

PENGARUH AIR LAUT PADA AIRTANAH TIDAK TERTEKAN DI WILAYAH UTARA KOTA DAN KABUPATEN SERANG, PROVINSI BANTEN

Sea Water Influence to Unconfined Groundwater in North Area of Serang Municipality and Serang Regency, Banten Province

Wilda Nailly, Sudaryanto, Dadan Suherman

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

ABSTRAK Kota dan Kabupaten Serang adalah dua wilayah yang terletak di Provinsi Banten, sebagai daerah penyangga Ibu Kota Jakarta. Pertumbuhan penduduk di Kota Serang pada tahun 2010-2012 mulai menunjukkan kenaikan yang cukup tinggi sebesar 2,91% dan di Kabupaten Serang dari tahun 2000-2010 sebesar 1,43%. Jumlah penduduk yang meningkat berdampak meningkatnya konsumsi air yang dibutuhkan. Airtanah tidak tertekan dapat menjadi alternatif penyedia air bersih selain PDAM, namun pengambilan airtanah tidak tertekan yang tidak terkendali dapat berpotensi menimbulkan penurunan muka airtanah (MAT), sehingga dapat memicu adanya pengaruh air laut ke airtanah tidak tertekan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas airtanah tidak tertekan telah terpengaruh oleh air laut. Penelitian meliputi pengamatan, pengukuran dan pengambilan 20 conto airtanah, metode analisis berupa fotometri nyala, volumetri, dan spektrofotometri sinar tampak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa lokasi yang telah terpengaruh oleh air laut secara umum terdapat di Kecamatan Pontang, Kasemen, Ciruas, sebagian Kecamatan Kramatwatu dan Serang. Satu lokasi

Potang mempunyai kandungan DHL, salinitas, natrium, klorida, dan magnesium tertinggi dibanding lokasi lainnya, ini menunjukkan bahwa titik ini telah terpengaruh oleh air laut.

Kata kunci: air laut, airtanah tidak tertekan, Serang Banten, kualitas air, tipe air.

ABSTRACT Serang Municipality and Serang Regency in Banten Province are the buffer zones area of capital city Jakarta. Population growth in Serang Municipality in the year of 2010-2012 was 2.91%, and in Serang Regency in the year of 2000-2010 was 1.43%. It is eminent that increase of population would increase the consumption of water. The freshwater from unconfined aquifer is an alternative supply for domestic need, in addition to the supply from water utilities (PDAM). However, uncontrolled water pumping would cause the declining of water table; then influenced of seawater might occur. This study was conducted to determine whether the unconfined groundwater has been influenced by seawater. The study consisted of groundwater observation, measurement and groundwater collection (20 samples collected). Then, the samples were analyzed in laboratory, which consisted of flame photometric, volumetric, and visible spectrophotometric. Results showed that District of Pontang, Kasemen, Ciruas, and some areas in Kramawatu and Serang are the areas that were most affected by seawater. One location, SRG 33, in Tembakang village, Pontang District, has the highest content of electro-conductivity, salinity, sodium, chloride, and magnesium. That indicates that groundwater in this location is the most influenced by seawater.

Keywords: sea water, unconfined groundwater, Serang Banten, water quality, water type

Naskah masuk : 16 Februari 2016
Naskah direvisi : 06 April 2016
Naskah diterima : 21 September 2016

Wilda Nailly
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI
Kompleks LIPI Gd. 70, Jl Sangkuriang Bandung 40135
Email : wilda.nailly@lipi.go.id

©2016 Pusat Penelitian Geoteknologi
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

matan

PENDAHULUAN

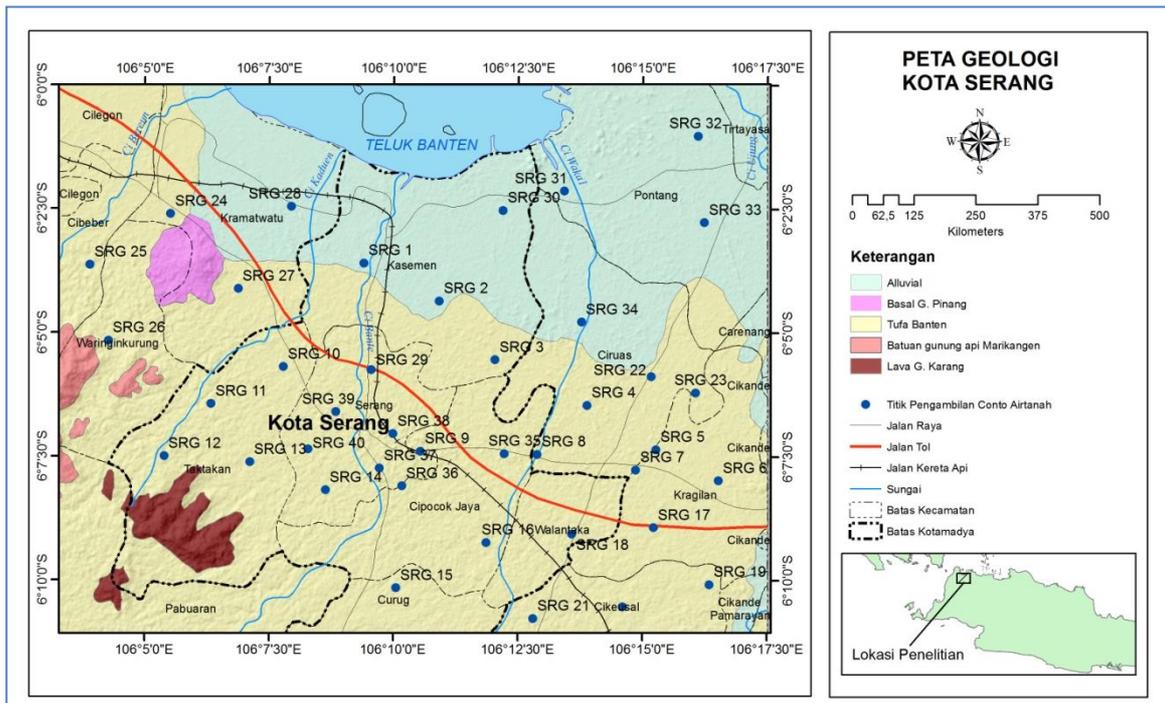
Kota dan Kabupaten Serang merupakan wilayah urban dan penyangga yang masuk dalam konsep *megacities* Jakarta. Pertumbuhan penduduk di Kota Serang mulai menampakkan kenaikan cukup tinggi, yaitu sebesar 2,91% pada tahun 2010-2012. Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Serang selama tahun 2000-2010 adalah 1,43% (BPS Kab. Serang, 2013). Pertumbuhan penduduk berdampak pada meningkatnya kebutuhan air bersih, dan belum meratanya ketersediaan air bersih dari PDAM mengakibatkan airtanah tidak tertekan menjadi satu-satunya andalan utama dalam memenuhi kebutuhan akan air bersih setiap harinya. Permasalahan airtanah dalam beberapa tahun terakhir di Serang adalah terjadinya penurunan muka airtanah di beberapa wilayah yang diakibatkan oleh eksploitasi airtanah berlebihan (RPJM Provinsi Banten 2007-2012). Disamping itu, permasalahan dipicu pula oleh perubahan pola aliran airtanah yang semula merupakan daerah resapan berubah menjadi daerah lepasan, sehingga terjadi penurunan muka airtanah dan perubahan tekanan hidrostatik. Hal itu kemudian dapat mengakibatkan terjadinya intrusi air laut ke airtanah (Lubis *et al.*, 2006; Onodera *et al.*, 2009; Marfai, 2007; Delinom *et al.*, 2008). Salah satu faktor lingkungan yang menyebabkan perubahan kualitas airtanah adalah pengaruh air permukaan masuk ke badan airtanah (Sudaryanto *et al.*, 2014).

Perubahan tekanan hidrostatik yang disebabkan oleh penurunan muka airtanah yang lebih rendah dari muka air laut, dapat mengakibatkan perubahan kualitas airtanah. Untuk mengetahui perubahan kualitas airtanah akibat pengaruh air laut tersebut perlu dilakukan penelitian airtanah. Tahapan yang dilakukan adalah pengumpulan data sekunder, pengamatan dan pengukuran beberapa parameter kimia-fisika air yang dilakukan di lokasi penelitian, pengambilan contoh air pada sumur gali dan sumur dangkal pada airtanah tidak tertekan milik penduduk, selanjutnya melakukan analisis kimia untuk mengetahui kualitasnya. Parameter pemeriksaan meliputi daya hantar listrik (DHL), salinitas, serta kandungan ion-ion utama yang dapat menunjukkan indikasi adanya perubahan kualitas airtanah oleh air laut yaitu kation natrium (Na^+), anion klorida (Cl^-), kation kalsium (Ca^{2+}), dan kation magnesium (Mg^{2+}).

Analisis ion-ion utama airtanah ditampilkan dalam bentuk diagram Piper dan pembuatan peta sebaran kandungan ion-ion utama yang tercemar air laut. Tujuan analisa adalah untuk mengetahui sejauh mana indikasi perubahan kualitas airtanah tercemar air laut dapat diketahui. Pada airtanah yang belum tercemar air laut, ion yang dominan adalah karbonat (CO_3^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-). Sedangkan airtanah yang telah tercemar air laut akibat adanya pelarutan mineral-mineral garam yang terdapat pada batuan akuifer, memiliki komposisi airtanah yang berbeda, yaitu adanya penambahan ion Cl^- dan cenderung memiliki tipe NaCl (Irham M. N., *et al.*, 2006; Sahwilaka dan Kustini, 2014). Tingkat konsentrasi Cl^- pada airtanah dapat pula memberikan petunjuk adanya indikasi bahwa airtanah telah tercemar air laut atau belum (Suhartono, *et al.*, 2013; Hem, 1989). Disamping itu, digunakan analisis tipe air untuk menentukan genesa air. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui di lokasi mana yang telah menunjukkan adanya indikasi perubahan kualitas airtanah.

LOKASI PENELITIAN

Kota dan Kabupaten Serang berada di Propinsi Banten, terletak di ujung barat bagian utara Pulau Jawa dan merupakan pintu gerbang utama yang menghubungkan Pulau Sumatera dengan Pulau Jawa dengan jarak ± 70 km dari Ibukota Negara Indonesia, Jakarta (Gambar 1). Secara Geografis wilayah Kota dan Kabupaten Serang terletak pada koordinat $5^{\circ}50'$ sampai dengan $6^{\circ}02'$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}0'$ sampai dengan $106^{\circ}22'$ Bujur Timur. Jarak terpanjang menurut garis lurus dari utara ke selatan adalah sekitar 60 km dan jarak terpanjang dari Barat ke Timur adalah sekitar 90 km. Kedudukan secara administratif berbatasan dengan: sebelah utara dibatasi dengan Laut Jawa, sebelah timur dibatasi oleh Kabupaten Tangerang, sebelah barat dibatasi oleh Kota Cilegon dan Selat Sunda, serta sebelah selatan dibatasi oleh Kabupaten Lebak dan Pandeglang. Luas wilayah secara administratif tercatat 173.409 Ha yang terbagi atas 34 wilayah Kecamatan, 354 Desa dan 20 Kelurahan (BPS Kab. Serang, 2013). Wilayah Kota dan Kabupaten Serang berada pada ketinggian antara 0 – 1.778 m dpl.



Gambar 1. Peta Geologi (Rusmana *et al.*, 1991) dan titik pengambilan contoh airtanah.

Geomorfologi dan Geologi

Daerah penelitian mencerminkan tiga satuan morfologi, yaitu; satuan endapan aluvium pantai, satuan endapan aluvium sungai dan satuan endapan vulkanik (Hadiyan *et al.*, 2006). Satuan endapan aluvium pantai terbentuk dari endapan pematang pantai, endapan rawa pasang surut dan endapan banjir dengan sebaran di bagian utara daerah Kota dan Kabupaten Serang. Topografi pada satuan ini cukup landai dengan kemiringan sekitar 5%, dan tersusun oleh endapan lempung lanauan, lanau pasiran dan pasir.

Satuan endapan aluvium sungai terletak di bagian timur laut daerah Penelitian (Gambar 1), seluruhnya merupakan endapan Kuartar yang meliputi Kecamatan Pontang, Kecamatan Tirtayasa, Kecamatan Kasemen dan Kecamatan Cikande. Topografi pada satuan ini cukup landai dengan kemiringan sekitar 5%, satuan ini terbentuk oleh endapan batuan sedimen berupa lempung lanauan, tuf dan batu pasir tufan.

Satuan endapan vulkanik terdapat pada bagian tengah, barat dan timur daerah penelitian (Gambar 1), Endapan ini terdiri dari kumpulan pengunungan tua dan muda, masuk kedalam kompleks vulkanik Banten yang meliputi wilayah Kecamatan Ciomas, Kecamatan Pabuaran,

Kecamatan Cinangka, Kecamatan Anyer, Kecamatan Mancak, Kecamatan Bojonegara, Kecamatan Taktakan, Kecamatan Baros dan Kecamatan Waringinkurung (Rusmana *et al.*, 1991).

Batuan yang menutupi daerah penelitian merupakan batuan Kuartar yang terdiri atas Tuf Banten yang tersusun atas tuf, tuf batu lempung, batu pasir tufaan; ditindih oleh endapan kipas aluvium yang terdiri atas pasir tufaan berselingan dengan konglomerat tufaan; endapan pematang pantai yang terdiri atas pasir halus – kasar, cangkang moluska; serta endapan aluvium yang terdiri atas bongkah, kerakal, kerikil, pasir halus, dan lempung (Gambar 1). Deskripsi singkat satuan batuan dari tua ke muda yang terdapat di daerah kajian adalah sebagai berikut:

- a. Satuan Batuan Tuf Banten Atas atau Tuf Banten, satuan ini terdiri atas lapisan tuf, tuf batu apung, dan batu pasir tufaan yang berasal dari letusan Gunung Rawa Danau. Tuf tersebut menunjukkan sifat yang lebih asam (*pumice*) dibandingkan dengan batuan vulkanik yang diendapkan sesudahnya. Bagian atas satuan tersebut menunjukkan adanya perubahan dari lingkungan pengendapan di atas permukaan air menjadi di bawah permukaan air. Satuan ini

berumur Plio–Plistosen atau sekitar dua juta tahun (Effendi, 1974).

- b. Endapan Aluvium terdiri Aluvium Pantai, Sungai dan Lembah. Pada aluvium Pantai, endapan terdiri atas lempung yang mengandung material organik, mudah digali, permeabilitas rendah dan jenuh air. Untuk aluvium Sungai, endapan terdiri atas lempung, pasir, kerikil, kerakal, lepas-lepas, mudah digali, permeabilitas tinggi. Sedangkan pada aluvium Lembah, endapan terdiri atas lempung tufan, pasir, lepas-lepas, mudah digali/permeabilitas sedang-tinggi, muka airtanah tersebar pada daerah pengendapan serta sekitar aliran sungai (Hadiyan *et al.*, 2006).

METODE

Pengumpulan data sekunder, pengamatan, pengukuran, dan pengambilan contoh air dilakukan di 40 lokasi yang terdiri atas 24 sumur gali, 15 sumur bor (pantek) dan satu contoh mata air yang berada di wilayah Kota dan Kabupaten Serang. Contoh air diambil dari airtanah tidak tertekan yang tersebar di dataran rendah Kota dan Kabupaten Serang bagian utara dan di bagian selatan (Gambar 1). Contoh air dimasukkan ke dalam botol *polyetilen* dan diawetkan dengan cara diturunkan temperaturnya hingga mencapai suhu sekitar 10°C, melalui cara penyimpanan dalam kotak es yang berisi es.

Analisis yang akan dilakukan adalah parameter ion utama yakni natrium (Na⁺), kalium (K⁺), kalsium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), klorida (Cl⁻), sulfat (SO₄²⁻), dan bikarbonat (HCO₃⁻). Untuk parameter daya hantar listrik (DHL) dan salinitas, pengukurannya dilakukan di lokasi pengambilan contoh air dengan menggunakan alat *water quality checker* merk Horiba tipe U 10. Pengukuran

parameter lain dilakukan di laboratorium Air Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Bandung. Metode analisis pemeriksaan contoh air diperlihatkan pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Contoh airtanah tidak tertekan diambil dari sumur gali dan sumur pantek di permukiman penduduk di wilayah Kota dan Kabupaten Serang. Airtanah tidak tertekan merupakan akuifer yang bagian atasnya dibatasi oleh muka air yang sama dengan tekanan luar (1 Atm) dan bagian bawahnya dilapisi oleh lapisan kedap air (Fetter, 1994). Airtanah tidak tertekan disebut juga sebagai airtanah bebas atau airtanah dangkal, hal ini karena muka airtanahnya relatif dangkal. Tabel 2 memperlihatkan lokasi pengambilan contoh air beserta kedalaman muka airtanahnya.

Daya hantar listrik (DHL) dapat memberikan informasi mengenai air tawar, payau atau asin. Air asin (laut) memiliki nilai DHL melebihi air tawar karena memiliki senyawa terlarut garam yang lebih besar daripada air tawar. Klasifikasi keasinan airtanah berdasarkan nilai DHL diperlihatkan pada Tabel 3 (PAHIAA-Jakarta 1986, dalam Widada dan Sugeng, 2007). Sedangkan salinitas memiliki peran serupa seperti DHL yaitu dapat memberikan informasi mengenai kadar garam terlarut dalam air atau keasinan air. Sebagai acuan, salinitas air laut rata-rata adalah 3,5% (Anthoni, 2006). Air dikelompokkan menjadi tawar, payau, *saline* dan *brine* dilihat dari kadar salinitas berdasarkan presentasi garam terlarut (Tabel 4).

Sifat air berdasarkan nilai DHL pada Gambar 2A memperlihatkan bahwa contoh air di 32 lokasi bersifat tawar.

Tabel 1. Metode pemeriksaan contoh air.

No	Parameter	Perlakuan pengawetan contoh air	Metode pemeriksaan *)
1	DHL		Konduktometri
2	Salinitas		Konduktometri
3	Natrium (Na ⁺)		Fotometri nyala
4	Kalium (K ⁺)		Fotometri nyala
5	Kalsium (Ca ²⁺)		Kompleksometri – Volumetri
6	Magnesium (Mg ²⁺)	Penurunan temperatur contoh air hingga mencapai sekitar 10°C	Kompleksometri – Volumetri
7	Klorida (Cl ⁻)		Argentometri – Volumetri
8	Sulfat (SO ₄ ²⁻)		Turbidimetri – Spektrofotometri
9	Bikarbonat (HCO ₃ ⁻)		Asidimetri – Volumetri

*) Sumber: Eaton *et al.*, 2005

Tabel 2. Lokasi pengambilan conto airtanah tidak tertekan

No	Conto	Lokasi	mat (-m)	No	Conto	Lokasi	mat (-m)
1	SRG 1	Kp. Kasunyatan, Kec. Kasemen	-	21	SRG 21	Kp. Ciwareng, Kec. Cikeusal	2,40
2	SRG 2	Kp. Sinaba, Kec. Kasemen	1,43	22	SRG 22	Kp. Warakas, Kec. Ciruas	-
3	SRG 3	Kp. Ciwedus Lor, Kec. Kasemen	1,45	23	SRG 23	Kp. Calung, Kec. Ciruas	-
4	SRG 4	Kp. Cembeh, Kec. Ciruas	2,10	24	SRG 24	Kp. Toyomerta, Kec. Kramatwatu	2,00
5	SRG 5	Kp. Cibau, Kec. Kragilan	-	25	SRG 25	Kp. Pengasinan Kidul, Kec. Cibeber	-
6	SRG 6	Kp. Blingon Indah, Kec. Kragilan	-	26	SRG 26	Kp. Gunung Batu, Kec. Waringin Kuring	-
7	SRG 7	Kp. Nambo, Kec. Kragilan	-	27	SRG 27	Komp. Jl. Gresik, Kec. Kramatwatu	-
8	SRG 8	Kp. Kalodran, Kec. Ciruas	-	28	SRG 28	Kp. Pamengkang/Ciwedus. Kec. Kramatwatu	0,90
9	SRG 9	Kp. Ciceri Jaya, Kec. Cipacok Jaya	-	29	SRG 29	Kp. Pabuaran Unyur, Kec. Serang	-
10	SRG 10	Komp. Purna Bakti, Kec. Taktakan	-	30	SRG 30	Kp. Cangkring, Kec. Kasemen	0,90
11	SRG 11	Kp. Kori, Kec. Taktakan	21,10	31	SRG 31	Kp. Sawah Luhur, Sukajaya, Kec. Pontang	0,20
12	SRG 12	Kp. Jakung, Kec. Taktakan	10,90	32	SRG 32	Kp. Pengecekan, Kec. Pontang	0,30
13	SRG 13	Kp. Gedeg, Kec. Taktakan	-	33	SRG 33	Kp. Tembakang, Kec. Pontang	-
14	SRG 14	Kp. Cagar Ayulor, Kec. Serang	3,15	34	SRG 34	Kp. Cicurug, Kec. Ciruas	-
15	SRG 15	Kp. Gowoh Kepah, Kec. Curug	-	35	SRG 35	Jl. Syeh Nawawi, Kec. Cipacok Jaya	-
16	SRG 16	Kp. Sewor, Kec. Cipacok Jaya	6,50	36	SRG 36	Komp. Tumaritis Indah, Kec. Serang	-
17	SRG 17	Kp. Bendung, Kec. Kragilan	-	37	SRG 37	Kp. Sempu Kelapa Endep, Kec. Serang	-
18	SRG 18	Kp. Winong, Kec. Walantaka	-	38	SRG 38	Kp. Sumur Pecung Baru, Kec. Serang	-
19	SRG 19	Kp. Kramat Jati, Kec. Cikeusal	-	39	SRG 39	Kp. Pandean, Kangungan, Kec. Serang	-
20	SRG 20	Kp. Cipete, Ds. Sukajati, Kec. Cikeusal	-	40	SRG 40	Kp. Cikulur Masjid, Kec. Serang	-

Keterangan: (-) tidak dilakukan pengukuran muka airtanah karena sumur ditutup rapat dengan beton

Tabel 3. Klasifikasi keasinan airtanah DHL (PAHIAA-Jakarta 1986, dalam Widada dan Sugeng, 2007).

Sifat Air	DHL ($\mu\text{S/cm}$)
Air tawar	<1.500
Air agak payau	1.500 – 5.000
Air payau	5.000 – 15.000
Air asin	15.000 – 50.000
Brine (conate)	>50.000

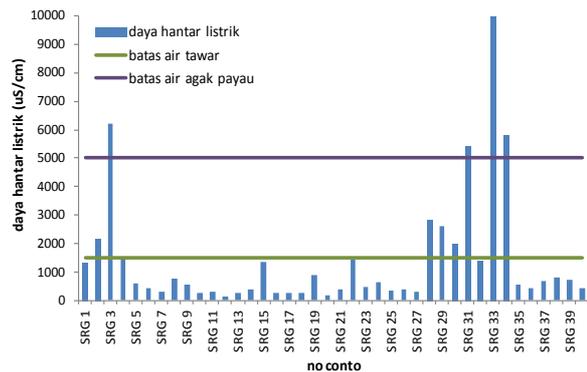
Tabel 4. Salinitas air berdasarkan persentase garam terlarut.

Air	Garam terlarut (%) = 10.000 mg/L
Air tawar	< 0,05
Air payau	0,05 – 3
Air saline	3 – 5
Brine	> 5

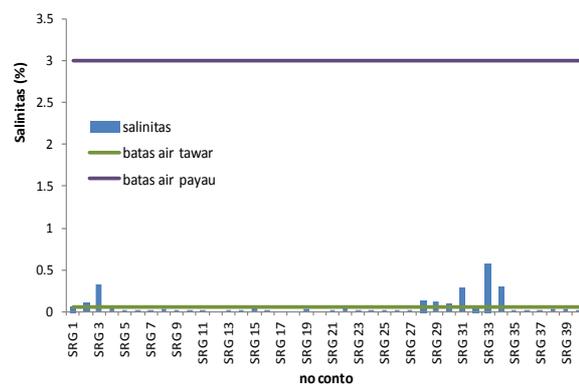
Sifat agak payau ditemukan di 4 conto air (SRG 2, SRG 28, SRG 29, dan SRG 30), begitupun sifat payau ditemukan di 4 conto air (SRG 3, SRG 31, SRG 33, dan SRG 34). Air asin dan brine tidak ditemukan dalam conto air di lokasi penelitian. Grafik hasil pengukuran salinitas air berdasarkan garam terlarut pada Gambar 2B memperlihatkan ditemukannya conto air tawar di 27 lokasi dan conto air payau (SRG 1, SRG 2, SRG 3, SRG 4, SRG 15, SRG 22, SRG 28, SRG 29, SRG 30, SRG 31, SRG 32, SRG 33, dan SRG 34) di 13 lokasi. Sementara air saline dan brine tidak ditemukan dalam conto-conto air di lokasi penelitian.

Berdasarkan nilai DHL dan salinitas, conto air agak payau dan payau terdapat di Kec. Kasemen (SRG 1, SRG 2, SRG 3, dan SRG 30), Kec. Ciruas (SRG 4, SRG 22, dan SRG 34), Kec. Curug (SRG 15), Kec. Kramatwatu (SRG 28), Kec. Serang (SRG 29), dan Kec. Pontang (SRG 31, SRG 32, dan SRG 33). Air agak payau dan air payau di lokasi penelitian ditemukan berdekatan dengan laut (Gambar 3). Munculnya air agak payau dan air payau pada lokasi conto air dekat laut dapat terjadi akibat pengaruh maupun jebakan air laut. Sementara itu, tidak ditemukan komposisi air laut dalam conto air yang diambil jauh dari laut, kecuali di SRG 15 yang kandungannya didominasi oleh kalsium tinggi yang mungkin berasal dari batuan di sekitar sumur tersebut.

Peta sebaran DHL dan salinitas pada Gambar 3 memperlihatkan sumur-sumur dengan nilai tinggi terletak di bagian timur laut daerah penelitian, dan



(A) Nilai DHL

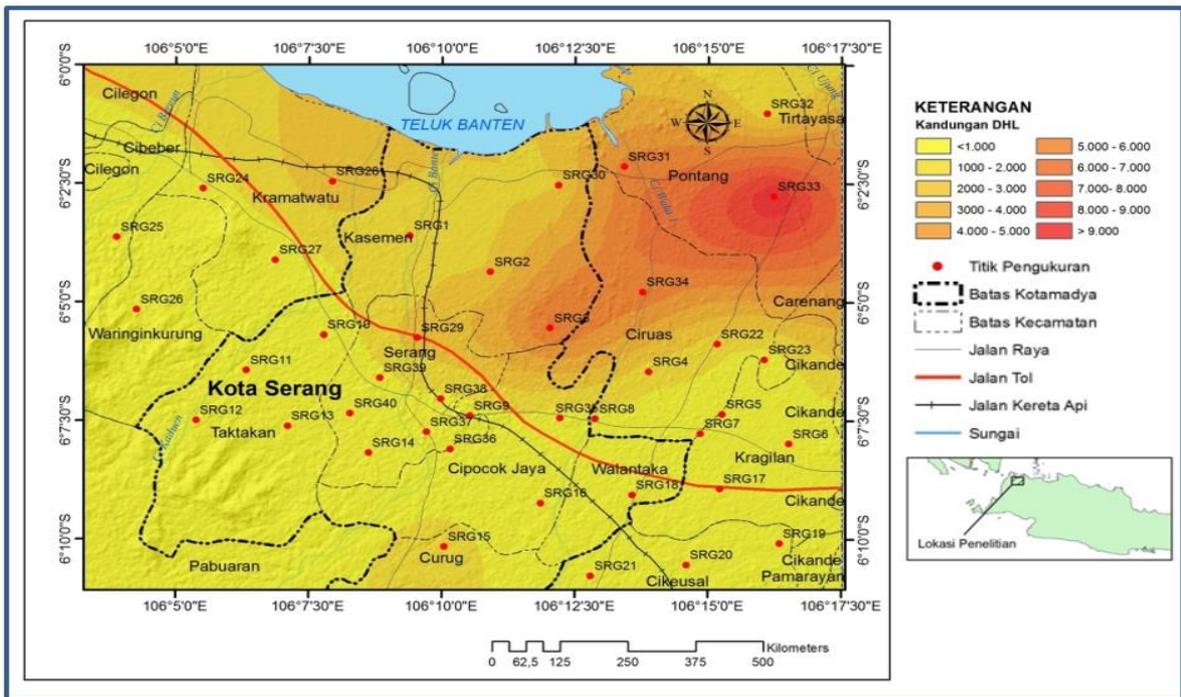


(B) Nilai Salinitas

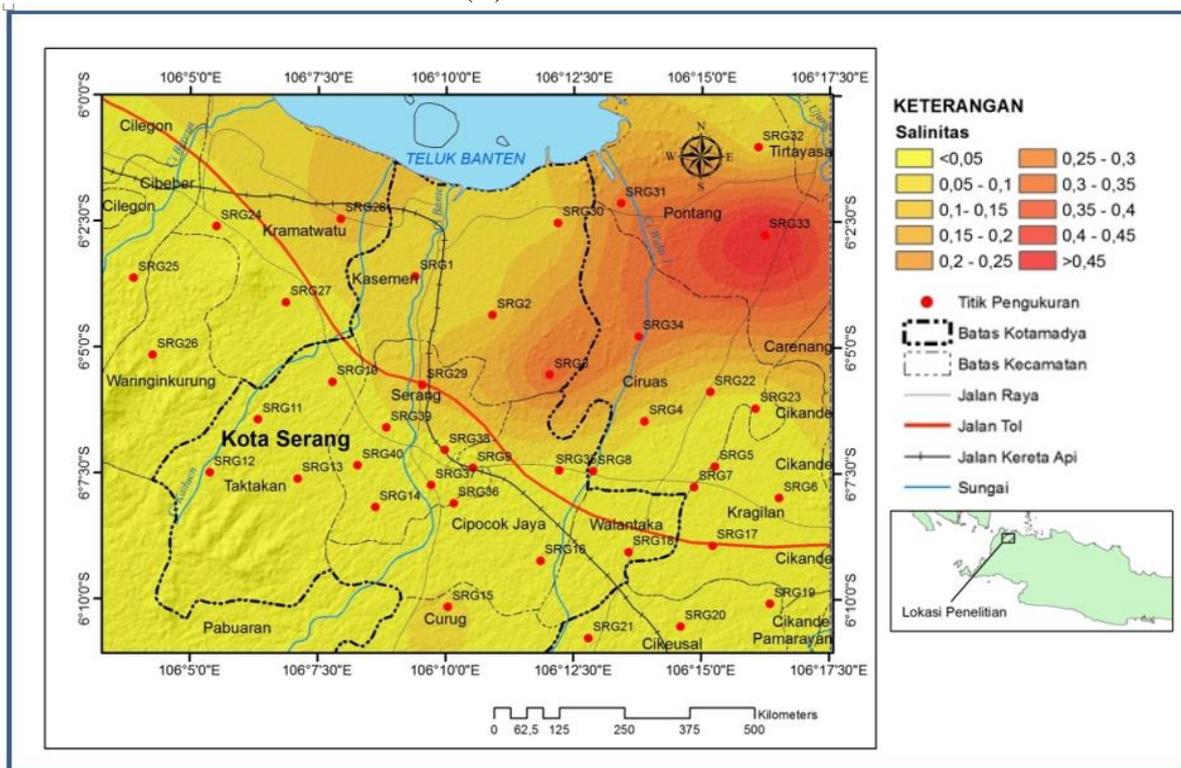
Gambar 2. Grafik (A) nilai DHL dan (B) nilai salinitas.

nilai tertinggi terdapat di Kecamatan Pontang (SRG 33). Nilai DHL dan salinitas tinggi di Kecamatan Pontang menandakan air tawar telah tercemar oleh air laut sehingga bersifat agak payau atau payau. Dilihat dari peta geologi dan titik pengambilan conto air pada Gambar 1, diketahui bahwa sebagian besar lokasi conto air agak payau dan payau terletak pada endapan aluvium yang memiliki batuan penyusun pasir, sementara conto air yang bersifat tawar sebagian besar berada pada endapan vulkanik (tufa Banten).

Ion natrium (Na^+) dan klorida (Cl^-) merupakan kation dan anion yang dominan di dalam air laut sehingga memiliki jumlah terbesar dibandingkan dengan kation dan anion lainnya (Effendi, 2003). Keberadaan klorida dalam konsentrasi rendah tidak berbahaya untuk manusia, namun pada konsentrasi diatas 250 mg/L, air yang mengandung anion klorida dapat terasa asin (Sawyer, 2003). Oleh karena itu, natrium dan klorida sebagai pembentuk garam (NaCl) dapat berfungsi sebagai penentu kadar keasinan atau salinitas air laut. Sedangkan di dalam air tawar,



(A) Peta sebaran DHL



(B) Peta sebaran salinitas.

Gambar 3. Peta sebaran (A) DHL dan (B) salinitas.

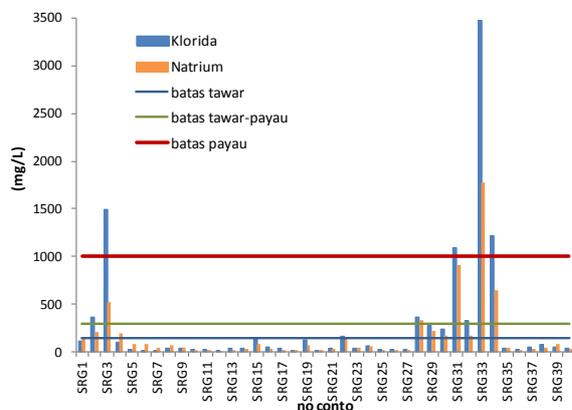
kedua ion ini terdapat dalam jumlah yang tidak dominan, sehingga dapat digunakan sebagai penjejak keberadaan air laut. Kandungan anion klorida pada Gambar 4 membagi jenis air

berdasarkan kandungan konsentrasi klorida (Tabel 5). Grafik tersebut menunjukkan bahwa conto air bersifat tawar di 30 lokasi, air tawar-payau di 3 lokasi yaitu Kec Ciruas (SRG 22), Kec. Serang

Tabel 5. Jenis air berdasarkan konsentrasi klorida (Stuyfzand, 1991)

Jenis Air	Klorida (mg/L)	Jenis Air	Klorida (mg/L)
Tawar	≤150	Payau-asin	1.000 – 10.000
Tawar-payau	150 – 300	Asin	10.000-20.000
Payau	300 – 1.000	Hyperhaline	>20.000

(SRG 29), dan Kec. Kasemen (SRG 30), air payau di 3 lokasi yaitu Kec. Kasemen (SRG 2), Kec. Kramatwatu (SRG 28), dan Kec. Pontang (SRG 32), sementara air payau-asin di 4 lokasi yaitu Kec. Kasemen (SRG 3), Kec. Pontang (SRG 31 dan SRG 33), dan Kec. Ciruas (SRG 34). Tingginya konsentrasi klorida dalam airtanah menunjukkan indikasi adanya pengaruh air laut dalam airtanah, karena dalam air laut terkandung ion klorida sebanyak 19.000 mg/L (Hem, 1989).



Gambar 4. Grafik kandungan kation natrium dan anion klorida.

Peta sebaran kation natrium dan anion klorida dalam conto air pada Gambar 5 menunjukkan bahwa kandungan kation natrium dan anion klorida yang tinggi terdapat di bagian timur laut daerah penelitian, yang terletak pada endapan aluvium. Secara geologi, endapan aluvium terdiri atas lempung, pasir, kerikil, kerakal, lepas-lepas, mudah digali, dan permeabilitas sedang–tinggi. Karakteristik ini mengakibatkan air laut, yang diwakili oleh kation natrium dan anion klorida, mudah untuk memenuhi ruang pada satuan endapan tersebut. Berbeda halnya dengan conto air pada endapan vulkanik yang cenderung memiliki kandungan kation natrium dan anion klorida rendah. Anomali ditemui pada conto air lokasi SRG 3 yang berada pada satuan endapan vulkanik namun memiliki kandungan anion klorida tinggi. Hal ini dikarenakan lokasi tersebut berada di perbatasan endapan aluvium dan

vulkanik sehingga dimungkinkan terpengaruh oleh jebakan air laut pada masa lampau.

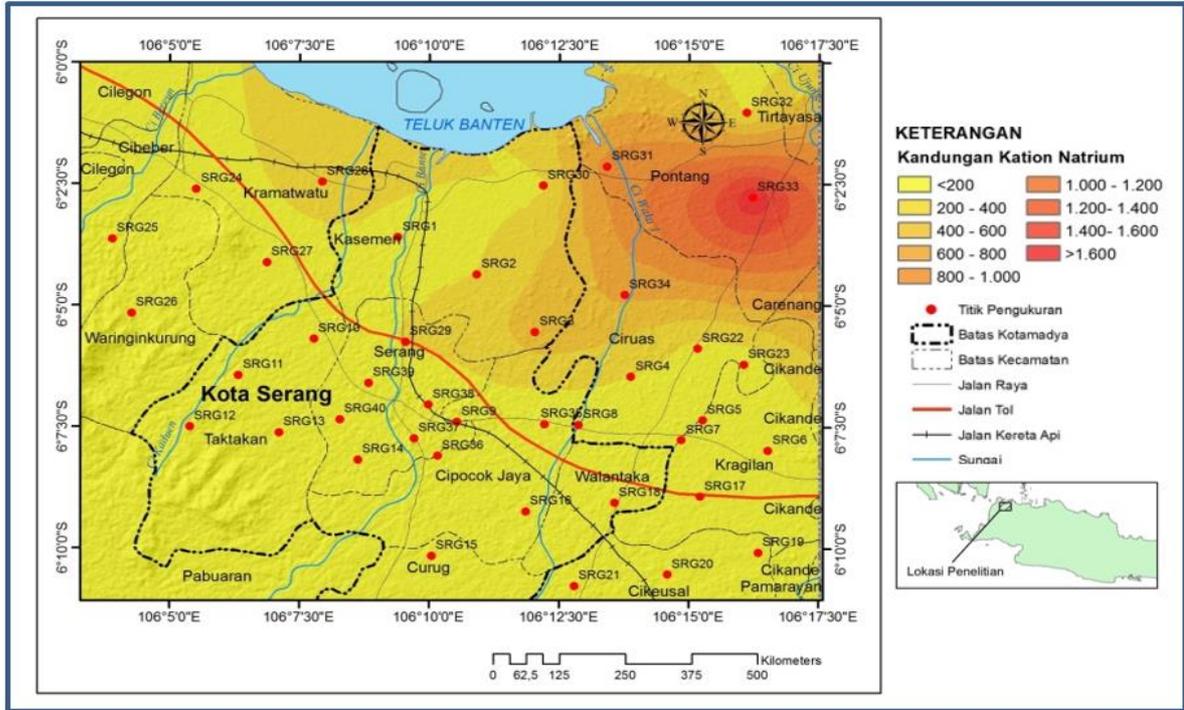
Ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) di dalam air laut merupakan kation yang jumlahnya lebih rendah daripada kation natrium. Magnesium merupakan kation dengan jumlah terbanyak kedua setelah natrium dalam air laut, sementara kalsium merupakan kation yang dominan dalam airtanah yang bersifat tawar (Anthoni, 2006). Airtanah memiliki kandungan kalsium tinggi karena dipengaruhi oleh pelarutan ion-ion dari batuan di sekitarnya. Kandungan kation kalsium dan magnesium pada Gambar 6 menunjukkan nilai yang bervariasi, pada beberapa lokasi terlihat kation magnesium lebih mendominasi dibandingkan dengan kation kalsium, seperti di Kec Kasemen (SRG 2, dan SRG 3), Kec. Ciruas (SRG 4, SRG 22, dan SRG 34), serta Kec. Pontang (SRG 33). Hal ini menunjukkan adanya pengaruh air laut pada conto air tersebut.

Peta sebaran kation kalsium dan magnesium pada Gambar 7 menunjukkan bahwa kandungan kation kalsium terlihat menyebar di semua lokasi pengambilan conto air, dengan kandungan tertinggi terdapat di Kec Kasemen (SRG 3) dan Kec. Pontang (SRG 32) (Gambar 7A). Kandungan magnesium hanya tersebar di bagian timur laut dari lokasi penelitian (Gambar 7B) dan memiliki pola sebaran yang serupa dengan kation natrium (Gambar 5A) sebagai penanda adanya komposisi ion air laut dalam airtanah.

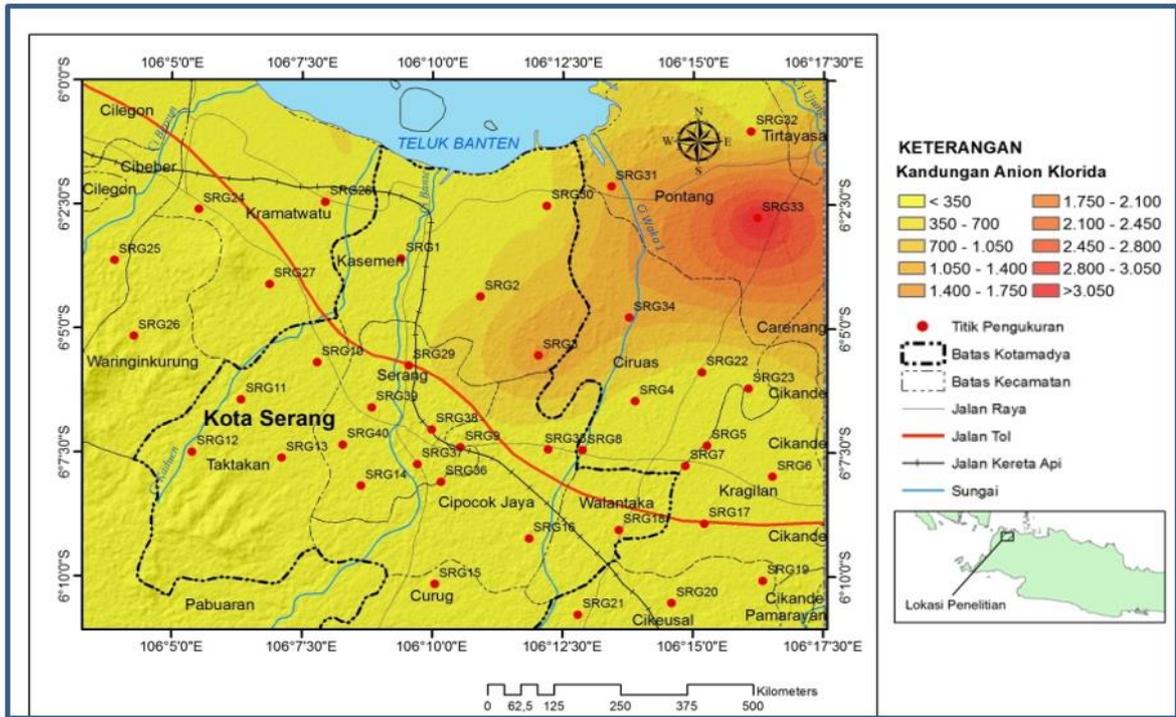
Konsentrasi kation kalsium dalam conto air di endapan aluvium dan endapan vulkanik terlihat relatif seimbang (Gambar 7A), walaupun umumnya kandungan kation kalsium dalam conto air di endapan aluvium lebih tinggi. Kondisi berbeda terlihat pada perbandingan konsentrasi kation magnesium yang sangat dominan pada endapan aluvium dibandingkan pada endapan vulkanik (Gambar 7B), pola yang sama terlihat dari peta sebaran kation natrium dan anion klorida. Konsentrasi kation natrium, magnesium dan anion klorida yang tinggi dalam conto air di satuan endapan aluvium (bagian timur laut lokasi

penelitian) menunjukkan adanya pencemar air laut, sementara pada conto air di satuan endapan vulkanik tidak terlihat adanya komposisi air laut.

Penentuan adanya pengaruh air laut terhadap air tawar dapat juga dilihat berdasarkan tipe air dari conto air yang dianalisis (Suherman et al., 2009). Penentuan tipe air dilakukan berdasarkan

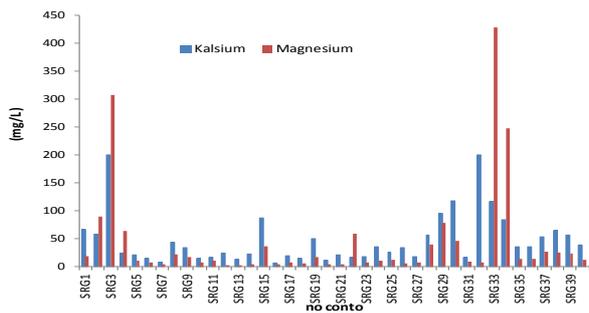


(A) Peta sebaran kation natrium.



(B) Peta sebaran anion klorida.

Gambar 5. Peta sebaran (A) kation natrium dan (B) anion klorida.



Gambar 6. Grafik kandungan kation kalsium dan magnesium

perbandingan jumlah kation dan anion yang paling dominan (Stuyfzand, 1991), yang ditampilkan dalam bentuk diagram Piper menggunakan *software* Plotchem (Gambar 8).

Tipe air dari conto airtanah di lokasi penelitian diperlihatkan dalam diagram Piper pada Gambar 8 dan sebaran tipe air berdasarkan satuan endapan pada Gambar 9. Diketahui terdapat 7 tipe air dari conto air yaitu NaCl, NaHCO₃, MgCl₂, NaMix, MgMix, CaMix, dan Ca(HCO₃)₂.

Tipe air NaCl merupakan tipe air laut. Munculnya tipe air NaCl dalam airtanah dikarenakan dua kondisi. Pertama adalah kondisi air laut yang mencemari daratan dengan ditandai kandungan kation magnesium yang lebih besar daripada kation kalsium ($Mg^{2+} > Ca^{2+} \rightarrow$ air laut masuk ke daratan), seperti terlihat di Kec. Ciruas (SRG 22 dan SRG 34), Kec. Kramatwatu (SRG 28), dan Kec. Pontang (SRG 33). Kondisi kedua yang mengakibatkan munculnya tipe air NaCl adalah akibat pelarutan batuan sekitar yang ditandai dengan kandungan kation kalsium lebih besar daripada kation magnesium ($Ca^{2+} > Mg^{2+} \rightarrow$ pelarutan batuan sekitar). Kondisi ini ditemukan di lokasi conto air Kec. Pontang (SRG 31), yang mungkin dipengaruhi air tawar dari Sungai Ci Waka 1 yang lokasinya berdekatan dengan lokasi pengambilan conto air (Gambar 9).

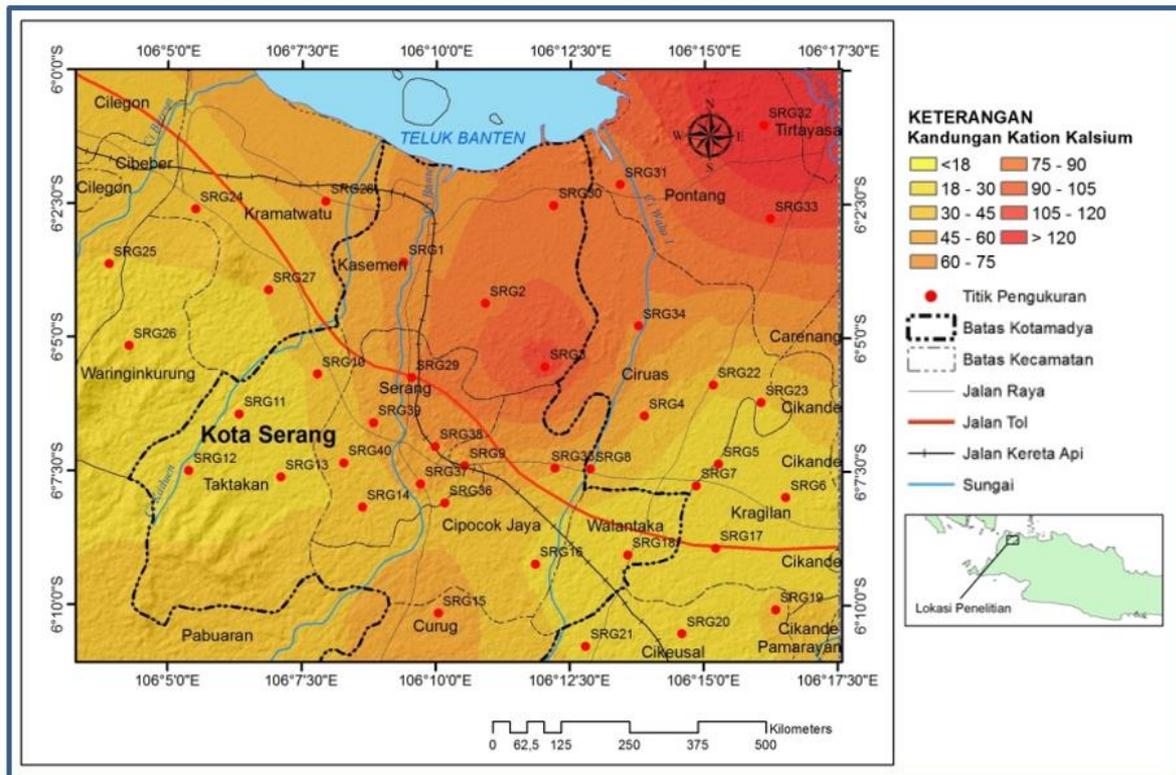
Tipe air NaHCO₃ merupakan tipe air yang terjadi karena fase pencucian air laut (tipe air NaCl) yang terjebak oleh air tawar (tipe air Ca(HCO₃)₂) (Appelo, 1991; Kagabu *et al.*, 2011). Hal ini diakibatkan adanya air laut yang terjebak saat pembentukan pantai. Lokasi tersebut teraliri oleh air tawar secara terus menerus sehingga terjadi reaksi kimia tukar kation antara Na⁺ dengan Ca²⁺.



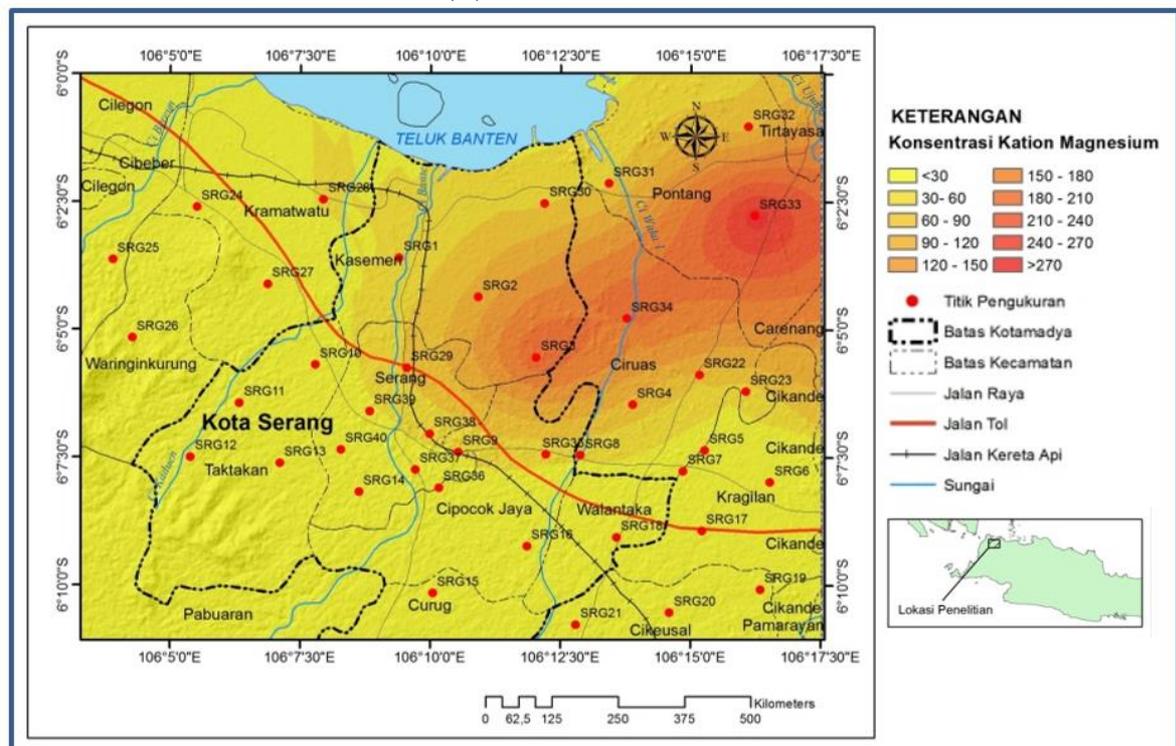
Peta sebaran tipe air pada Gambar 9 menunjukkan tipe air NaHCO₃ ditemukan di Kec. Kasemen (SRG 1), Kec. Ciruas (SRG 4), serta Kec. Kragilan (SRG 5, SRG 6, dan SRG 7). Lokasi tersebut secara geologi berada pada satuan endapan vulkanik dan endapan aluvium, sehingga mungkin terdapat air laut yang terjebak saat pembentukan daratan yang menyebabkan terjadinya perubahan tipe air NaCl menjadi NaHCO₃. Tipe air MgCl₂ merupakan tipe air yang mengindikasikan adanya kontaminasi seperti yang ditunjukkan dengan kadar magnesium yang lebih besar daripada kalsium. Kondisi ini ditemukan di SRG 2 dan SRG 3 Kec. Kasemen. Peta sebaran tipe air pada Gambar 9 memperlihatkan lokasi conto air bertipe MgCl₂ yang berada di endapan aluvium dan endapan vulkanik. Dari penampang geologi pada Gambar 10, menunjukkan bahwa lokasi tersebut berada pada endapan vulkanik (Tufa Banten) dan endapan aluvium yang dipengaruhi oleh jebakan air laut yang terjadi saat pembentukan daratan

Tipe air NaMix dan tipe air MgMix merupakan tipe air yang terjadi karena adanya fase pencucian air laut oleh air tawar yang ditandai dengan tidak adanya kandungan anion yang dominan (kandungan anion < 50 %). Tipe air NaMix ditemukan di Kec. Ciruas (SRG 23), dan Kec. Kramatwatu (SRG 24). Tipe air MgMix ditemukan di Kec. Serang (SRG 29). Peta sebaran tipe air pada Gambar 9 memperlihatkan lokasi conto air dengan tipe NaMix dan MgMix berada di perbatasan endapan aluvium dan endapan vulkanik, sehingga kemungkinan terdapat air laut yang terjebak dan saat ini teraliri oleh air tawar yang berasal dari air hujan secara terus menerus. Tipe air CaMix merupakan tipe air yang menandakan adanya indikasi kontaminasi dengan air laut sehingga tidak didapatkan anion yang dominan. Hal ini ditemukan di Kec. Kasemen (SRG 30), dan Kec. Pontang (SRG 32) yang berlokasi pada endapan aluvium dan dekat dengan laut (Gambar 9), dimana airtanah di lokasi tersebut memiliki kemungkinan tercemar oleh air laut.

Tipe air Ca(HCO₃)₂ merupakan tipe air tawar dan belum terkontaminasi oleh air laut. Tipe air ini ditemukan di sebagian besar lokasi pengambilan conto air yaitu di Kec. Ciruas (SRG 8), Kec. Cipacok Jaya (SRG 9, dan SRG 35), Kec. Taktakan (SRG 10, SRG 11, dan SRG 12), Kec. Kragilan (SRG 17), Kec. Walantaka (SRG 18), Kec. Cikeusal (SRG 20), Kec. Waringinkurung (SRG 25), Kec. Cibeber (SRG 26), Kec.

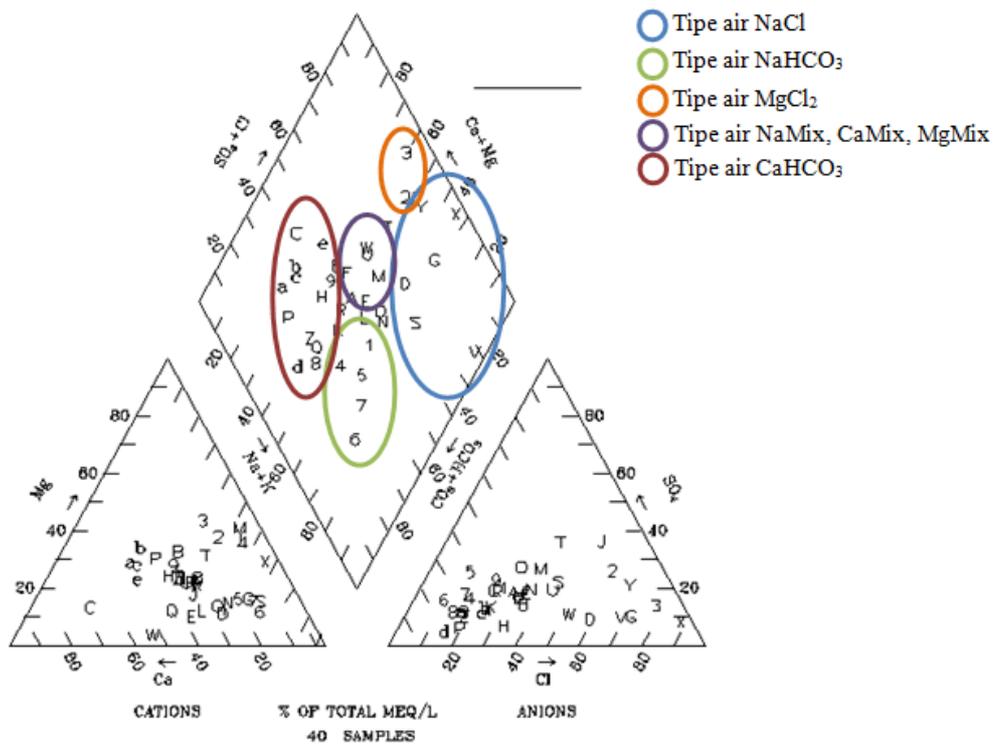


(A) Peta sebaran kation kalsium

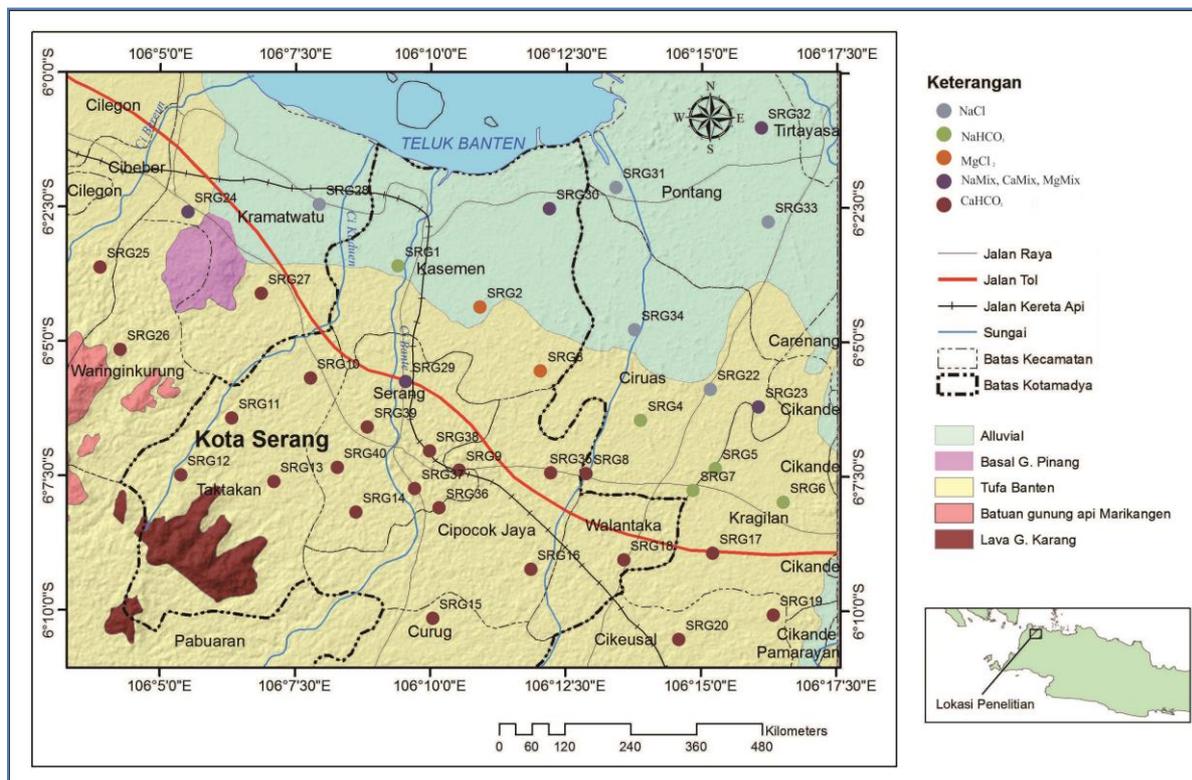


(B) Peta sebaran kation magnesium.

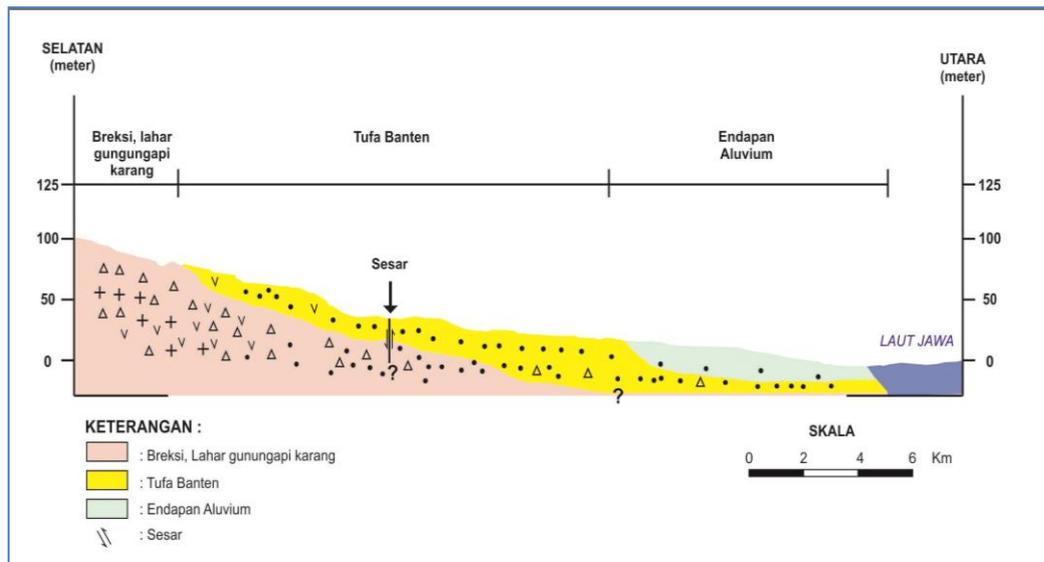
Gambar 7. Peta sebaran (A) kation kalsium (B) kation magnesium.



Gambar 8. Diagram Piper conto air di Kota dan Kabupaten Serang, Provinsi Banten.



Gambar 9. Peta Geologi (Rusmana *et al.*, 1991) dan sebaran tipe air conto airtanah.



Gambar 10. Penampang Geologi arah utara-selatan Kota dan Kabupaten Serang.

Kramatwatu (SRG 27), dan Kec. Serang (SRG 36, SRG 37, SRG 38, SRG 39, dan SRG 40). Peta sebaran tipe air pada Gambar 9 menunjukkan bahwa conto air dengan tipe $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ditemukan pada endapan vulkanik (Tufa Banten).

Berdasar peta sebaran tipe air pada Gambar 9, terlihat lokasi conto air bertipe air laut (NaCl), dan tipe air fase pencucian air laut yang teraliri oleh air tawar atau tipe air karena adanya kontaminasi air laut (NaHCO_3 , MgCl_2 , NaMix , MgMix , dan CaMix) berada di sisi utara dan timur laut lokasi penelitian. Sementara conto air bertipe air tawar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ditemukan di sisi barat dan tengah lokasi penelitian dan berada di endapan vulkanik (Tufa Banten).

KESIMPULAN

Pengamatan dan pengukuran terhadap conto air menunjukkan bahwa pengukuran DHL, salinitas, dan analisis hasil laboratorium terhadap kandungan serta sebaran kation dan anion dalam conto air di lokasi penelitian, menunjukkan bahwa conto air di SRG 1, SRG 2, SRG 3, SRG 4, SRG 22, SRG 28, SRG 29, SRG 31, SRG 32, SRG 33, dan SRG 34 memiliki kation dan anion penjejak air laut yaitu kation natrium, anion klorida dan kation magnesium dengan konsentrasi tinggi. Lokasi conto air tersebut secara geologi terletak pada endapan aluvium, yaitu di Kec. Pontang, Kasemen, Ciruas, sebagian Kec. Kramatwatu dan Serang. Conto air yang terletak pada endapan vulkanik umumnya memiliki kation penjejak air

tawar yaitu kation kalsium dengan konsentrasi tinggi.

Analisa terhadap conto air di daerah penelitian menemukan 7 tipe air. Enam tipe air laut dan tipe air yang tercemar air laut yaitu NaCl , NaHCO_3 , MgCl_2 , NaMix , MgMix , dan CaMix terletak di sebelah utara dan timur laut daerah penelitian, secara geologi berada di endapan aluvium dan sebagian terletak pada endapan vulkanik. Satu tipe air tawar yaitu $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ditemukan di sisi barat dan tengah lokasi penelitian, dan umumnya berada di endapan vulkanik (tufa Banten). Titik contoh yang paling dominan tercemar oleh air laut adalah SRG 33 di Kec. Pontang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih pada Puslit Geoteknologi LIPI, atas kesempatan untuk melakukan penelitian. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan peneliti dan litkayasa yang telah membantu kegiatan perolehan serta analisis conto air, juga menyiapkan gambar peta. Ucapan terimakasih disampaikan pula kepada Redaksi Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan atas kesempatan menerbitkan tulisan. Tulisan ini merupakan hasil kegiatan Kompetensi Inti Puslit Geoteknologi LIPI DIPA tahun 2015 yaitu "Kajian Sumberdaya Air Daerah Urban Sebagai Antisipasi Pengembangan Jawa Bagian Barat dan Sumatera Bagian Selatan".

DAFTAR PUSTAKA

- Anthoni, J. F., 2006. The Chemical Composition of Seawater, www.searchfriends.org.n/oceano/seawater.htm. Diunduh pada tanggal 05 Februari 2016.
- 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 Bord. International Association of Hydrologist, 291 – 304.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang (Statistics Serang Regency), 2013. Kabupaten Serang dalam angka 2012.
- Eaton, A.D., L.S. Clesceri, E.W. Rice, A.E. Greenberg, M.A.H. Franson, (editors). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Centennial Edition, 21th edition, American Public Health Association, Washington, D. C., 1368 pp.
- Effendi, A. C., 1974. Peta Geologi Lembar Bogor Skala 1:100.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Effendi, H., 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta. 258 pp.
- Fetter, C. W., 1994. Applied Hydrogeology. 3rd ed., New York, Amerika Serikat: Macmillan College Publishing Company, Inc., 24-50.
- Hadiyan, M. S. D., Mardiana M., Abdurahman O., dan Iman M. I., 2006. Sebaran Akuifer dan Pola Aliran Airtanah di Kecamatan Batuceper dan Kecamatan Benda Kota Tangerang, Propinsi Banten, Jurnal Geologi Indonesia, 1(3), 115 – 128.
- Hem, J. D., 1989. Study and Interpretation of the Chemical Characteristic of Natural Water, 3rd ed, US. Geological Survey, Water Supply Paper 2254, 125 pp.
- Irham M., Achmad R. dan Sugeng Widodo., 2006., Pemetaan Sebaran Airtanah Asin Pada Aquifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah. Berkala Fisika, 9 (3), 137-143.
- Kagabu M., Shimada J., Delinom R., Tsujimura M., Taniguchi M., 2011. Groundwater Flow System Under a Rapidly Urbanizing Coastal City as Determined by Hydrogeochemistry. Journal of Asian Sciences, 226-239.
- Lubis, R. F., 2006, Bagaimana Menentukan Daerah Resapan Air Tanah, [Online, accessed 7 Desember 2007]. URL: http://io.ppi.jepang.org/download.php?file=files/inovasi_Vol.6_XVIII_Maret_2006_page_78.pdf.
- Marfai M. A., dan Lorenz K., 2007. Monitoring Land Subsidence in Semarang, Indonesia. Environmental Geology, 53 (3). DOI: 10.1007/s00254-007-0680-3.
- Onodera S., Saito M., Sawano M., Hosono T., Taniguchi M., Shimada J., Umezawa Y., Lubis R. F., Buapeng S., dan Delinom R., 2009. Erratum to "Effects of Intensive Urbanization on the Intrusion of Shallow Groundwater Into Deep Groundwater: Examples From Bangkok and Jakarta". Science of the Total Environment, 407 (9), 3209-3217. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2009.01.050.
- Robert M. Delinom, R.M., Abdurrahman A., Hasanuddin Z.A., Makoto T., Dadan S., Rachmat Fajar Lubis R.F., Eko Y. 2008. The contribution of human activities to subsurface environment degradation in Greater Jakarta Area, Indonesia. Science of the Total Environment. STOTEN-10937, 3 - 14. DOI:10.1016/j.scitotenv.2008.10.003.
- RPJM (Rencana Pembangunan Jangka Menengah) Provinsi Banten 2007-2012. Sarana Prasarana daerah Provinsi Banten. <http://bantenprov.go.id/read/infrastruktur.html>. Diunduh Januari 2016.
- Rusmana E., Suwitodirjo K., Suharsono., 1991. Peta Geologi Lembar Serang, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sahwilaka J., dan Kustini I., 2014. Pengaruh Airlaut Terhadap Kualitas Airtanah Dangkal di Kawasan Pantai Kota Surabaya. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, 3 (3), 241-247.

- Sawyer C. N., McCarty P. L., and Parkin G. F., 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, fifth edition. McGraw Hill. Singapore. 752 pp.
- Suherman, D., dan Sudaryanto, 2009. Tipe Air Untuk Penentuan Aliran Airtanah Vertikal di Cekungan Jakarta, *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 19 (2), 99-108.
- Stuyfzand. J., 1991. A New Hydrochemical Classification of Water Type: Principles and Application to Coastal-Dunes Aquifer System of Netherland, *Hydrology of Salt Water Intrusion. A Selection of SWIM Paper*, V. 11, International Contribution to Hydrology Series, Editorial Board International Association of Hydrologist, 329-357.
- Stumm, W. dan Morgan, J. J., 1981. *Aquatic Chemistry an Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Waters* second edition, John Wiley and Sons, Canada. 780 pp.
- Sudaryanto, Delinom, R. M, Suherman, D., Lubis, R. F., 2014. Gangguan Airlaut Terhadap Kondisi Airtanah di Wilayah Semarang, Jawa Tengah. *Majalah Geologi Indonesia*, 29 (2), 101-113.
- Suhartono, E., Purwanto dan Suripin, 2013. Kondisi Intrusi Air Laut Terhadap Airtanah Pada Akuifer di Kota Semarang, *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 396-401.
- Widada dan Sugeng, 2007. Gejala Intrusi Air Laut di Daerah Pantai Kota Pekalongan, *Ilmu Kelautan UNDIP*, ISSN 0853-7291, 12 (1), 45 – 52.