

# **HIDROGEOKIMIA AIRTANAH TIDAK TERTEKAN DI PESISIR BARAT KABUPATEN SERANG DAN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN**

## ***HYDROGEOCHEMICAL OF UNCONFINED GROUNDWATER IN WEST COAST SERANG AND PANDEGLANG DISTRICT, BANTEN PROVINCE***

**Sudaryanto Martosuparno<sup>1</sup>, Wilda Naili<sup>1</sup> dan Rizka Maria<sup>1</sup>**

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

**ABSTRAK** Proses hidrogeokimia terjadi karena interaksi antara airtanah dengan air laut. Proses tersebut akan mempengaruhi komposisi kimia di lingkungan pesisir. Untuk mengetahui seberapa jauh interaksi tersebut telah terjadi, dilakukan analisis tipe air berdasarkan jumlah anion dan kation yang paling dominan, dan analisis nisbah ion-ion utama. Pengambilan contoh dilakukan di 38 lokasi contoh air di pesisir barat Kabupaten Serang dan Pandeglang. Hasil penelitian menunjukkan tipe air didominasi oleh  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  55,26%,  $\text{NaHCO}_3$  39,47%,  $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$  2,63% and  $\text{NaMix}$  2,63%. Sementara hasil analisis nisbah ion utama  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$  mengindikasikan bahwa telah terjadi pencemaran air laut di beberapa dataran alluvial pesisir Pandeglang. Pada sebagian besar pesisir barat Serang dan Pandeglang sedang terjadi proses pencemaran atau intrusi air laut.

**Kata kunci:** hidrogeokimia, Serang, Pandeglang, tipe air, nisbah ion.

**ABSTRACT** Occurrence of hydrogeochemical process is due to the interaction between groundwater and sea water. The process will affect the chemical composition in the coastal environment. To find out how far the interaction has taken place, the water type was analysed based on the amount of most dominant anion and cation, and also the major ions ratios. The sampling were conducted in 38 locations on the west coast of Serang and Pandeglang Regencies. Results showed that the water type was dominated by  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  55,26%,  $\text{NaHCO}_3$  39,47%,  $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$  2,63% and  $\text{NaMix}$  2,63%. While the results of major ion analysis of  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ , and  $\text{Ca}^{2+}/\text{SO}_4^{2-}$  indicated that there has been the sea water pollution in some coastal alluvial plains of Pandeglang. In addition, the process of pollution or sea water intrusion has been occurring on most of the west coast of Serang and Pandeglang.

**Keywords:** hydrogeochemistry, Serang, Pandeglang, water type, ion ratio.

### **PENDAHULUAN**

Kabupaten Serang dan Pandeglang merupakan wilayah yang berada di bagian paling barat pulau Jawa, daerah ini merupakan jalur perlintasan dan sebagai penghubung antara Pulau Jawa dan Pulau Sumatera. Di sepanjang wilayah pesisir ini telah berkembang sebagai tempat wisata pantai. Dengan banyaknya penduduk di wilayah pesisir menyebabkan kebutuhan akan air bersih terus meningkat, dan apabila tidak terlayani dari perusahaan air bersih akan meningkatkan pula pengambilan airtanah untuk air bersih. Wilayah pesisir merupakan daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh

---

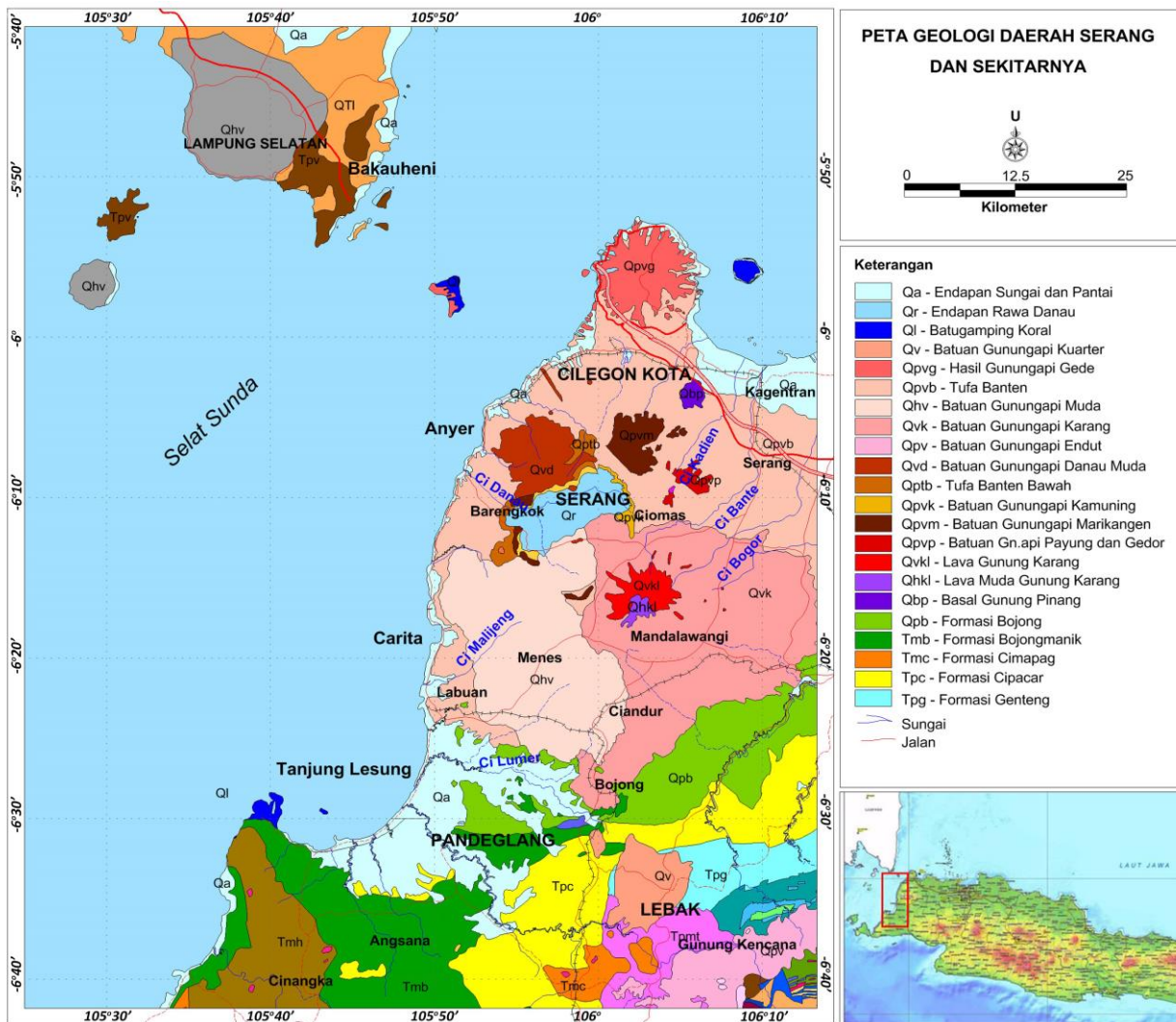
Naskah masuk : 09 Juni 2017  
Naskah direvisi : 29 November 2017  
Naskah diterima : 30 November 2017

---

Sudaryanto Martosuparno  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Kompleks LIPI Gd. 70, Jl Sangkuriang Bandung 40135  
Email : sudaryanto.ms@gmail.com

perubahan di darat dan laut (UU RI No 27., 2007). Di sepanjang pesisir barat Serang dan Pandeglang, terdapat pelabuhan dan muara sungai, kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya perubahan komposisi kimia air. Hidrologi wilayah pesisir berhubungan dengan karakteristik lingkungannya yang kompleks dan sangat dinamis terhadap interaksi antara airtanah, air permukaan dan air yang berasal dari muara (Sudaryanto *et al.*, 2014). Bahwa nisbah antara ion-ion utama pada air dipengaruhi oleh adanya interaksi air dan tanah sedimen (oksidasi – reduksi, pertukaran ion), hal ini terjadi karena pencampuran airtanah dan air laut yang menyusup ke daratan serta terjadinya kontak langsung antara air laut dan airtanah (Li *et al.*, 2015; Marimuthu *et al.*, 2005; Sudaryanto *et al.*, 2014).

Pada airtanah yang belum terpengaruh air laut, ion yang dominan adalah  $\text{CO}_3$  dan  $\text{HCO}_3$  sedangkan untuk airtanah yang terpengaruh penyusupan air laut atau akibat adanya pelarutan mineral-mineral garam yang terdapat pada batuan akuifer, komposisi airtanah akan berubah, yaitu ion Cl akan bertambah dan cenderung bertipe NaCl (Irham *et al.*, 2006). Sehingga kualitas airtanah yang berada di wilayah pantai akan menunjukkan kandungan Cl yang cukup tinggi, ini karena terjadinya kontak langsung dengan air laut yang mempunyai kandungan klorida 19.000 mg/L (Lyles, 2000; Notodarmojo 2005; Effendi, 2003). Demikian juga dengan kandungan Na air laut yang tinggi (sekitar 10 mg/L) karena kontak secara terus menerus terjadi pelepasan kation mengganti Ca, sehingga air bertipe Na- $\text{HCO}_3$  (Abo-El-Fadl,



Gambar 1. Peta geologi dan lokasi penelitian.

2013). Dengan melihat kondisi lingkungan, tipe air, nisbah ion-ion utama dapat digunakan sebagai pejenjak apakah telah terjadi intrusi air laut atau belum dan menentukan genesa air yang bersangkutan.

Kondisi hidrologis kawasan pesisir yang dinamis dengan adanya interaksi yang kuat antara air tanah, air permukaan, air muara (Eleonora *et al.*, 2009), seperti di pesisir barat Serang dan Pandeglang memunculkan permasalahan sejauh mana interaksi tersebut terjadi, apakah telah atau belum terjadi perubahan kualitas akibat pencemaran air laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh interaksi tersebut terjadi, dengan menganalisis nisbah ion utama dalam air, sehingga dapat menjelaskan komposisi air di lingkungan pesisir. Penelitian dilakukan dengan pengambilan conto airtanah tidak tertekan yang berasal dari sumur gali maupun sumur bor dangkal penduduk secara acak di sepanjang pesisir. Penelitian ini dilakukan dengan mengkaitkan kondisi lingkungan dan geologi setempat, besaran kandungan unsur kimia air dan analisis perbandingan ion-ion utama.

#### LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di pesisir barat Kabupaten Serang dan Pandeglang, Propinsi Banten. Lokasi ini terletak diujung barat Pulau Jawa dan merupakan pintu gerbang utama yang menghubungkan Pulau Sumatera dengan Pulau Jawa. Secara Geografis wilayah penelitian terletak pada koordinat  $5^{\circ}50'$  sampai dengan  $6^{\circ}40'$  Lintang Selatan dan  $105^{\circ}30'$  sampai dengan  $106^{\circ}0'$  Bujur Timur (Gambar 1). Secara administratif berbatasan dengan : sebelah Utara dibatasi dengan kota Cilegon, sebelah Timur merupakan wilayah Kabupaten Serang dan Pandeglang, sebelah Barat dibatasi oleh Selat Sunda dan sebelah Selatan dibatasi oleh Kabupaten Lebak.

#### Geologi

Wilayah barat Kabupaten Serang dan Pandeglang secara morfologi terdiri atas dataran rendah yang merupakan satuan dataran alluvium di sepanjang pesisir pantai, satuan tuf banten dan satuan gunung api muda.

Deskripsi singkat satuan batuan (Gambar 1) yang terdapat di daerah kajian menurut Santoso (1991), Batu dan Poedjopranyitna (2012) adalah sebagai berikut:

a. Endapan Aluvial dan sedimen Pantai, Endapan sedimen terdistribusi mulai dari Anyer, Sukanegara, Carita, Caringin hingga Labuan. Sedangkan sedimen sungai yang merupakan dataran banjir terletak disekitar sungai utama Cilemer, Moyan dan Ciliman. Satuan ini terdiri atas kerakal, kerikil, pasir, lempung, lumpur dan kerakal batu apung.

b. Tufa Banten, meliputi; bagian atas terdiri atas tufa sela, tufa berbatu apung dan tufa pasiran; bagian bawah terdiri atas tufa hablur, tufa lapili berbatu apung, tufa kaca dan sisipan tufa lempungan warna merah.

c. Batu Gunung Api Danau Muda, terdiri atas lava aliran bersusunan andesit-basal dan terkekarkan, breksi gunung api dan tufa.

#### METODE

Pengamatan, pengukuran dan pengambilan conto air dilakukan terhadap airtanah tidak tertekan. Conto air yang dikumpulkan berjumlah 38, terdiri dari 27 sumur gali, 9 sumur bor (pantek) dan dua (2) conto mata air. Sebagian besar conto airtanah diambil dari sumur gali dan sumur pantek penduduk, untuk menentukan lokasi pengambilan conto air digunakan GPS (*Global Positioning System*). 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. Pengukuran parameter pH dan DHL dilakukan di lapangan menggunakan alat *water quality checker* merk Horiba tipe U 10. Untuk parameter unsur dan ion utama, analisis dilakukan di laboratorium Air Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI di Bandung.

Conto air untuk analisis unsur dan ion utama dimasukkan ke dalam botol *polyetilen* 500 ml, dan disimpan di dalam kotak es. Analisis kimia unsur dan ion 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 ( $\text{HCO}_3^-$ ). Metode pemeriksaan yang digunakan adalah fotometri nyala untuk natrium dan kalium, kompleksometri –volumetri untuk kalsium dan magnesium, turbidimetri-spektrofotometri untuk sulfat, klorida secara Argentometri-volumetri, dan bikarbonat dengan asidimetri-volumetri.

Penentuan tipe air dilakukan berdasarkan jumlah anion dan kation yang paling dominan (Stuyfzand, 1991), serta diolah dengan diagram Trilinear/Piper. Selanjutnya dilakukan pengolahan data tentang perbandingan ion-ion utama untuk mengetahui apakah proses interaksi airtanah dengan air laut telah terjadi pencampuran/pencemaran atau belum.

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

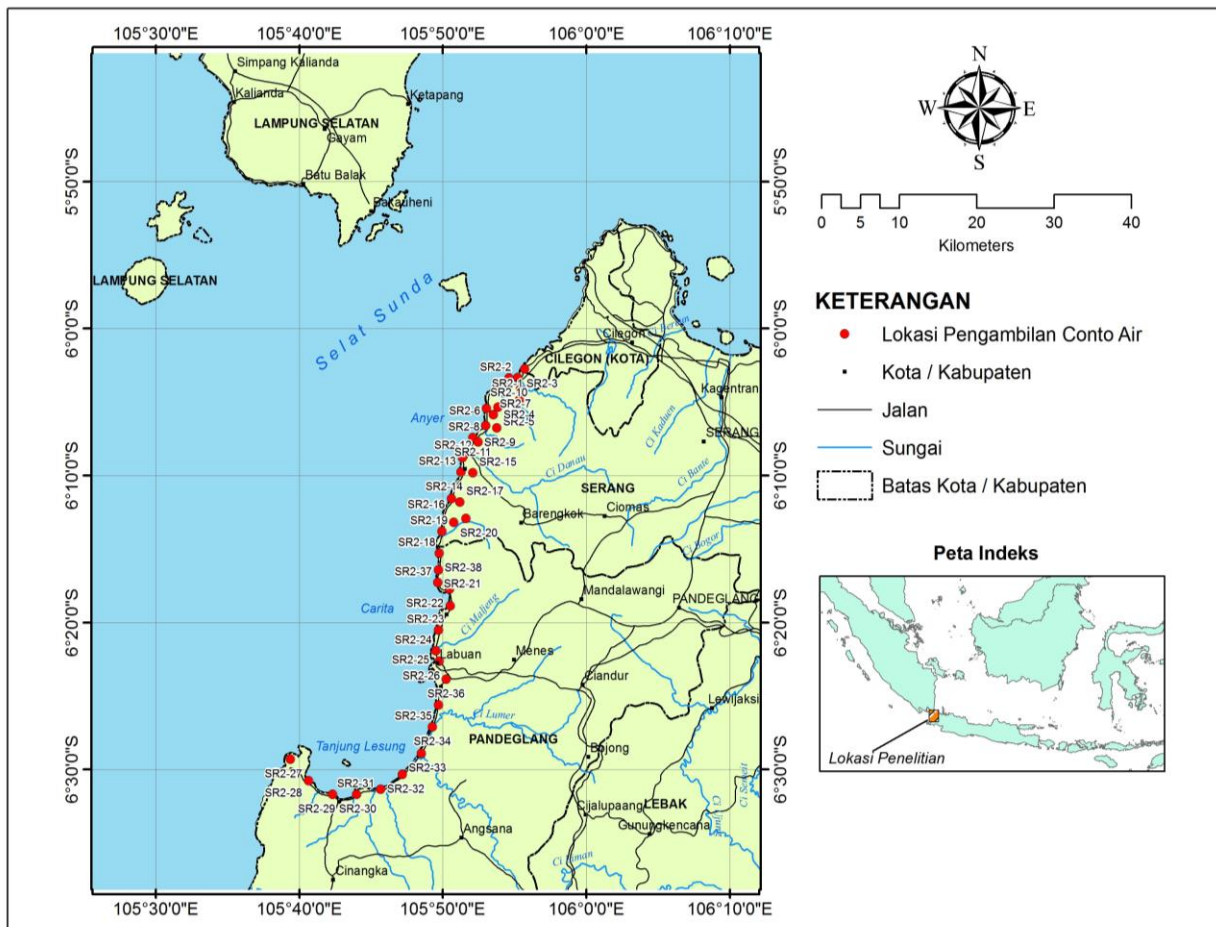
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan conto air telah dilakukan di sepanjang pesisir barat Kabupaten Serang dan Pandeglang, diperlihatkan pada Gambar 2. Conto air berasal dari airtanah tidak tertekan yang tersebar di wilayah pantai hingga di tinggian sebelah timur pesisir, conto diambil dari sumur gali serta sumur pantek penduduk setempat. Jumlah keseluruhan conto air adalah 38 (Tabel 1), dengan lokasi pengambilan 20 conto air di pesisir barat Kabupaten Serang (SR2-1 sampai SR2-20), dan 18 conto air diambil di pesisir barat Kabupaten Pandeglang (SR2-21 sampai SR2-38).

Dari 38 conto (SR.2-1 s/d SR.2-38), 27 conto dari sumur gali mempunyai muka air tanah (MAT) antara -0,20 m hingga -9,95 m, dengan derajat keasaman (pH) antara 4,43 – 7,28. Dari 38 conto, terdapat 14 titik dengan nilai pH yang tidak memenuhi persyaratan air minum (PerMenKesRI, 2010), terdiri dari lima sumur gali (SR2-5, SR2-

Tabel 1. Lokasi pengambilan dan jenis conto airtanah tidak tertekan.

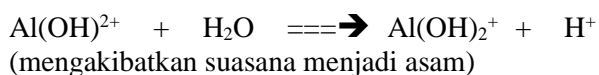
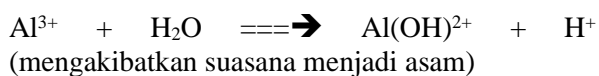
Kode	Lokasi	Jenis	Kode	Lokasi	Jenis
SR2-1	Kp. Cilodan, Ciwandan	Sumur Gali	SR2-20	Kp. Leuwi Urug	Mata Air Sumur
SR2-2	Kp. Cempaka Putih	Sumur Gali	SR2-21	Kp. Cibenda, Kec. Labuhan	Gali
SR2-3	Kp. Pengabuan	Sumur Bor	SR2-22	Kp. Legon,	Sumur Bor
SR2-4	Jl. Pabuaran Jaka	Sumur Gali	SR2-23	Kp. Botok	Sumur Bor Sumur
SR2-5	Kp. Cisiram	Sumur Gali	SR2-24	Kp. Kubang Barat	Gali
SR2-6	Kp. Tambang Ayam	Sumur Bor	SR2-25	Kp. Keboncau Sukarela	Sumur Bor Sumur
SR2-7	Kp. Paribungan	Sumur Bor	SR2-26	Kp. Muncang	Gali Sumur
SR2-8	Kp. Sirih Lor	Sumur Gali	SR2-27	Kp. Bodur, Kec. Panimbang Kp. Ciponon, Ds. Tanjung	Gali
SR2-9	Kp. Bagbagan	Sumur Bor	SR2-28	Lesung	Sumur Bor
SR2-10	Kp. Cikoneng,	Sumur Gali	SR2-29	Kp. Kamuning	Mata Air Sumur
SR2-11	Kp. Lebak sawo	Sumur Gali	SR2-30	Kp. Ciheru	Gali Sumur
SR2-12	Kp. Cinbandeng	Sumur Gali	SR2-31	Kp. Ciseukeut Timur	Gali Sumur
SR2-13	Kp. Kosambi 2	Sumur Gali	SR2-32	Kp. Solodengen	Gali Sumur
SR2-14	Kp. Tawing Suhara	Sumur Gali Sumur	SR2-33	Kp. Bayur	Gali Sumur
SR2-15	Kp. Tawing Jatake	Artesis	SR2-34	Kp. Sukawali	Gali Sumur
SR2-16	Kp. Cikondang Kp. Cikondang, Ds.	Sumur Bor	SR2-35	Kp. Sindangsari	Gali Sumur
SR2-17	Bulakan	Sumur Bor	SR2-36	Kp. Tarogong	Gali Sumur
SR2-18	Kp. Pasauran 2,	Sumur Gali	SR2-37	Kp. Sampolo	Gali Sumur
SR2-19	Kp. Cipanas Hilir	Sumur Bor	SR2-38	Kp. Cilurah	Gali



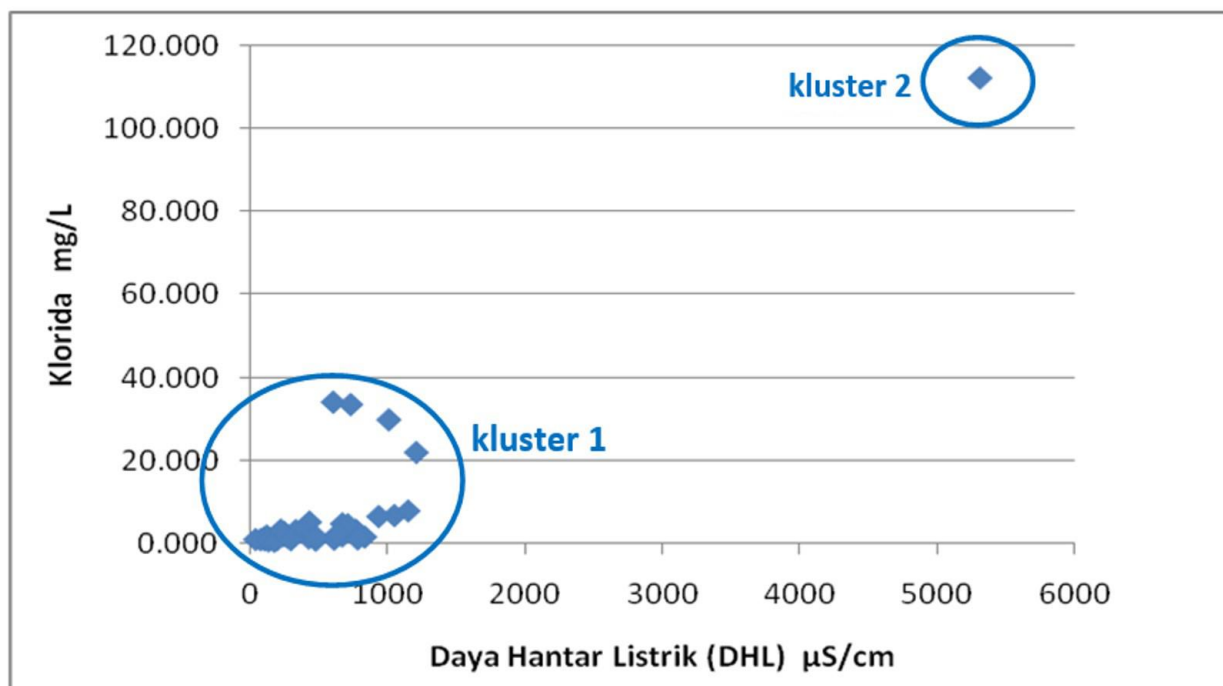
Gambar 2. Titik pengambilan conto airtanah di pesisir barat Kabupaten Serang dan Pandeglang, Provinsi Banten.

12, SR2-26, dan SR2-36) sedangkan yang lainnya sumur bor pantek (SR2-3, SR2-6, SR2-7, SR2-9, SR2-15, SR2-16, SR2-17, SR2-19) dan mata air (SR2-20). Rendahnya nilai pH cenderung disebabkan oleh pengaruh kandungan ion Al yang terdapat pada lempung. Pada lokasi penelitian, lempung mulai tersingkap pada kedalaman lebih besar daripada -4 meter, sehingga seluruh conto pada kedalaman tersebut menunjukkan nilai pH 4,73 – 6,28, sedangkan conto air pada kedalaman kurang dari -4 m memperlihatkan nilai pH berkisar antara 6,68 hingga 7,39.

Kandungan ion Al di dalam air berpengaruh terhadap nilai pH, hal ini terjadi karena proses hidrolisis dengan reaksi kimia sebagai berikut:



Daya Hantar Listrik (DHL) atau konduktivitas merupakan gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik, semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, akan mengakibatkan semakin tinggi nilai DHL (Effendi, 1974). Perairan laut memiliki nilai DHL yang sangat tinggi karena banyak mengandung garam terlarut, sementara air tawar memiliki nilai DHL yang lebih rendah (<1500 µmhos/cm), demikian pula pada limbah industri yang mengandung larutan limbah tentu akan mempunyai nilai DHL yang tinggi. Nilai DHL hasil pengukuran dilapangan berkisar antara 40 hingga 5310 µS/cm. Hubungan antara DHL dan klorida adalah berbanding lurus, apabila klorida tinggi maka ada kecenderungan DHL tinggi. Hal tersebut dapat dijelaskan karena klorida merupakan ion dalam air yang dapat menghantarkan listrik, sedangkan DHL menggambarkan kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik.



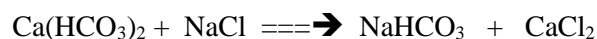
Gambar 3. Hubungan daya hantar listrik dengan kandungan klorida (mg/L).

Berdasarkan Gambar 3, dari hubungan kandungan Cl dan DHL diketahui terdapat dua kluster, kluster 1 yaitu conto air dengan kandungan Cl < 40 mg/L dan DHL < 1500 $\mu$ S/m, serta kluster 2 yaitu conto air dengan kandungan Cl >100 mg/L dan DHL >5000 $\mu$ S/m. Conto air di lokasi penelitian hampir seluruhnya merupakan kluster 1 yang tersebar di seluruh wilayah, sementara kluster 2 yaitu SR 30 yang berada di Tanjung Lesung. Pengamatan di lapangan menunjukkan titik SR 30 memiliki kandungan Cl dan DHL berbeda dengan lokasi lainnya karena daerah tersebut dekat dengan laut dan diindikasikan telah tercemar air laut.

Analisis ion utama ditampilkan dalam bentuk diagram Piper (Gambar 4). Tipe air bervariasi yakni Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, Ca(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> dan NaMix. Tipe air yang paling dominan adalah Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> sebanyak 21 conto (SR2-1, SR2-2, SR2-8, SR2-10, SR2-11, SR2-13, SR2-14, SR2-18, SR2-21, SR2-22, SR2-24, SR2-27, SR2-28, SR2-29, SR2-30, SR2-31, SR2-33, SR2-34, SR2-35, SR2-37, dan SR2-38), kemudian NaHCO<sub>3</sub> terdapat di SR2-20, SR2-23, SR2-25, SR2-32, dan SR2-36), disusul Ca(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> pada SR2-4, dan NaMix terdapat di SR2-3, SR2-5, SR2-6, SR2-7, SR2-9, SR2-12, SR2-15, SR2-16, SR2-17, SR2-19, SR26.

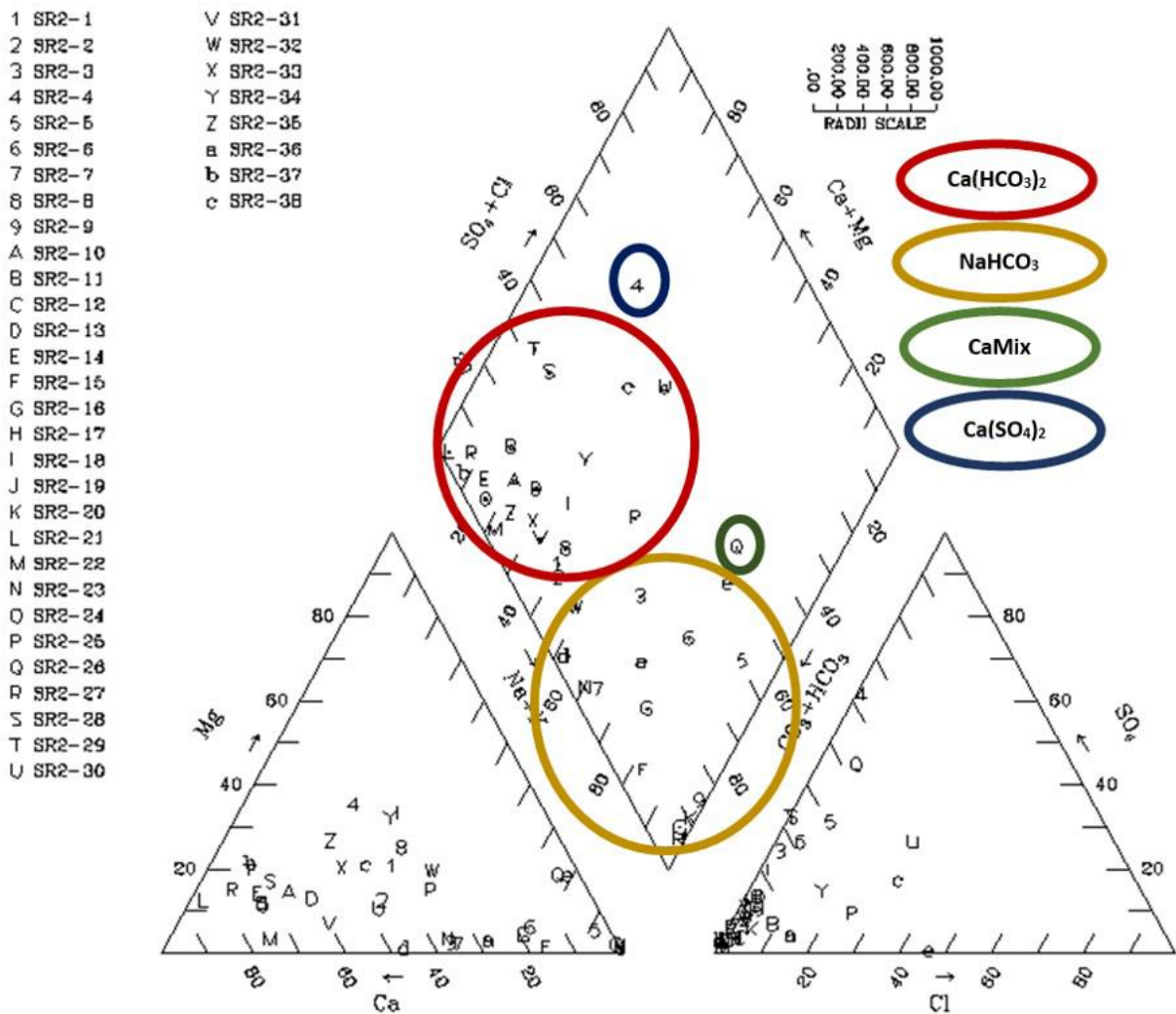
Tipe air yang dominan adalah Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> yang merupakan tipe air tawar dan belum terkontaminasi dengan air laut, tipe air ini jua mengindikasikan bahwa airtanah di lokasi pengambilan conto air berasal dari sumber airtanah.

Tipe air NaHCO<sub>3</sub> merupakan tipe air yang didapatkan dari hasil pencucian NaCl oleh air tawar Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (Appelo dan Geinaert, 1991). Hal ini terjadi pada kondisi air laut yang masuk ke daratan lewat akuifer bawah permukaan atau air laut yang terjebak saat pembentukan pantai, kemudian lokasi tersebut teraliri air tawar secara terus menerus sehingga terjadi reaksi kimia sebagai berikut :



Kejadian ini sangat memungkinkan karena conto-conto tersebut 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 terjebak sehingga terjadi reaksi kimia seperti di atas.

Tipe air Ca(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> merupakan tipe air tawar yang terpengaruh oleh sulfat, lokasi pengambilan conto air berada dekat dengan laut, selain itu disekitar lokasi terdapat cangkang kerang yang berasal dari



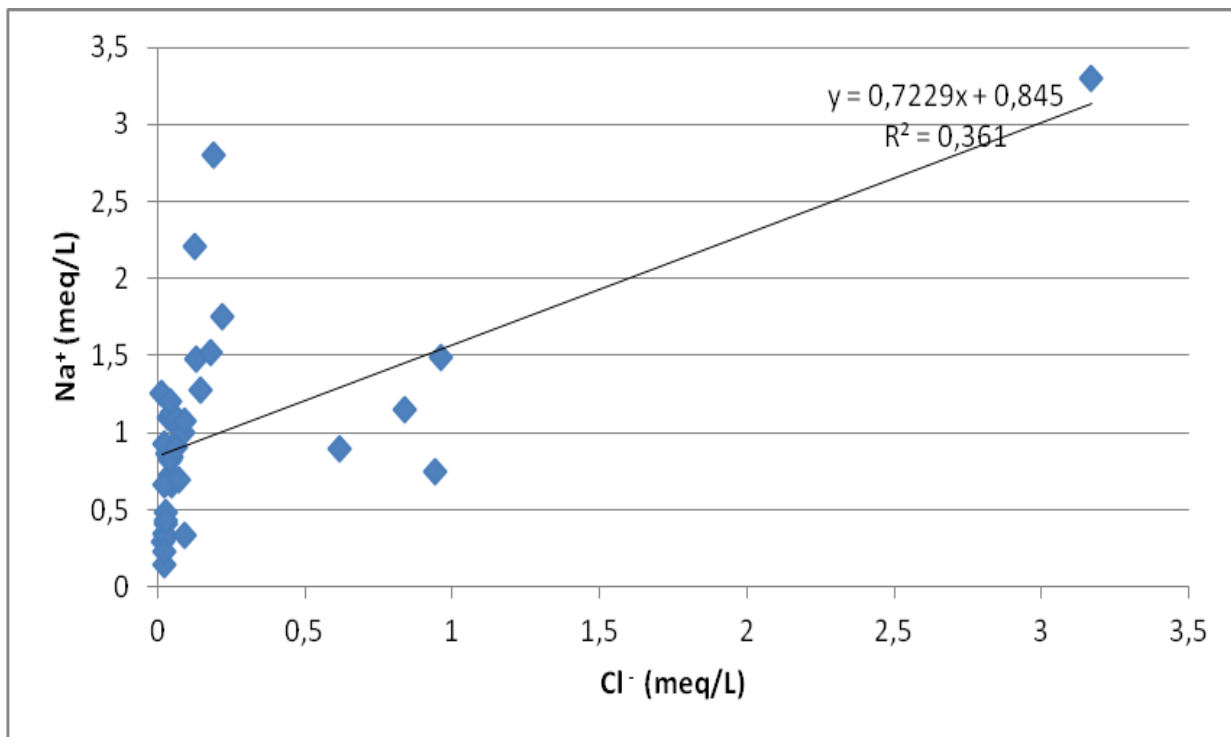
Gambar 4. Tipe air untuk airtanah tidak tertekan lokasi penelitian.

laut sehingga memungkinkan terjadi pelarutan bekas cangkang kedalam contoh air. Tipe NaMix menunjukkan bahwa dalam contoh air tidak terdapat anion utama yang dominan, yaitu ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), ion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), dan ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) memiliki kadungannya di bawah 50 % dari total jumlah miliequivalen anion utama.

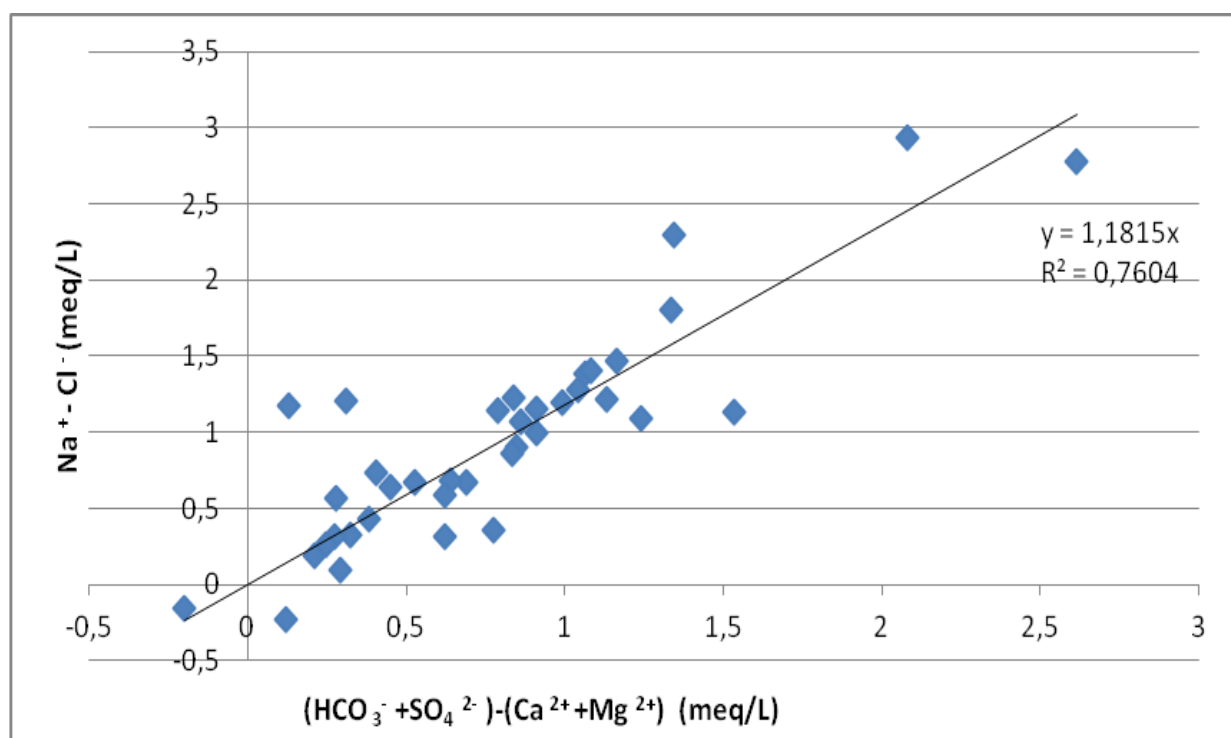
Penelitian dilakukan pada saat musim hujan, sehingga untuk meyakinkan tipe air  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  perlu dilakukan penelitian pada musim kemarau. Tipe air tawar adalah  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , namun apabila  $\text{Na}^+$  secara terus menerus kontak dengan airtawar, maka akan terjadi pelepasan atau pertukaran kation  $\text{Ca}^{2+}$  sehingga terjadi komposisi *intermediate* Na- $\text{HCO}_3$ . Air hujan yang bertipe bikarbonat sangat memungkinkan merubah tipe klorida menjadi tipe bikarbonat karena pengaruh

aliran air hujan yang terus menerus. Secara geologi lokasi pengambilan contoh airtanah tidak tertekan di pesisir barat terletak pada endapan aluvial, yang terdiri dari atas gravel, pasir, lempung, lumpur dan batu apung dengan porositas yang tinggi, sehingga mudah meluluskan air.

Airtanah yang telah tercemar oleh air laut antara lain dicirikan dengan tipe anion klorida dalam bentuk NaCl, karena didalam air laut terkandung ion klorida sebanyak 19.000 mg/L (Hem, 1989; Notodarmojo, 2005; Anthoni, 2006). Dari besaran kandungan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  pada airtanah dapat digunakan untuk melihat indikasi terjadinya pencemaran air laut, karena didalam air laut kandungan ion magnesium lebih kecil daripada natrium (Anthoni, 2006). Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa dari 38 contoh air terdapat 5



Gambar 5. Hubungan antara Cl<sup>-</sup> dengan Na<sup>+</sup> ( meq/L).



Gambar 6. Hubungan antara Na<sup>+</sup> - Cl<sup>-</sup> dengan (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) - (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>).



titik contoh yang mempunyai kandungan  $Mg^{2+}$  lebih besar dari pada  $Na^+$ , yaitu di SR2-4, SR2-21, SR2-27, SR2-29, dan SR2-37.

Eleonora dan Eduardo., 2012; Moujabber *et al.*, 2006, menyebutkan bahwa dengan menghitung nisbah  $Na^+ / Cl^-$  dapat memberikan petunjuk apakah airtanah telah tercemari oleh air laut atau belum, apabila hasil nisbah lebih kecil dari satu (1) menunjukkan air telah tercemari air laut sedangkan apabila nisbah lebih besar dari 1 air terkontaminasi oleh sumber antropogenik. Nilai nisbah  $Na^+ / Cl^-$  hasil analisis adalah antara 0,512 sampai dengan 60,981, dan dari 38 contoh air, terdapat empat (4) titik yang mengindikasikan telah terjadi pencemaran/pencampuran air laut, karena mempunyai nisbah antara 0,512 sampai dengan 0,939, yaitu di titik SR2-11, SR2-30, SR2-34 dan SR2-38. Titik SR2-11 terletak di pesisir barat Kabupaten Serang, sedangkan SR2-30, SR2-34 dan SR2-38 terletak di pesisir Pandeglang semuanya terletak didataran aluvial. Di empat lokasi tersebut pH nya  $> 7$  sehingga sudah kearah basa. Implikasi dari hasil analisis ini bahwa di titik tersebut airtanahnya sudah kearah payau dan apabila airtanahnya diambil secara terus menerus pencemaran air laut akan semakin dominan. Analisis hubungan antara  $Na^+$  dengan  $Cl^-$  (Gambar 5) menunjukkan tidak adanya hubungan cukup signifikan, karena nilai R 0,60. Ini menggambarkan bahwa hanya sebagian kecil dari contoh air tanah yang tercemar oleh air laut.

Pengayaan  $Ca^{2+}$  sebagai ion utama dapat juga digunakan sebagai indikator adanya pencemaran air laut pada airtanah (Klassen *et al.*, 2014; Eleonora *et al.*, 2009; Eleonora dan Eduardo, 2012) dimana apabila nisbah  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  lebih besar dari 1 mengindikasikan sedang berlangsung terjadinya proses pencemaran air laut. Nilai nisbah  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  antara 0,067 sampai dengan 42,238. Dari 38 contoh yang dianalisis, sebanyak 32 contoh air memiliki nisbah lebih besar dari 1, selain itu terdapat 6 contoh dengan nisbah lebih kecil 1. Titik contoh yang mempunyai nisbah lebih kecil dari 1 mengindikasikan contoh air belum mengalami pencemaran air laut, 6 titik contoh tersebut adalah SR2-9, SR2-12, SR2-17, SR2-19, SR2-20 dan SR2-26. Demikian juga apabila nisbah  $Ca^{2+} / SO_4^{2-}$  lebih besar dari 1 mengindikasikan sedang berlangsung pencemaran air laut. Nilai nisbah  $Ca^{2+} / SO_4^{2-}$  hasil penelitian adalah antara 0,0026 sampai dengan 25,181. Dari 38 contoh sebanyak 22 titik contoh mempunyai nisbah lebih besar dari 1

dan 16 contoh dengan nisbah lebih kecil dari 1. Titik-titik contoh dengan nilai nisbah lebih kecil dari 1 yang mengindikasikan belum terjadi pencemaran air laut adalah titik SR2-3, SR2-4, SR2-5, SR2-6, SR2-9, SR2-12, SR2-16, SR2-17, SR2-18, SR2-19, SR2-20, SR2-26, SR2-28, SR2-29, SR2-30, dan SR2-34.

Penciri hidrokimia airtanah dangkal di pesisir dapat dilihat pula berdasarkan hubungan antara  $Na^+ - Cl^-$  dengan  $(HCO_3^- + SO_4^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$  yang seharusnya menghasilkan nisbah 1 : 1, akan tetapi hubungan dari dua variabel tersebut menghasilkan  $r = 0,87$  (Gambar 6), nilai  $r$  ini menunjukkan adanya hubungan yang cukup erat antara kedua variabel tersebut. Hal ini memberikan kejelasan bahwa adanya kelebihan  $Na^+$  dan hubungannya dengan kekurangan  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$ , sehingga memungkinkan terjadinya proses pertukaran ion pada tipe  $Na^+ / Ca^{2+}$  dan  $Na^+ / Mg^{2+}$  (Eleonora dan Eduardo., 2012).

## KESIMPULAN

Terdapat hubungan yang cukup kuat antara DHL dan klorida. Tipe air yang ditemukan di lokasi penelitian adalah  $Ca(HCO_3)_2$  sebanyak 55,26%,  $NaHCO_3$  39,47%,  $Ca(SO_4)_2$  2,63% dan  $NaMix$  2,63%. Hal ini menunjukkan contoh air bersifat tawar dan di beberapa lokasi mulai terjadi pencemaran air laut. Konfirmasi pencemaran air laut terlihat juga dari perhitungan nisbah ion utama dari 38 contoh air. Perhitungan nisbah  $Na^+/Cl^-$  menunjukkan 4 titik memiliki nilai nisbah  $< 1$ , hal ini menunjukkan air telah tercemar air laut, berlokasi di pesisir Pandeglang yang berada pada dataran alluvial. Sedangkan dari perhitungan nisbah  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  dari 32 titik memiliki nilai nisbah  $> 1$ , dan dari perhitungan nisbah  $Ca^{2+}/SO_4^{2-}$  menunjukkan 22 contoh  $> 1$ , artinya di sebagian besar pesisir barat Serang dan Pandeglang sedang terjadi proses pencemaran atau intrusi air laut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih pada Puslit Geoteknologi LIPI, atas kesempatan untuk melakukan penelitian. Ucapan terima kasih kami sampaikan juga kepada Drs Dadan Suherman atas diskusi dan analisisnya, juga kepada rekan-rekan peneliti dan litkayasa yang telah membantu analisis contoh air. Ucapan terimakasih disampaikan pula kepada Ir Priyo Hartanto sebagai Ketua Tim Kompetensi Inti Puslit Geoteknologi LIPI DIPA tahun 2016

tentang “Kajian Sumberdaya Air Daerah Urban Sebagai Antisipasi Pengembangan Jawa Bagian Barat dan Sumatera Bagian Selatan”. Kepada Redaksi Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan terimakasih atas kesempatan menerbitkan karya tulisan ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abo-El-Fadl, M. M., 2013. Possibilities of Groundwater Pollution in Some Areas, East of Nile Delta, Egypt. *International Journal of Environment* 1(1), 1-21.
- Anthoni, J. F., 2006. The chemical composition of seawater. <http://www.seafriends.org.nz/oceano/seawater.htm> (diakses Maret 2017).
- Batu, U. L. M., dan Poejoprayitno, S., 2012. Quarternary geological phenomena in Labuhan Area, Pandeglang Regency, Banten Province. *Indonesian Journal of Geology* (4), 211-226.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Eleonora, C., Eduardo, K., Josep, M., 2009. Hydrochemical and isotope evidence of groundwater salinization processes on the coastal plain of Samborombon Bay, Argentina. *Jurnal of Hydrology* 365, 335 – 345. DOI: 10.1016/j.jhhydro.2008.11.041.
- Eleonora, C., Eduardo, K., 2012. Hydrochemical characterization of the water resources in the coastal environment of the outer Rio de la Plata Estuary, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 37, 113-121. DOI:10.1016/j.jsames.2012.02.009.
- Effendi, A. C., 1974. *Peta Geologi Lembar Bogor Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- 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.
- Li, W., Wang, M., Liu, L., Yan, Y., 2015. Assesment of Long-Term Evolotion of Groundwater Hydrochemical Characteristiics Using Multiple Approaches: A Case Study in Cangzhou, Norther China. *Journal Water*. 7, 1109-1128. DOI: 10.3390/w7031109.
- Lyles, J. R., 2000. *Is seawater intrusion affecting groundwater on Lopez Island, Washington*. U.S. Geological Survey. Sheet Fs-057-00.
- Moujabber, M. E., Samra, B. B., Darwish, T., dan Atallah, T., 2006. Comparison of different indicators for groundwater contamination by seawater intrusion on the Lebanese Coast. *Water Reosurces Management* 20, 161-180. DOI: 10.1007/s11269-006-7376-4.
- Marimuthu, S., Reynolds, D., Le Gal La Salle C., 2005. A Field study of hidraulic, geochemical and stable isotope relationship in a coastal wetland system. *Journal of Hydrology* 315, 93-116.
- Matthess, G., 1982. *The Properties of Groundwater*. A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore, 239-295.
- Notodarmojo, S., 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Penerbit ITB. Bandung.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2010, Jakarta, Nomor : 492/MENKES/PER/2010, Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.
- Sudaryanto, Delinom, R. M., Suherman, D., Lubis, R. F., 2014. Gangguan Air Laut terhadap Kondisi Air Tanah di Wilayah Semarang, Jawa Tengah. *Majalah Geologi Indonesia* 29, 101-113.
- Stuyfzand, P. J., 1991. A new hydrochemical classification of water type: principles and application to coastal-dunes aquifer system of Netherlands. Dalam: De Breuck (ed), *Hydrology of salt water intrusion*. A selection of SWIM Papers 11, 329–357.

Santoso, 1991. Peta Geologi Lembar Anyer, Jawa Barat. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. ESDM.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.