

KAJIAN KEASINAN AIRTANAH DI WILAYAH PANTAI DAN PESISIR KECAMATAN SANDEN, KABUPATEN BANTUL

Arlin Irmaningdiah
arlinirma@gmail.com

Langgeng Wahyu Santosa
langgengw@ugm.ac.id

Abstract

This research aims to integrate methods of flownet and hydrogeochemical of groundwater to identify the salinity of groundwater. The research method used was linear interpolation to get flownet and Stuyfzand's method and Expanded Square-Piper Diagram method to get hydrogeochemical characteristics of groundwater.

The result show that in several locations in the coast and the shore area of Sanden has decreased groundwater table. Groundwater in the area of study is divided into semi-bicarbonate water (F2-NaHCO₃+; g2-NaHCO₃+; and g3-NaHCO₃+), bicarbonate water (F2-Ca(HCO₃)₂+; and F3-Ca(HCO₃)₂+), and chloride water (f1-CaCl₂-). It's influenced by several factors, namely: (1) dissolution mineral from marin and alluvium material by rain water created semi-bicarbonate water; (2) evaporation in lagoons and littoral zones on Pleistocene era left salt crystals and dissolved into groundwater created evaporate water; (3) decomposition of organic material which deposited in the lagoons created sulfate water; and (4) cation exchange process between groundwater and marine clay created fossil water.

Keywords: *Hydrogeochemical, flownet, coast, shore, Sanden Sub-district*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan metode *flownet* dan hidrogeokimia sebagai upaya untuk mengidentifikasi tingkat keasinan airtanah. Metode penelitian yang digunakan adalah metode interpolasi linear untuk mendapatkan *flownet* serta metode Stuyfzand dan Diagram Piper Segiempat untuk mendapatkan karakteristik hidrogeokimia airtanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa di beberapa lokasi pada wilayah pantai dan pesisir Kecamatan Sanden terjadi penurunan muka airtanah. Airtanah di daerah kajian terbagi atas tipe air semi-bikarbonat (F2-NaHCO₃+; g2-NaHCO₃+; dan g3-NaHCO₃+), tipe bikarbonat (F2-Ca(HCO₃)₂+; dan F3-Ca(HCO₃)₂+), dan tipe klorida (f1-CaCl₂-). Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: (1) proses pelarutan mineral dari material marin dan alluvium sungai oleh air hujan membentuk airtanah semi-bikarbonat; (2) proses evaporasi di laguna dan zona laut dangkal pada kala pleistosen yang meninggalkan kristal garam dan terlarut menjadi airtanah evaporasi; (3) proses dekomposisi bahan organik yang terendapkan di laguna membentuk airtanah sulfat; dan (4) proses pertukaran kation antara airtanah dengan material lempung marin membentuk airtanah fosil.

Kata kunci: Hidrogeokimia, *flownet*, pantai, pesisir, Kecamatan Sanden

PENDAHULUAN

Wilayah kepebisiran didefinisikan oleh Kay dan Alder (1999) sebagai wilayah pertemuan darat dan laut dengan proses alam yang bervariasi dan dinamis dalam membentuk wilayah tersebut. Wilayah kepebisiran memiliki sumberdaya yang potensial. Hal tersebut dapat menjadi nilai strategis dalam pengembangan wilayah. Salah satu ciri dari wilayah yang sedang berkembang adalah pertumbuhan penduduk. Pertumbuhan penduduk di wilayah kepebisiran berbanding lurus dengan tingkat percepatan urbanisasi (Kay dan Alder, 1999). Bertambahnya jumlah penduduk dan merebaknya permukiman di wilayah kepebisiran selanjutnya akan berdampak pada kebutuhan air bersih.

Kebutuhan air bersih dapat terpenuhi dengan memanfaatkan airtanah dimana airtanah menjadi sumber air yang paling banyak digunakan oleh penduduk dalam beraktivitas (Santosa dan Adji, 2014). Berkembangnya aktivitas manusia di suatu wilayah mendorong terjadinya eksploitasi airtanah. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya penurunan muka airtanah dan memberikan peluang kepada air laut untuk masuk ke dalam sistem akuifer. Bagian dari wilayah kepebisiran yang relatif memiliki pertumbuhan yang cepat adalah wilayah pantai dan pesisir. Salah satu wilayah yang berkembang cepat adalah wilayah pantai dan pesisir Sanden.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wiridjati (2014), airtanah di sebagian wilayah kepebisiran di Desa Srigading memiliki kadar klorida dan nitrat yang tinggi. Rakhman (2014) juga meneliti bahwa di daerah kajian belum mengalami intrusi air laut, tetapi terindikasi adanya peningkatan kadar garam terlarut pada airtanah. Sementara itu, Kabahari (2014) menjelaskan bahwa wilayah pantai dan

pesisir daerah kajian memiliki risiko tinggi untuk terjadi intrusi air laut. Hal ini yang melatarbelakangi penelitian mengenai keasinan airtanah di wilayah pantai dan pesisir Kecamatan Sanden.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pola aliran airtanah dan karakteristik hidrogeokimia airtanah, baik dari segi tipe maupun genesis airtanah, serta menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat keasinan airtanah ditinjau dari pola aliran airtanah (*flownet*), hidrogeokimia, dan daya hantar listrik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan *software* pengolah data (ArcGIS dan Surfer), serta GPS, pita ukur, dan EC-meter untuk pengukuran di lapangan. Bahan yang digunakan adalah citra Google Earth tahun 2015 dan peta RBI Lembar Brosot, Bantul, dan Dringo skala 1:25.000.

Pemilihan Lokasi Pengambilan Sampel

Pemilihan lokasi sampel didasarkan atas *systematic random sampling* dan *purposive sampling*. *Systematic random sampling* dilakukan untuk memilih lokasi sumur yang akan digunakan untuk memetakan tinggi muka airtanah dan nilai daya hantar listrik (DHL). Grid yang digunakan berukuran 200x200m. *Purposive sampling* dilakukan untuk memilih lokasi pengambilan sampel airtanah dimana aspek yang dipertimbangkan adalah arah aliran airtanah, DHL, dan bentuklahan.

Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dengan teknik interpretasi citra satelit, pengukuran di lapangan, dan pengambilan sampel airtanah. Interpretasi

citra satelit digunakan untuk mendapatkan data bentuklahan, serta untuk kepentingan delineasi peta dasar. Sementara itu pengukuran di lapangan mencakup pengukuran tinggi muka airtanah, DHL, dan pengambilan sampel airtanah.

Teknik Pengolahan Data

Data tinggi muka airtanah dan DHL diolah menggunakan teknik interpolasi linear untuk mendapatkan peta kontur airtanah dan DHL. Data karakteristik kimia airtanah dari hasil uji laboratorium harus dilakukan analisis keseimbangan ion untuk mengetahui seberapa akurat hasil analisis laboratorium tersebut. Berikut rumus untuk analisis keseimbangan ion.

$$CBE = \frac{\Sigma kation - \Sigma anion}{\Sigma kation + \Sigma anion} \times 100\%$$

Apabila E bernilai 0, maka tidak terjadi kesalahan dalam uji laboratorium dimana ion positif dan negatif dalam keadaan setimbang. Tingkat persentase kesalahan yang dapat ditoleransi adalah 5% (Jankowski, 2001).

Teknik Analisis Data

Analisis data tinggi muka airtanah dilakukan dengan metode *three point problem*. Aliran airtanah selalu mengarah dari muka airtanah yang lebih tinggi ke muka airtanah yang lebih rendah dan selalu memotong tegak lurus dengan kontur airtanah. Kontur DHL yang dihasilkan dari proses pengolahan data kemudian dilakukan pengklasifikasian berdasarkan nilainya. Klasifikasi nilai DHL dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Klasifikasi Airtanah Berdasarkan Nilai DHL

Kelas	Nilai DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Kelompok
Rendah	< 1200	Airtanah Tawar
Sedang	1200 – 2500	Airtanah Payau
Tinggi	2500 – 4500	Airtanah Asin
Sangat Tinggi	> 4500	Airtanah Sangat Asin

Sumber: Santosa, 2010

Analisis hidrogeokimia berdasarkan metode Stuyfzand membagi airtanah dalam tipe utama, tipe, sub-tipe, dan kelas. Tipe utama ditentukan berdasarkan kandungan Cl^- (**Tabel 2**), tipe ditentukan berdasarkan tingkat alkalinitas (**Tabel 3**), sub-tipe ditentukan dari kation dan anion yang dominan (**Tabel 4**), serta kelas ditentukan dari koreksi garam laut (**Tabel 5**).

Tabel 2. Klasifikasi Tipe Utama

Tipe Utama	Kode	Cl^- (mg/l)
Airtanah oligohaline	G	0 – 5
Airtanah oligohaline – tawar	G	5 – 30
Airtanah tawar	F	30 – 150
Airtanah tawar – agak payau	f	150 – 300
Airtanah payau	B	300 – 1.000
Airtanah payau-agak asin	b	1.000 – 10.000
Airtanah asin	S	10.000 – 20.000
Airtanah asin kadar tinggi	H	> 20.000

Sumber: Stuyfzand, 1993

Tabel 3. Klasifikasi Tipe

Tipe	Kode	Alkalinitas (HCO_3^-)	
		meq/l	mg/l
Sangat rendah	*	< 0,5	< 31
Rendah	0	0,5 – 1	31 – 61
Agak rendah	1	1 – 2	61 – 122
Sedang	2	2 – 4	122 – 244
Agak tinggi	3	4 – 8	244 – 488
Tinggi	4	8 – 16	488 – 976
Sangat tinggi	5	16 – 32	976 – 1953
Sangat tinggi	6	32 – 64	1953 – 3905

Sumber: Stuyfzand, 1993

Tabel 4. Klasifikasi Sub-tipe

Sub-tipe	Kondisi dalam jenis yang lebih teliti (meq/l)
NaCl	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{KH}_4) > \frac{1}{2} k$; $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > \text{KH}_4$; $\text{Na}^+ > \text{K}^+$; $\text{Cl}^- > \frac{1}{2} a$
NaSO ₄	seperti NaCl, tetapi $(\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^{2-} + \text{NO}_2) > \frac{1}{2} a$; $\text{SO}_4^{2-} > (\text{NO}_3^{2-} + \text{NO}_2)$
NaHCO ₃	seperti NaCl, tetapi $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-) > \frac{1}{2} a$; $\text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^-$
NaMix	seperti NaCl, tetapi Cl dan $(\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3 + \text{NO}_2)$ dan $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-) < \frac{1}{2} a$
KNO ₃	seperti NaCl, tetapi $\text{K}^+ > \text{Na}^+$; $(\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^{2-} + \text{NO}_2) > \frac{1}{2} a$; $(\text{NO}_3^{2-} + \text{NO}_2) > \text{SO}_4^{2-}$
(NH ₄) ₂ SO ₄	seperti NaCl, tetapi $\text{NH}_4 > (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$
CaCl ₂	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+ + \text{KH}_4) < \frac{1}{2} k$; $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) > (\text{Al}^{3+} + \text{H} + \text{Fe} + \text{Mn})$; $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$; $\text{Cl}^- > \frac{1}{2} a$
CaSO ₄	seperti CaCl ₂ , tetapi $(\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^{2-} + \text{NO}_2) > \frac{1}{2} a$; $\text{SO}_4^{2-} > (\text{NO}_3^{2-} + \text{NO}_2)$
CaNO ₃	seperti CaCl ₂ , tetapi $(\text{NO}_3^{2-} + \text{NO}_2) > \text{SO}_4$
CaHCO ₃	seperti CaCl ₂ , tetapi $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-) > \frac{1}{2} a$; $\text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^-$
CaMix	seperti CaCl ₂ , tetapi Cl ⁻ dan $(\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3 + \text{NO}_2)$; $(\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-) < \frac{1}{2} a$

MgCl	seperti CaCl ₂ , tetapi Mg ²⁺ > Ca ²⁺
MgHCO ₃	seperti CaHCO ₃ , tetapi Mg ²⁺ > Ca ²⁺
MgMix	seperti CaMix, tetapi Mg ²⁺ > Ca ²⁺
AlSO ₄	(Na ⁺ + K ⁺ + NH ₄ ⁺) < 1/2 k; (Al ³⁺ + H + Fe + Mn) > (Ca ²⁺ + Mg ²⁺); (Al ³⁺ + H ⁺) > (Fe + Mn); Al ³⁺ > H; (SO ₄ ²⁻ + NO ₃ ²⁻ + NO ₂ ⁻) > 1/2 a; SO ₄ ²⁻ > (NO ₃ ²⁻ + NO ₂ ⁻)
FeSO ₄	seperti AlSO ₄ , tetapi (Fe + Mn) > (Al ³⁺ + H ⁺); dan Fe > Mn

Sumber: Stuyfzand, 1993

Klasifikasi kelas terbagi menjadi tiga berdasarkan Na⁺, K⁺, dan Mg²⁺ terkoreksi untuk kondisi garam-garam laut dengan persamaan berikut. BEX menunjukkan kondisi garam laut terkoreksi.

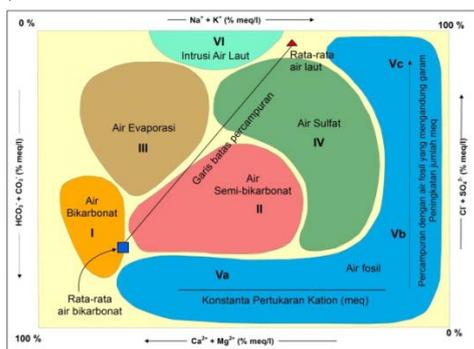
$$BEX = [Na^+ + K^+ + Mg^{2+}]_{terukur} - 1,0716 \cdot Cl^-$$

Tabel 5. Klasifikasi Kelas

Kelas	Kode	Kondisi BEX, dalam meq/l
(Na ⁺ +K ⁺ +Mg ²⁺) kekurangan	-	< -(0,5 + 0,02 Cl ⁻) dan < 1,5 (Σk - Σa)
(Na ⁺ +K ⁺ +Mg ²⁺) seimbang	∅	> -(0,5 + 0,02 Cl ⁻) dan < +(0,5 + 0,02 Cl ⁻)
(Na ⁺ +K ⁺ +Mg ²⁺) Kelebihan	+	> +(0,5 + 0,02 Cl ⁻) dan > 1,5 (Σk - Σa)

Sumber: Stuyfzand, 1993

Analisis genesis airtanah didasarkan atas metode Diagram Piper Segiempat. **Gambar 1** menunjukkan klasifikasi airtanah yang terbagi menjadi 6 kelompok, yaitu kelompok I (air bikarbonat), II (air semi-bikarbonat), III (air evaporit), IV (air sulfat), V (air fosil), dan VI (intrusi air laut).



Gambar 1. Diagram Piper Segiempat

Keasinan airtanah dapat diidentifikasi melalui integrasi antara metode *flownet* dan hidrogeokimia airtanah, serta nilai DHL. Metode *flownet* akan menghasilkan peta pola aliran airtanah di daerah kajian, sedangkan hidrogeokimia menghasilkan

analisis airtanah berdasarkan sifat kimianya. Airtanah asin memiliki kadar Cl⁻ yang tinggi, sehingga akan sangat berpengaruh terhadap nilai DHL dimana nilai DHL semakin tinggi jika kadar Cl⁻ dalam airtanah tinggi. Ketiganya saling mempengaruhi dan dapat digunakan dalam mengidentifikasi airtanah asin.

Pendekatan yang dilakukan untuk menganalisis keasinan airtanah adalah pendekatan hidrogeokimia airtanah. Hal ini mengacu pada sifat kimia airtanah. Sifat kimia airtanah menjadi sangat sensitif ketika ada suatu proses yang terjadi di dalam airtanah. Jika ditinjau berdasarkan metode Stuyfzand yang menunjukkan ion dominan, maka keasinan airtanah teridentifikasi dari adanya unsur Klorida (Cl⁻). Begitu pula jika ditinjau berdasarkan metode Diagram Piper Segiempat, yaitu airtanah termasuk ke dalam kelompok III (evaporasi), IV (sulfat), Vc (fosil), dan VI (intrusi air laut).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Zonasi Airtanah Berdasarkan Nilai DHL

Pengukuran DHL, kedalaman airtanah, dan sifat fisik airtanah dilakukan di 142 titik pengukuran yang mencakup Kecamatan Sanden, Srandakan, dan Kretek. Hasil analisis data yang telah dilakukan menunjukkan bahwa airtanah di daerah kajian terbagi atas dua kelas nilai DHL, yaitu airtanah tawar (<1.200 μmhos/cm) dan airtanah payau (1.200 – 2.500 μmhos/cm). Sebagian besar airtanah di daerah kajian memiliki DHL yang rendah atau bersifat tawar. Disamping itu, airtanah payau terdapat secara lokal di beberapa lokasi, seperti pada bentuklahan gisik, beting gisik muda, dan beting gisik tua. Persebaran dari airtanah payau ini tidak merata dan memiliki pola tertentu yang cenderung melingkar, serta pada daerah

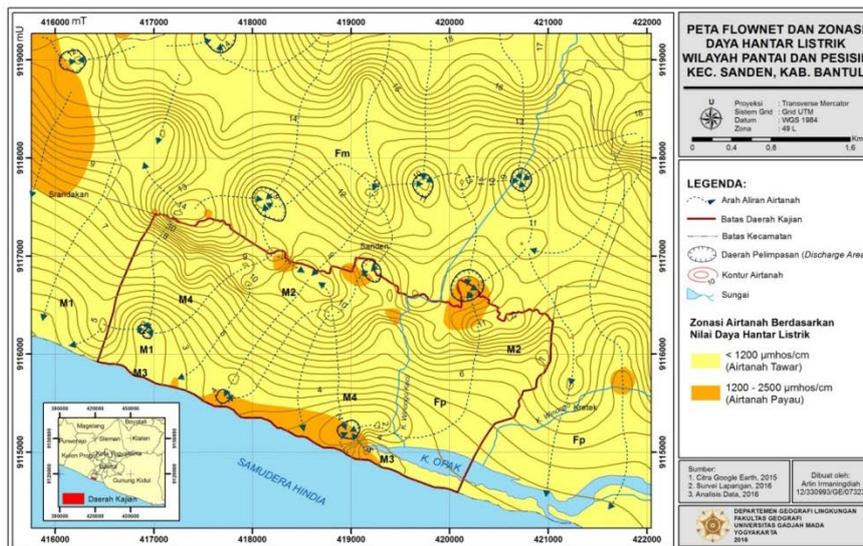
yang dekat laguna cenderung memanjang sejajar dengan garis pantai. Keberadaan airtanah payau diduga berasal dari jebakan air laut pada masa lampau karena terletak pada kompleks beting gisik, baik pada beting gisik tua maupun pada beting gisik muda yang dekat dengan laguna.

Pola dan Arah Aliran Airtanah

Arah aliran airtanah di daerah kajian mengalir dari utara ke selatan mengikuti topografi wilayah, yaitu dari dataran fluvio-marine menuju daerah pesisir yang topografi wilayahnya lebih rendah. Beberapa lokasi di daerah kajian menjadi daerah pelimpasan airtanah, yaitu pada beting gisik tua dan beting gisik muda. Daerah yang menjadi daerah pelimpasan airtanah umumnya memiliki nilai DHL yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya keterkaitan antara arah aliran airtanah dengan pengumpulan konsentrasi ion-ion (Santosa, 2010).

Daerah pelimpasan yang berada di beting gisik bagian timur dan dekat dengan laguna diduga telah terpengaruh oleh air

laut. Hal ini ditunjukkan dari nilai DHL yang sedang atau payau, serta arah aliran airtanahnya yang berasal dari beting gisik tua, laguna, dan laut. Disamping itu, material penyusun daerah tersebut berupa pasir, sehingga tingkat permeabilitasnya tinggi. Hal tersebut menyebabkan potensi air laut untuk masuk ke dalam akuifer semakin besar. Jika kondisi airtanah payau tersebut disebabkan oleh penyusupan air laut ke dalam akuifer, maka salah satu faktor yang mempengaruhi adalah garis *interface*. Kabahari (2014) menyebutkan bahwa garis *interface* di Pesisir Pantai Samas berada pada kedalaman 48 meter dari permukaan tanah. Jika dikaitkan dengan tinggi muka airtanah di daerah kajian, kedalaman airtanah bebas di wilayah pantai dan pesisir Sanden yang diduga terkena intrusi air laut tersebut tidak lebih dari 5,5 meter. Hal ini menunjukkan bahwa sumur tersebut belum terjadi intrusi air laut. Peta *flownet* dan DHL airtanah di daerah kajian ditunjukkan oleh **Gambar 2**.

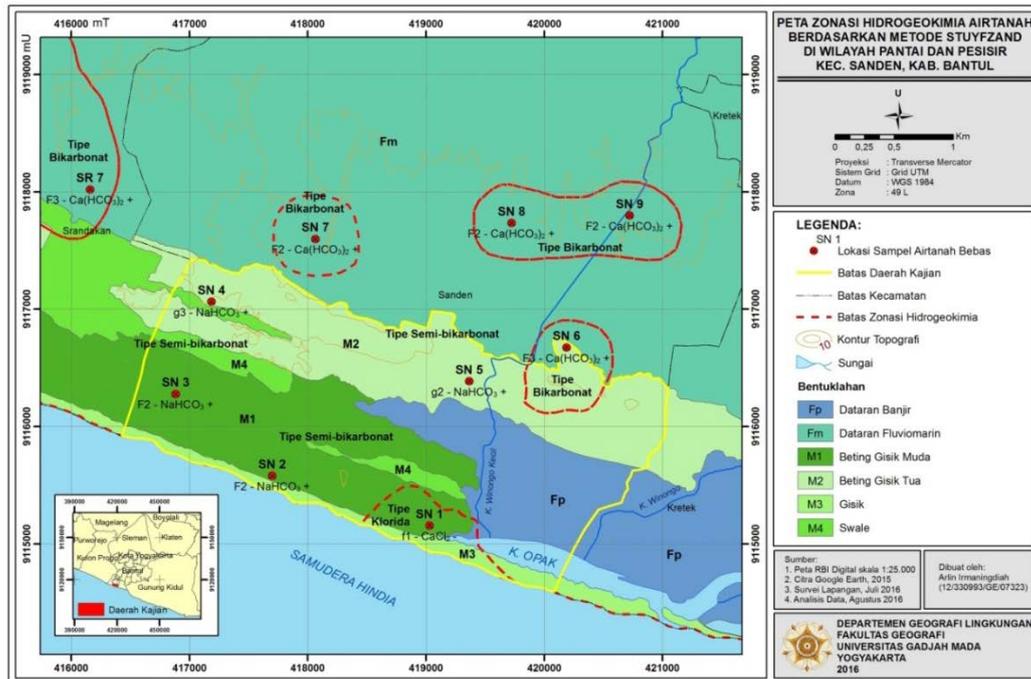


Gambar 2. Peta *Flownet* dan DHL Wilayah Pantai dan Pesisir Kecamatan Sanden

Tipe Hidrogeokimia Airtanah

Hasil analisis hidrogeokimia airtanah bebas berdasarkan metode Stuyfzand menunjukkan bahwa secara garis besar,

airtanah di daerah kajian terbagi atas tiga tipe airtanah, yaitu tipe semi-bikarbonat, bikarbonat, dan klorida, seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3**.

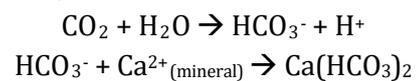


Gambar 3. Peta Zonasi Hidrogeokimia Airtanah Berdasarkan Metode Stuyfzand di Wilayah Pantai dan Pesisir Kecamatan Sanden

Tipe air klorida dengan kode f1- $\text{CaCl}_2(-)$ ditemukan pada beting gisik muda yang sangat dekat dengan laguna dan batas gisik. Tanda (-) menunjukkan bahwa airtanah dalam kondisi terpengaruh oleh air asin (Stuyfzand, 1993). Suherman dan Sudaryanto (2009) menjelaskan bahwa keberadaan sub tipe CaCl_2 mengindikasikan airtanah tersebut sudah tercampur oleh air laut, namun masih didominasi oleh air tawar. Hal ini disebabkan oleh kandungan Ca^{2+} yang lebih tinggi daripada Mg^{2+} .

Tipe hidrogeokimia airtanah pada beting gisik muda adalah $\text{F2-NaHCO}_3(+)$, sedangkan pada beting gisik tua bertipe $\text{g2-NaHCO}_3(+)$ dan $\text{g3-NaHCO}_3(+)$. Menurut Appelo (1991, dalam Suherman dan Sudaryanto, 2009), tipe air NaHCO_3 merupakan hasil pencucian garam NaCl oleh air tawar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Air laut yang terjebak ketika proses pembentukan pantai terkena air tawar secara terus menerus hingga terjadi proses pertukaran kation. Berikut reaksi pertukaran kation yang terjadi: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{NaCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{NaHCO}_3$

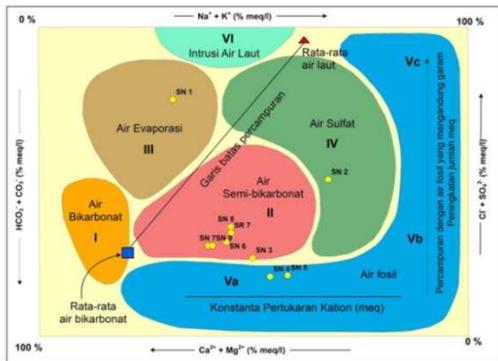
Tipe $\text{F2-Ca}(\text{HCO}_3)_2(+)$ terdapat di beberapa lokasi pada dataran fluviomarin. Tipe $\text{F3-Ca}(\text{HCO}_3)_2(+)$ berada pada dataran fluviomarin dan beting gisik tua. Santosa (2010) menjelaskan bahwa tipe air $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ berasal dari proses pelarutan mineral akuifer, baik selama airtanah tersebut berada dalam akuifer, maupun selama airtanah mengalir melalui akuifer tersebut. Ion Ca^{2+} dalam airtanah tawar membentuk kesetimbangan dengan ion bikarbonat (HCO_3^-). Senyawa bikarbonat itu sendiri terbentuk karena adanya reaksi antara senyawa CO_2 dengan H_2O yang berasal dari air hujan atau dari proses pelarutan mineral (Santosa, 2010). Berikut persamaan reaksi yang membentuk $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.



Genesis Airtanah

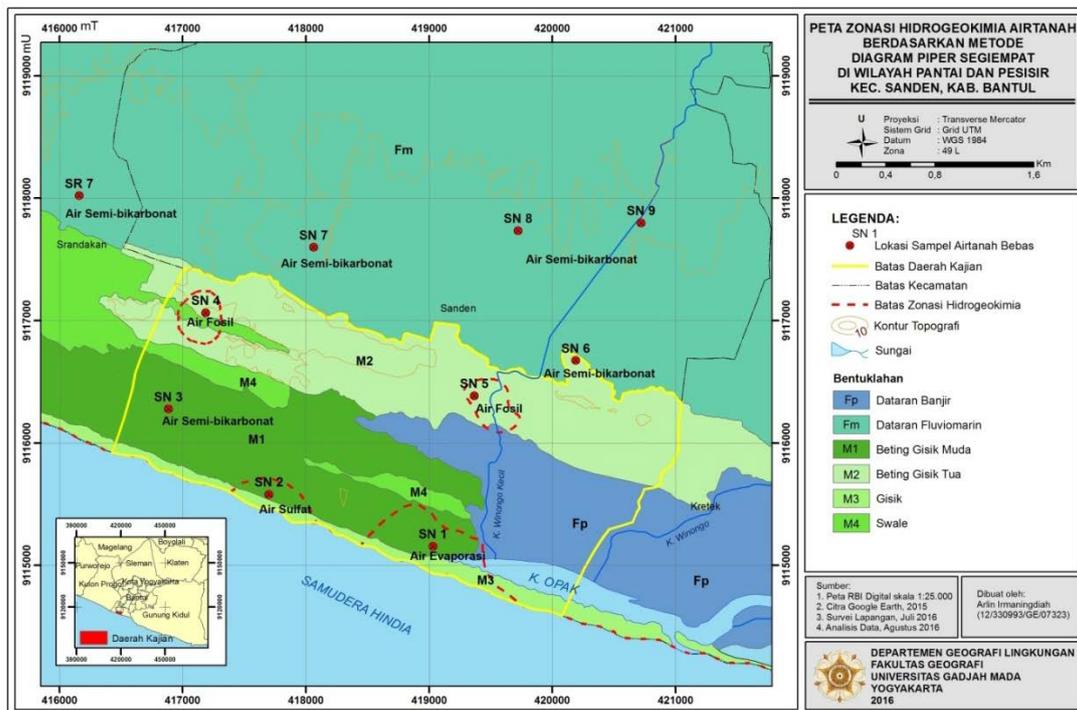
Hasil analisis genesis airtanah berdasarkan metode diagram piper segiempat menunjukkan bahwa airtanah di

daerah kajian terbentuk dari proses yang bervariasi (**Gambar 4** dan **Gambar 5**). Tipe airtanah yang terdapat di daerah kajian diantaranya airtanah semi-bikarbonat (II), evaporasi (III), sulfat (IV), dan fosil (Va).



Gambar 4. Hasil Plotting Diagram Piper Segiempat

Kelompok airtanah semi-bikarbonat (II) ditemukan pada dataran fluviomarin,



Gambar 4. Peta Zonasi Hidrogeokimia Airtanah Berdasarkan Metode Diagram Piper Segiempat di Wilayah Pantai dan Pesisir Kecamatan Sanden

Tipe air sulfat (IV), ditemukan pada beting gisik muda. Tipe air sulfat terbentuk dari pembusukan atau dekomposisi bahan organik. Hal ini dipengaruhi pula oleh penggunaan lahan dimana lokasi pengambilan sampel air dikelilingi oleh hutan cemara, sehingga mendukung untuk terjadi dekomposisi bahan organik.

beting gisik tua, dan beting gisik muda. Ion bikarbonat berasal dari air hujan yang masuk ke dalam akuifer melalui proses infiltrasi dan perkolasi.

Airtanah evaporasi (III) ditemukan di beting gisik muda dan dekat dengan laguna. Umumnya tipe air ini memiliki rasa payau hingga asin. Kadar Cl^- dan SO_4^{2-} yang tinggi disebabkan oleh intensitas proses evaporasi yang tinggi. Semakin besar garam yang terendapkan dan semakin banyak pula garam yang dapat larut dalam airtanah. Unsur dominan yang tertinggal akibat evaporasi adalah garam sulfat dan klorida (Santosa, 2010).

Airtanah tipe konat (*qonnate water*), terutama tipe air fosil (Va) ditemukan pada beting gisik tua dengan nomor sampel SN 4 dan SN 5. Kedua sampel tersebut berasa tawar, tidak berbau, dan jernih. Kadar $(Na^+ + K^+)$ dan $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ tinggi disebabkan oleh adanya proses pertukaran

kation antara unsur kimia airtanah dengan material lempung marin.

Analisis Keasinan Airtanah dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya

Analisis keasinan airtanah dilakukan dengan mengintegrasikan metode *flownet* dan hidrogeokimia airtanah. Beberapa lokasi di daerah kajian menjadi daerah pelimpasan, yaitu pada beting gisik muda dan beting gisik tua. Daerah pelimpasan menunjukkan bahwa airtanah di daerah tersebut mengalami penurunan muka airtanah dan umumnya memiliki tingkat keasinan yang sedang hingga sangat tinggi. Hal ini dapat dilihat pula melalui nilai DHL karena ion yang banyak berkontribusi

dalam penentuan nilai DHL adalah ion Cl^- . Jika ditinjau berdasarkan metode Stuyfzand akan menunjukkan tanda negatif, dan jika ditinjau dari metode Diagram Piper Segiempat menunjukkan kelompok air evaporasi, sulfat, fosil, dan intrusi air laut.

Beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik hidrogeokimia airtanah antara lain bentuklahan; lingkungan pengendapan; mineral penyusun akuifer; perjalanan airtanah; serta lamanya airtanah tinggal dalam akuifer atau terjebak pada suatu lapisan batuan penyusun akuifer (Santosa, 2010). **Tabel 6** menunjukkan karakteristik airtanah di daerah kajian ditinjau dari nilai DHL dan hidrogeokimia airtanah.

Tabel 6. Karakteristik Airtanah Berdasarkan Nilai DHL dan Hidrogeokimia

Sampel	CBE (%)	DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Hidrogeokimia		Bentuklahan
			Tipe Airtanah	Tipe Genesis	
SN 1	-2,50	1381	f1 - $CaCl_2$ -	Evaporasi (III)	Beting Gisik Muda
SN 2	-9,73	1362	F2 - $NaHCO_3$ +	Sulfat (IV)	Beting Gisik Muda
SN 3	11,55	542	F2 - $NaHCO_3$ +	Semi-bikarbonat (II)	Beting Gisik Muda
SN 4	22,61	1665	g3 - $NaHCO_3$ +	Fosil (Va)	Beting Gisik Tua
SN 5	20,93	1703	g2 - $NaHCO_3$ +	Fosil (Va)	Beting Gisik Tua
SN 6	5,67	1420	F3 - $Ca(HCO_3)_2$ +	Semi-bikarbonat (II)	Beting Gisik Tua
SN 7	7,75	626	F2 - $Ca(HCO_3)_2$ +	Semi-bikarbonat (II)	Dataran Fluviomarin
SN 8	16,20	446	F2 - $Ca(HCO_3)_2$ +	Semi-bikarbonat (II)	Dataran Fluviomarin
SN 9	5,78	496	F2 - $Ca(HCO_3)_2$ +	Semi-bikarbonat (II)	Dataran Fluviomarin
SR 7	-0,48	2200	F3 - $Ca(HCO_3)_2$ +	Semi-bikarbonat (II)	Dataran Fluviomarin

Sumber: Hasil survei dan analisis data, 2016

Airtanah di daerah kajian terbagi atas tipe bikarbonat yang didominasi oleh unsur $Ca(HCO_3)_2$; tipe semi-bikarbonat yang didominasi oleh unsur $NaHCO_3$; dan tipe klorida yang didominasi oleh unsur $CaCl_2$.

Tipe airtanah bikarbonat ditemukan di beting gisik tua dan dataran fluviomarin. Proses pembentukan beting gisik tua sangat dipengaruhi oleh marin, sedangkan dataran fluviomarin dipengaruhi oleh aktivitas fluvial dan marin. Material alluvium yang terbawa oleh Sungai Opak berasal dari perombakan material piroklastik hasil erupsi Gunungapi Merapi Muda. Hal ini menyebabkan material penyusun akuifer

banyak mengandung mineral Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan pasir besi. Material penyusun akuifer tersebut mengalami proses pencucian mineral oleh air hujan saat proses infiltrasi dan perkolasi. Ion Ca^{2+} akan bereaksi dengan air hujan yang mengandung ion bikarbonat (HCO_3^-).

Kadar Ca^{2+} dan HCO_3^- yang cukup banyak dalam airtanah mempengaruhi nilai DHL, seperti pada sampel SN 6 dan SR 7 yang berada pada bentuklahan beting gisik tua. Nilai DHL yang termasuk payau, yaitu 1420 dan 2200 $\mu\text{mhos/cm}$. Ion yang paling banyak pengaruhnya adalah ion Cl^- , Ca^{2+} , dan HCO_3^- . Ion Cl^- berasal dari air laut

yang terjebak dalam material penyusun saat proses pembentukan pantai. Ion Ca^{2+} berasal dari material penyusun batuan hasil endapan piroklastik dari gunungapi Merapi Muda, sedangkan HCO_3^- berasal dari air hujan.

Sampel SN 6 merupakan daerah pelimpasan, sehingga banyak ion yang terkumpul di satu titik tersebut. Ion-ion tersebut berasal dari pelarutan mineral Ca^{2+} selama proses perjalanan airtanah dari daerah imbuan hingga ke daerah pelimpasan. Banyaknya ion Ca^{2+} yang terkandung dalam sampel SN 6 menunjukkan bahwa airtanah mengalir dalam akuifer dalam kurun waktu yang lama. Semakin lama waktu kontak airtanah dengan material penyusun akuifer, maka proses pelarutan mineral semakin intensif dan menyebabkan konsentrasi ion hasil pelarutan mineral semakin banyak.

Tipe semi-bikarbonat didominasi oleh ion Na^+ dan HCO_3^- membentuk NaHCO_3 . Tipe ini ditemukan pada sampel SN 2, SN 3, SN 4, dan SN 5. Tipe ini merupakan hasil pencucian garam NaCl oleh air tawar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Jika ditinjau dari genesisnya, airtanah tipe NaHCO_3 terbagi atas tiga genesis yang berbeda, yaitu dari proses reduksi sulfat, fosil, dan secara alami dipengaruhi oleh air hujan.

Airtanah yang berasal dari hasil reduksi sulfat, yaitu SN 2, memiliki tingkat keasinan yang sedang. Hal ini dilihat dari nilai DHL sebesar $1362 \mu\text{mhos/cm}$ dan termasuk airtanah payau. Pada lokasi sampel SN 2 ini merupakan *discharge area*, sehingga ion-ion airtanah berkumpul di titik tersebut dan menyebabkan nilai DHL menjadi agak tinggi. Jika dilihat dari genesisnya, airtanah SN 2 ini berasal dari hasil dekomposisi bahan organik yang kemudian membentuk mineral pirit dan ion yang terbentuk adalah sulfat. Adanya

proses dekomposisi bahan organik dan nilai DHL yang cukup tinggi menunjukkan bahwa lingkungan pengendapannya berada di laguna yang berisi campuran antara air sungai dengan air laut. Setelah terjadi pengendapan bahan organik dan terbentuk mineral pirit, terjadi pencucian garam NaCl oleh airtawar $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ yang dapat membentuk NaHCO_3 .

Airtanah yang secara genesis berasal dari air fosil atau konat (*connate water*), yaitu SN 4 dan SN 5, ditemukan pada bentuklahan beting gisik tua. Airtanah ini didominasi oleh ion Na^+ dan HCO_3^- dengan tingkat keasinan sedang, yaitu sebesar 1665 dan $1703 \mu\text{mhos/cm}$ yang terukur melalui nilai DHL. Tipe airtanah ini terbentuk dari proses pertukaran kation airtanah dengan mineral lempung marin yang berasal dari endapan sedimen marin pada zona laut dangkal kala pleistosen. Material lempung marin memiliki pori-pori mikro yang mampu menjebak airtanah. Hal ini menyebabkan terjadinya pertukaran kation antara lempung marin yang mengandung NaCl dengan airtanah yang mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan membentuk NaHCO_3 .

Hasil analisis hidrogeokimia dari sampel SN 1 adalah airtanah memiliki tipe klorida, dimana ion yang dominan dalam airtanah adalah ion Cl^- dan Ca^{2+} , yang kemudian membentuk unsur CaCl_2 . Ion Cl^- berasal dari air laut dan ion Ca^{2+} berasal dari proses pertukaran kation antara airtanah dengan material penyusun akuifer. Jika ditinjau dari genesisnya, airtanah tersebut berasal dari proses evaporasi.

Lokasi pengambilan sampel berada pada beting gisik muda yang berbatasan dengan gisik pantai. Di bagian timur dari lokasi sampel terdapat laguna. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan berada pada laguna tersebut. Proses evaporasi dengan intensitas tinggi di

laguna menyebabkan kristal-kristal garam tertinggal dan terendapkan pada dasar laguna dan terkubur oleh material penyusun yang sekarang, yaitu pasir, hasil dari proses pembentukan oleh aktivitas marin.

Selama proses perjalanan airtanah dari beting gisik tua menuju beting gisik muda, terjadi kontak antara material penyusun yang kaya akan ion Ca^{2+} dari endapan Gunungapi Merapi Muda dengan HCO_3^- dari air hujan. Ketika aliran airtanah sampai ke sekitar lokasi dekat laguna, airtanah $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ tersebut mengalami pertukaran kation dengan kristal garam klorida (NaCl) hasil proses evaporasi dan membentuk CaCl_2 .

KESIMPULAN

1. Terdapat penurunan muka airtanah di beberapa lokasi yang ditandai dengan *flownet* yang mengarah ke bentuklahan beting gisik tua dan beting gisik muda.
2. Hidrogeokimia berdasarkan metode Stuyfzand membagi airtanah di daerah kajian menjadi tipe semi-bikarbonat (F2- NaHCO_3^+ ; g2- NaHCO_3^+ ; dan g3- HCO_3^+), tipe bikarbonat (F2- $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2^+$ dan F3- $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2^+$), dan tipe klorida (f1- CaCl_2^-). Jika ditinjau berdasarkan genesisnya, maka airtanah di daerah kajian terbagi atas kelompok airtanah semi-bikarbonat (II), evaporasi (III), sulfat (IV), dan Fosil (Va).
3. Keasinan airtanah di daerah kajian dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain proses pelarutan mineral dari material marin dan alluvium sungai oleh air hujan ketika proses infiltrasi dan perkolasi membentuk kelompok airtanah semi-bikarbonat; proses evaporasi masa lampau di laguna dan zona laut dangkal pada kala pleistosen yang meninggalkan kristal garam dan terlarut menjadi airtanah evaporasi; proses dekomposisi

bahan organik yang terendapkan di laguna masa lampau membentuk airtanah sulfat; dan proses pertukaran kation antara airtanah dengan material lempung marin membentuk airtanah fosil.

DAFTAR PUSTAKA

- Kabahari, H. (2014). *Pemodelan Aliran Airtanah Daerah Samas, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, UGM.
- Kay, R., & J. Alder. (1999). *Coastal Planning and Management*. New York: Taylor & Francis Group.
- Rakhman, D. F. (2014). *Studi Hidrogeologi dan Identifikasi Intrusi Air Asin pada Airtanah di Daerah Samas, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, UGM.
- Santosa, L. W. (2010). *Kajian Genesis Bentuklahan dan Pengaruhnya Terhadap Hidrostratigrafi Akuifer dan Hidrogeokimia Sebagai Geoindikator Evolusi Airtanah Bebas pada Bentanglahan Kuarter Kabupaten Kulonprogo Bagian Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta. Disertasi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, UGM.
- Santosa, L. W. & T. N. Adji. (2014). *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Stuyfzand, P. J. (1993). *Hydrochemistry and Hydrology of the Coastal Dune Area of the Western Netherlands*. KIWA N. V., Den Haag.
- Suherman, D. & Sudaryanto. (2009). *Tipe Air Untuk Penentuan Aliran Airtanah Vertikal di Cekungan Jakarta. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*, 19 (2), 99-108.
- Wiridjati, W. (2014). *Hubungan Antara Kimia Airtanah dengan Kondisi Geologi Daerah Samas, Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, UGM.