993.. *Pengelolaan Sumber Daya Air. Pendidikan dan latihan Tenaga Tehnik Penyediaan Air Minum*. Bandung ITB.
- ITB. 1993. *Pengelolaan Sumber daya Air. Kumpulan Makalah. Pendidikan dan Latihan Tenaga Tehnik Penyediaan Air.Minum*. Bandung : Fakultas Tehnik dan Perencanaan ITB.
- Karmono dan Joko Cahyono. 1978. *Pengantar Penentuan Kualitas Air*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Menteri KLH. 1990. *Kualitas Lingkungan di Indonesia*. Jakarta : Kantor Menteri Negara KLH.
- Moh. Nazir. 1988. *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Priana Sudjono. 1993. *Pengelolaan Sumber Daya Air. Pendidikan dan Latihan Tenaga Teknik Penyediaan Air Minum*. Bandung : ITB.
- Soemirat Slamet. 1993. *Standard Air Minum. Pendidikan dan Latihan Tenaga Teknik Penyediaan Air Minum*. Bandung : ITB
- Sudarmadji. 1995. *Pencemaran dan Proteksi Lingkungan. Bahan Ajaran Program Studi Ilmu Lingkungan, Pascasarjana UGM*. Yogyakarta : Program Pascasarjana UGM
- Sudarmaji dan Suyono. 1993. *Kualitas Air Tanah di Tiga Ibukota Kecamatan (Kutowinangun, Prembun dan Kutoarjo) dan Kaitannya dengan Sanitasi Lingkungan Sekitar. Forum Geografi Desember Nomor 13 tahun VII*. Surakarta : Fakultas Geografi UMS.
- Sudjana. 1993. *Statistika untuk Ekonomi dan Niaga*. Bandung : Tarsito
- Sudjana. 1996. *Metoda Statistika*. Bandung : Tarsito.
- Sugeng Martopo. 1990. *Prinsip-prinsip Ekologi Lingkungan. Kursus Penyusunan AMDAL 1990*. Yogyakarta : PPLH UGM.
- Sutikno. 1976. *Land Degradation of Urban Area of Fluvio Volcanic Plain (Case Study of Yogyakarta Urban Area. The Indonesia Journal of Geography, December number 70<sup>th</sup> volume 27*. Indonesia : The Faculty of Geography Gadjah Mada University.
- The American Water Works Assosiation Inc. 1970. *Water Quality and Treatment*. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Todd, David Keith. 1980. *Groundwater Hydrology*. New York : John Wiley and Sons.

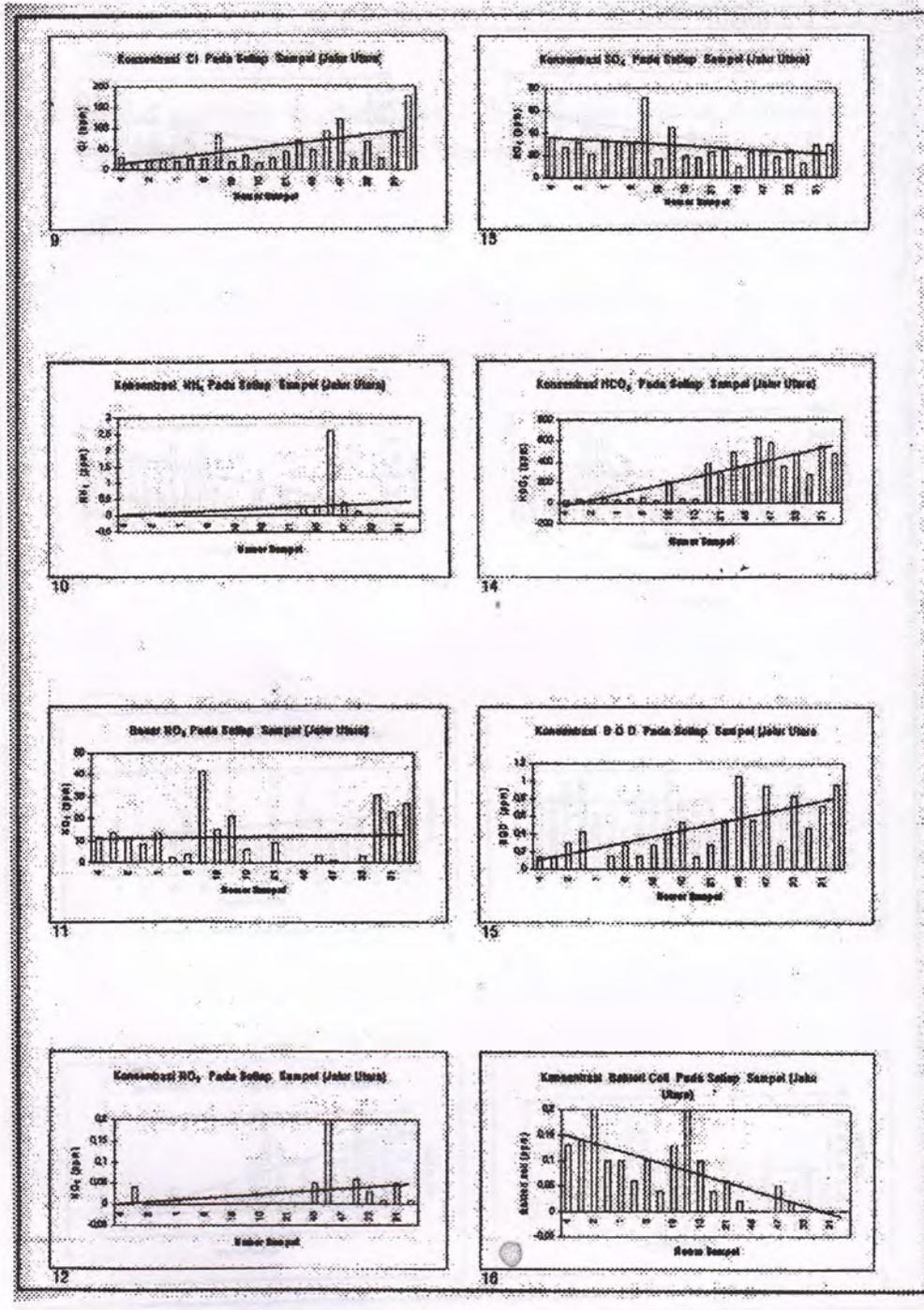
Totok Gunawan. 1992. Pengaruh Perkembangan Fisik Kota terhadap Perubahan Lingkungan di Kotamadia Surakarta dan Sekitarnya. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.

Travis, Curtis C dan Etnier, Elizabeth L. 1984. *Groundwater Pollution Environmental and Legal Problems*. Colorado USA : Westview Press Inc.

Gambar 1 : Konsentrasi Parameter Kualitas Air Tanah Setiap Titik Sampel pada Jalur Utara



Lanjutan Gambar 1



Gambar 2 : Konsentrasi Parameter Kualitas Air Tanah Setiap Titik Sampel pada Jalur Tengah

