

## TIPE AIR DAN INDIKASI PERUBAHAN KUALITAS AIRTANAH DI KOTA SEMARANG DAN SEKITARNYA : HASIL PENELITIAN AWAL.

Sudaryanto<sup>1</sup>, Robert M Delinom<sup>1</sup>, Dadan Suherman<sup>1</sup> dan Rachmat Fajar Lubis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI  
Jl. Sangkuriang, Bandung 40135  
Email: sudaryanto@geotek.lipi.go.id

### Sari

Pengambilan airtanah yang berlebihan dalam kurun waktu yang lama akan menyebabkan menurunnya muka airtanah, sehingga terjadi kerucut depresi airtanah yang disebabkan oleh tidak seimbangnya antara pengambilan dengan pengisian. Penurunan muka airtanah akan menyebabkan terjadinya perubahan tekanan hidrostatik yang mengakibatkan terjadinya migrasi polutan dalam airtanah, sehingga di beberapa tempat telah mengalami penurunan kualitas. Analisis mengenai fenomena tersebut dilakukan dengan cara penentuan tipe air. Untuk keperluan itu, telah dilakukan pengambilan conto airtanah pada 15 sumur pantau dan 13 sumur dangkal yang tersebar di wilayah Semarang. Analisis kimia dilakukan dengan metode spektrofotometri serapan atom (AAS), volumetri dan turbidimetri. Berdasarkan kandungan kation/anion, diagram trilinear, airtanah di Semarang diklasifikasikan bertipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , NaCl,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ , CaMix dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Tipe air NaCl mengindikasikan bahwa sumur dangkal SMR-6 PRPP telah dipengaruhi oleh air laut. Sedangkan tipe air NaCl di sumur pantau SMR-3, SMR-8, SMR-29, dan SMR-30 nampaknya dipengaruhi oleh kandungan garam yang terdapat dalam batuan (garam purba). Hasil ini mengindikasikan airtanah di Wilayah Kota Semarang belum terkontaminasi khususnya air laut kecuali di PRPP Semarang.

**Kata kunci:** Conto air, tipe air, kualitas air, Semarang, air laut.

### Abstract

*The excessive groundwater abstraction within long period will decrease groundwater level which is caused cone of depression due to groundwater input and output is unbalanced. Groundwater decrement has changed hydrostatic pressure and creating pollutant migration in groundwater and caused water quality decrement in some area. This phenomenon was analysed by defining water type of some collected water samples. For this necessity, 15 water samples from monitoring wells and 13 water samples from dug wells in Semarang Area had been collected. The samples were analysed using atomic absorbance spectrophotometer (AAS), volumetric, and turbidimetry. Based on cation/anion content, trilinear diagram, the groundwater of Semarang can be classified as  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , NaCl,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ , CaMix, and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  water types. NaCl water type indicates that dug well in PRPP Semarang (SMR-6) has been influenced by sea water, while NaCl type that were found in some monitoring wells (SMR-3, SMR-8, SMR-29, and SMR-30) are influenced by paleo salt from formation. This result indicates that groundwater in Semarang Area has no contamination yet, except sample in PRPP Semarang.*

**Keyword:** water samples, water type, water quality, Semarang, sea water

## PENDAHULUAN

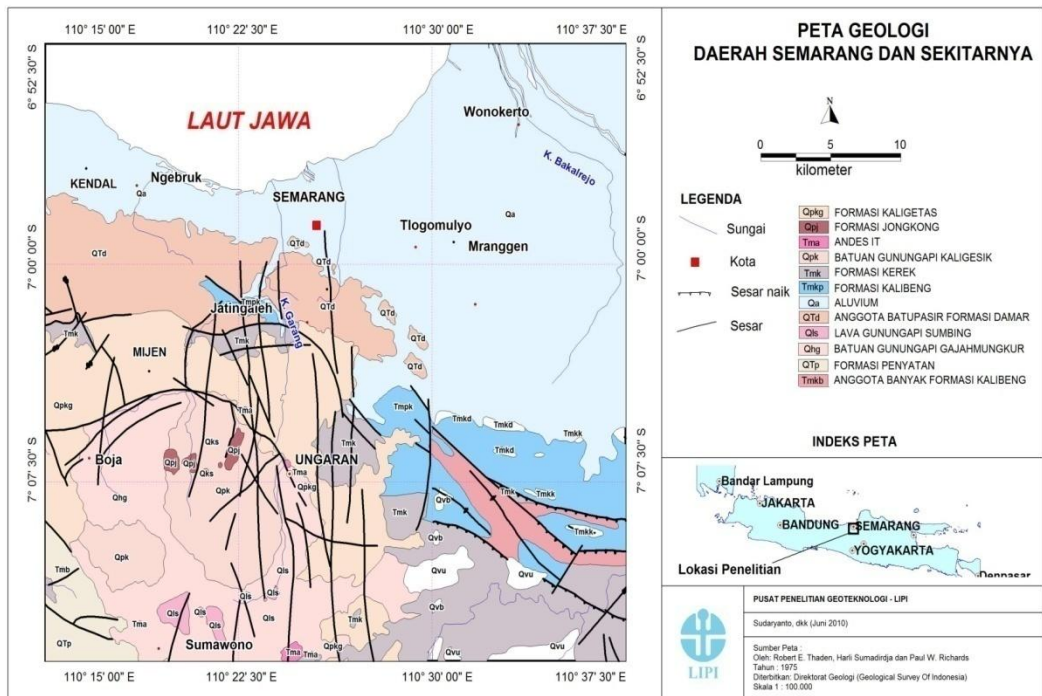
Penduduk Kota Semarang pada tahun 2005 berjumlah 1.418.324 jiwa (<http://www.semarang.go.id/cms>). Seiring dengan kecepatan pembangunan di Daerah Kota Semarang dan sekitarnya, pemanfaatan air bawah tanah menunjukkan kecenderungan peningkatan dari tahun ke tahun (Purnama dkk., 2006) dan eksploitasi airtanah sebagai alternatif sumber air bersih telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Bahri (2009) menyatakan bahwa pengambilan airtanah di kota Semarang mencapai 17,4 juta m<sup>3</sup> setiap tahunnya dan terkonsentrasi di daerah Semarang Utara. Dampak yang timbul dari kegiatan ini antara lain terjadinya krisis airtanah yang ditandai dengan penurunan muka airtanah (kerucut depresi airtanah) sedalam lebih dari 20 meter pada daerah seluas 30 m<sup>2</sup> di Lingkungan Industri Kecil (LIK) Kali Gawe Semarang Timur. Penurunan muka airtanah tersebut dapat mengakibatkan perubahan kualitas airtanah dangkal maupun dalam.

Salah satu faktor lingkungan yang menyebabkan perubahan kualitas airtanah adalah pengaruh air permukaan atau air laut yang sudah menyusup ke daratan masuk ke dalam airtanah atau air laut yang dahulu terjebak saat pembentukan daratan (Suherman dan Sudaryanto, 2009). Harnadi (1991), menjelaskan bahwa pada penelitian tahun 1991 kualitas airtanah tertekan khususnya di dataran pantai Semarang masih memenuhi syarat sebagai bahan baku air bersih. Melalui penelitian penentuan tipe air, akan diketahui indikasi perubahan kualitas airtanah. Pada airtanah yang belum terpengaruh air laut, ion yang dominan adalah CO<sub>3</sub> dan HCO<sub>3</sub> sedangkan untuk airtanah yang terpengaruh penyusupan air laut atau akibat adanya pelarutan mineral-mineral garam yang terdapat pada batuan akuifer sehingga komposisi airtanah akan berubah, yaitu ion Cl akan bertambah dan cenderung bertipe NaCl (Irham dkk., 2006). Selain itu, tipe air bisa digunakan untuk menentukan genesa air. Dalam penelitian ini, akan dilakukan penentuan tipe air pada airtanah dangkal maupun airtanah dalam. Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat diketahui di lokasi mana di Kota Semarang yang telah menunjukkan adanya indikasi perubahan kualitas airtanah, baik airtanah dangkal maupun airtanah dalam.

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Kota Semarang yang secara geografis terletak antara 6°56' – 7°07'LS serta antara 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 Semarang meliputi luas wilayah 117,1 km<sup>2</sup>. Daerah penelitian di Semarang dan sekitarnya secara administratif merupakan bagian dari wilayah Kota Semarang, Kabupaten Semarang dan Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah, indek peta Gambar 1.

Berdasarkan karakteristik dari tanah dan batuan, khusus daerah Semarang dapat diklasifikasikan kedalam 4 unit jenis tanah dan satuan unit batuan berdasarkan Murdohardono dkk. (2007), yaitu:



**Gambar 1. Peta Geologi daerah Semarang dan sekitarnya (Thanden dkk., 1996).**

- Unit Pasir – Pasir lanauan: Endapan pantai , berwarna kehitaman, sangat lepas – lepas, pemilahan yang bagus, permeabilitas tinggi, dengan ketebalan antara 1 - > 10 m. Unit ini tersebar disepanjang pantai dan mempunyai penetrasi kerucut rata-rata sebesar 15 kg/cm<sup>2</sup>.
- Unit Lanau lempungan - Lanau pasiran : endapan rawa-rawa, abu-abu kecoklatan, sangat lembut - lembut, compresibilitas sangat tinggi, permeabilitas rendah, ketebalan > 20 m. Unit ini ditemui sepanjang pantai dibelakang Unit Pasir – Pasir lanauan.
- Unit Lanau pasiran – Lempung lanauan : endapan aliran sungai, coklat – abu-abu, lembut – getas, permeabilitas renda sampai sedang, pada beberapa tempat berinterkalasi dengan pasir halus, pasir dan pasir kerikilan, ketebalan > 20 m.
- Unit Lempung lanauan – Lanau lempungan, interkalasi antara pasir halus – sedang, endapan aluvial, lembut sampai keras, > 50 m
- Unit Batuan Dasar: dibangun oleh batupasir, konglomerat, (Formasi Damar), dan lempung laut (lempung Tersier).

Hidrologi airtanah bebas di daerah Semarang sangat dipengaruhi oleh musim dan kondisi lingkungan di sekitarnya. Penduduk kota yang berada di dataran rendah banyak memanfaatkan airtanah bebas ini dengan membuat sumur gali pada kedalaman antara 3 – 18 meter. Sedangkan penduduk yang menempati elevasi yang lebih tinggi hanya dapat memanfaatkan sumur gali, yang mempunyai kedalaman antara 20 - 40 meter, pada musim hujan. Untuk kelompok akifer delta Garang disebut sebagai kelompok akifer utama karena merupakan sumber airtanah yang potensial untuk daerah Semarang dan sekitarnya. Untuk daerah Semarang yang berbatasan dengan daerah perbukitan, airtanah tertekan ditemui pada lapisan batupasir dan konglomerat

Formasi Damar pada kedalaman antara 50 – 90 di bawah permukaan. Seperti diketahui, Formasi Damar dibangun oleh batu pasir dan konglomerat dengan sisipan batuan lanau atau batu lempung yang bersifat cukup permiabel (Gambar 1).

## METODOLOGI

### Tinjauan Pustaka

Kualitas airtanah sangat dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya dan batuan yang dilaluinya. Sebagai contoh airtanah yang mengalir di batuan gamping dolomit akan memperlihatkan kandungan Mg cukup tinggi karena dolomit mengandung Mg 45.300 mg/kg (Matthess, 1982). Begitu juga kualitas airtanah yang berada di wilayah pantai akan menunjukkan kandungan NaCl yang cukup tinggi. Dengan demikian, tipe air merupakan indikator kondisi lingkungan dan bisa menentukan genesa air yang bersangkutan.

Tipe air secara garis besar ditentukan berdasarkan kepada kandungan ion klorida (Cl) dan kesadahan, sedangkan secara mendetil didasarkan atas kandungan jumlah kation dan jumlah anion (Stuyfzand, 1991).

### Tipe air berdasarkan jumlah kation dan jumlah anion

Berdasarkan tipe air dapat dikelompokkan berdasarkan kandungan jumlah kation dan jumlah anion dalam satuan meq/L. Pengelompokkan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Tipe air berdasarkan jumlah kation dan jumlah anion (Stuyfzand, 1991)**

| No | Tipe air   | Kondisi kation dan anion (dalam meq/L)  |
|----|------------|---|
| 1  | NaCl       | $(Na + K + NH_4) > 0,5$ jumlah kation; $(Na + K) > NH_4$ ; $Na > K$ ; $Cl > 0,5$ jumlah anion.              |
| 2  | $Na_2SO_4$ | $(SO_4 + NO_3 + NO_2) > 0,5$ jml anion; $SO_4 > (NO_3 + NO_2)$  |
| 3  | $NaHCO_3$  | $(HCO_3) > 0,5$ jml anion; $HCO_3 > CO_3$   |
| 4  | NaMix      | Cl dan $(SO_4 + NO_3 + NO_2)$ dan $(HCO_3 + CO_3) < 0,5$ jml anion  |
| 5  | $KNO_3$    | $K \geq Na$ ; $(SO_4 + NO_3 + NO_2) > 0,5$ jml anion; $(NO_3 + NO_2) \geq SO_4$                             |
| 6  | $NH_4SO_4$ | $NH_4 \geq Na + K$  |
| 7  | $CaCl_2$   | $(Na + K + NH_4) \leq 0,5$ jml kation; $(Ca + Mg) > (Al + H + Fe + Mn)$ ; $Ca > Mg$ ; $Cl > 0,5$ jml anion. |
| 8  | $CaSO_4$   | $(SO_4 + NO_3 + NO_2) > 0,5$ jml anion; $SO_4 > (NO_3 + NO_2)$  |
| 9  | $CaNO_3$   | $(NO_3 + NO_2) \geq SO_4$   |
| 10 | $CaHCO_3$  | $(HCO_3 + CO_3) > jml$ anion; $HCO_3 > CO_3$  |
| 11 | CaMix,     | Cl dan $(SO_4 + NO_3 + NO_2)$ dan $(HCO_3 + CO_3) : < 0,5$ jml anion  |
| 12 | $MgCl_2$   | $Mg \geq Ca$  |
| 13 | $MgHCO_3$  | $Mg \geq Ca$  |
| 14 | MgMix      | $Mg \geq Ca$ .  |

### Tipe air berdasarkan diagram trilinear

Umumnya kation yang terlarut dalam airtanah didominasi oleh  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , dan  $K^+$ , sedangkan untuk anion umumnya ditemukan adalah  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$  dan  $Cl^-$ . (Notodarmojo, 2005). Untuk airtanah dengan pH yang netral atau mendekati netral, total konsentrasi anion dan kation akan ekuivalen atau hampir sama. Untuk mempermudah pembacaan, telah dikembangkan dengan menggunakan diagram trilinear dan diagram stiff. Diagram trilinear sering digunakan sebagai cara untuk membuat klasifikasi kualitas air. Kedua diagram dibuat berdasarkan komposisi ion-ion mayoritas yang telah disebutkan diatas. Diagram trilinear terdiri dari dua segitiga yang menggambarkan konsentrasi anion dan kation. Untuk penggambaran ini, kation

$\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , digabung, sedangkan untuk anion  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^-$  juga digabung, sehingga untuk masing-masing grup kation dan anion terdapat tiga kelompok ion mayoritas. Di antara kedua segitiga terdapat belah ketupat yang menyajikan komposisi air baik untuk kation maupun anion. Dalam segitiga tersebut dapat dilihat klasifikasi air ditinjau dari masing-masing anion dan kationnya.

### Metoda

Pengamatan, pengukuran dan pengambilan conto air dilakukan terhadap airtanah dangkal dan dalam, serta air hujan. Conto air yang dikumpulkan berjumlah 30, yang terdiri dari 15 conto airtanah dangkal, 13 conto airtanah dalam, satu dari mata air dan satu dari air hujan. Sebagian besar conto airtanah dangkal diambil dari sumur gali penduduk, hanya dua conto yang berasal dari sumur pantau yakni pada kedalaman kurang dari 20 m dan semua conto airtanah dalam diambil dari sumur pantau. Alat yang digunakan untuk pengambilan conto air adalah *water sampler vertical* yang terbuat dari *fiber glass*, dengan volume sekitar 600 ml. Ujung bagian atas tabung diikat dengan tali dan pada ujung bagian bawah tabung terdapat katup penutup yang akan membuka ketika mendapat tekanan dari air, dan menutup tatkala air sudah memenuhi tabung. Parameter kimia maupun fisika (pH, DHL, dan temperatur) pengukurannya dilakukan di lapangan dengan menggunakan alat *water quality checker* merk Horiba tipe U 10. Untuk parameter kimia lainnya analisis dilakukan di laboratorium Air Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI di Bandung.

Pengukuran dan pengambilan conto dilakukan terhadap airtanah tidak tertekan (bebas) dan airtanah tertekan yang tersebar di wilayah Kota Semarang dan sekitarnya. Conto airtanah diambil dan dikelompokkan berdasarkan pengambilan letak conto air diambil. Kelompok akuifer 1 pada airtanah tidak tertekan dengan kedalaman 0 hingga -20 m, kelompok akuifer 2 pada airtanah dengan kedalaman -20 hingga -130m.

Conto air dimasukkan ke dalam botol *polyethylene* 500 ml, dan disimpan di dalam *ice box* berisi es. Analisis kimia unsur/senyawa utama yaitu ion natrium ( $\text{Na}^+$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ), kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), klorida ( $\text{Cl}^-$ ), dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dilakukan di Laboratorium. Metode yang digunakan adalah spektrofotometri serapan atom (AAS) untuk natrium, kalium, kalsium, dan magnesium. Sedangkan untuk sulfat dengan metode turbidimetri, klorida secara titrimetri argentometri, dan bikarbonat dengan metode titrimetri asam basa.

Data hasil analisis kimia unsur/senyawa kimia diolah melalui diagram Trilinear dan Stiff guna membantu untuk menentukan tipe air. Selain itu, penentuan tipe air dilakukan pula dengan metode yang berdasarkan jumlah anion dan kation yang paling dominan (Stuyfzand, 1991).

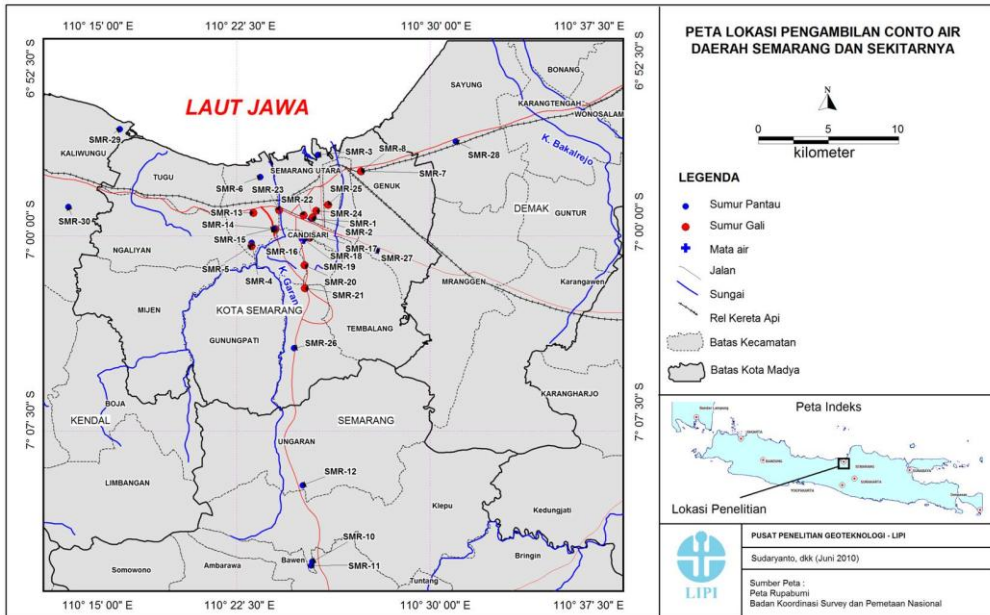
Data yang diolah adalah yang memiliki keseimbangan ion (*ion balance error*) maksimum 5 % (Matthess, 1982) dengan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{rc - ra}{rc + ra} \times 100\%$$

dimana : E = kesalahan keseimbangan (*error*);

ra = jumlah anion dalam, meq/L

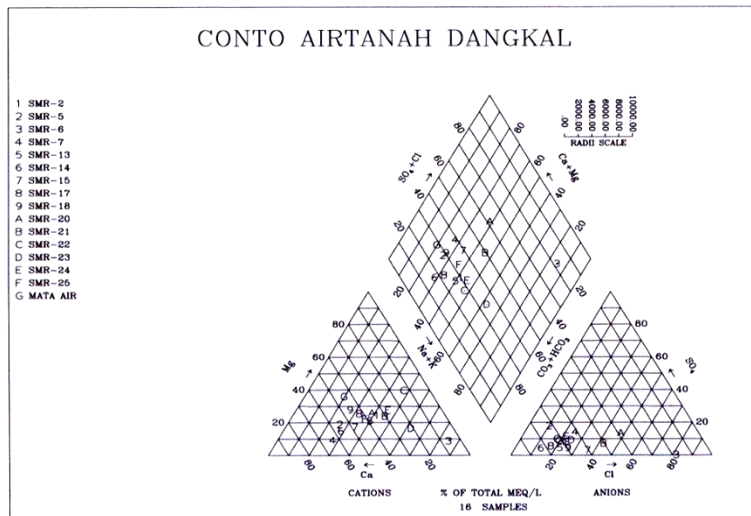
rc = jumlah kation dalam, meq/L



Gambar 2. Peta lokasi titik-titik pengukuran pengambilan conto

## HASIL DAN PEMBAHASAN

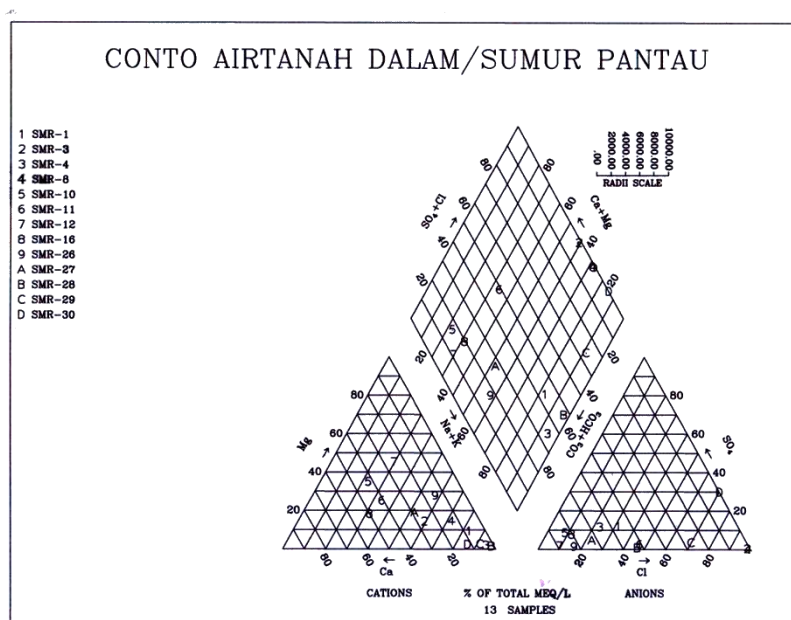
Pada penelitian ini, penentuan tipe air dilakukan dengan 2 cara yakni berdasarkan perbandingan antara kation/anion dengan jumlah kation/anion (Tabel 1) dan menggunakan diagram *trilinear piper* (Gambar 3 dan 4). Kedua cara ini terdapat sisi kesamaan yaitu unit satuan data hasil analisis kimia yang diperlukan adalah dalam bentuk besaran milligram eqvalen per liter (meq/L). Tipe air yang diperoleh dari penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram *trilinear piper* airtanah dangkal di Semarang

Tipe airtanah dangkal didasarkan atas dua cara di atas, menunjukkan bahwa 13 conto hampir seluruhnya (Tabel 2) didominasi anion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), kecuali SMR-6 yang berlokasi Taman Mini Jateng (PRPP) menunjukkan anion klorida ( $\text{Cl}^-$ ), sumur ini merupakan sumur pantau yang sudah mendangkal. Selain itu, juga SMR-20 memperlihatkan anion campuran (*mix*) artinya tidak memperlihatkan kandungan anion yang memiliki prosentase lebih besar daripada 50 % (Stuyfzan,1991). Sementara kation yang dominan ditunjukkan oleh kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), natrium ( $\text{Na}^+$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Terdapat dua lokasi yang dominan ion natrium yakni SMR-6 dan sumur Belanda (SMR-23), sedangkan dominan ion magnesium juga terdapat di sumur Belanda (SMR-24), dan sisanya adalah ion kalsium. Dengan demikian, hampir seluruh airtanah dangkal bertipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , kecuali SMR-6 bertipe  $\text{NaCl}$ , SMR-24 bertipe  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , SMR-23 bertipe  $\text{NaHCO}_3$ , dan SMR-20 bertipe  $\text{CaMix}$ , sementara mata air bertipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Airtanah dangkal umumnya bertipe bikarbonat, hal ini sangat memungkinkan berubah karena air tersebut dipengaruhi oleh air hujan yang meresap ke tanah, maka komposisi airtanah akan berubah. Air hujan bertipe anion bikarbonat karena komposisi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{CO}_2$  di atmosfer menunjukkan kandungan yang cukup tinggi yakni 0,1- 2,8 % dan 0,03 % (prosentase volume). Kedua senyawa ini mudah bereaksi membentuk asam karbonat yang kemudian terjadi disosiasi yang menghasilkan ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dan ion hidrogen ( $\text{H}^+$ ) (Hem,1989). Sementara yang bertipe anion klorida (SMR-6) yang berlokasi di Taman Mini Jateng (PRPP), ini pengaruh air laut yang terperangkap saat terjadi pasang. Perlu diketahui bahwa SMR-6 adalah sumur pantau yang saat dibuat kedalamannya lebih dalam dari 40 m, akibat urugan dari lubang bor saat ini kedalamannya tinggal 20 m sehingga dikategorikan airtanah dangkal.



**Gambar 4. Diagram Trilinear airtanah dalam (Sumur pantau) di Semarang**

Sejumlah 15 lokasi airtanah dalam (sumur pantau), delapan diantaranya memiliki anion dominan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), disusul empat anion klorida, dan satu anion karbonat. Sementara kation yang dominan terdiri dari kation natrium, kalsium, dan magnesium. Setelah dipasangkan antara kation dan anion yang dominan, maka diperoleh tipe airtanah dalam sebagai berikut: Sebanyak empat bertipe  $\text{NaHCO}_3$  yakni SMR-1, SMR-4, SMR-26, dan SMR-27, sementara yang bertipe  $\text{NaCl}$  juga terdapat di empat lokasi yaitu SMR-3, SMR-8, SMR-29, dan SMR-30. Sedangkan

tipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  terdapat di lokasi SMR-10, SMR-11, dan SMR-16, dan tipe  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  serta  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  masing masing terdapat di lokasi SMR-12 dan SMR-28.

Bila dilihat hubungan antara kandungan Na dengan DHL airtanah di 6 sumur pantau di PT. Kayu Lapis Kendal (SMR-29), Gemulak Sayung Demak (SMR-28), Citra land (SMR-1), Prpp (SMR-6), Tanjung Mas (SMR-3) dan LIK Kali Gawe (SMR-8), bahwa ada hubungan yang sangat signifikan. Kenaikan kandungan Na akan memberikan dampak kenaikan harga DHL yang linear, ini terlihat nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,936$ , ini menjelaskan bahwa ada hubungan yang sangat signifikan antara Na dengan DHL (Gambar 5).

**Tabel 2. Tipe airtanah di Kota Semarang dan sekitarnya**

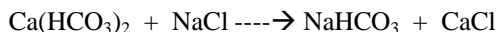
| No. | Nama lokasi              | Jenis Sumur | Kode Conto | Kedalaman Conto Air (m) | Tipe Airtanah dangkal       | Tipe Airtanah dalam         | DHL ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|-----|--------------------------|-------------|------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1   | Citra Land Simpang Lima  | SP          | SMR-1      | 35                      |                             | $\text{NHCO}_4$             | 513                             |
| 2   | Citra Land Simpang Lima  | SG          | SMR-2      | 0.8                     | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 1810                            |
| 3   | Tanjung Mas              | SP          | SMR-3      | 60                      |                             | NaCl                        | 10800                           |
| 4   | Kimia Farma              | SP          | SMR-4      | 55                      |                             | $\text{NHCO}_3$             | 602                             |
| 5   | Kimia Farma              | SG          | SMR-5      | 1.50                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 501                             |
| 6   | PRPP II Rumah Diesel     | SP          | SMR-6      | 20                      |                             | NaCl                        | 4450                            |
| 7   | LIK Kaligawe             | SG          | SMR-7      | 0.55                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 268                             |
| 8   | LIK Kaligawe             | SP          | SMR-8      | 70                      |                             | NaCl                        | 22100                           |
| 9   | Hotel Ibis               | AH          | SMR-9      |                         |                             |                             | 36                              |
| 10  | PT. APAC INTI CORP.I     | SP          | SMR-10     | 85                      |                             | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 560                             |
| 11  | PT. Coca Cola II         | SP          | SMR-11     | 50                      |                             | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 1050                            |
| 12  | PT. Batam Tekstil II     | SP          | SMR-12     | 70                      |                             | $\text{Na}_2\text{CO}_3$    | 314                             |
| 13  | Karang Sawo              | SG          | SMR-13     | 1.60                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 731                             |
| 14  | Sekitar Sam Po Kong      | SG          | SMR-14     | 160                     | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 836                             |
| 15  | Sam Po Kong II           | SP          | SMR-15     | 10                      |                             | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_3$ | 1040                            |
| 16  | Sam Po Kong I            | SP          | SMR-16     | 30                      |                             | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 1000                            |
| 17  | Peleburan                | SG          | SMR-17     | 10                      | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 685                             |
| 18  | Kp. Gemah Kerajan        | SG          | SMR-18     | 1.90                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 723                             |
| 19  | Kp. Tegal Sari           | MA          | SMR-19     |                         | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 414                             |
| 20  | Karang Anyar             | SG          | SMR-20     | 18.00                   | $\text{CaMix}$              |                             | 338                             |
| 21  | Kompl. Sapta Marga III   | SG          | SMR-21     | 1.60                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 255                             |
| 22  | JL.                      | SG          | SMR-22     | 0.60                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 1280                            |
| 23  | Kp. Kepundan Utara       | SG          | SMR-23     | 2.00                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 1050                            |
| 24  | JL, Karang Wulan Barat   | SG          | SMR-24     | 0.70                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 852                             |
| 25  | Petelan Selatan          | SG          | SMR-25     | 0.70                    | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ |                             | 657                             |
| 26  | PT. Mega Rubber          | SP          | SMR-26     | 70                      |                             | $\text{NHCO}_3$             | 236                             |
| 27  | Kecamatan Pendurungan    | SP          | SMR-27     | 90                      |                             | $\text{NHCO}_3$             | 847                             |
| 28  | Gemulak Sayung           | SP          | SMR-28     | 70                      |                             | $\text{Na}_2\text{CO}_3$    | 1000                            |
| 29  | PT. Kayu Lapis Indonesia | SP          | SMR-29     | 60                      |                             | NaCl                        | 795                             |
| 30  | PT. Tosa Sakti           | SP          | SMR-30     | 70                      |                             | NaCl                        | 1450                            |

\*) SP = Sumur Pantau, SG = Sumur Gali, MA = Mata Air, AH = Air Hujan

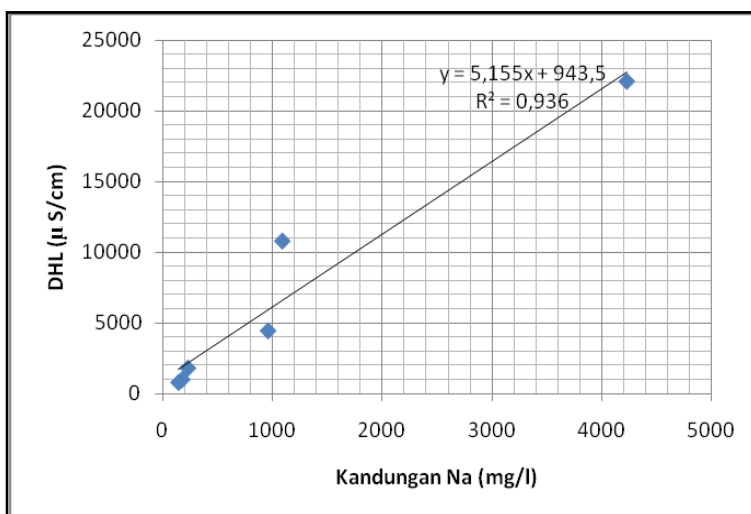
Pada airtanah dalam, tipe air bervariasi yaitu  $\text{NaHCO}_3$ , NaCl,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Tipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  mencerminkan sumber air dari pegunungan sebelah selatan yang meresap dan mengalir melalui akifer bawah. Sedangkan tipe air  $\text{NaHCO}_3$ , menurut Appelo



(1991) adalah pencucian NaCl oleh airtawar  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  sehingga terbentuk  $\text{NaHCO}_3$  seperti reaksi kimia berikut:



Sementara tipe  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , adalah pengaruh lingkungan batuan sekitarnya yang mengandung batugamping dolomitan, juga tipe  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  adanya pelarutan mineral-mineral garam yang terdapat pada akuifer sehingga komposisi airtanah akan berubah, yaitu ion Cl akan bertambah dan cenderung bertipe NaCl.



**Gambar 5. Hubungan antara kandungan Na dengan DHL pada 6 Sumur pantau di Semarang Utara.**

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa airtanah dangkal di wilayah Kota Semarang hampir seluruh airtanah dangkal bertipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , kecuali lokasi SMR-6 bertipe NaCl, SMR-24 bertipe  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , SMR-23 bertipe  $\text{NaHCO}_3$ , dan SMR-20 bertipe *CaMix*, sementara mata air bertipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , artinya secara umum airtanah tersebut belum ada indikasi perubahan kualitas khususnya pengaruh air laut. Untuk airtanah dalam terdapat empat lokasi bertipe  $\text{NaHCO}_3$  yakni SMR-1, SMR-4, SMR-26, dan SMR-27, tipe  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  terdapat di lokasi SMR-10, SMR-11, dan SMR-16, dan tipe  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  serta  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  masing masing terdapat di lokasi SMR-12 dan SMR-28, sedangkan yang bertipe NaCl terdapat di empat lokasi yaitu SMR-3 (Tanjung Mas), SMR-8 (LIK Kaligawe), SMR-29 (Kayu Lapis Indonesia), dan SMR-30 (PT Tosa Sakti). Tiga lokasi yang bertipe NaCl menunjukkan adanya indikasi perubahan kualitas, sehingga tidak memenuhi syarat sebagai bahan baku air bersih karena telah terpengaruh oleh air laut. Sedangkan untuk sumur pantau di PT. Tosa Sakti dengan melihat lokasi dan kondisi geologi yang berada di perbukitan, kandungan NaCl yang terkandung bukan dari penyusupan air laut melainkan pengaruh adanya pelarutan mineral-mineral garam yang terdapat pada akuifer yakni garam yang terperangkap saat pengendapan batuan akifer tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2010. *Profil Kota Semarang*. <http://www.semarang.go.id/cms>
- Appelo, C.A.J. dan Geinaert W., 1991. *Processes Accompanying the Intrusion of Salt Water. Hydrology of Salt Water Intrusion*. A selection of SWIM Paper, V. 11, International Contribution to Hydrology Series, Editorial Board. International Association of Hydrologist. p. 291 – 3004
- Bahri, M., 2009. *Perlunya Pengawasan Pengambilan Air Bawah Tanah (ABT)*. [http:// www.semarang.go.id/cms/](http://www.semarang.go.id/cms/).
- Harnadi, D., 1991. *Survei Konservasi Airtanah Daerah Semarang dan Sekitarnya*. Directorate Geology and Environment, Departement of Mining and Energy of Indonesia.
- Hem, J.D., 1989. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristic of Natural Water*. 3<sup>rd</sup> ed, US. Geological Survey, Water Supply Paper 2254, p.125
- Irham, M., Achmad, R. dan Sugeng Widodo, 2006. *Pemetaan Sebaran Airtanah Asin Pada Aquifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah*. *Berkala Fisika*. Vol.9.No.3.
- Matthess, G., 1982. *The Properties of Groundwater*. A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore, p 239-295.
- Murdohardono D., Tobing T. M.H.L. dan Sayekti A., 2007. *Over Pumping of Groundwater as the Cause of sea Water Inundation in Semarang City*. Prosiding dari Seminar Internasional “Groundwater Management and Related Water Resources in East and Southeast Asia Region”, Desember . Denpasar, Bali
- Notodarmojo, S., 2005. *Pencemaran Tanah dan Airtanah*, Penerbit ITB, Bandung
- Purnama, S., Kurniawan, A. dan Sudaryatno, 2009. *Model Konservasi Airtanah di Dataran Pantai Kota Semarang*. *Forum Geografi*, Vol.20, No.2.
- Stuyfzand, P.J., 1991. *A New Hydrochemical Classification of Water Type : Principles and Application To Coastal-Dunes Aquifer System of Netherlands*, dalam *De Breuck, 1991, Hydrology of Salt Water Intrusion*. A Selection of SWIM Papers, V. 11, International Contribution to Hydrology Series, Editorial Board. International Association of Hydrologist. p. 329 – 357
- Suherman, D. dan Sudaryanto., 2009. *Tipe Air untuk Penentuan Aliran Airtanah Vertikal di Cekungan Jakarta*. *Riset Geologi dan Pertambangan*. Penerbit Vol.19 No.2. Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI.
- Thanden, R.E., Sumadirdja H., Richards.P.W., 1995. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa Tengah*. Direktorat Geologi, Dep. Pertambangan Republik Indonesia.