

TIPE AIR UNTUK PENENTUAN ALIRAN AIRTANAH VERTIKAL DI CEKUNGAN JAKARTA

Dadan Suherman dan Sudaryanto

ABSTRACT *The excessive groundwater extraction showed that year by year in some part of Jakarta water quality has been decreased and groundwater flow from shallow aquifer to deeper aquifer must be occurred. In this research, the analysis of this phenomena was executed by comparing water type of those aquifers. For that purpose, 20 locations had been visited randomly. Those water samples were 15 samples of unconfined aquifer, 12 samples of upper confined aquifer, and 9 samples of lower confined aquifer. Chemical analysis by using AAS, Volumetry, and turbidity showed that water type of aquifer 1, 2, and 3, are $MgCl_2$, $CaCl_2$, $NaCl$, Na_2SO_4 , $NaMix$, and $Ca(HCO_3)_2$ type. $NaCl$ water type indicated that in Tongkol, Ancol, Marunda, Slipi and Cempaka Putih area have been influenced by salty water, and this water type mostly found in aquifer 1. While bicarbonate anion type was found in aquifer 2 and 3. Each aquifer generally showed different water type and this result showed an indication that the vertical groundwater movement did not exist.*

Keywords : water samples, water type, unconfined aquifer, confined aquifer, vertical groundwater movement

Naskah masuk: 1 September 2009

Naskah diterima: 23 November 2009

Dadan Suherman
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : dadan.suherman@geotek.lipi.go.id

Sudaryanto
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135
Email : sudaryanto@geotek.lipi.go.id

ABSTRAK Pengambilan airtanah yang berlebihan menunjukkan bahwa dari tahun-ketahun di beberapa tempat telah mengalami penurunan kualitasnya, dan mengalirnya airtanah dari akuifer tidak tertekan ke akuifer tertekan. Analisis mengenai fenomena tersebut dilakukan dengan cara membandingkan tipe air dari kedua akuifer tersebut. Untuk keperluan itu, telah dilakukan penelitian airtanah di 20 lokasi yang tersebar di wilayah DKI Jakarta. Pengambilan contoh airtanah terdiri dari 15 contoh dari akuifer tidak tertekan, 12 contoh pada akuifer tertekan atas, dan sembilan contoh dari akuifer tertekan bawah. Hasil analisis kimia dengan metode spektrofometri serapan atom (AAS), volumetri, dan turbidimetri menunjukkan bahwa tipe airtanah pada akuifer 1, 2, dan 3, bertipe $MgCl_2$, $CaCl_2$, $NaCl$, Na_2SO_4 , $NaHCO_3$, $NaMix$, dan $Ca(HCO_3)_2$. Tipe air $NaCl$ mengindikasikan bahwa di Tongkol, Ancol, Marunda, Slipi dan Cempaka Putih telah dipengaruhi oleh garam, tipe ini banyak didapatkan pada akuifer 1. Sedangkan tipe anion bikarbonat banyak terdapat pada akuifer 2 dan akuifer 3. Masing-masing akuifer umumnya memperlihatkan tipe airtanah yang berbeda, hasil ini memberikan indikasi bahwa di lokasi penelitian tidak terjadi aliran airtanah secara vertikal.

Kata kunci : contoh air, tipe air, akuifer tidak tertekan, akuifer tertekan, aliran airtanah secara vertikal.

PENDAHULUAN

Pada saat ini kebutuhan air bersih penduduk Jakarta semakin melebihi dari kapasitas ketersediaan produksi PDAM DKI Jakarta yang hanya mampu memenuhi sekitar 30 % dari kebutuhan air bersih seluruh kota (Hadipurwo, 2000). Dengan kondisi tersebut untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat memanfaatkan sumber airtanah. Umumnya masyarakat memanfaatkan airtanah dangkal yang kualitasnya

dari tahun-ketahun di beberapa tempat telah mengalami penurunan kualitasnya, hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya kadar garam dan berubah dari tawar menjadi payau atau asin (Soetrisno, 2001).

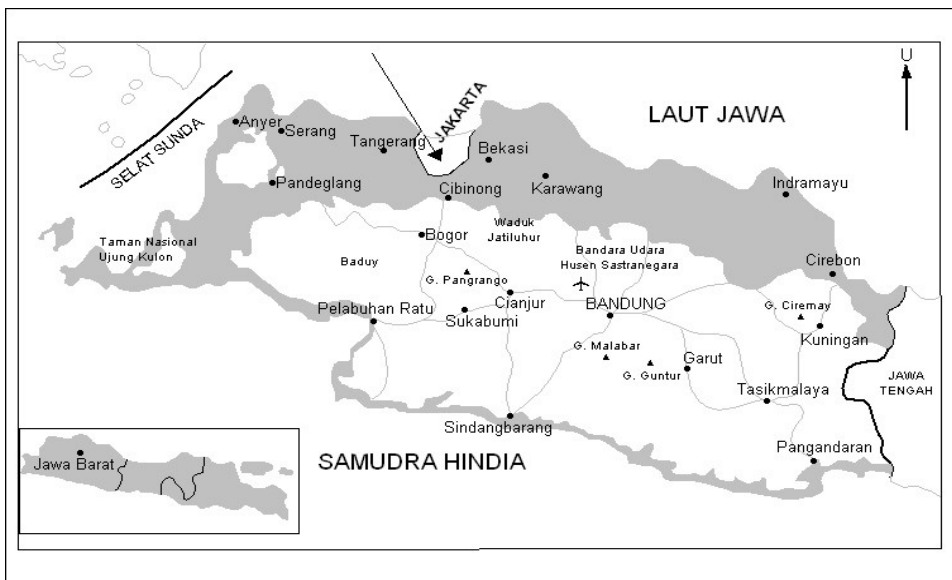
Berdasarkan komposisi kimia, rasa payau disebabkan oleh kandungan NaCl yang mendominasi di dalam air tersebut dan ditunjukkan dengan tipe air NaCl. Salah satu faktor lingkungan yang menyebabkan perubahan air tawar menjadi sedikit payau adalah pengaruh air laut yang sudah menyusup ke daratan masuk ke dalam air tanah atau air laut yang dahulu terjebak saat pembentukan daratan. Melalui penelitian penentuan jenis tipe air, akan diketahui kualitas airtanah dengan memunculkan tipe air yang bersangkutan. Selain itu, tipe air juga bisa dijadikan untuk menentukan genesa air. Dalam penelitian ini, dilakukan penentuan tipe air dari tiap-tiap akuifer yakni akuifer tidak tertekan dan akuifer tertekan. Apabila antara akuifer tidak tertekan dan akuifer tertekan dibawahnya menunjukkan tipe air yang sama, ini memberikan

gambaran bahwa kedua akuifer ini ada hubungan aliran airtanah secara vertikal, dan apabila memperlihatkan tipe air yang berbeda antara akuifer tidak tertekan dengan akuifer tertekan dibawahnya, ini berarti bahwa tidak terjadi aliran airtanah secara vertikal di tempat tersebut. Dari hasil penelitian Geyh (1989) mengungkapkan bahwa asal airtanah pada akuifer tidak tertekan dengan akuifer tertekan tidak memberikan gambaran berasal dari satu sumber atau tidak ada hubungan aliran airtanahnya.

Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran bahwa antara akuifer tidak tertekan dengan akuifer tertekan berbeda asal airtanahnya, dan memberikan gambaran pula bahwa airtanah pada akuifer 1 dan 2 belum tercemari oleh airtanah dari akuifer tidak tertekan.

Lokasi Penelitian.

Lokasi penelitian terletak di wilayah bagian utara pulau Jawa, yaitu di DKI Jakarta.



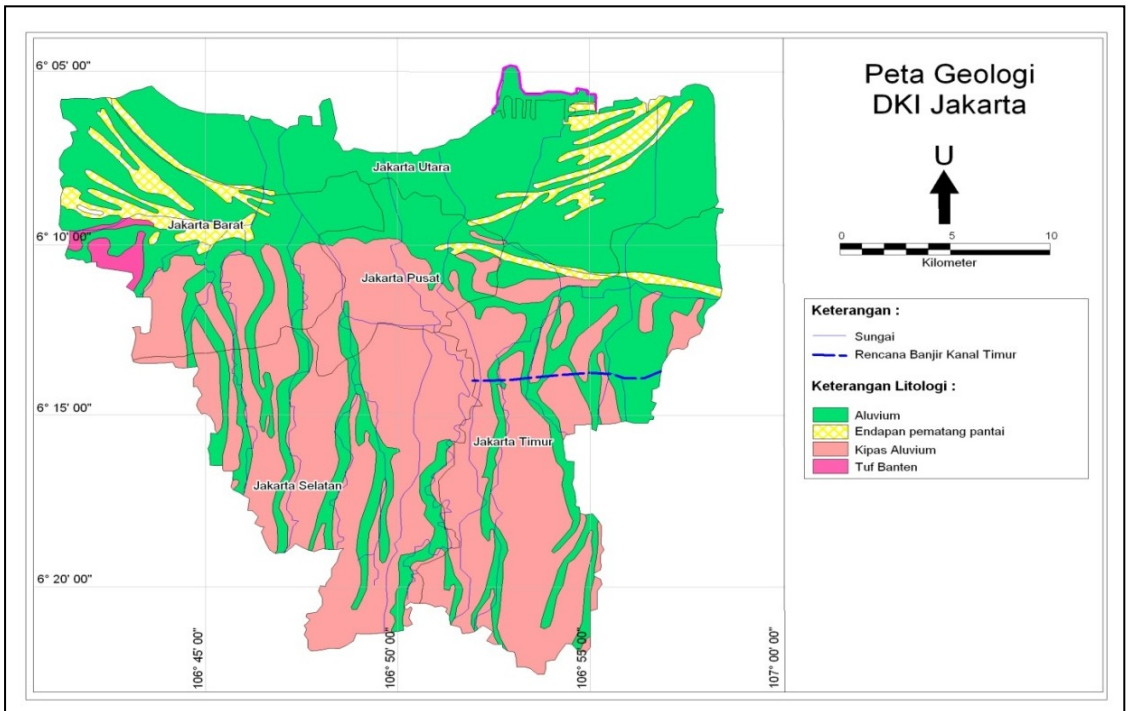
Gambar 1 . Peta lokasi daerah Penelitian

Daerah penelitian merupakan cekungan airtanah yang dikenal sebagai Cekungan Airtanah Jakarta. Sistem akuifer Jakarta bersifat "multi layers" yang dibentuk oleh endapan Kuartar dengan ketebalan mencapai sekitar 250 m. Ketebalan akuifer tunggal (*single aquifer layer*) antara 1 – 5 m terutama berupa lanau sampai pasir halus. Sebagai objek penelitian adalah kandungan kimia airtanah di 3 (tiga) akuifer pada airtanah di cekungan air tanah Wilayah DKI Jakarta. Tiga akuifer yang terdapat di Cekungan Airtanah Jakarta, menurut tatanan sistem akuifer yang dianut oleh berbagai penelitiam airtanah di Wilayah Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta mengacu pada Soekardi (1986) adalah sebagai berikut :

- Kelompok akuifer I airtanah bebas (kedalaman 0 – 40 meter)
- Kelompok akuifer II airtanah tertekan atas (kedalaman 40 – 140 meter)
- Kelompok akuifer III airtanah tertekan bawah (kedalaman 140 – 250 meter)

Antara akuifer I dengan akuifer II dibatasi oleh akitar yang secara umum tersusun oleh batulempung sisipan batu pasir, dan antara akuifer II dengan akuifer III dibatasi oleh akitar yang secara umum tersusun oleh batupasir sisipan batulempung.

Susunan satuan batuan di wilayah DKI Jakarta berdasarkan peta geologi yang Dibuat oleh Effendi, dkk (1998), dan Turkandi (1992) terdiri 4 satuan batuan yaitu :



Gambar 2. Peta Geologi Wilayah DKI Jakarta (Effendi 1972, Sundana & Achmad 1972, Sudjatmiko C. 1972, Turkandi dkk 1992).

1. Satuan Aluvium.
Satuan batuan ini dari campuran lempung, lumpur, pasir, kerikil, kerakal dan bongkahan yang belum terkonsolidasikan. Endapan aluvium ini meliputi endapan pantai sekarang, endapan sungai dan endapan rawa. Sebaran dari satuan ini terlampar di sepanjang pantai utara (Teluk Jakarta) dan sepanjang lembah sungai-sungai besar.
2. Satuan Endapan Pematang Pantai.
Satuan batuan ini terdiri dari pasir halus hingga kasar dan berdasarkan kenampakan morfologi dan batuan penyusunnya, satuan batuan ini diduga terbentuk karena endapan angin yang membentuk ongkokan-ongkokan pasir (*sand dunes*). Sebaran dari satuan batuan ini umumnya berarah barat-timur, searah dengan bentuk pantai sekarang.
3. Satuan Batupasir Tufaan dan Konglomerat/Kipas alluvium.
Satuan batuan ini terdiri dari tufa halus, tufa konglomeratan, tufa pasiran dan tufa batuapung yang pembentukannya berasal dari batuan gunung api muda di Dataran tinggi Bogor yang diendapkan pada lingkungan darat dan membentuk morfologi kipas (menyebar). Tebal dari satuan ini diperkirakan \pm 300 meter dan berumur Plistosen Akhir atau lebih muda.
4. Satuan Tuf Banten yang berumur Pliosen.
Disusun oleh tufa, tufa batuapung, batupasir tufaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Di dalam atmosfer kandungan H_2O dan CO_2 menunjukkan kadar yang cukup tinggi yaitu 0,1 – 2,8 %, dan 0,03 % (prosentase volume). Kedua senyawa ini mudah bereaksi membentuk senyawa asam karbonat yang kemudian terjadi disosiasi sebagai berikut :

$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+$ (Hem, 1989). Hal ini menjadikan dasar bahwa ion negatif (anion) yang larut di dalam air tawar (*fresh water*) didominasi oleh ion bikarbonat (HCO_3^-), sehingga air tawar bertipe anion bikarbonat.

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 kadar ion klorida

Kadar klorida (Cl^-) lebih kecil atau sama dengan 150 mg/L, disebut air tawar. Kadar ion klorida antara 150 – 300 mg/L disebut tawar agak payau, kandungan ion klorida antara 300 – 1000 mg/L disebut payau, klorida antara 1000 – 10.000 mg/L disebut payau bergaram, klorida antara 10.000 – 20.000 mg/L disebut air garam, dan kadar klorida lebih besar daripada 20.000 mg/L disebut air bergaram tinggi.

Tipe air berdasarkan kesadahan total ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$)

Kadar kesadahan total antara 0 – 0,5 mmol/L disebut air sangat lunak, kadar antara 0,5 – 1 mmol/L disebut lunak, kadar Kesadahan total 1 – 2 mmol/L agak sadah, kadar 2 – 4 mmol/L disebut sadah, kadar 4 – 8 mmol/L disebut sangat sadah, dan kadar 8 – 16 mmol/L, 16 – 32 mmol/L, 32 – 64 mmol/L, 64 – 128 mmol/L, 128 – 256 mmol/L, serta kadar lebih besar atau sama dengan 256 mmol/L disebut sadah sekali, letak perbedaan dari bermacam-macam tingkat kandungan kesadahan adalah pada tempat keberadaan air tersebut.

Tipe air berdasarkan jumlah kation dan jumlah anion

Berdasarkan Breuck (1991) tipe air dapat dikelompokkan berdasarkan kandungan jumlah kation dan jumlah anion dalam satuan meq/L.

Pengelompokkan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

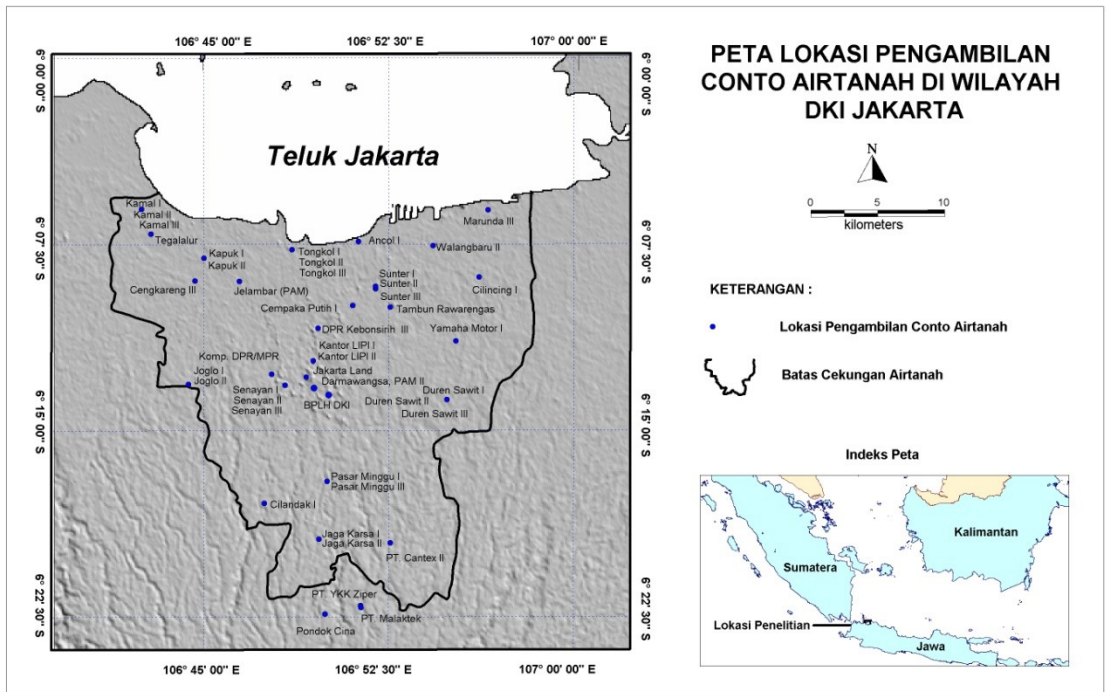
Tabel 1. Tipe air berdasarkan jumlah kation dan jumlah anion (Breuck, 1991)

| No | Tipe air | Kondisi konsentrasi kation dan anion, dalam meq/L |
|----|---------------------------------|---|
| 1 | NaCl | $(Na + K + NH_4) > 0,5 \sum \text{kation}; (Na + K) > NH_4; Na > K; Cl > 0,5 \sum \text{anion}.$ |
| 2 | Na ₂ SO ₄ | $(SO_4 + NO_3 + NO_2) > 0,5 \sum \text{anion}; SO_4 > (NO_3 + NO_2)$ |
| 3 | NaHCO ₃ | $(HCO_3) > 0,5 \sum \text{anion}; HCO_3 > CO_3$ |
| 4 | NaMix | Cl dan $(SO_4 + NO_3 + NO_2)$ dan $(HCO_3 + CO_3) < 0,5 \sum \text{anion}$ |
| 5 | KNO ₃ | $K \geq Na; (SO_4 + NO_3 + NO_2) > 0,5 \sum \text{anion}; (NO_3 + NO_2) \geq SO_4$ |
| 6 | NH ₄ SO ₄ | $NH_4 \geq Na + K$ |
| 7 | CaCl ₂ | $(Na + K + NH_4) \leq 0,5 \sum \text{kation}; (Ca + Mg) > (Al + H + Fe + Mn); Ca > Mg; Cl > 0,5 \sum \text{anion}.$ |
| 8 | CaSO ₄ | $(SO_4 + NO_3 + NO_2) > 0,5 \sum \text{anion}; SO_4 > (NO_3 + NO_2)$ |
| 9 | CaNO ₃ | $(NO_3 + NO_2) \geq SO_4$ |
| 10 | CaHCO ₃ | $(HCO_3 + CO_3) > 0,5 \sum \text{anion}; HCO_3 > CO_3$ |
| 11 | CaMix, | Cl dan $(SO_4 + NO_3 + NO_2)$ dan $(HCO_3 + CO_3) : < 0,5 \sum \text{anion}$ |
| 12 | MgCl ₂ | $Mg \geq Ca$ |
| 13 | MgHCO ₃ | $Mg \geq Ca$ |
| 14 | MgMix | $Mg \geq Ca.$ |

METODOLOGI

Pengukuran dan pengambilan conto dilakukan terhadap airtanah tidak tertekan (bebas) dan airtanah tertekan yang tersebar di wilayah DKI Jakarta (Gambar 3) Conto airtanah diambil dan dikelompokkan berdasarkan letak akuifer yakni, kelompok akuifer 1 pada airtanah tidak tertekan dengan kedalaman 0 hingga -40 m, kelompok akuifer 2 pada airtanah tertekan atas dengan kedalaman - 40 hingga -140m, dan kelompok akuifer 3 pada airtanah tertekan bawah dengan kedalaman -140 hingga -250 m (Soekardi, 1986). Alat yang digunakan saat pengambilan conto air adalah *vertical water sampler* berupa tabung fiberglass sepanjang 40 cm bervolume 60 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. Conto air dimasukkan ke dalam botol polyetilen 500 ml, dan disimpan di dalam *ice box* berisi es. Analisis kimia unsur/senyawa utama yaitu ion natrium (Na⁺), kalium (K⁺), kalsium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), sulfat (SO₄²⁻), klorida (Cl⁻), dan bikarbonat (HCO₃⁻) dilakukan di Laboratorium. Metode yang digunakan adalah spektrofotometri serapan atom (AAS) untuk natium, 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 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).



Gambar 3. Lokasi pengambilan contoh airtanah di Wilayah DKI Jakarta

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Contoh air tersebar di 20 lokasi penelitian yang berada di dalam wilayah DKI Jakarta. Jumlah contoh airtanah yang diteliti terdiri dari kelompok akuifer 1 berjumlah 15 conto, pada kelompok akuifer 2 berjumlah 12 conto, dan pada akuifer 3 berjumlah sembilan conto (Gambar 4). Hasil penelitian analisis kimia disajikan dalam bentuk tipe air, tercantum di Tabel 2. Tipe air pada

akuifer 1, di lokasi pantai Jakarta Utara di Tongkol dan Ancol menunjukkan tipe yang sama yaitu NaCl sedangkan di Kamal bertipe MgCl₂, dan di Kapuk bertipe NaHCO₃. Untuk lokasi di Jakarta Pusat di Duren Sawit, Slipi, Cempaka Putih, dan Senayan bertipe NaCl, di Sunter dan Kantor LIPI bertipe MgCl₂, di Cilincing bertipe NaHCO₃, dan di Cilandak bertipe Ca(HCO₃)₂ serta Joglo bertipe Ca Mix. Sedangkan lokasi di Jakarta Selatan di Pasar Minggu, dan Jagakarsa, masing-masing bertipe NaCl, dan Na₂SO₄.

Pada akuifer 2, di lokasi Kamal bertipe CaCl₂, untuk di Kapuk, dan di Tongkol bertipe NaCl. Sedangkan lokasi di Jakarta Pusat yang bertipe NaCl didapatkan di tiga lokasi yaitu Sunter, Kompleks DPR/MPR, dan kantor LIPI, dan untuk tipe Ca(HCO₃)₂ juga terdapat di tiga lokasi yaitu di Duren Sawit, Darmawangsa, dan di Joglo. Tipe NaHCO₃ hanya terdapat di satu lokasi yaitu

di Senayan. Untuk lokasi Jakarta Selatan di Ciracas bertipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, dan Jagakarsa bertipe NaMix, artinya anion utama (bikarbonat

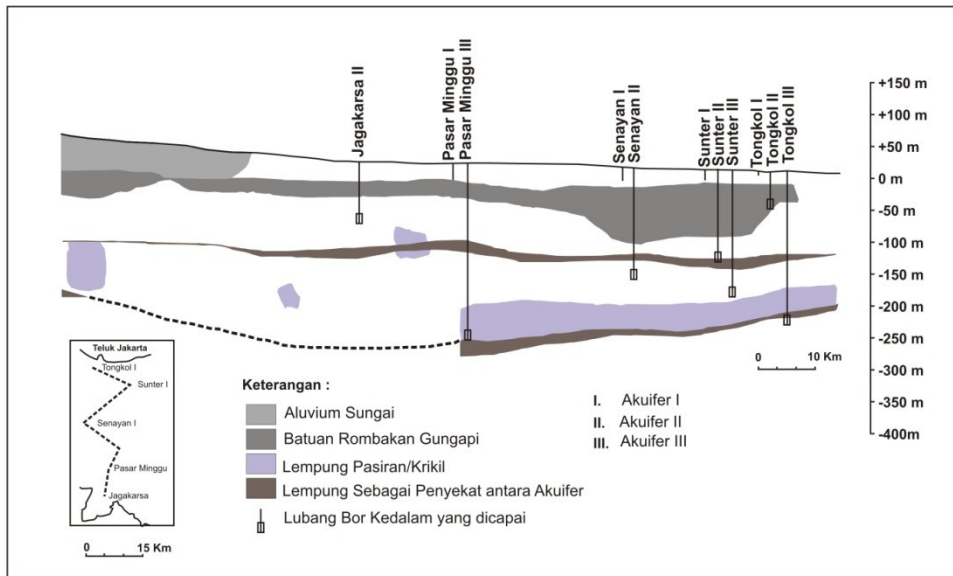
dan klorida) yang terdapat pada akuifer ini tidak ada yang dominan.

Tabel 2. Tipe airtanah wilayah DKI Jakarta

| No | Lokasi | Akuifer 1 | | Akuifer 2 | | Akuifer 2 | |
|----|--------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|---------------|
| | | Tipe air | Kedalaman (m) | Tipe air | Kedalaman (m) | Tipe air | Kedalaman (m) |
| 1 | Kamal | MgCl_2 | 2,25 | CaCl_2 | 50 | NaHCO_3 | 200 |
| 2 | Kapuk | NaHCO_3 | 2,5 | NaCl | 125 | | |
| 3 | Tongkol | NaCl | 2 | NaCl | 45 | NaCl | 225 |
| 4 | Ancol | NaCl | 1,5 | | | | |
| 5 | Marunda | | | | | NaCl | 250 |
| 6 | Sunter | MgCl_2 | 2,5 | NaCl | 100 | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 250 |
| 7 | Cilincing | NaHCO_3 | 5 | | | | |
| 8 | Duren Sawit | NaCl | 20 | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 100 | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 240 |
| 9 | Komp. DPR/MPR | | | NaCl | 90 | NaHCO_3 | 200 |
| 10 | Kantor LIPI | MgCl_2 | 20 | NaCl | | | |
| 11 | Slipi | NaCl | 20 | | | | |
| 12 | Cempaka Putih | NaCl | 24 | | | | |
| 13 | Cilandak, Distam | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 20 | | | | |
| 14 | Senayan | NaCl | 20 | NaHCO_3 | 80 | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 150 |
| 15 | DPRD Kb. Sirih | | | | | NaHCO_3 | 240 |
| 16 | Darmawangsa, PAM | | | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 125 | | |
| 17 | Joglo | Ca Mix | 20 | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 123 | | |
| 18 | Pasar Minggu | NaCl | 5,5 | | | NaHCO_3 | 250 |
| 19 | Jaga Karsa | Na_2SO_4 | 20 | NaMix | 50 | | |
| 20 | Ciracas,PT. Centex | | | $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ | 200 | | |

Pada akuifer 3, di lokasi pantai Jakarta Utara tepatnya di Kamal menunjukkan tipe air NaHCO_3 , untuk di Tongkol dan Marunda bertipe NaCl . Untuk lokasi di Jakarta Pusat seperti di Sunter, Duren Sawit, dan Senayan memperlihatkan tipe yang sama yaitu $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Di Kompleks perkantoran DPR/MPR dan DPRD-DKI Kebon Sirih menunjukkan tipe yang sama yaitu NaHCO_3 , sedangkan lokasi di Jakarta Selatan tepatnya di Pasar Minggu menunjukkan tipe air NaHCO_3 . Tipe air di lokasi pantai Jakarta Utara, pada akuifer 1 umumnya menunjukkan tipe anion klorida, hal ini cenderung dipengaruhi oleh adanya air laut yang masuk dari permukaan (meresap) karena berdasarkan hidrostratigrafi (Fachri,dkk 2002), lokasi ini termasuk ke dalam Zona 1 yang didominasi oleh litologi yang lulus air (Gambar 4), sehingga dengan mudah air laut

meresap ke dalam airtanah. Kualitas airtanah yang telah terpengaruhi oleh air laut antara lain dicirikan dengan tipe anion klorida dalam bentuk NaCl karena di dalam air laut terkandung ion klorida sebanyak 19.000 mg/L (Hem 1989). Juga didasarkan kepada komposisi ion unsur utama kimia air yakni di dalam air laut kandungan ion magnesium lebih tinggi daripada kalsium (Anthoni, 2006). Pada akuifer 1 yaitu di lokasi Kamal menunjukkan kandungan ion magnesium lebih besar daripada ion kalsium, hal ini merupakan suatu indikasi bahwa klorida dalam bentuk tipe air MgCl_2 berasal dari air laut, dan diduga bertipe MgCl_2 ini pengaruh dari berlimpahnya foraminifera bentos di lokasi tersebut. Sedangkan di Tongkol walaupun bertipe NaCl , namun memberikan indikasi bahwa garam purba (*paleo salt*) belum mempengaruhi atau mendominasi airtanah karena kandungan Ca lebih



besar daripada Mg. Sementara di Ancol airtanah bertipe NaCl serta kandungan Mg lebih besar daripada Ca sehingga ini memberikan indikasi

bahwa airtanah sudah di pengaruhi oleh garam purba yang naik dan berada pada lapisan tanah dibawah.

Gambar 4. Penampang sistem akuifer dan titik pengambilan contoh (Jakarta Selatan – Jakarta Utara)

Di lokasi Jakarta Pusat ditemukan yang bertipe $MgCl_2$ yaitu di Sunter dan Kantor LIPI, kedua lokasi ini kondisinya sama dengan di Kamal yaitu berlimpah foraminifera benthos sehingga memungkinkan terbentuknya senyawa $MgCl_2$. Lokasi lain di wilayah DKI seperti di Duren Sawit, Slipi, Cempaka Putih, Senayan, menunjukkan tipe air NaCl. Hal ini memberikan informasi bahwa airtanah di lokasi tersebut terpengaruh garam purba yang naik dan berada pada lapisan tanah. dibawah namun garam purba belum mendominasi airtanah karena memperlihatkan kandungan Ca lebih besar daripada Mg. Sementara di Jakarta Selatan yakni Pasar Minggu tipe air NaCl ini diduga pengaruh dari limbah pasar yang mengalir melalui air permukaan yang meresap masuk ke dalam airtanah dangkal (akuifer I). Dugaan ini didukung oleh data kimia yang menunjukkan kandungan Ca lebih besar daripada Mg artinya

masih didominasi oleh air tawar. Di wilayah pantai yakni di lokasi Kapuk dan di Jakarta Pusat di lokasi Cilincing keduanya memperlihatkan tipe air $NaHCO_3$. Menurut Appelo 1991, tipe air $NaHCO_3$ merupakan hasil pencucian NaCl oleh air tawar $Ca(HCO_3)_2$. Hal ini terjadi pada kondisi air laut yang tejabak saat pembentukan pantai, kemudian lokasi tersebut teraliri oleh air air tawar secara terus menerus, sehingga terjadi reaksi kimia tukar kation sebagai berikut :

$$Ca(HCO_3)_2 + NaCl \rightleftharpoons CaCl_2 + NaHCO_3$$

Secara hidrostratigrafi kejadian ini sangat memungkinkan karena akuifer I berada pada litologi yang lulus air, sehingga air tawar yang berasal dari air hujan ataupun yang berada di dalam akuifer secara terus menerus mengalir air laut yang tejabak sehingga terjadi reaksi kimia seperti di atas. Selain itu, juga terdapat tipe bikarbonat dalam bentuk $Ca(HCO_3)_2$ yang muncul di lokasi Cilindak Distam. Tipe air

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ merupakan tipe air tawar yang belum terkontaminasi air laut, artinya tipe ini menjadikan indikasi airtanah yang berasal dari sumber asal airtanah. Dengan demikian di Cilandak diduga bersumber dari arah Selatan (Bogor). Sedangkan di Joglo bertipe CaMix, tipe ini artinya pada senyawa tersebut tidak

Hal ini diduga tercemar oleh air permukaan yang mengandung klorida tinggi yang kemudian masuk ke dalam airtanah yang bertipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Di Jagakarsa Jakarta Selatan menunjukkan tipe air yang berbeda yakni Na_2SO_4 , sangat memungkinkan terdapat anion sulfat karena lokasi contoh air berdekatan dengan pemakaman umum. Salah satu limbah dari pemakaman (mayat manusia) mengandung sulfide (S^-) yang berasal dari H_2S hasil pemecahan protein dari tubuh manusia (Farmasi, 2008). Dengan adanya oksidator seperti oksigen atau bakteri yang bersifat oksidator maka sulfida berubah menjadi sulfat (SO_4^-). Secara alami ion sulfat bereaksi dengan ion natrium yang terdapat di dalam tanah maupun dalam air membentuk senyawa Na_2SO_4 yang kemudian larut di dalam airtanah dan masuk ke dalam akuifer.

Pada akuifer 2, tipe air di lokasi Jakarta Utara, Jakarta Pusat, dan Jakarta Selatan terdiri dari CaCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, NaHCO_3 , dan NaMix . Tipe CaCl_2 terdapat di Kamal, ini mengindikasikan airtanah sudah terkontaminasi oleh air laut, namun masih didominasi oleh air tawar karena kandungan Ca lebih besar daripada Mg. Pembentukan senyawa CaCl_2 diperkirakan pengaruh melimpahnya foraminifera benthos yang kaya mengandung unsur Ca dan Mg. Di Tongkol walaupun bertipe NaCl , namun masih didominasi oleh air tawar hal ini ditunjukkan dengan kandungan Ca lebih besar daripada Mg. Lain halnya di Kapuk, Sunter, Komplek DPR/MPR, dan kantor LIPI, menunjukkan kandungan Mg lebih besar daripada Ca sehingga tipe NaCl pada airtanah mengindikasikan bahwa pada akuifer tersebut sudah dipengaruhi oleh adanya garam purba yang terjebak saat dahulu pembentukan daratan. Pada akuifer 2, hanya terdapat satu lokasi yang menunjukkan tipe air NaHCO_3 yakni di Senayan, ini memberikan

mengandung anion yang dominan yakni antara bikarbonat (HCO_3^-) dan klorida (Cl^-) menunjukkan jumlah yang relatif sama atau kandungan anion bikarbonat ataupun klorida memiliki nilai lebih kecil daripada jumlah total anion utama (Stuyfzand, 1991).

informasi bahwa pada akuifer yang bersangkutan terjadi pencucian terhadap air laut yang terjebak saat dulu pembentukan pantai (Appelo, 1991). Di Jagakarsa pada akuifer 2 menunjukkan tipe air NaMix, artinya bahwa anion utama khususnya klorida dan bikarbonat tidak ada yang dominan, sehingga senyawa yang terbentuk terdiri dari campuran dua anion dengan kandungan yang seimbang, hal ini didasarkan pada rumus jumlah anion klorida ataupun bikarbonat yang menunjukkan lebih kecil daripada setengah jumlah kandungan anion utama (Stuyfzand, 1991). Tipe air $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ terdapat di 4 lokasi yaitu di Duren Sawit, PAM Darmawangsa, Joglo, dan Ciracas PT. Centex. Berdasarkan morfologi, akuifer keempat lokasi ini diperkirakan bersumber dari tempat yang berbeda. Duren Sawit yang paling memungkinkan bersumber dari arah Barat daya, Darmawangsa dari arah Selatan, Joglo dari arah Barat, dan Ciracas dari arah Selatan (Bogor). Pada lapisan akuifer 3, kualitas airtanah dalam akuifer yang bersangkutan menunjukkan tipe air didominasi oleh anion bikarbonat, kecuali di lokasi Tongkol dan Marunda menunjukkan tipe air NaCl . Kedua lokasi ini memperlihatkan kandungan Mg lebih besar daripada Ca, sehingga bisa disimpulkan bahwa kualitas airtanah pada kedua lokasi tersebut sudah didominasi oleh garam purba, juga didasarkan pada nilai daya hantar listrik (DHL) airtanah di kedua lokasi adalah $11.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ dan $710 \mu\text{S}/\text{cm}$. Sedangkan tipe air anion bikarbonat terdiri dari NaHCO_3 dan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, yakni di Kamal, Komplek DPR/MPR, DPR-DKI Kebon Sirih, dan di Pasar Minggu bertipe NaHCO_3 , dan di Sunter, Duren Sawit, dan di Senayan bertipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Di lokasi yang bertipe NaHCO_3 , menurut Appelo, 1991 terjadi pencucian terhadap air laut oleh airtanah yang bertipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Air laut yang dimaksud adalah air laut yang terjebak saat dahulu pembentukan daratan. Di Sunter akuifer yang bertipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, diduga airtanah yang

mengalir dari arah Selatan (Bogor), begitu juga Duren Sawit dan Senayan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, tipe airtanah di beberapa lokasi di wilayah DKI Jakarta menunjukkan bahwa air telah dipengaruhi oleh air laut terutama pada sumur tidak tertekan didekat pantai. Selain itu juga memperlihatkan tipe airtanah yang berbeda antara akuifer 1 dengan akuifer lainnya. Hal ini terlihat dari pengelompokkan berdasarkan tipe air dan akuifer. Tipe airtanah di wilayah Jakarta Utara, Jakarta Pusat, dan Jakarta Selatan, pada akuifer 1, akuifer 2, dan akuifer 3 adalah NaCl, MgCl₂, CaCl₂, Na₂SO₄, NaHCO₃, NaMix, dan Ca(HCO₃)₂. Tipe NaCl banyak terdapat pada akuifer 1, dan tipe anion bikarbonat pada akuifer 2 dan akuifer 3. Antara akuifer 1, 2, dan 3, memperlihatkan tipe airtanah yang berbeda. Sebagai contoh, di lokasi Kamal Jakarta Utara pada akuifer 1 bertipe MgCl₂, pada akuifer 2 bertipe CaCl₂, dan pada akuifer 3 bertipe NaHCO₃. Begitu juga di Jakarta Pusat di lokasi Senayan pada akuifer 1 bertipe NaCl, pada akuifer 2 bertipe NaHCO₃, dan pada akuifer 3 bertipe Ca(HCO₃)₂. Atas dasar hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran bahwa pada lokasi penelitian tidak terjadi aliran airtanah secara vertikal, artinya tidak ada hubungan aliran airtanah antara akuifer 1 dengan akuifer yang ada di bawahnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Robert M. Delinom dan Dr. R. Fajar Lubis atas diskusi dan masukan selama penyusunan tulisan ini. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada seluruh redaksi Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan serta rekan-rekan yang telah banyak membantu sehingga tulisan ini dapat diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan dengan dana dari program Kompetitif LIPI

DAFTAR PUSTAKA

Anthoni, J.F., 2006, *The chemical composition of seawater*

<http://www.seafriends.org.nz/oceano/seawater.htm> (diakses 30 Juli 2009)

- Appelo, C.A.J. and 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
- Breuck.W.D., 1991, *Hydrogeology of Salt Water Intrusion*, A Selection of SWIM Papers, International Association of Hydrogeologists.
- Fachri, M., Djuhaeni, Hutasoit, L.M., Ramdhan, A., M., 2002. *Stratigrafi dan Hidrostratigrafi Cekungan Jakarta*, Buletin Geologi, V. 34, n. 3, h. 169-189.
- Effendi, A.C., Kusnama, dan Hermanto, B. (1998) *Peta Geologi Lembar Bogor*, Jawa, P3G, Bandung.
- Farmasi., 2008. *Komposisi Bakteri*. <http://samefalowongan.blogspot.com> (diakses, 29 September 2009)
- Geyh, M.A., and Sofner. B. 1989. *Groundwater analysis of environmental carbon and other isotopes from the Jakarta basin aquifer, Indonesia*. Radiocarbon, Vol 31.
- Hem, J.D., 1989. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristic of Natural Water*, 3rded, U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 2254, p. 8-10
- Hadipurwo, S dan Hadi, S., 2000, *Konservasi Airtanah Daerah jakarta-Bogor*, Departemen ESDM, Dir.Jen. Geologi dan sumberdaya Mineral, Dir. Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Matthess,G., 1982. *The Properties of Groundwater*, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore, p 239-295.
- Soekardi, P., 1986. *Peta Hidrologi Indonesia Skala 1 : 250.000. Lembar Jakarta*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung
- Stuyfzand, P.J., 1991. *A New Hydrochemical Classification of Water Type : Principles and Application To Coastal-Dunes Aquifer System of Netherlands, Hydrology of Salt*

- Water Intrusion*, A selection of SWIM Paper, V. 11, International Contribution to Hydrology Series, Editorial Board. International Association of Hydrologists. p. 329 – 357
- Soetrisno.S., 2001. *Jakarta Bebas Intrusi Air laut* http://www.geocities.com/Eureka/Gold/1577/Jkt_intrusi.html. diakses, 21 Oktober 2009.
- Turkandi.T, Sidarto, Agustyanto, D.A, dan Hadiwidjono,M.M, 1992, *Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu*, Jawa, P3G, Bandung.