

KAJIAN HIDROGEOKIMIA AIRTANAH BEBAS DI WILAYAH KEPESISIRAN KABUPATEN PURWOREJO

Puspa Chattra Barapela
barapela@gmail.com

Langgeng Wahyu Santosa
Wahyus_71@yahoo.co.id

Abstract

There're variety of brackish to saline groundwater that found in coastal area of Purworejo. The research's aims're: (1) to review characteristic and spatial distribution of hydrogeochemical in that area; and (2) to identify factors that potentially influence the characteristic and spatial distribution of hydrogeochemical in that area.

Data're measured by systematic and area purposive sampling based on landform as analytical unit. The hydrogeochemical's analyzed by dominant ion, stiff diagram, and rectangular piper diagram.

The results shows there're five types of groundwater. Factors that potentially influence that're: (1) dissolution minerals from marine and alluvium material also infiltration and percolation of rain created bicarbonate and semi carbonate water, (2) intensive evaporation of littoral zone that left salt crystals which dissolved into groundwater created evaporate water, (3) reduction process of organic materials in ancient lagoon created sulfate water, and (4) cation exchange of groundwater, mineral marine clay and mollusca fossil created fossil water.

Key words: coastal area, genesis, groundwater, hydrogeochemical, and landform.

Intisari

Terdapat variasi airtanah payau hingga asin di wilayah kepepesisiran Purworejo. Tujuan penelitian ini: (1) mengkaji karakteristik dan pola persebaran hidrogeokimia secara spasial di wilayah tersebut; dan (2) menemukan faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik dan pola persebaran hidrogeokimia airtanah bebas di wilayah tersebut.

Metode pengambilan data secara *systematic* dan *purposive sampling* didasarkan pada unit analisis bentuklahan. Tipe hidrogeokimia dianalisis dengan metode ion dominan, diagram stiff, dan diagram piper segiempat.

Hasil menunjukkan terdapat lima tipe airtanah bebas. Faktor-faktor yang mempengaruhi tipe dan persebaran tersebut: (i) proses pelarutan mineral dari material marin dan alluvium serta proses infiltrasi dan perkolasi air hujan membentuk air bikarbonat dan semi-bikarbonat, (ii) proses evaporasi intesif zona perairan laut dangkal meninggalkan kristal-kristal garam terlarut membentuk air evaporit, (iii) proses reduksi bahan organik pada laguna masa lampau membentuk air sulfat, dan (iv) proses pertukaran kation airtanah dengan mineral lempung marin dan penemuan fosil *mollusca* membentuk air fosil.

Kata kunci: airtanah bebas, bentuklahan, genesis, hidrogeokimia, dan wilayah kepepesisiran.

PENDAHULUAN

Wilayah kepebisiran merupakan wilayah daratan yang meliputi area darat baik yang terendam maupun tidak terendam air laut namun terpengaruh aktivitas laut (marin), serta bagian laut mencakup area laut yang masih terpengaruh oleh proses-proses daratan (Sunarto, 2000). Salah satu wilayah kepebisiran yang terdapat di Indonesia ialah wilayah kepebisiran di Kabupaten Purworejo. yang terletak pada Provinsi Jawa Tengah yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Kulonprogo, Provinsi D.I. Yogyakarta. Topografi wilayah pesisir yang relatif datar hingga bergelombang ini menjadikan kawasan ini menarik untuk ditempati dan dibudidayakan oleh penduduk. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses litoralisasi, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan-permasalahan kompleks pada area pesisir.

Airtanah secara alamiah mengandung unsur-unsur kimia dalam jumlah tertentu yang berasal dari berlangsungnya siklus hidrologi dari awal proses pembentukan uap air di atmosfer hingga penyerapan dan pengalirannya di dalam tanah (Appelo dan Postma, 1993). Kajian hidrogeokimia menjadi sorotan yang penting untuk dikaji dalam studi airtanah. Hal tersebut disebabkan kondisi airtanah baik secara kualitas maupun kuantitas dipengaruhi oleh formasi geologi dari setiap mineral batuan yang akan membentuk unsur atau senyawa kimia. Kajian ini berfungsi mengetahui komposisi kimia penyusun airtanah.

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

- (1) Mengkaji karakteristik dan pola persebaran hidrogeokimia secara spasial di wilayah kepebisiran Kabupaten Purworejo; dan
- (2) Menemukenali faktor-faktor yang memengaruhi karakteristik dan pola persebaran hidrogeokimia airtanah

bebas di wilayah kepebisiran Kabupaten Purworejo.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data sekunder yang digunakan adalah Peta RBI lembar Ngombol dan Purwodadi, Peta Geologi lembar Yogyakarta dan Kebumen, dan Citra *Google Earth*. Data tersebut digunakan sebagai peta dasar yang memerhatikan topografi, relief, proses geomorfologi, penggunaan lahan dan formasi batuan sebagai dasar penentuan bentuklahan.

Data primer berupa ketinggian muka airtanah (TMA), daya hantar listrik (DHL) dan sifat fisik airtanah (bau, rasa, warna, suhu) yang diukur secara *systematic sampling* berdasarkan grid 500m x 500m karena wilayah kajian yang relatif homogeny. Sedangkan pengambilan sampel airtanah bebas dilakukan secara *area purposive sampling* yang memepertimbangkan distribusi satuan bentuklahan, pola aliran airtanah bebas (*flownets*), dan zonasi DHL berdasarkan klasifikasi Santosa 2010 (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi DHL Airtanah Bebas

Klasifikasi DHL	Nilai DHL ($\mu\text{mhos/cm}$)	Keterangan
DHL rendah	<1200	Airtanah tawar (<i>fresh</i>)
DHL sedang	1200 – 2500	Airtanah payau (<i>brackish</i>)
DHL tinggi	2500 – 4500	Airtanah asin (<i>saline</i>)
DHL sangat tinggi	>4500	Airtanah sangat asin (<i>haline</i>)

Sumber: Santosa, 2010

Analisis Data

Analisis data dilakukan baik kualitatif maupun luantitatif. Analisis kuantitatif diawali dengan perhitungan *Charge Balance Error (CBE)* yang merupakan indikator keakuratan sampel airtanah bebas dengan toleransi 5% dan pemodelan hidrogeokimia airtanah bebas dengan metode ion dominan,

diagram stiff, dan diagram segiempat. Sementara analisis kualitatif mendeskripsikan pola distribusi spasial bentuklahan, *flownets*, dan tipe hidrogeokimia serta mengintegrasikannya dengan faktor-faktor potensial yang memengaruhinya. Adapun metode pengujian unsur kimia dalam airtanah bebas berdasarkan metode sebagai berikut (Tabel 2.).

Tabel 2. Metode Uji Unsur Kimia

Unsur Kimia	Metode Uji
Kalsium (Ca ²⁺)	SNI 06-6989. 12 - 2004
Magnesium (Mg ²⁺)	SNI 06-6989. 12 - 2004
Kalium (K ⁺)	Flame Fotometrik
Natrium (Na ⁺)	Flame Fotometrik
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	SNI 06-6989. 20 - 2009
Klorida (Cl ⁻)	SNI 06-6989. 19 - 2009
Kebasaan (HCO ₃ ⁻)	Titrimetri

Sumber : Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air
Fakultas Geografi UGM, 2015

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Distribusi Horizontal Airtanah Bebas

(1) Distribusi lateral satuan geomorfologi

Wilayah kepesisiran Kabupaten Purworejo memiliki enam satuan bentuklahan dengan urutan paling dekat dengan laut ke arah daratan yaitu: gisik pantai, swale muda, beting gisik muda, swale tua, beting gisik tua, dataran fluviomarin, serta dataran banjir dan tanggul alam. Distribusi spasial bentuklahan pada daerah penelitian seperti pada Gambar 1.

(2) Pola aliran airtanah bebas

Airtanah bebas pada sistem akuifer pesisir memiliki kecenderungan mengalir menuju bentuklahan *swale*, baik *swale* muda maupun *swale* tua. Hal tersebut disebabkan morfologi bentuklahan *swale* yang berupa cekungan atau depresi sehingga memiliki ketinggian yang lebih rendah dibanding beting gisik yang mengapitnya. Hal tersebut juga menyebabkan dijumpainya lokasi-lokasi sebagai titik-titik pusat perkumpulan

airtanah bebas dari berbagai arah secara lokal-lokal pada lokasi tertentu.

Apabila dibandingkan dengan sistem akuifer pada dataran fluviomarin, maka pola aliran airtanah pada dataran fluviomarin bersifat lebih homogen. Airtanah mengalir lurus memotong kontur airtanah, menuju arah selatan (arah pesisir) dan jarang ditemukan lokasi sebagai pusat terkumpulnya airtanah bebas. Hal tersebut disebabkan topografi dataran fluviomarin yang cenderung datar hingga landai sehingga aliran airtanah bebas mengikuti ketinggian tempat dengan arah aliran dari tempat lebih tinggi (utara) menuju ke tempat yang lebih rendah (selatan).

Selain itu, pada bagian selatan dataran fluviomarin terdapat Sungai Lereng Timur yang membentang dengan arah barat daya – timur laut yang bersifat sebagai Sungai Efluent, sehingga aliran airtanah bebas menjadi salah satu masukan/input pada suplai sungai tersebut, disamping curah hujan sebagai masukan/input utamanya. Sungai ini juga berperan sebagai batas antara dataran fluviomarin dan daerah pesisir. Pola aliran airtanah bebas seperti Gambar 2.

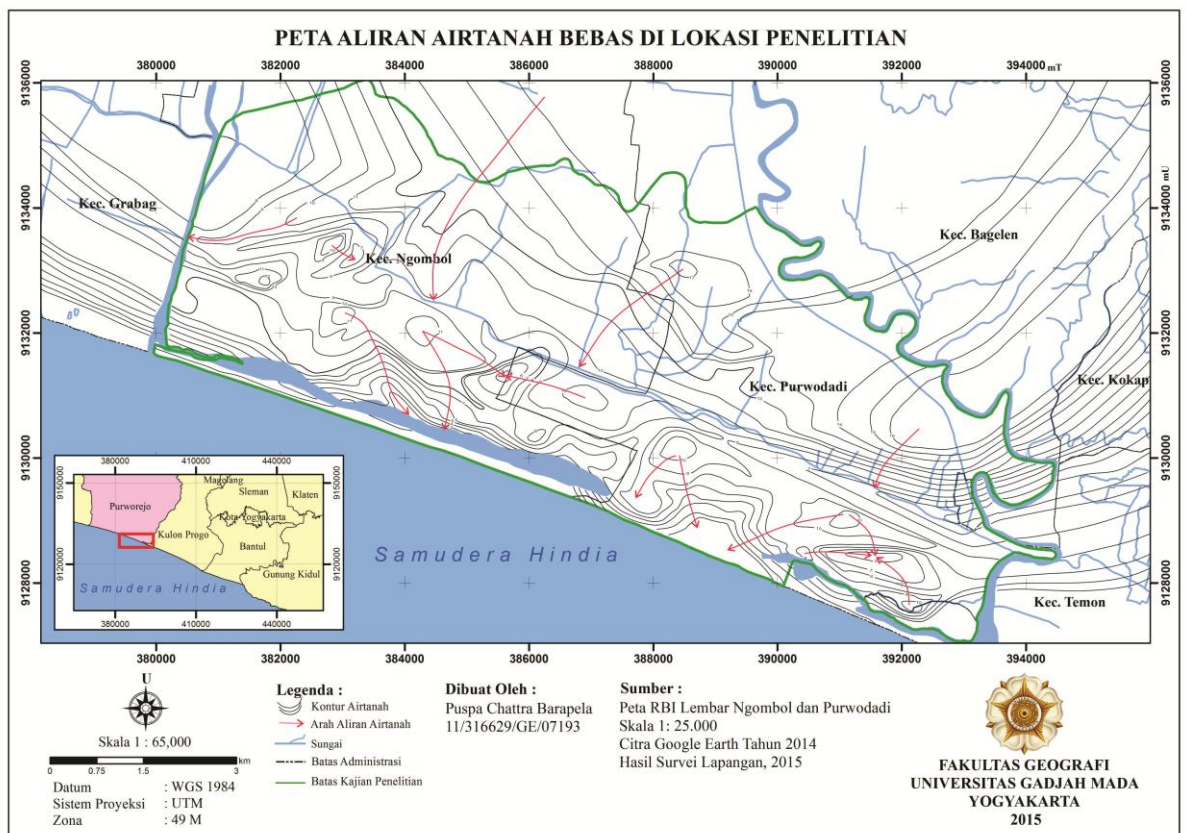
(3) Zonasi Daya Hantar Listrik (DHL)

Adanya variasi airtanah bebas payau hingga asin memerlukan zonasi DHL (Tabel 3.) dengan sebaran seperti Gambar 3., sebab DHL memiliki hubungan berbanding lurus dengan kandungan ion terlarut (Effendi, 2003).

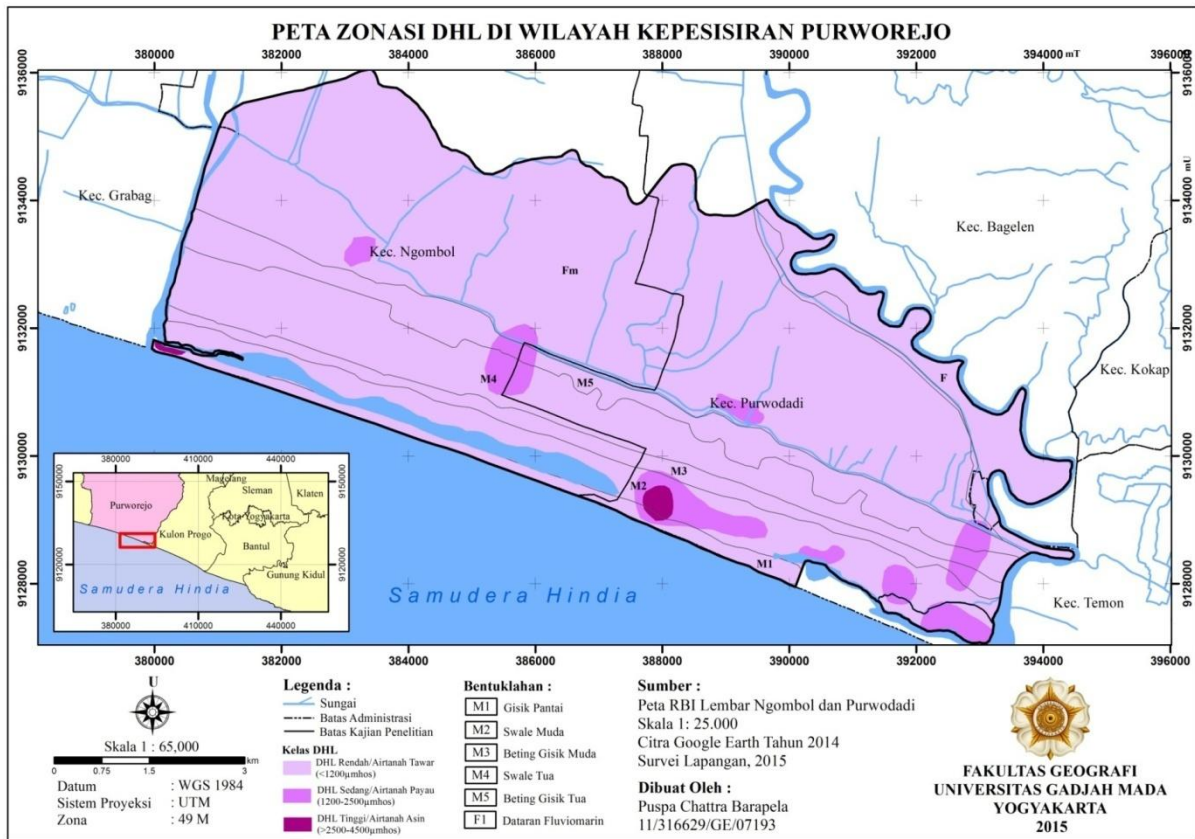
Apabila diamati antara pola aliran airtanah bebas yang telah dijabarkan sebelumnya dengan pola distribusi spasial hasil zonasi airtanah bebas berdasarkan nilai DHL memiliki suatu kecenderungan. Terdapat kecenderungan yaitu titik yang menjadi lokasi terkumpulnya airtanah bebas



Gambar 1. Bentuklahan di Lokasi Penelitian



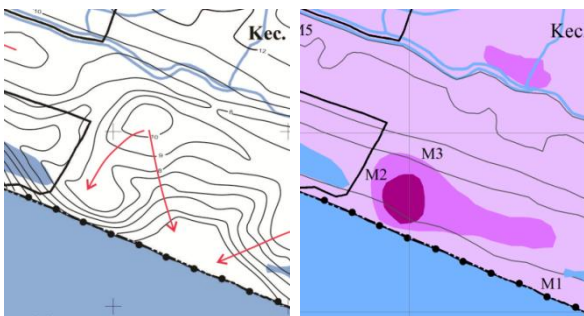
Gambar 2. Pola Aliran Airtanah Bebas (*Flownets*) di Lokasi Penelitian



Gambar 3. Zonasi Airtanah Bebas Berdasarkan DHL di Lokasi Penelitian

juga memiliki nilai daya hantar listrik relatif tinggi mencapai kelas payau atau asin seperti pada Gambar 4.

Hal tersebut memperkuat dugaan keberadaan laguna masa lampau yang saat ini menjadi bentuklahan depresi berupa *swale* yang dapat berair atau kering tergantung pada besarnya intensitas curah hujan, periode hujan, dan frekuensi terjadinya kejadian hujan pada lokasi penelitian.



Gambar 4. Hubungan nilai DHL dan pola aliran airtanah bebas

Tabel 3. Zonasi DHL

Zonasi Airtanah Bebas	Nilai DHL (μmhos)	Distribusi Spasial
Airtanah Tawar	<1200	Terdapat di seluruh bentuklahan (seluruh cakupan wilayah penelitian).
Airtanah Payau	1200 – 2500	Membentuk pola-pola tertentu cenderung melingkar. Pola distribusi tersebar tidak merata, terdapat beberapa di dataran fluvioamarin, <i>swale</i> , dan beting gisik tua.
Airtanah Asin	2500 – 4500	Keberadaannya minim pada daerah penelitian. Ditemukan di bentuklahan gisik pantai bagian barat dan <i>swale</i> muda bagian tengah.

Sumber: Hasil Analisis Data, 2015

B. Variasi Tipe Hidrogeokimia

1. Metode Diagram Stiff

Tipe hidrogeokimia airtanah bebas dimodelkan berdasarkan hasil uji kandungan

unsur kimia mayor airtanah berupa Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , CO_3^- , dan Fe^{2+} . Hasil uji unsur kimia sebagai berikut:

Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Ion Airtanah Bebas

Sumber: Hasil Analisa Data, 2015

Berdasarkan hasil uji tersebut maka dilakukan pemodelan dengan diagram stiff

Sampel	Jumlah Ion			
	Kation (%)		Anion (%)	
	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$	$\text{Cl}^- + \text{SO}_4^-$
GW1	66.83	33.17	36.56	63.44
GW3	15.24	84.76	69.74	30.26
GW5	22.62	77.38	69.41	30.59
GW4	24.02	75.98	66.11	33.89
GW2	22.80	77.20	64.63	35.37
GW11	15.54	84.46	68.69	31.31
GW10	31.96	68.04	59.06	40.94
GW8	56.13	43.87	72.04	27.96
GW9	36.51	63.49	69.58	30.42
GW6	66.28	33.72	78.63	21.37
GW7	35.77	64.23	14.10	85.90

(Tabel 7.) yang menunjukkan persentase kation pada sumbu kiri dan anion pada sumbu kanan (Purnama, 2010). Diagram stiff mempermudah melihat ada tidaknya kemiripan komposisi unsur kimia dalam tiap sampel airtanah. Misalnya kemiripan pada sampel GW2, GW3, GW4, GW6, GW10, dan GW11. Selain itu kemiripan sampel GW5 dan GW9. Sampel yang mirip cenderung memiliki komposisi unsur kimia yang hampir sama sehingga tipe hidrogeokimianya juga sama.

2. Metode Ion Dominan

Pemodelan hidrogeokimia ion dominan digunakan untuk mengetahui komposisi kation dan anion utama yang mendominasi susunan unsur kimia yang terkandung dalam tanah. Berdasarkan analisis ion dominan dapat diketahui senyawa utama penyusun tipe kimia airtanah bebas. **Tabel 5.**

Menunjukkan senyawa dominan yang ditemukan pada sampel airtanah bebas di daerah penelitian. Sebagian besar airtanah bebas di daerah penelitian memiliki anion berupa HCO_3^- sedangkan kationnya bervariasi.

Tabel 5. Senyawa Dominan Airtanah Bebas

Sampel	Senyawa Dominan	Bentuklahan
GW 1	NaCl	Gisik Pantai
GW3	$\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$	Beting Gisik Tua
GW5	$\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$	Dataran Banjir dan Tanggul Alam
GW4	$\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$	Dataran Fluviomarin
GW2	$\text{Mg}[\text{HCO}_3]_2$	
GW11	$\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$	
GW10	$\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$	Beting Gisik Muda
GW8	KHCO_3	Swale Tua
GW9	$\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$	
GW6	$\text{Na}[\text{HCO}_3]$	Swale Muda
GW7	CaCl_2	

Sumber: Hasil Analisa Data, 2015

3. Metode Diagram Piper Segiempat

Terdapat lima tipe airtanah bebas yang ada pada daerah penelitian seperti pada **Tabel 6.** Penentuan tipe airtanah berdasarkan hasil pengeplotan pada diagram piper segiempat seperti pada **Gambar 5** sesuai diagram Klossterman, 1983.

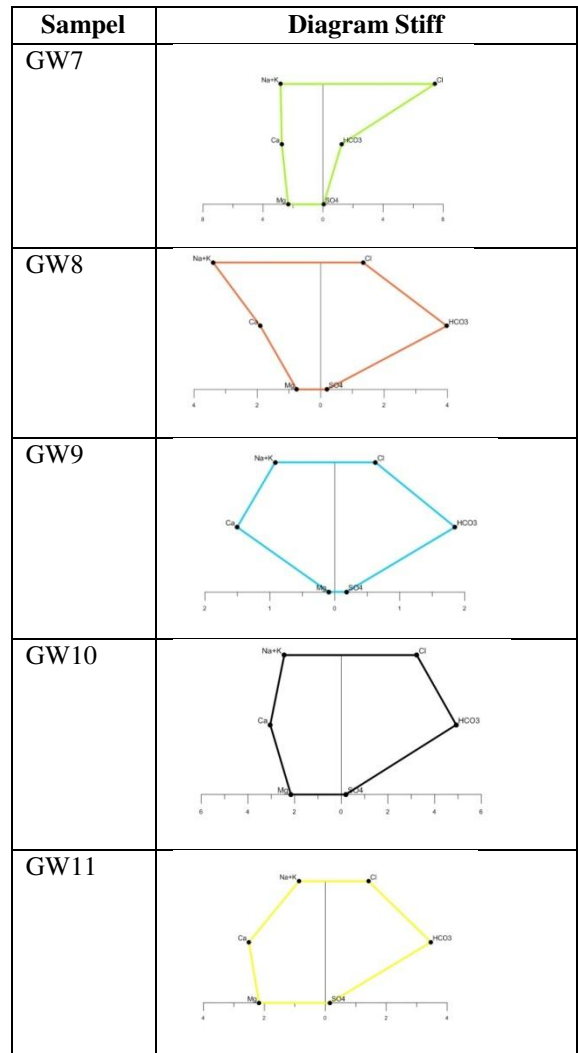
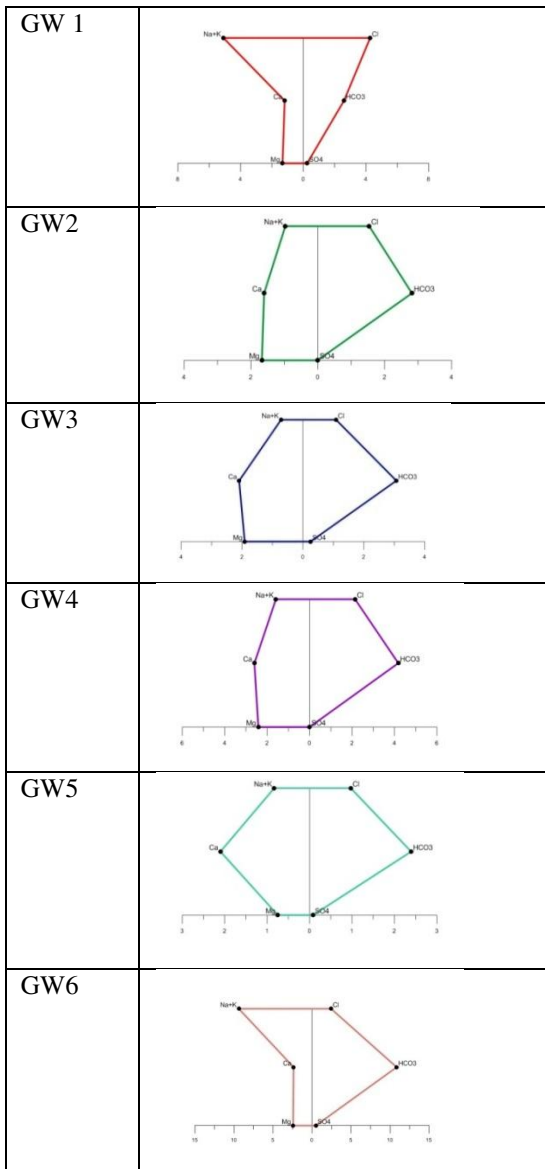
Tabel 6. Tipe Hidrogeokimia Airtanah

Sampel	Tipe	Bentuklahan
GW 1	IV Sulfat	Gisik Pantai
GW3	I Bikarbonat	Beting Gisik Tua
GW5		Dataran Banjir dan Tanggul Alam
GW4	II Semi-Bikarbonat	Dataran Fluviomarin
GW2		
GW11		
GW10		Beting Gisik Muda
GW8		Swale Tua
GW9		
GW6	Va Fosil	Swale Muda
GW7	III Evaporit	

Sumber: Hasil Analisa Data, 2015

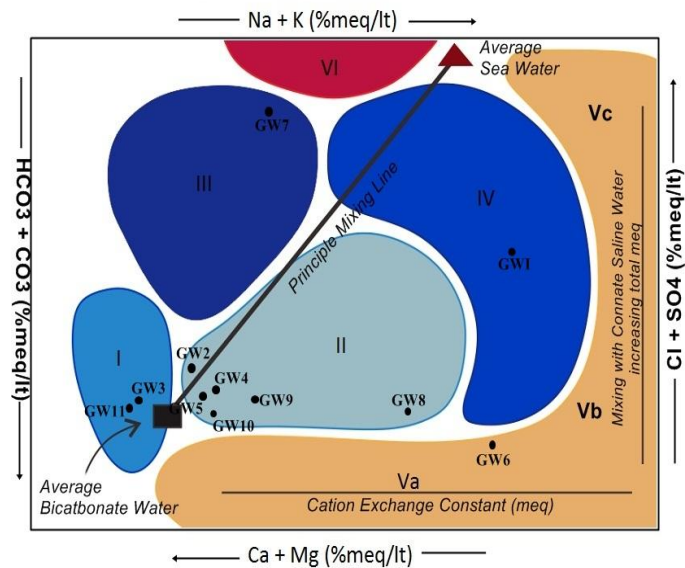
Tabel 7. Diagram Stiff Sampel A

Sampel	Diagram Stiff
--------	---------------



Sumber: Hasil Analisa Data, 2015

Gambar 5. Plotting Diagram Piper Segiempat



Sumber: Hasil Analisis Data, 2015



Gambar 6. Distribusi Spasial Tipe Hidrogeokimia Airtanah

Gambar 6. menunjukkan pola sebaran tipe hidrogeokimia airtanah bebas di daerah penelitian. Masing-masing tipe airtanah memiliki karakteristiknya sendiri.

Tipe air bikarbonat (I) merupakan tipe air yang paling baik kualitasnya sehingga dapat dikonsumsi sebab umumnya jernih dan memiliki nilai DHL >1200 yang termasuk tawar. Umumnya ditemukan pada bentuklahan fluvial seperti pada penelitian ini dapat ditemukan pada dataran banjir dan tanggul alam.

Tipe air semi-bikarbonat (II) keberadaanya paling dominan dan tersebar merata di daerah penelitian. Karakteristiknya hampir sama dengan tipe air bikarbonat, hanya saja dari segi kualitas lebih di bawah tipe air bikarbonat.

Tipe air evaporit (III) Airtanah tipe ini ditemukan pada bentuklahan *swale* muda pada daerah penelitian. Airtanah tipe ini me-

iliki karakteristik dari segi komposisi unsur kimia berupa kandungan ion $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ dan $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ yang tinggi, sementara kandungan ion $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ dan $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ yang rendah. Tingginya kandungan ion Cl^- pada airtanah tipe ini dapat disebabkan oleh letaknya yang berada pada daerah bekas rawa, delta, atau laguna pada masa lampau. Hal tersebut juga sesuai dengan genesis bentanglahan daerah penelitian.

Airtanah tipe sulfat (IV) ditemukan pada bentuklahan gisik pantai. Air tipe ini ditemukan pada sampel GW1. Karakteristik airtanah tipe IV ialah komposisi $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ dan $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ yang tinggi serta, komposisi $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ dan $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^-$ yang rendah. Airtanah bersifat payau dengan nilai daya hantar listrik berada pada kisaran >2000 μmhos . Meskipun hasil plot menunjukkan termasuk dalam tipe air sulfat, namun pada kenyataannya kandungan ion sulfat pada

sampel air ini justru rendah yaitu 3,362%. Hal tersebut menunjukkan salah satu kelemahan dari pemodelan diagram piper segiempat. Diagram piper segiempat menggunakan total persentase antara Cl^- dan SO_4^{2-} sehingga meskipun kandungan SO_4^{2-} rendah, apabila kandungan Cl^- nya tinggi akan membuat posisi pengeplotan pada ordinat Cl^- dan SO_4^{2-} nya juga tinggi. Air tipe sulfat sebaiknya tidak dikonsumsi. Air tipe sulfat pada daerah penelitian muncul sebagai hasil reaksi reduksi bahan organik yang terjadi akibat adanya pembusukan vegetasi-vegetasi yang pada masa lampau hidup pada laguna.

Airtanah tipe Konat (V) khususnya tipe Air Fosil (Va) ditemukan pada sampel airtanah GW6. Airtanah tipe fosil ditemukan pada bentuklahan *swale* muda. Karakteristik utama dari tipe airtanah ini ialah komposisi kimia yang terkandung dalam airtanah diatur oleh proses pertukaran kation dan pencampuran fosil sehingga umumnya air akan bersifat payau hingga asin. Namun, air dapat berasa tawar, payau, atau asin tergantung pada besarnya kandungan Cl^- . Nilai daya hantar listrik pada sampel terkait terbilang tinggi mencapai $>2000 \mu\text{mhos}$ sehingga bersifat payau. Lokasi pengambilan sampel yang berada pada *swale* muda mengindikasikan posisinya yang berjarak tidak terlalu jauh dari garis pantai, sebab pada daerah penelitian *swale* muda berada tepat di utara gisik pantai. Air tipe ini berkaitan erat dengan genesis bentuklahan daerah penelitian yang dulunya merupakan bagian dari deretan Pantai Selatan Jawa dengan zona litoral dangkal. Adanya airtanah tipe fosil (V) ini juga semakin menguatkan penelitian Bronto, 2007 yang menyatakan penemuan fosil *mollusca* sebagai bukti adanya zona laut dangkal pada daerah kajian. Hal tersebut disebabkan, *mollusca* merupakan hewan

bercangkang menyerupai kerang yang berhabitat pada perairan laut dangkal.

C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pola Sebaran dan Karakteristik Hidrogeokimia

Tipe air bikarbonat (I) dan semi-bikarbonat (II) merupakan tipe air yang kualitas airnya paling baik dibanding tipe air yang lainnya. Tipe bikarbonat ditemui pada sistem akuifer bentuklahan dataran banjir dan tanggul alam yang merupakan bentuklahan asal proses fluvial. Sedangkan, tipe semi-bikarbonat (II) tersebar secara merata hampir di seluruh wilayah daerah penelitian. Ke-dua tipe airtanah bebas ini muncul sebagai hasil proses pelarutan mineral-mineral dari material marin dan alluvium sungai Bogowonto, sungai Jali, maupun sungai Wawar yang ada pada daerah penelitian serta proses infiltrasi dan perkolasi air hujan menuju ke system akuifer. Akibatnya tipe air ini pada umumnya tersusun atas senyawa utama berupa $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$.

Tipe air evaporit (III) berkaitan erat dengan genesis masa lampau daerah penelitian yang berupa zona perairan laut dangkal. Seperti telah dijelaskan sebelumnya pada kala Pleistosen terjadi penguapan (evaporasi) yang intensif. Peristiwa tersebut menyebabkan air pada zona perairan laut dangkal menguap dan meninggalkan kristal-kristal garam dengan kandungan Cl^- relatif tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan kristal-kristal garam hasil peninggalan masa lampau bercampur dan terlarut bersama dengan airtanah masa kini.

Tipe air sulfat (IV) muncul sebagai hasil reduksi bahan organik dari vegetasi yang tumbuh atau berhabitat pada laguna pada masa lampau. Hasil reduksi tersebut menghasilkan senyawa sulfat. Sementara

nilai DHL yang tinggi pada tipe air ini dapat disebabkan oleh lokasi pengambilan sampel yang berada pada bentuklahan gisik pantai yang berbatasan langsung dengan laut dan berada dekat dengan muara Sungai Jali. Hal tersebut dapat menyebabkan aktivitas pasang-surut air laut dapat memengaruhi komposisi airtanah bebas sebab airlaut sewaktu pasang dapat mencapai gisik pantai dan menyebabkan terjadinya proses intrusi permukaan sehingga airtanah mengalami proses pencampuran (*mixing water*) antara airtanah di dalam akuifer dengan rembesan permukaan air laut.

Tipe air fosil (*connate water*) muncul sebagai hasil proses pertukaran kation airtanah dengan mineral lempung marin yang merupakan material pada dasar laguna masa lampau. Material lempung sendiri memiliki sifat menjebak atau menahan air karena pori-porinya yang bersifat mikro. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses pertukaran kation (*cation exchange*) airtanah dengan mineral lempung marin. Selain itu tipe air ini diperkuat oleh ditemukannya fosil *mollusca* sebagai makhluk yang hidup pada habitat laut dangkal pada masa lampau.

KESIMPULAN

1. Terdapat lima tipe hidrogeokimia airtanah bebas di wilayah kepepesisiran Kabupaten Purworejo, yaitu dengan sebaran spasial tipe bikarbonat (I) pada bentuklahan dataran banjir dan tanggul alam serta sebagian dataran fluviomarin; tipe semi-bikarbonat (II) di sebagian dataran fluviomarin, beting gisik tua, swale tua, dan beting gisik muda; tipe sulfat (IV) di gisik pantai; dan tipe fosil (Va) serta evaporit (III) pada bentuklahan *swale* muda.
2. Faktor-faktor yang memengaruhi variasi tipe hidrogeokimia pada wilayah kepepesisiran Kabupaten Purworejo ialah

proses pelarutan mineral-mineral dari material marin dan aluvium sungai serta proses infiltrasi dan perkolasi air hujan membentuk tipe air bikarbonat dan semi-bikarbonat, proses evaporasi intensif zona perairan laut dangkal pada kala pleistosen meninggalkan kristal-kristal garam yang terlarut dalam membentuk tipe air evaporit, proses reduksi bahan organik dari vegetasi pada laguna masa lampau membentuk tipe air sulfat, dan proses pertukaran kation airtanah dengan mineral lempung marin yang bersifat menjebak air dan penemuan fosil *mollusca* membentuk tipe air fosil.

DAFTAR PUSTAKA

- Appelo, C.A.J dan Postma, D. 1994. *Geochemistry, Groundwater, and Pollution*. Rotterdam : Balkema.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- Purnama, S. 2010. *Hidrologi Air Tanah*. Yogyakarta : Kanisius.
- Santosa, L.W. 2010. Pengaruh Genesis Bentuklahan Terhadap Hidrostratigrafi Akuifer dan Hidrogeokimia dalam Evolusi Airtanah Bebas Kasus pada Bentanglahan Kepesisiran Kabupaten Kulonprogo, D.I. Yogyakarta. *Disertasi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi, UGM.
- Sunarto, 2000. Kausalitas Poligenetik dan Ekuilibrium Dinamik Sebagai Paradigma Dalam Pengelolaan Ekosistem Pesisir. *Prosiding*. Seminar Nasional Pengelolaan Ekosistem Pantai dan Pulau-pulau Kecil Dalam Konteks Negara Kepulauan. Yogyakarta : Badan Penerbit Fakultas Geografi, UGM.