

## Sejarah Perkembangan Kota Semarang (Jawa Tengah) di Masa Lalu dan Dampak Kehadiran Polutan Nitrat Pada Airtanah di Masa Kini

### *History of the past development of the Semarang city(Central Java) and its impact on nitrat pollutants presence in the groundwater today*

**Sudaryanto dan Sunarya Wibawa**

**ABSTRAK** Sejarah perkembangan kota Semarang dimulai sejak abad ke-8 dan mulai dibangunnya perkantoran dan permukiman tahun 1705 terpusat di kota yang saat ini terkenal dengan kota lama Semarang. Periode berikutnya pembangunan perkantoran, permukiman dan vila-vila yang cukup pesat tahun 1942-1976. Jumlah penduduk pada tahun 2010 akibat urbanisasi sebesar 1.527.433 jiwa, tingkat pertumbuhan penduduk 2,09% pertahun dengan kepadatan penduduk rata-rata 4.087 jiwa/km<sup>2</sup>. Permasalahannya apakah airtanah di kota Semarang yang termasuk kota tua dan merupakan wilayah urban telah terjadi kontaminasi nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian airtanah dangkal telah tercemari polutan nitrat dan tingginya nitrat tidak selalu berhubungan erat dengan umur permukiman dan kepadatan penduduk karena karakter litologi berperan sebagai penyerap atau meluluskan nitrat.

**Kata Kunci** : Kota Semarang, permukiman, polutan nitrat, penurunan kualitas airtanah.

**ABSTRACT** The history of Semarang City began in the 8th century which was marked by the construction of offices and settlements in 1705 centralized in the city nowadays well known as the old city of Semarang. The next period of development was during 1942-1976 marked by the vast development of office, settlement and villas. The population growth is 2.09% per annum and the population density is 4087 people/km<sup>2</sup>. It is still unknown whether the groundwater in Semarang City, including the old city, has been contaminated by nitrate due to the urbanization effects. The result showed that most of shallow groundwater have been contaminated by nitrate pollutant. However, the high concentration of nitrate was not always correlated with the age of settlement and population density, because the local lithology has a greater effect as the absorbent or permeating nitrate.

**Keyword** : Semarang city, settlement, nitrat pollutants, groundwater quality degradation.

---

Naskah masuk : 1 Oktober 2012  
Naskah selesai revisi : 19 Desember 2012  
Naskah siap cetak : 20 Mei 2013

---

Sudaryanto  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135  
E-mail : suda\_020@geotek.lipi.go.id

Sunarya Wibowo  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135  
E-mail : wibowo.hadhi@gmail.com

### **PENDAHULUAN**

Semarang merupakan ibukota provinsi Jawa Tengah yang perkembangannya dimulai abad ke-8 Masehi dengan nama Pragota. Semarang berkembang dengan pesat sejak kedatangan armada Laksamana Cheng Ho bersandar di pelabuhan Simongan pada tahun 1405 dan mendirikan kelenteng yang saat ini disebut Kelenteng Sam Po Kong (Gedung Batu). Dalam kurun waktu 606 tahun, pelabuhan Simongan telah berubah menjadi daratan yang saat ini letaknya berada 5 km di sebelah selatan dari

pelabuhan Tanjung Perak. Sejak Semarang di serahkan ke Belanda tahun 1705 oleh Paku Buwono I, Raja Mataram (Purwanto, 2005), mulailah dibangun permukiman-permukiman dan perkantoran yang saat ini lebih dikenal sebagai kota lama Semarang. Belanda mulai membangun vila-vila di daerah yang lebih tinggi di selatan kota Semarang mulai tahun 1942 dan dilanjutkan hingga jaman kemerdekaan tahun 1972.

Kota Semarang secara administrasi terdiri atas 16 kecamatan yang meliputi 177 kelurahan dengan luas wilayah keseluruhan 373,7 km<sup>2</sup>. Jumlah penduduk tahun 2010 adalah 1.527.433 jiwa, dengan tingkat pertumbuhan penduduk 2,09% pertahun dengan kepadatan penduduk rata-rata 4.087 jiwa/km<sup>2</sup> (Bappeda dan BPS Kota Semarang, 2011). Peningkatan penduduk di kota Semarang salah satunya karena adanya urbanisasi. Urbanisasi adalah peningkatan proporsi populasi penduduk di dalam perkotaan dan sekitarnya yang berhubungan dengan perubahan penggunaan lahan dari pertanian menjadi permukiman dan daerah komersial (Hendrayana, 2010). Dampak negatif dari umur permukiman dan urbanisasi terhadap menurunnya kualitas airtanah, salah satunya oleh polutan nitrat, karena adanya konsentrasi limbah rumah tangga yang tidak dialirkan kepengolah limbah secara komunal, namun dialirkan melalui saluran sanitasi ke selokan dan tangki septik. Sumber pencemar yang berasal dari air limbah buangan tersebut akan meresap melalui pori-pori tanah masuk ke airtanah. Resapan yang berasal dari limbah rumah tangga (domestik) dan pertanian, akan mengakibatkan tingginya kandungan nitrat dalam airtanah (Kendall, 1988) dan nitrat merupakan unsur yang relative stabil dalam air. Min *et. al* (2003), menyatakan bahwa tingginya nitrat berkaitan dengan umur permukiman atau kota dan pencemaran nitrat pada airtanah umumnya tidak hanya terdapat di wilayah perkotaan atau di kota-kota besar tetapi ditemukan di lingkungan permukiman-

permukiman. Permasalahannya apakah airtanah di Semarang yang termasuk kota tua dan merupakan wilayah urban telah terjadi kontaminasi nitrat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran kandungan polutan nitrat dalam airtanah dangkal di Semarang dan apakah tingginya polutan nitrat berhubungan dengan umur permukiman, kepadatan penduduk dan kondisi litologi setempat. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dengan melakukan pendataan serta pengukuran di lapangan dan pengambilan conto airtanah untuk keperluan analisis kimia di laboratorium. Hasilnya dilakukan analisis hubungan antara kandungan nitrat dengan umur permukiman, kepadatan penduduk akibat urbanisasi dan kondisi litologi setempat.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat sebagai acuan bagi masyarakat maupun pemerintah daerah dalam pengelolaan sumberdaya airtanah maupun limbah rumah tangga (domestik) menuju yang lebih baik.

#### **LOKASI PENELITIAN**

Lokasi penelitian di Kota Semarang, secara geografis terletak 6°56' - 7°07'LS dan 110°16' - 110°30' BT. Secara administratif di sebelah utara dibatasi oleh Laut Jawa, di sebelah selatan oleh Kabupaten Semarang, di sebelah barat oleh Kabupaten Kendal dan di sebelah timur oleh Kabupaten Demak. Ditinjau dari keadaan topografi daerah Semarang pada bagian utara hingga pantai merupakan dataran rendah, sedangkan di bagian selatan merupakan perbukitan, kota ini memiliki dua daerah yang secara geografis keadaannya berlawanan, di bagian utara berupa dataran rendah sedangkan di bagian selatan mempunyai ketinggian 270 m. Kota Semarang meliputi luas wilayah 373,7 km<sup>2</sup>, daerah penelitian secara administratif merupakan Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1).

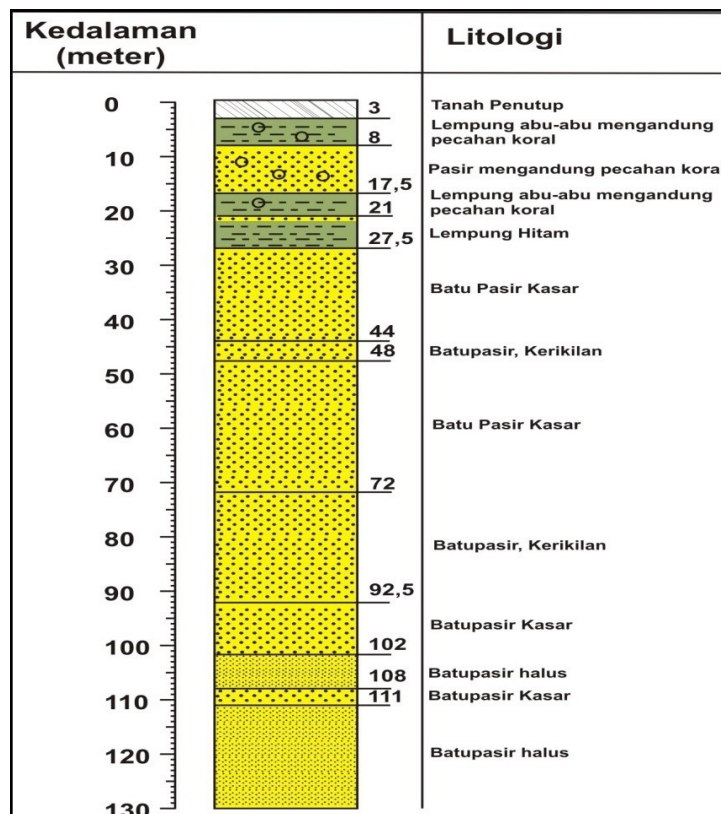


Gambar 1. Lokasi Penelitian Semarang.

### Hidrogeologi

Wilayah kota Semarang mencerminkan bentang alam berupa dataran rendah pantai dan daerah perbukitan, dengan ketinggian berkisar antara 0-270 m dml. Morfologi dataran rendah, mempunyai ketinggian antara 0-50 m dpl, yang

terbentang luas di daerah dataran pantai mulai dari Kendal di bagian barat, Semarang di bagian tengah hingga Demak di bagian timur. Pada morfologi dataran ini tertutupi endapan aluvium, yang terdiri dari endapan sungai, endapan delta Garang dan endapan pantai. Endapan aluvium



Gambar 2. Penampang lubang Bor di Masjid Baiturahman, Simpang Lima Semarang (Arifin dan Wahyudin, 2000).

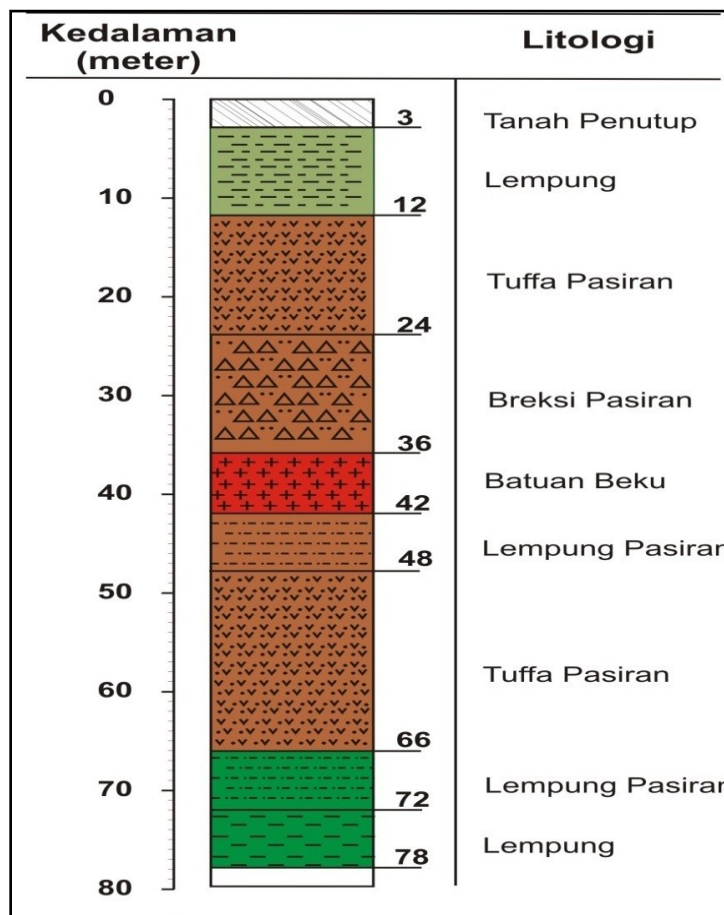
merupakan material-material lepas, berupa pasir, lanau, lempung, kerikil dan kerakal. Morfologi perbukitan yang terletak di bagian selatan kota Semarang mempunyai ketinggian berkisar antara 50-270 m dpl. Morfologi perbukitan ini merupakan Formasi Damar yang terdiri dari batupasir, breksi, konglomerat dan tufa (Sihwanto dan Iskandar, 2000).

Sihwanto dan Iskandar (2000), menyatakan bahwa sistem akuifer airtanah di dataran Semarang terdiri atas kelompok akuifer :

1. Akuifer Endapan Kuarter, akuifer ini terdapat di dataran rendah. Penyebarannya tidak menerus kearah horisontal, dengan variasi litologi dan di beberapa tempat dijumpai adanya lebih dari satu akuifer, dan setiap lapisan akuifer dipisahkan oleh lapisan yang kelulusanya relatif rendah. Gambar 2, adalah

penampang lubang bor yang terletak pada endapan Kuarter, litologinya berupa tanah penutup, lempung abu-abu mengandung koral dengan ketebalan antara 1-8 m, dibawahnya berupa pasir mengandung koral, lempung abu-abu mengandung pecahan koral, dan lempung hitam yang berperan sebagai pembatas antara airtanah tidak tertekan dan airtanah tertekan. Kedalaman akuifer tidak tertekan berkisar antara 0-17,5 m di bawah muka tanah setempat (bmt) sedangkan untuk akuifer tertekan berkisar antara 27,5-130 m bmt, sebaran akuifer endapan Kuarter di bagian barat mulai Bulu dan Kalibanteng sedangkan di bagian timur sampai daerah Tambaklorok.

2. Akuifer Formasi Damar, penyebarannya di daerah selatan Semarang mulai dari perbukitan Candisari dan di Simongan



Gambar 3. Penampang lubang Bor di PT. Wahyu Utomo, Semarang (Arifin dan Wahyudin, 2000).

3. (Sampokong). Gambar 3, adalah penampang lubang bor yang terletak pada Formasi Damar, litologinya terdiri dari bagian atas berupa tanah penutup, lempung, tufa pasir, breksi pasir, batuan beku dan lempung pasir. Kedudukan akuifer tidak tertekan di kedalaman antara 3-24 m bmt, akuifer tertekan di kedalaman 42-66 m.

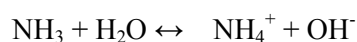
### TINJAUAN PUSTAKA

Nitrat dalam air berkaitan erat dengan siklus nitrogen di alam. Dalam siklus tersebut nitrat dapat terjadi dari  $N_2$  dan dari oksida  $NO_2^-$  oleh bakteri dari kelompok *Nitrobacter* (Effendi, 2003). Sumber pencemaran nitrat pada air tanah berasal dari permukiman penduduk yang menggunakan tangki septik, kakus dan sumur injeksi (Min *et al.*, 2003). Notodarmojo (2005), menyatakan bahwa tingginya pencemaran airtanah akibat tangki septik dan kakus di Indonesia masih cukup tinggi, karena sistem penyaluran dan pengolahan limbah domestik secara komunal masih langka (hanya melayani kurang dari 1% penduduk), sehingga penggunaan tangki septik dan kakus sebagai tempat pembuangan limbah masih dominan. Umezawa *et al.* (2008), menyatakan bahwa sumber pencemar pada airtanah di kota-kota besar termasuk Jakarta karena buangan limbah domestik dan saluran buangan dari permukiman.

Menurut Hammer dan MacKichan (1981), tingginya konsentrasi Nitrat di daerah perkotaan disebabkan oleh besarnya masukan limbah rumah tangga (limbah domestik), yang dipengaruhi dengan tingkat kepadatan septik tank. Keberadaan nitrat dalam airtanah disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penggunaan pupuk buatan, limbah sampah dari tempat pembuangan akhir (Sudaryanto dan Suherman, 2009), dimana pemicunya adalah air lindi yang masuk ke badan airtanah. Tingginya Nitrat di perkotaan disebabkan oleh besarnya masukan limbah rumah tangga yang dipengaruhi oleh tingkat kepadatan rumah-rumah penduduk, umur suatu pemukiman dimana berlaku semakin tua umur suatu pemukiman semakin besar konsentrasi nitrat di kawasan tersebut (Min *et al.*, 2003). Kadar nitrat

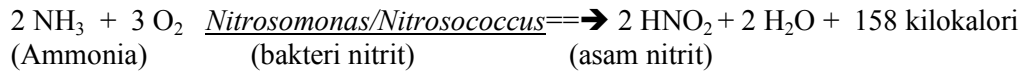
yang tinggi dapat bersifat toksik dan dapat mengganggu kesehatan manusia, Notodarmojo (2005) menyatakan bahwa standar maksimum kandungan nitrogen-nitrat ( $NO_3-N$ ) dalam air minum adalah 10 mg/l (45 mg/l bila dinyatakan sebagai nitrat). Konsentrasi nitrat yang tinggi bagi kesehatan terutama bagi bayi dapat menyebabkan apa yang disebut “blue baby”, yaitu terjadinya warna kebiru-biruan pada bayi karena kekurangan oksigen. Selain itu, kandungan nitrat yang tinggi juga mempunyai peran penting dalam pembentukan senyawa yang dapat menyebabkan penyakit kanker.

Nitrat ( $NO_3^-$ ) dan nitrit ( $NO_2^-$ ) merupakan ion-ion anorganik bagian dari siklus nitrogen. Mikroba di tanah atau pada air mengurai limbah yang mengandung nitrogen organik menjadi ammonium ( $NH_4$ ) yang kemudian dioksidasi menjadi nitrat dan nitrit. Keterjadian penguraian tersebut menyebabkan nitrat merupakan senyawa yang paling sering ditemukan dalam airtanah (Umezawa *et al.*, 2008). Disebutkan pula bahwa sumber utama ammonium ( $NH_4$ ) berasal dari Tanki septik, Kakus dan tempat pembuangan sampah. Tang *et al.* (2004), menyatakan bahwa polutan didalam airtanah dengan sebaran tinggi di kota-kota besar didunia adalah nitrat dan nitrit dan senyawa nitrat di dalam tanah mudah bermigrasi ke airtanah dalam kondisi alami, pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan gas amonium ditunjukkan dalam persamaan reaksi sebagai berikut :

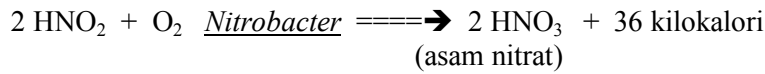


Nitrifikasi merupakan proses oksidasi ammonia ( $NH_3$ ) menjadi nitrit dan nitrat, proses ini penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Nitrat merupakan salah satu parameter pencemar yang berasal dari limbah domestik (rumah tangga). Hal ini dikarena ammonia ( $NH_3$ ) yang dihasilkan dari limbah tersebut melalui bakteri diubah menjadi nitrat dengan reaksi sebagai berikut :

Reaksi nitrifikasi :



Reaksi denitrifikasi :

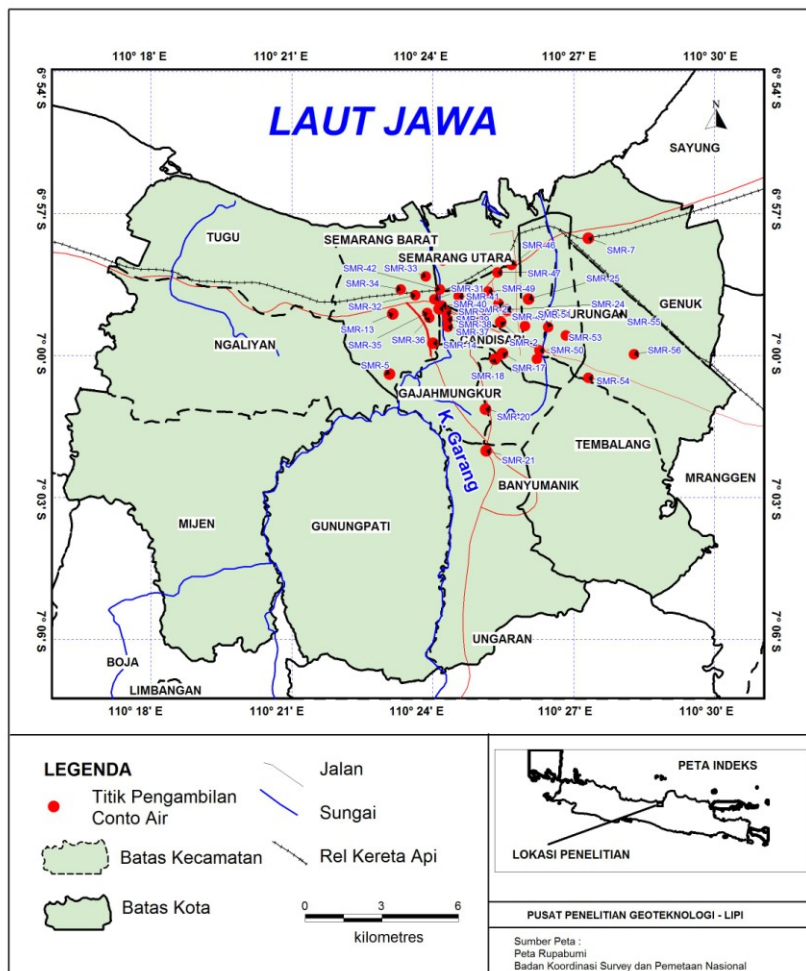


Asam nitrat yang terbentuk mengalami ionisasi seperti reaksi di atas sehingga terbentuk ion nitrat.

### METODE PENELITIAN

Guna mengetahui sebaran kandungan polutan nitrat dalam airtanah dangkal di Semarang dan apakah tingginya polutan nitrat berhubungan dengan umur permukiman, kepadatan penduduk dan kondisi litologi setempat. Untuk mengetahui

hal tersebut dilakukan pengambilan contoh airtanah tidak tertekan yang di fokuskan di pusat kota Semarang Lama yang dahulunya sebagai pusat pemerintahan Belanda dan permukiman yang dibangun sejak tahun 1705 (Purwanto, 2005) yang diyakini merupakan permukiman tertua yang ada hingga saat ini, serta permukiman dan vila-vila yang dibangun tahun 1942 di sebelah selatan kota. Di pusat kota Semarang meliputi 9 Kecamatan, yaitu Kecamatan: Semarang Tengah, Semarang Barat, Semarang



Gambar 4. Lokasi pengambilan contoh airtanah tidak tertekan (sumur gali).

Timur, Semarang Utara, Semarang Selatan, Candisari, Kecamatan Gayamsari, Gajah Mungkur dan Banyu Manik. Di 9 kecamatan tersebut mempunyai tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi dibanding kecamatan diluar pusat kota yaitu 7,357 jiwa per km<sup>2</sup> - 14,391 jiwa per km<sup>2</sup>.

Data yang diambil secara langsung di tempat lokasi penelitian mencakup data kondisi lingkungan sumur gali. Alat yang digunakan untuk pengambilan contoh air adalah *water sampler vertical* yang terbuat dari fiber glass, dengan volume sekitar 600 ml. Parameter kimia maupun fisika (pH, DHL, dan temperatur) pengukurannya dilakukan di lapangan dengan menggunakan alat *water quality checker* merk Horiba tipe U 10. Untuk menentukan posisi digunakan GPS (*Global Positioning System*). Jumlah seluruh contoh airtanah adalah 42 tertera pada Gambar 4 dan Tabel 1. Setiap contoh airtanah dilakukan analisis kimia kandungan polutan nitrat, dengan alat Spektrofotometer sinar tampak, Shimadzu. Selanjutnya melakukan pengolahan data, tentang kondisi airtanah di Semarang sehingga dapat dihasilkan sebagai dasar dalam penentuan daerah mana yang telah mengalami pencemaran nitrat yang mengakibatkan penurunan kualitas airtanah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Zat pencemar (*pollutant*) dapat didefinisikan sebagai zat kimia (cair, padat maupun gas), baik yang berasal dari alam yang kehadirannya dipicu oleh kegiatan manusia (*anthropogenic origin*) yang telah diidentifikasi mengakibatkan efek yang buruk bagi kehidupan manusia atau lingkungannya (Notodarmojo, 2005). Pengertian kontaminan sama dengan seperti zat pencemar, hanya saja efek negatif atau dampaknya secara nyata terhadap manusia dan lingkungannya belum teridentifikasi secara jelas.

Pengamatan beberapa sumur gali (Tabel 1) di dataran Semarang pada bulan Mei 2010 menunjukkan elevasi muka air tanah dengan kisarannya antara -0,30 m hingga -17,46 m dari muka tanah. Secara umum di daerah Semarang bagian utara kedalaman muka air tanah antara -0,30 m hingga -1,89 m, sedangkan yang mempunyai muka air tanah terdalam -17,46 m

(SMR-20) terletak di Jangli Tlawah, Karangayar lokasi ini berada di perbukitan sebelah selatan kota Semarang.

Tiga parameter yang diukur di lapangan (Tabel 1) yaitu temperatur, daya hantar listrik (DHL), dan derajat keasaman (pH). Data yang diperoleh menunjukkan bahwa temperatur berkisar antara 22,7 °C hingga 31,2 °C, DHL antara 250 µS/cm hingga 4450 µS/cm terendah di SMR-36 Jl. Puspajolo Tengah di sekitar perbukitan dan nilai tertinggi terdapat di lokasi SMR-51 yakni di Jl. Jl. Unta Raya. Derajat keasaman pH berkisar antara 6,06 hingga 8,18. Pengukuran DHL dilakukan setiap kedalaman 0,5 m, namun tidak memperlihatkan perbedaan nilai DHL, ini mencerminkan bahwa di wilayah penelitian tidak terdapat stratifikasi air artinya air yang bersangkutan berasal dari satu sumber (tidak berlapis). Ketebalan (ketinggian) air pada sumur yang diamati berkisar antara 1,40 m hingga 6,8 m. Paling tebal terdapat di Jl. Sindang Gua dan yang paling tipis terdapat di Jl. Erowati Raya 4.

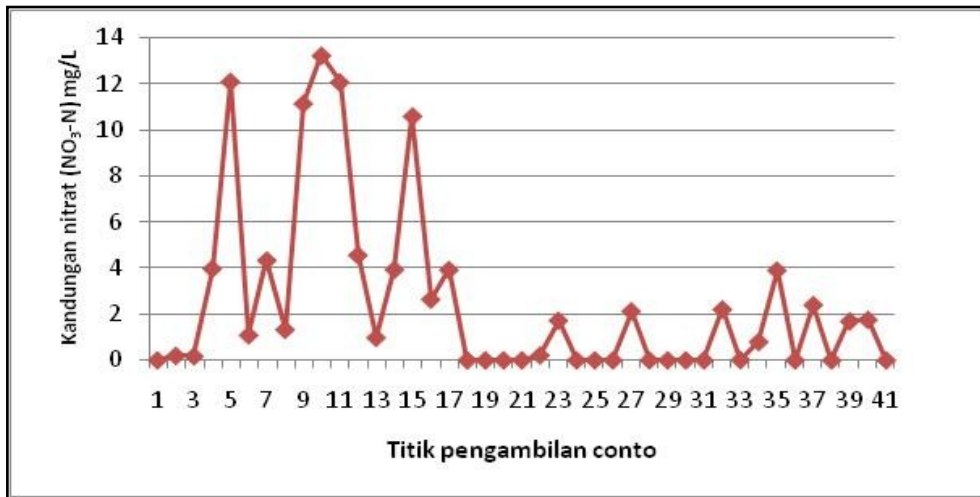
Hasil analisis laboratorium parameter kimia nitrat (NO<sub>3</sub>-N), apabila dicermati di beberapa lokasi penelitian memperlihatkan nilai nitrat yang melebihi ambang batas. Kandungan nitrat yang melampaui ambang batas (10 mg/L) terdapat di empat lokasi yaitu SMR-13, SMR-20, SMR-21, dan SMR-25 yang terdapat pada Formasi Damar (Gambar 4 dan 6). Dua sumur gali yang sudah lama tidak dimanfaatkan air tanahnya mempunyai kandungan nitrat tertinggi 13,25 mg/l dengan pH 6,06 (Tabel 1) pada kedalaman muka air tanah 17,46 mdmt (meter dari muka tanah) ditemui di daerah Jangli Tlawah, Karangayar (SMR-20), serta sumur gali di kompleks Sapta Marga (SMR-21) dengan pH 6,28 pada kedalaman muka airtanah 1,49 mdmt, kandungan nitrat 12,09 mg/l. Kedua sumur ini sudah lama tidak digunakan untuk kebutuhan sehari-hari sehingga terjadi akumulasi dari sumber pencemar disekitarnya. Kandungan nitrat tinggi 12,11 mg/l terdapat di Karang Sawo sebelah barat Klenteng Sampokong (SMR-13) dengan pH 7,01 pada kedalaman muka air tanah 1,44 mdmt, dan tingginya kandungan nitrat nampak dari dinding sumur adanya rembesan air dari permukiman padat di sebelah selatan dengan posisi lebih tinggi dari lokasi sumur SMR-13.

Tabel 1. Nama lokasi pengambilan contoh airtanah dan hasil pengamatan lapangan.

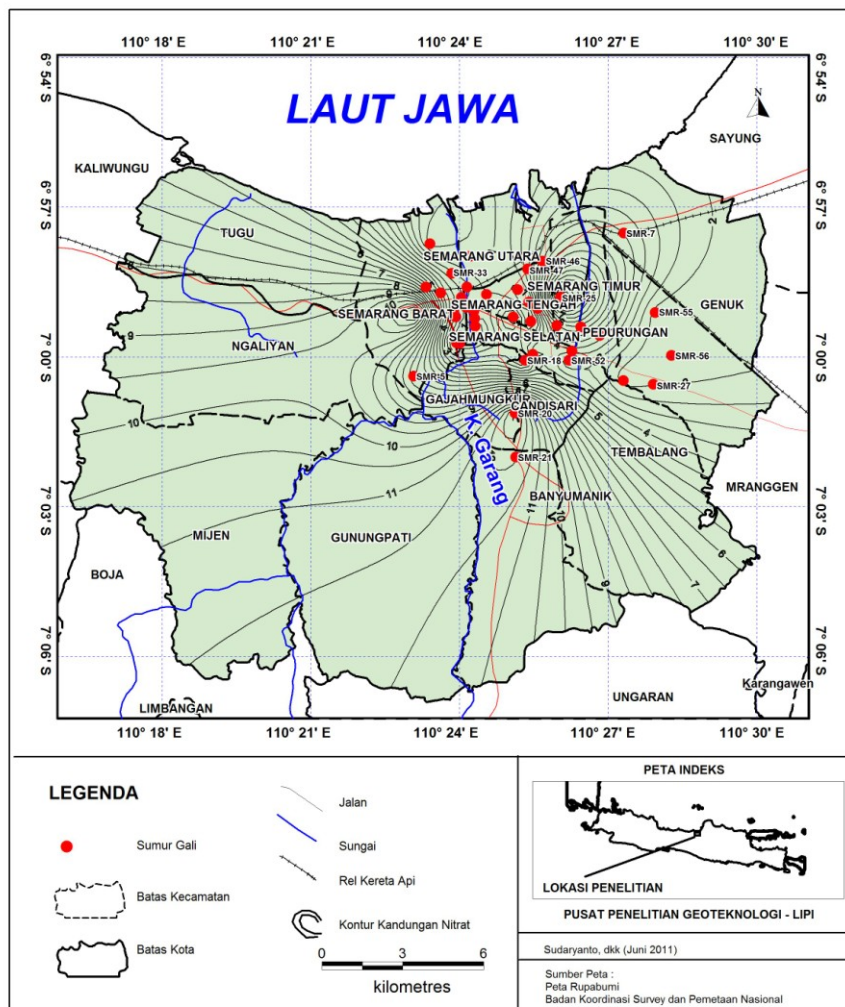
No	Nama lokasi	Jenis Sumur	Kode Conto	Muka Air Tanah (m)	Kedalaman Conto Air (m)	pH	DHL (µS/cm)	Temp. (°C)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)
1	Citra Land Simpang Lima	Sumur Gali	SMR-2	0,73	0.8	7,37	1810	23,7	0,84
2	Kimia Farma	Sumur Gali	SMR-5	0,8	1.50	7,33	501	27,4	6,57
3	PRPP II Rumah Diesel	Sumur Gali	SMR-6	18,71	20	8,15	4450	31,7	0,17
4	LIK Kaligawe	Sumur Gali	SMR-7	0,45	0.55	8,18	268	31,2	3,98
5	Karang Sawo	Sumur Gali	SMR-13	1,44	1.60	7,01	731	28,4	12,11
6	Sekitar Sam Po Kong	Sumur Gali	SMR-14	1,53	1.60	7,7	836	26,5	1,09
7	Jl. Peleburan Raya	Sumur Gali	SMR-17	3,5	10	6.96	685	23,9	4,75
8	Kp. Genuk Krajan	Sumur Gali	SMR-18	1,78	1.90	6.93	723	26,8	4,35
9	Kp. Tegal Sari, Atom	Mata Air	SMR-19	0	0	7,07	414	28,6	11,16
10	Jangli Tlawah, Karang Anyar Gunung	Sumur Gali	SMR-20	17,46	18.00	6,06	338	29,5	13,25
11	Kompl. Sapta Marga , Jatigalek	Sumur Gali	SMR-21	1,49	1.60	6,28	255	28,9	12,09
12	JL. Taman Pekuncen	Sumur Gali	SMR-22	0,48	0.60	7,56	1280	29,6	4,57
13	Kp. Kepundan Utara	Sumur Gali	SMR-23	1,89	2.00	7,51	1050	28,5	0,98
14	JL, Karang Wulan Barat	Sumur Gali	SMR-24	0,57	0..70	7,56	852	29,6	3,94
15	Petelan Selatan	Sumur Gali	SMR-25	0,55	0.70	7,26	657	29	10,61
16	Jln Madukoro I	Sumur Gali	SMR-31	0,80	3,7	7,22	607	27,1	2,65
17	Jln Damarwulan I	Sumur Gali	SMR-32	0,74	2,0	7,20	556	27,8	3,93
18	Jl Dworowati III	Sumur Gali	SMR-33	0,58	2,5	7,37	1080	27,5	ttd
19	Jl Ajasmoro Tengah IV	Sumur Gali	SMR-34	1,10	2,55	7,08	724	28,1	ttd
20	Jl. Puspanjolo Tengah VII	Sumur Gali	SMR-35	0,86	3,10	7,13	935	27,7	ttd
21	Jl Puspanjolo Tengah	Sumur Gali	SMR-36	3,50	3,50	7,30	435	28,2	ttd
22	Jl Suyudono, Lab. Undip	Sumur Gali	SMR-37	1,55	3,1	7,09	579	28,1	0,22
23	Cokroaminoto (Kom AD)	Sumur Gali	SMR-38	0,98	1,80	7,20	778	27,8	1,73
24	Jl. Bulu Stalan	Sumur Gali	SMR-39	0,98	2,05	6,97	1260	28,5	ttd
25	Jl. Bulus Talang Gang II	Sumur Gali	SMR-40	0,40	1,95	7,31	770	28,7	ttd
26	Jl. Sadewa	Sumur Gali	SMR-41	0,70	2,20	7,38	776	29,5	ttd
27	Jl. Erowati Raya 4(a)	Sumur Gali	SMR-42	0,30	1,40	7,50	606	27,5	ttd
28	Jl. Erowati Raya 4(b)	Sumur Gali	SMR-43	0,30	3,50	7,28	789	28,6	ttd
29	Jl Biroto Jaya Barat	Sumur Gali	SMR-44	0,50	4,00	7,49	1250	28	ttd
30	Kel. Karang Turi Bld	Sumur Gali	SMR-45	0,90	2,50	7,68	845	28	ttd
31	Jl. Perkutut, G. Blenduk	Sumur Gali	SMR-46	0,60	2,00	7,60	1200	29,3	ttd
32	Jl. Pemuda Metro	Sumur Gali	SMR-47	0,60	1,50	7,75	536	28,9	2,21
33	Kl. Mawelan	Sumur Gali	SMR-48	1,55	3,50	7,50	1120	28,4	0,02
34	Jl Depok Pegadaian	Sumur Gali	SMR-49	0,82	1,60	7,46	591	28,1	0,80
35	Panda Lemper, Jarum	Sumur Gali	SMR-50	3,20	2,50	7,38	793	29,2	0,91
36	Jl. Unta Raya	Sumur Gali	SMR-51	0,70	1.50	7,44	1800	29,1	ttd
37	JL. Kanal Timur	Sumur Gali	SMR-52	2,05	3,50	7,29	804	27,9	2,40
38	Jl. Gajah Timur IV	Sumur Gali	SMR-53	1,05	2.00	7,53	1520	29,1	ttd
39	JL. Sendang Guo	Sumur Gali	SMR-54	0,92	6,80	7,30	745	28,9	1,69
41	Sumur Syuhada	Sumur Gali	SMR-55	0,95	3,80	7,30	1310	29,1	176
42	Sumur Mbah Kliwon	Sumur Gali	SMR-56	0,84	3,40	7,80	953	28,7	ttd

Keterangan : ttd = tidak terdeteksi





Gambar 5. Grafik hasil analisis kandungan nitrat pada airtanah dangkal di Semarang.



Gambar 6. Peta kontur kandungan nitrat pada airtanah dangkal.

Tabel 2. Jumlah penduduk dan kepadatan penduduk 2010 di kota Semarang.

No	Kecamatan	Tingkat Kepadatan Penduduk		Kepadatan Penduduk
		Luas Wilayah	Jumlah Penduduk	
		Km <sup>2</sup>	Jiwa	Jiwa per Km <sup>2</sup>
1	Mijen	57,55	52.711	916
2	Gunungpati	54,11	71.174	1.315
3	Banyumanik	25,69	125.909	4.901
4	Gajah Mungkur	9,07	62.413	6.881
5	Semarang Selatan	5,93	85.309	14.391
6	Candisari	6,54	80.224	12.267
7	Tembalang	44,20	133.434	3.019
8	Pendurungan	20,72	171.599	8.282
9	Genuk	27,39	85.877	3.135
10	Gayamsari	6,18	74.748	12.101
11	Semarang Timur	7,70	80.433	10.446
12	Semarang Utara	10,97	127.170	11.593
13	Semarang Tengah	6,14	73.174	11.918
14	Semarang Barat	21,74	159.946	7.357
15	Tugu	31,78	27.846	876
16	Ngaliyan	37,99	115.466	3.039

Sumber data : Bappeda dan BPS Kota Semarang, 2011.

Untuk sumur gali di Petelan (SMR-25) dengan pH 7,26 pada kedalaman muka air tanah 0,55 m dmt mempunyai kandungan nitrat 10,61 mg/l, hasil penjelasan penduduk setempat bahwa muka air sumur sangat tergantung dari selokan (sungai) di sebelah timurnya yang berjarak kurang lebih 30m dari sumur gali, ini menunjukkan bahwa polutan nitrat di pengaruhi oleh kondisi air sungai tersebut dan lahan di daerah ini merupakan urugan.

Dari hasil analisis conto airtanah yang telah di plot ke peta Gambar 6, dari sumur dangkal yang diambil dari wilayah kota lama Semarang yang berada pada akuifer endapan Kuarter tidak menunjukkan nitrat yang tinggi, sedangkan dari sumur dangkal sebelah selatan kota Semarang di vila-vila (Tanah putih dan Simongan) yang

berada pada akuifer Formasi Damar di beberapa titik contoh menunjukkan kandungan nitrat yang tinggi hingga melampui batas yang diperbolehkan. Dari nilai infiltrasi di kota lama Semarang pada akuifer endapan Kuarter termasuk kategori sedang dengan nilai kecepatan infiltrasi antara 24,628 cm/jam - 28,025 cm/jam, sedangkan infiltrasi di daerah selatan Semarang pada Formasi Damar termasuk katagori sedang sampai cepat dengan nilai infiltrasi antara 39,066 cm/jam - 47,558 cm/jam. Tidak diketemukan kandungan nitrat yang tinggi di kota lama Semarang yang mulai dibangun tahun 1705, karena menurut Delinom et al., (2011), menjelaskan bahwa lapisan batuan pasir lempungan pada endapan Kuarter mempunyai kemampuan sebagai media penyerap polutan nitrat yang baik. Berbeda pada akuifer Formasi

Damar pada batulempung, tufa dan breksi tidak mempunyai kemampuan menyerap polutan nitrat dan bersifat poros sehingga menjadi media meluluskan nitrat yang baik. Khusus di kota Semarang, kondisi ini mencerminkan bahwa umur permukiman tidak selalu berhubungan erat dengan tingginya kandungan nitrat karena karakter litologi berperan sebagai penyerap.

Seiring dengan kecepatan pembangunan di kota Semarang, jumlah penduduk pada tahun 2010 telah mencapai 1.527.433 jiwa atau dengan kepadatan penduduk 4.087 jiwa per km<sup>2</sup>. Keterkaitan antara kepadatan penduduk di kota Semarang (Tabel 2) dengan tingginya nitrat (Gambar 5), bahwa di kota Semarang yang terdiri atas 16 wilayah kecamatan kandungan nitrat diatas 10 mg/L terdapat di 5 kecamatan yaitu ; di kecamatan Semarang Barat dengan kepadatan penduduk 7.357 jiwa per km<sup>2</sup> terdapat di SMR-13 (Karangsawo) dan SMR-14 (Sampokong), di kecamatan Semarang Selatan kepadatan penduduk 14.391 jiwa per km<sup>2</sup> terdapat di SMR-17 (Peleburan) dan SMR-19 (Tegal sari), di Kecamatan Candisari kepadatan penduduk 12.267 jiwa per km<sup>2</sup> terdapat di SMR-18 (Genuk Krajan) dan SMR-20 (Jangli Tlawah), di kecamatan Bayu Manik kepadatan penduduk 4.901 jiwa per km<sup>2</sup> terdapat di SMR-21 (Jatigaleh) sedangkan di kecamatan Semarang Tengah kepadatan penduduk 11.918 jiwa per km<sup>2</sup> terletak di SMR-25 (Petelan Selatan). Semua lokasi yang mempunyai tingkat pencemaran nitrat tinggi semuanya terletak di tinggian bagian selatan dan Timur kota Semarang yang secara geologi masuk pada Formasi Damar (Gambar 6), kecuali di Petelan Selatan SMR-25 terdapat di tengah kota pada permukiman padat.

Ada hubungan antara kepadatan penduduk dengan tingginya nitrat terlihat di tiga kecamatan yaitu; di Semarang Tengah, Candisari dan Semarang Barat dengan kepadatan penduduk antara 11.918 - 14.391 jiwa per km<sup>2</sup> di beberapa titik contoh mempunyai kandungan nitrat tinggi antara 10,61 mg/l - 13,25 mg/l. Di dua kecamatan Banyumanik dan Semarang Barat dengan kepadatan penduduk antara 4.901 - 7.357 jiwa per km<sup>2</sup> di beberapa titik contoh mempunyai kandungan nitrat tinggi antara 12,09 mg/l - 12,11 mg/l, sedangkan di kecamatan Semarang Utara, Semarang Tengah dan Gayamsari tidak nampak adanya kandungan nitrat yang tinggi, ini

menunjukkan bahwa tidak selalu kepadatan penduduk ada hubungan langsung dengan tingginya nitrat, tetapi berkaitan dengan karakter litologi wilayah dimana contoh airtanah diambil.

## **KESIMPULAN**

Di kota lama Semarang yang dibangun sejak tahun 1705 yang berada pada akuifer endapan Kuarter tidak diketemukan nitrat yang tinggi, sedangkan di wilayah permukiman dan vila-vila (Tanah putih dan Simongan) yang dibangun sejak tahun 1942-1976 yang berada pada akuifer Formasi Damar di beberapa titik contoh menunjukkan kandungan nitrat yang tinggi hingga melampaui batas yang diperbolehkan (10 mg/L). Tidak diketemukannya nitrat yang tinggi di kota lama Semarang karena lapisan batuan pasir lempungan berfungsi sebagai media penyerap nitrat yang baik, sedangkan di wilayah permukiman dan vila-vila batuan bersifat poros berfungsi sebagai media meluluskan nitrat. Kondisi ini mencerminkan bahwa umur permukiman tidak selalu berhubungan erat dengan tingginya kandungan nitrat karena karakter litologi berperan sebagai penyerap atau meluluskan nitrat.

Hubungan antara kepadatan penduduk dengan tingginya nitrat di kota Semarang menunjukkan bahwa di tiga kecamatan dengan kepadatan penduduk antara 11.918 - 4.391 jiwa per km<sup>2</sup> di beberapa titik kandungan nitrat antara 10,61 mg/l - 13,25 mg/l dan di dua kecamatan dengan kepadatan penduduk antara 4.901-7.357 jiwa per km<sup>2</sup> di beberapa titik kandungan nitrat antara 12,09 mg/ - 12,11 mg/l. Untuk di kecamatan Semarang Utara, Semarang Tengah dan Gayamsari tidak nampak adanya kandungan nitrat yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa tidak selalu kepadatan penduduk berhubungan langsung dengan tingginya nitrat, tetapi ada kaitannya pula dengan karakter litologi di wilayah dimana contoh air diambil.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Robert M. Delinom, Drs. Dadan Suherman, Dr. Sc. R. Fajar Lubis, Dadi Sukmayadi dan Alfi Rahmadani atas bantuannya selama penelitian dan penyusunan

tulisan ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Bapak Rudy Suseno, ST. MT, staf Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Jawa Tengah, serta seluruh rekan-rekan yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian di Semarang. Kegiatan penelitian ini dibiayai dari dana DIPA Tematik tahun 2010 dan 2011.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Arifin, M. B dan Wahyudin., 2000. Penyelidikan Potensi Cekungan Airtanah Semarang dan Cekungan Airtanah Ungaran, Jawa Tengah. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi. Bandung.
- Delinom, R. M., Sudaryanto., Wibawa, S., Lubis, F. R., Gaol, K. L., Rusydi, A. F., 2011. Model Pergerakan dan Sumber Pencemar Airtanah dangkal di daerah Semarang. Program Penelitian dan Pengembangan Iptek. Pusat Penelitian Geoteknologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Tidak dipublikasikan).
- Effendi, H., 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Hammer, M. J, & MackKichan, K. A., 1981. Hydrology and Quality of Water Resources, John Wiley & Sons Inc., Singapore.
- Hendrayana, H., 2010. Derasnya Urbanisasi dan Pengelolaan Sumberdaya Airtanah. Harian Ekonomi Neraca. Bataviase.co.id. <http://bataviase.co.id> diunduh 2- Februari-2011.
- Tang, C., Azuma, K., Iwami, Y., 2004. Nitrate Behaviour in the Groundwater of Headwater Wetland, Chiba, Japan. Hydrological Processes, Published online Wiley InterScience.
- Kendall, C. 1998. Tracing nitrogen sources and cycling in a catchment. In Kendall C, We Donne JJ, editors, Isotop Tracers in Catchment Hydrology. Elsevier. Science B.V, The Netherland;
- Min, J-H., Seong, T. Y., Kangjoo, K., Hyoung, S. K dan Dong, J. K., 2003. Geologic on the chemical behavior of nitrat in river side alluvial aquifers, Korea. Hydrological Processes, 17, 1197-1211. John Wiley & Sons, Ltd.
- Notodarmojo, S., 2005. Pencemaran Tanah dan Airtanah, Penerbit ITB, Bandung.
- Kendall, C., 1998. Tracing nitrogen source and cycling in catcment. Dalam Ohte N, Nagata T dan Yosshimizu C, Nitrogen and Oxygen isotop measurement of nitrat to survey the sources and transformation of nitrogen load in river. Proceedings, Tsukuba, Japan.
- Purwanto, L. M. F., 2005. Kota Kolonial Lama Semarang (Tinjauan Umum Sejarah Perkembangan Arsitektur Kota). Dimensi Teknik Arsitektur Vol.33. No.1. Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Kristen Petra.
- Bappeda dan Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Semarang., 2011. Semarang Dalam Angka.
- Sudaryanto dan Suherman, D., 2008. Degradasi Kualitas Airtanah Berdasarkan Kandungan Nitrat di Cekungan Airtanah Jakarta. Riset Geologi dan Pertambangan. Vol 18, No2, 61-68
- Sihwanto dan Iskandar, N., 2000. Konservasi Airtanah Daerah Semarang dan Sekitarnya. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi. Bandung.
- Umezawa, Y., Hosono, T., Onodera, S., Siringan, F., Delinom, M. R dan Taniguchi., 2007. Sources of nitrat and ammonium contaminations in groundwater at developing Asian Megacities, LIPI Press.