

Analisis Genesa Hidrogeokimia Airtanah Menggunakan Diagram Piper Segiempat Di Wilayah Pesisir

Mice Putri Afriyani, Langgeng Wahyu Santosa, TJahyo Nugroho Adji

Masuk: 14 10 2019 / Diterima: 13 12 2019 / Dipublikasi: 30 06 2020
© 2020 Fakultas Hukum dan Ilmu Sosial UNDIKSHA dan IGI

Abstract *The study was conducted in the area of Lhoknga District of Aceh Besar Regency. Research purposes are to analyze the hydrogeochemical groundwater genesis in the coastal area and analyze the hydrogeochemical processes in free groundwater in every landform in the coastal areas. Sampling is done by considering variations in values of Electrical Conductivity, groundwater flows, and landform units. The data used in the form of significant ion content in groundwater were obtained based on laboratory analysis. Analysis of groundwater hydrogeochemical type is performed using a rectangular piper diagram. Based on the analysis of the rectangular piper diagram shows that most of the hydrogeochemical types in the study area are semi-bicarbonate (III) groundwater types, which are spread evenly on fluvio-marine landforms. In contrast, in the landform of karst, young beach ridge and old beach ridge semi-bicarbonate (II) type groundwater are scattered in groups. Groundwater bicarbonate (I) is found in karst landforms. Evaporite (III) groundwater is distributed in clusters on young beach ridge and natural dikes. Furthermore, sulfate (IV) groundwater can be found in the forms of old beach ridge and young beach ridge).*

Key words: Groundwater; Landforms; Hydrogeochemistry

Abstrak Penelitian dilakukan di wilayah Kecamatan Lhoknga Kabupaten Aceh Besar. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis genesa hidrogeokimia airtanah di wilayah kepesisiran dan menganalisis proses-proses hidrogeokimia yang terjadi pada airtanah bebas pada setiap bentuklahan di wilayah kepesisiran. Pengambilan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan variasi nilai Daya Hantar Listrik, aliran airtanah dan satuan bentuklahan. Data yang digunakan berupa kandungan ion mayor di dalam airtanah yang diperoleh berdasarkan analisis laboratorium. Analisis tipe hidrogeokimia airtanah dilakukan dengan menggunakan diagram piper segiempat. Berdasarkan hasil analisis diagram piper segiempat menunjukkan sebagian besar tipe hidrogeokimia pada daerah penelitian merupakan tipe airtanah semi-bikarbonat (III) yang tersebar merata pada bentuklahan fluviomarin, sementara pada bentuklahan karst, beting gisik muda dan beting gisik tua tipe airtanah semi bikarbonat (II) (tersebar mengelompok. Airtanah bikarbonat (I) terdapat pada bentuklahan karst. Airtanah evaporit (III) tersebar mengelompok pada bentuklahan beting gisik muda dan tanggul alam Selanjutnya, airtanah sulfat (IV) dapat ditemui pada bentuklahan beting gisik tua dan beting gisik muda.

Kata kunci: Airtanah; Bentuklahan; Hidrogeokimia

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang pesat pada masa sekarang diiringi dengan peningkatan kebutuhan ruang untuk tempat tinggal (Bagoes, 2003). Hal tersebut melatarbelakangi terjadinya

proses litoralisasi (*littoralization*). Litoralisasi merupakan perkembangan pemanfaatan lahan pesisir sebagai permukiman dan pusat kegiatan ekonomi seperti industri, perikanan maupun aktivitas pariwisata (Triyono, 2009). Selain itu, air berperan dalam kehidupan manusia khususnya kebutuhan sehari-hari (Maria et al., 2014; Siebert et al., 2010; Treidel et al., 2011; WWAP (World Water Assessment Programme), 2009).

Semakin banyak penduduk dan aktivitas di kawasan pesisir, maka jumlah pemanfaatan airtanah akan semakin tinggi pula (Bryan, 2005; Karamouz et al., 2011). Kondisi ini kemudian akan memicu pemanfaatan airtanah menjadi semakin berlebihan.

Permasalahan pencemaran akibat kegiatan antropogenik maupun pengaruh air laut dikhawatirkan menjadi pemicu menurunnya kualitas airtanah di pesisir. Kualitas air merupakan tingkat kesesuaian air untuk dipergunakan dan kualitas air ditentukan oleh kandungan sedimen tersuspensi dan bahan kimia terlarut (Arsyad, 2000). Oleh sebab itu, penelitian terhadap kondisi kualitas airtanah dan kelayakannya berdasarkan beberapa parameter fisika dan kimia di wilayah kepepesisiran sangat penting dilakukan. Selain permasalahan pencemaran dan kontaminasi, permasalahan tingkat eksploitasi airtanah yang berlebihan terhadap akuifer pesisir dapat meningkatkan peluang terjadinya intrusi air laut (Aris et al., 2013; Cahyadi & Hidayat, 2017; Custodio, 2005; Ramkumar et al., 2010).

Airtanah merupakan salah satu sumberdaya air yang baik untuk minum atau untuk kebutuhan air bersih lainnya karena adanya berbagai keuntungan dibandingkan sumber air lainnya. Air tanah bagian terpenting dari komponen siklus hidrologi (Sen, 2015). Sudarmadji, (1990) mengemukakan bahwa keuntungan menggunakan airtanah untuk air bersih antara lain: (a) kualitas relatif lebih baik dibanding air permukaan dan tidak terpengaruh musim, (b) cadangan airtanah lebih besar dan mudah diperoleh, dan (c) tidak memerlukan tandon serta jaringan transmisi untuk mendistribusikannya, sehingga biayanya lebih murah. Oleh karena itu kegiatan pemanfaatan, pengelolaan, pemantauan, maupun

evaluasi sumberdaya airtanah harus mengacu pada standar yang telah ditetapkan.

Sifat kimia airtanah merupakan salah satu sifat utama air yang mempengaruhi kualitas airtanah selain sifat fisik, biologi dan radioaktif. Sifat kimia airtanah sangat berguna untuk penentuan kualitas airtanah (Agniy & Cahyadi, 2015; Hiscock & Bense, 2014). Sifat kimia airtanah tersebut antara lain adalah kesadahan, jumlah padatan terlarut (*Total Dissolved Solid*), Daya Hantar Listrik (*electric conductance*), keasaman dan kandungan ion. Proses geokimia terjadi pada airtanah dan air permukaan memberikan pengaruh terhadap kualitas airtanah.

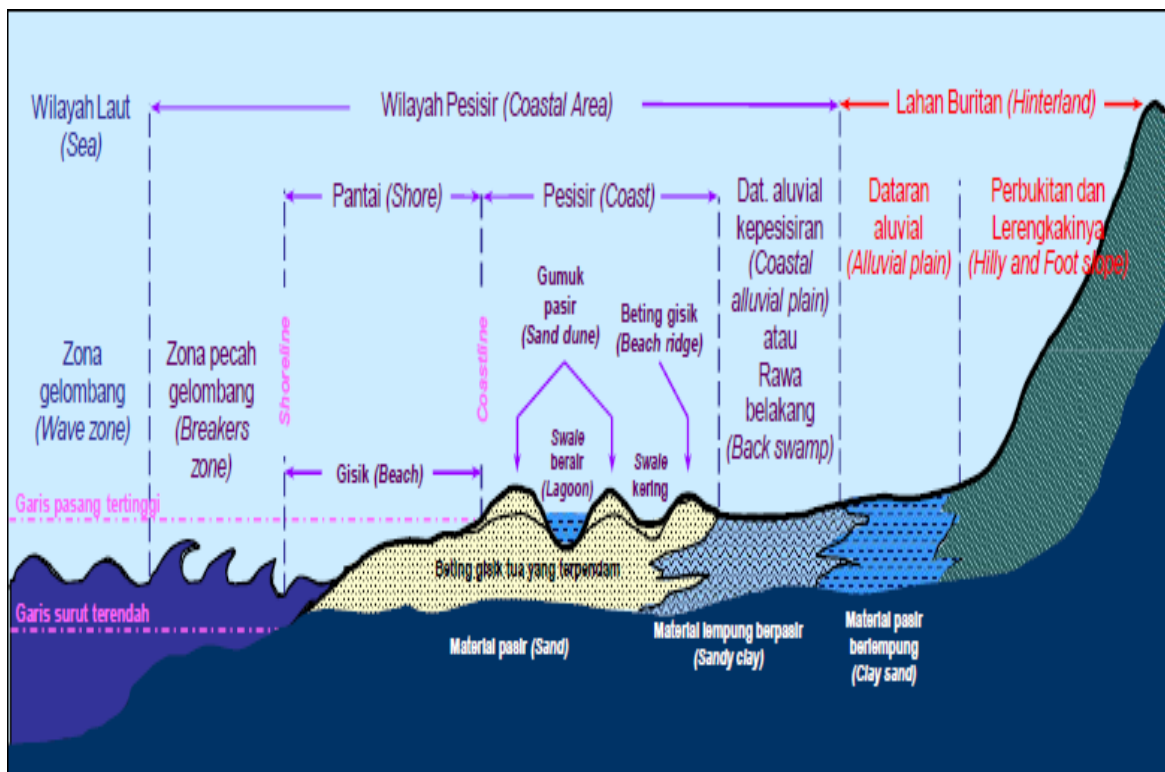
Kajian hidrogeokimia menjadi sorotan yang penting untuk dikaji dalam studi airtanah (Sracek & Zeman, 2004). Hal tersebut disebabkan kondisi airtanah baik secara kualitas maupun kuantitas dipengaruhi oleh formasi geologi dari setiap mineral batuan yang akan membentuk unsur atau senyawa kimia. Interaksi airtanah dengan material penyusun akuifer akan mempengaruhi proses hidrogeokimia dalam airtanah tersebut. Hal ini diperkuat oleh Santosa, (2010) menyatakan bahwa karakteristik kimia airtanah sangat bergantung pada mineral batuan penyusun akuifernya. Interaksi antara airtanah dengan mineral batuan penyusun akuifer secara dinamis akan mempengaruhi proses hidrogeokimia airtanah. Clark (2015) menyatakan bahwa terdapat proses-proses kimia seperti pertukaran kation, pelarutan garam, dan pencampuran antara airtanah dengan air asin. Proses-proses tersebut berpengaruh pada perkembangan hidrogeokimia air tanah. Airtanah yang memiliki salinitas yang lebih tinggi biasanya terdapat di daerah kering dan wilayah kepepesisiran.

Berdasarkan sebarannya di permukaan bumi ketersediaan airtanah di suatu wilayah tidak selalu sama. Perbedaan kondisi airtanah tersebut salah satunya dipengaruhi oleh kondisi geologinya yaitu lapisan geologi. Airtanah merupakan salah satu sumber air yang banyak dimanfaatkan oleh makhluk hidup, sehingga airtanah merupakan salah satu sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup yang ada di permukaan bumi, dengan demikian ketersediaan airtanah harus terus dijaga, khususnya pada wilayah kepebisiran.

Wilayah kepebisiran merupakan suatu ruang di mana terdapat hubungan saling mempengaruhi antara lingkungan terrestrial dan lingkungan marin (Agniy & Cahyadi, 2015; Cahyadi et al., 2015; Gunawan et al., 2007). Secara genetik wilayah kepebisiran adalah bentanglahan yang dimulai dari garis batas wilayah laut

yang ke arah darat hingga pada suatu bentanglahan yang secara genetik pembentukannya masih dipengaruhi oleh aktivitas marin seperti daratan alluvial kepebisiran.

Wilayah kepebisiran merupakan wilayah interaksi antara daratan dan lautan dengan dinamika proses alam seperti pasang surut yang bervariasi dalam ruang dan waktu Sunarto (2004) menyatakan bahwa wilayah kepebisiran adalah wilayah yang membentang dari mintakat pecah gelombang (*breaker zone*) di laut hingga mencapai batas akhir dataran aluvial pesisir (*coastal alluvial plain*) di darat. Beberapa bentuklahan yang umumnya dijumpai pada wilayah kepebisiran di antara ialah: gisik, swale, laguna, beting gisik, dan dataran alluvial pesisir. Lingkup wilayah kepebisiran secara umum disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ruang Lingkup Wilayah Kepesiran (Santosa, 2010)

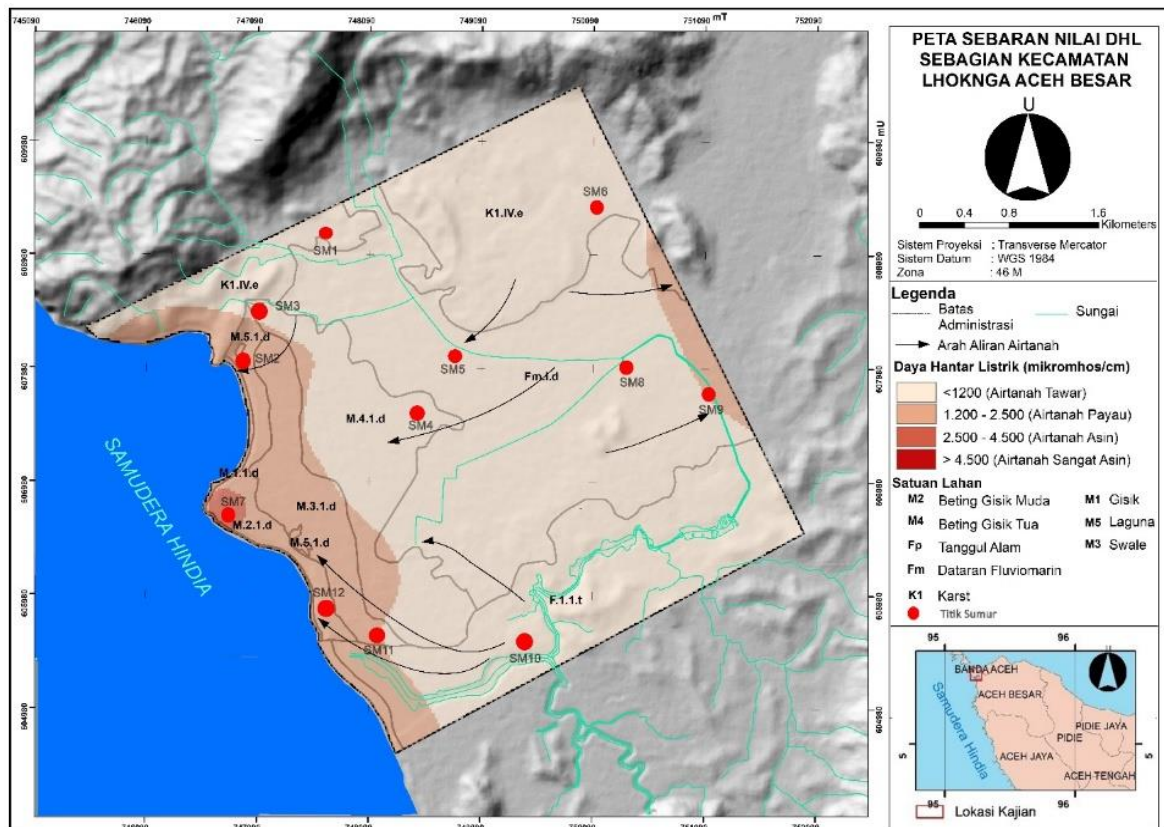
Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini adalah: menganalisis genesa hidrogeokimia di wilayah kepesisiran Kecamatan Lhoknga dan menganalisis proses-proses hidrogeokimia pada airtanah bebas pada setiap bentuklahan di wilayah kepesisiran Kecamatan Lhoknga.

2. Metode

Penelitian dilakukan di sebagian wilayah Kecamatan Lhoknga, Kabupaten Aceh Besar. Pemilihan lokasi tersebut didasari bahwa Kabupaten Aceh Besar khususnya Kecamatan Lhoknga secara geomorfologi memiliki bentuklahan yang bervariasi, di mana hal tersebut dapat menunjukkan hubungan antara aspek geomorfologi dan hidrologi.

Pengambilan sampel untuk pengujian kimia airtanah bebas sebanyak duabelas dilakukan secara

purposive sampling dengan tujuan dapat mempresentasikan genesa airtanah, tipe hidrokimia airtanah, dan juga mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik serta distribusi kimia airtanah tersebut. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan variasi nilai Daya Hantar Listrik (DHL), pola aliran airtanah dan satuan bentuklahan di wilayah penelitian. Penentuan lokasi pengambilan sampel airtanah ditentukan setelah tahap pengolahan peta berdasarkan satuan bentuklahan, peta *flownet*, dan peta zonasi DHL. Melalui ketiga pengolahan peta tersebut, dapat ditentukan lokasi pengambilan sampel airtanah pada satu koridor atau segmen aliran airtanah. Lokasi pengambilan sampel airtanah ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel di Kecamatan Lhoknga

Langkah pertama dilakukan sebelum melakukan analisis hidrogeokimia pada unsur mayor (Mg, Na, K, Ca, Cl, SO₄, CO₃, dan HCO₃) adalah melakukan analisis keseimbangan ion (Gilli et al., 2012). Kandungan ion dalam airtanah tanah seharusnya memiliki ion positif dan ion negatif yang jumlahnya sama (Effendi, 2003). Hal ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan evaluasi (analisis hidrogeokimia) terhadap hasil analisis laboratorium dengan menggunakan keseimbangan ion (*Charge Balance Error /CBE*) yang didasarkan pada nilai kandungan ion mayor dalam airtanah. Berikut persamaan hubungan mg/l dan meq/l dan persamaan *Charge Balance Error (CBE)*.

$$\text{Meq/l} = \frac{\text{mg/l} * \text{valensi}}{\text{Ar atom}} = \frac{\text{mg/l} * \text{valensi}}{\text{berat atom}} \quad (1)$$

$$\text{CBE}(\%) = \frac{\sum \text{kation} - \sum \text{anion}}{\sum \text{kation} + \sum \text{anion}} \times 100 \quad (2)$$

CBE = penyimpangan / kesalahan (%).

Tipe Hidrogeokimia Menggunakan Diagram Piper Segiempat

Kloosterman (1983) mengembangkan metode Piper untuk mengklasifikasi airtanah berdasarkan

proses terbentuknya. Klasifikasi airtanah ini dinamakan Diagram Piper Segiempat. Metode Diagram Piper Segiempat digunakan untuk mengetahui genesis atau asal usul airtanah. Menurut Santosa (2010) dan Purnama (2005) salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik hidrogeokimia airtanah adalah genesis yang menunjukkan asal usul atau kronologi terjadinya proses geomorfologi pada masa lampau sehingga memberikan pengaruh terhadap bentuklahan pada saat ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan analisis hidrogeokimia airtanah lebih lanjut, sebagai tahap awal harus melakukan evaluasi terhadap analisis laboratorium dengan menggunakan keseimbangan ion (*Charge Balance Error /CBE*). Nilai CBE yang disarankan adalah ± 5% untuk peralatan modern dan ± 10% untuk analisis laboratorium secara manual. Nilai CBE yang mendekati nol menunjukkan bahwa kondisi kation dan anion yang terdapat dalam airtanah seimbang atau mendekati sama. Hasil perbandingan nilai CBE pada setiap sampel dapat dilihat Tabel.1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan *Charge Balance Error*

Sampel	Bentuklahan	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	CBE (100%)
SM 1	Karst	3,65	1,03	2,84	0,26	1,18	1,27	4,60	0,04	2,23
SM2	Beting gisik muda	0,53	1,07	1,78	0,03	2,50	0,12	0,50	0,04	3,74
SM3	Beting gisik tua	2,85	2,90	3,39	0,26	2,75	0,71	6,40	0,04	-4,01
SM4	Beting gisik tua	0,79	0,56	2,48	0,26	1,14	1,08	2,26	0,03	-4,98
SM5	Fluviomarin	1,71	0,95	2,70	0,31	0,76	1,42	3,00	0,04	4,12
SM6	Karst	3,30	1,27	1,17	0,05	0,66	0,67	4,40	0,72	0,23
SM7	Beting gisik muda	2,18	5,30	4,05	0,26	3,70	2,73	6,10	0,04	-3,19
SM8	Fluviomarin	2,05	0,64	3,09	0,28	1,48	1,08	2,69	0,10	6,08
SM9	Fluviomarin	0,85	2,51	3,87	2,34	1,83	0,60	8,40	0,02	-6,29
SM10	Tanggul alam	0,95	1,62	1,77	0,13	2,56	0,10	1,19	0,05	6,78
SM11	Beting gisik tua	0,83	0,60	3,35	0,10	0,60	0,69	3,10	0,04	4,87
SM12	Beting gisik muda	6,12	4,54	7,13	0,41	6,02	2,08	9,60	0,04	1,27

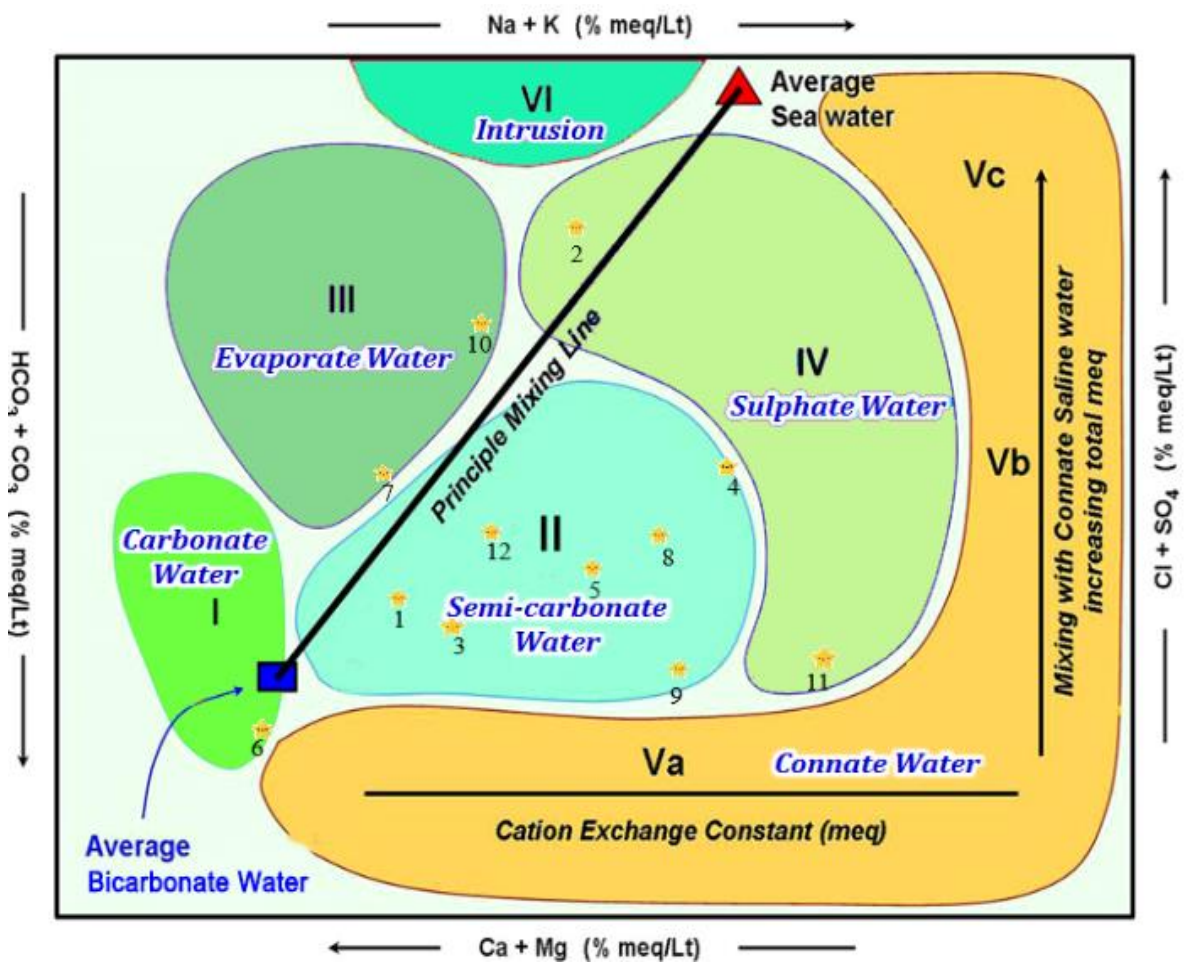
Sumber: Hasil Analisis Data, 2019

Keterangan: Semua nilai ion dalam satuan meq/l

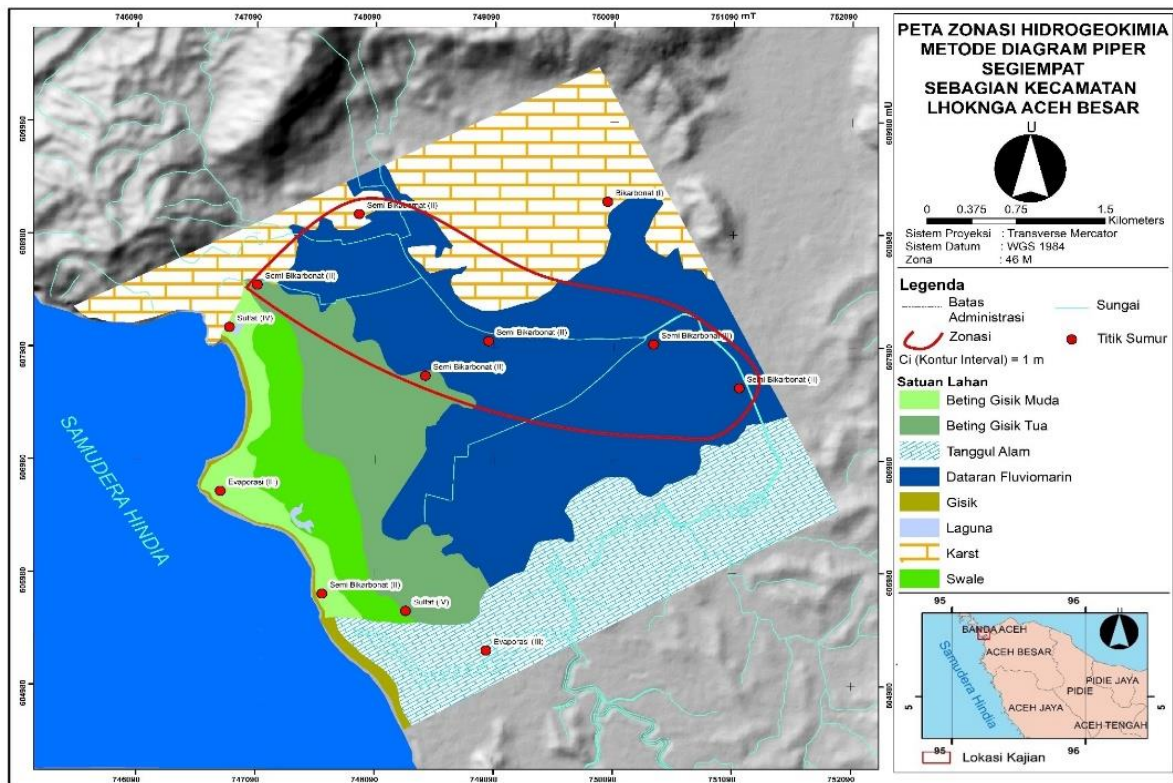
Tabel 1. menunjukkan hasil perhitungan CBE dari 12 sampel airtanah bebas yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai CBE kurang dari 10%, sehingga semua sampel dapat digunakan untuk analisis tahap selanjutnya karena tidak melebihi dari standar yang telah ditetapkan.

Hasil analisis genesis airtanah berdasarkan diagram piper segiempat menunjukkan bahwa airtanah pada daerah penelitian terbentuk dari proses

yang bervariasi yaitu kelompok I (airtanah bikarbonat) kelompok II (airtanah semi bikarbonat), kelompok III (airtanah evaporit), Kelompok IV (airtanah sulfat). Berikut analisis yang ditunjukkan pada Tabel 2. dan plotting sampel airtanah pada diagram piper ditunjukkan pada Gambar.3 dikembangkan oleh Kloosterman (1983) dan peta sebaran tipe hidrogeokimia menggunakan metode diagram piper segiempat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar.3 Hasil Ploting Sampel Airtanah Pada Diagram Piper Segiempat



Gambar. 4 Peta Zonasi Hidrogeokimia Metode Diagram Piper Segiempat

Tabel 2. Hidrogeokimia Airtanah Berdasarkan Metode Diagram Piper Segiempat

Sampel	Na ⁺ + K ⁺ (%)	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (%)	Cl ⁻ + SO ₄ ²⁻ (%)	HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁻ (%)	Tipe Hidrogeokimia	Tipe Hidrogeokimia (Plotting Diagram Piper)	DHL	Bentuklahan
SM1	37	63	35	65	Ca(HCO ₃) ₂	II Semi bikarbonat	628	Karst
SM2	53	47	83	17	NaCl	IV Sulfat	2260	Beting gisik muda
SM3	40	60	35	65	Ca(HCO ₃) ₂	II Semi bikarbonat	1260	Beting gisik tua
SM4	67	33	49	51	NaHCO ₃	II Semi bikarbonat	930	Beting gisik tua
SM5	53	47	42	58	NaHCO ₃	II Semi bikarbonat	752	Fluviomarin
SM6	21	79	23	77	Ca(HCO ₃) ₂	I Bikarbonat	671	Karst
SM7	36	64	51	49	CaCl ₂	III Evaporasi	1427	Beting gisik muda
SM8	56	44	48	52	NaHCO ₃	II Semi bikarbonat	530	Fluviomarin
SM9	65	35	22	78	NaHCO ₃	II Semi bikarbonat	1775	Fluviomarin
SM10	42	58	68	32	CaCl ₂	III Evaporasi	984	Tanggul alam
SM11	71	29	29	71	NaHCO ₃	IV Sulfat	1501	Beting gisik tua
SM12	41	59	46	54	Ca(HCO ₃) ₂	II Semi bikarbonat	3170	Beting gisik muda

Sumber: Hasil Analisis Data, 2019

Kelompok airtanah bikarbonat (I) merupakan airtanah dengan kualitas yang paling baik dibandingkan dengan tipe airtanah lainnya, airtanah bikarbonat dicirikan dengan rasa yang tawar, tidak berbau, berwarna jernih serta memiliki padatan zat terlarut dan pH yang rendah. Airtanah bikarbonat ini berasal dari kalsium (Ca^+), magnesium (Mg^{2+}) dan bikarbonat (HCO_3^-) yang tinggi sementara kandungan ion sodium (Na^+) dan kalium (K^+) yang rendah. Hasil pengukuran lapangan dari nilai konduktivitasnya juga rendah yaitu 628 $\mu\text{mhos/cm}$ yang mencerminkan airtanah pada nomor sampel SM6 bersifat tawar yang terdapat pada bentuklahan karst.

Airtanah semi bikarbonat (II) merupakan komposisi campuran antara kation ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) dan ($\text{Ca}^+ + \text{Mg}^{2+}$) dengan anion ($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$) dan ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$). Namun ion yang mendominasi kelompok airtanah semi bikarbonat ini adalah ion HCO_3^- walaupun jumlahnya tidak sebanyak tipe airtanah bikarbonat (I). Ion HCO_3^- berasal dari air hujan yang masuk kedalam akuifer bebas melalui proses infiltrasi dan perkolasi. Airtanah bikarbonat masih memiliki rasa air yang tawar dan masih dapat dikonsumsi untuk kebutuhan sehari-hari, namun kualitas airtanah semi bikarbonat (II) tidak sebaik airtanah bikarbonat (I). Airtanah ini umumnya terdapat pada satuan bentuklahan dataran banjir atau dataran rendah kepepesisiran. Hal ini sesuai dengan kondisi pengambilan sampel. Pada no sampel SM1, SM3, SM4, SM5, SM8, SM9, dan SM12 yang sebagian besar berada pada dataran fluviomarin dan pada bentuklahan beting gisik. Jadi dapat disimpulkan bahwa sebagian

besar airtanah yang ada di daerah penelitian merupakan airtanah semi bikarbonat.

Airtanah tipe evaporit (III) pada daerah penelitian terdapat pada sebagian bentuklahan beting gisik muda dan tanggul alam terdapat pada no sampel SM7 dan SM10. Airtanah evaporit umumnya berasal dari airtanah bebas, kandungan $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$, dan $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ yang tinggi, sedangkan kandungannya ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) dan ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$) dalam airtanah rendah. Umumnya tipe airtanah ini memiliki rasa payau serta asin dan kadang-kadang berbau. Airtanah ini pada daerah penelitian memiliki rasa payau berdasarkan hasil pengukuran DHL sebesar 1775 $\mu\text{mhos/cm}$ pada no sampel SM7 dan 984 $\mu\text{mhos/cm}$ pada no sampel SM10 dengan ion dominan berupa CaCl_2 . Rasa payau tersebut disebabkan oleh adanya konsentrasi ion Cl^- yang tinggi.

Lokasi pengambilan sampel SM10 dekat dengan laguna yang berada di utara pada lokasi tersebut. Adanya proses evaporasi dapat menunjukkan bahwa pada masa lampau daerah tersebut merupakan laguna yang cukup besar. Air dari laguna selain berasal dari Sungai Raba, juga tercampur dengan air laut yang masuk melalui muara Sungai Raba dan ketika proses evaporasi berlangsung garam sulfat dan klorida tertinggal dan mengendap serta terlarut dalam airtanah. Semakin besar evaporasi yang terjadi, maka semakin banyak pula garam yang terendapkan dan semakin banyak pula garam dapat larut dalam airtanah (Santosa, 2010). Hal ini sesuai dengan konsep yang dikembangkan oleh Klossterman yang menyatakan bahwa airtanah tipe

evaporit (III) berasal dari bentuklahan dataran yang berawa, delta, atau dataran alluvial kepepesisiran.

Kadar Cl^- dan SO_4^{2-} yang tinggi disebabkan oleh intensitas proses evaporasi yang tinggi. Adanya proses evaporasi dapat menunjukkan bahwa pada masa lampau daerah tersebut merupakan daerah yang pernah dipengaruhi oleh air laut. Hal ini dapat dilihat ketika tsunami yang melanda Aceh pada 24 Desember 2004 yang meninggalkan endapan lumpur tsunami. Seiring dengan berjalannya waktu proses evaporasi berlangsung secara intensif. Lokasi pengambilan sampel berada pada beting gisik dan tanggul alam. Berdasarkan hasil pengujian *handbor* pada kedalaman 3 meter pada bentuklahan tanggul alam menunjukkan bahwa sebagian besar material penyusunnya berupa lempung berpasir dengan tekstur yang beragam pada kedalaman tertentu. Keberadaan material lempung di daerah penelitian dapat menyebabkan terjadinya proses pertukaran kation pada airtanah. Material lempung tersebut mengalami kontak dengan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang terlarut dalam airtanah sehingga terjadi proses pertukaran kation.

Kelompok airtanah selanjutnya yang terdapat di daerah penelitian adalah airtanah sulfat (IV) di temukan pada no sampel SM2 dan SM11 pada bentuklahan beting gisik muda. Hasil pengukuran daya hantar listrik pada daerah penelitian sekitar 2016 $\mu\text{mhos/cm}$ pada no sampel SM2 dan 3170 $\mu\text{mhos/cm}$ terdapat pada no sampel SM11. Nilai DHL yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa airtanah pada bentuklahan beting gisik sudah bersifat payau dan sedikit asin.

Karakteristik airtanah tipe IV memiliki komposisi campuran antara $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ dan $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ yang tinggi serta $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ dan $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ yang relatif lebih rendah. Tipe airtanah IV dipengaruhi oleh pencampuran sulfat yang tinggi yang terbentuk dari sisa-sisa pembusukan bahan organik. Bahan organik ini berasal dari pembusukan atau dekomposisi vegetasi, setelah terjadi penguraian bahan organik kemudian terjadi proses reduksi dan pelepasan oksigen hingga membentuk sulfat.

4. Penutup

Berdasarkan hasil analisis diagram piper segiempat menunjukkan bahwa sebagian besar tipe hidrogeokimia pada daerah penelitian masuk pada kelompok II yang merupakan tipe airtanah semi-bikarbonat yang diwakili pada no sampel SM1, SM3, SM4, SM5, SM8, SM9, dan SM12 yang tersebar merata pada bentuklahan fluviomarin, sementara pada bentuklahan karst, beting gisik muda dan beting gisik tua tipe airtanah semi bikarbonat (II) tersebar mengelompok. Airtanah bikarbonat (I) ditunjukkan pada no sampel SM6 terdapat pada bentuklahan karst di barat laut dari daerah penelitian. Airtanah evaporit (III) tersebar mengelompok pada bentuklahan beting gisik muda dan tanggul alam yang diwakili pada no sampel SM7 dan SM10. Selanjutnya, airtanah sulfat (IV) ditunjukkan pada no sampel SM2 dan DM10 ditemui pada bentuklahan beting gisik tua dan beting gisik muda. Tidak hanya melihat melalui kondisi bentuklahan diharapkan penelitian selanjutnya dapat

menambahkan dengan faktor intrusi air laut yang dimungkinkan dapat terjadi di wilayah pesisir.

Daftar Pustaka

- Agniy, R. F., & Cahyadi, A. (2015). Analisis Evolusi Hidrogeokimia Airtanah di Sebagian Mataair Karst Kabupaten Rembang Bagian Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Innovation in Environmental Management*.
- Aris, A. Z., Praveena, S. M., & Isa, N. M. (2013). *Groundwater in The Coastal Zones of AsiaPacific*. Springer.
- Arsyad, S. (2000). *Konservasi Tanah dan Air*. Serial Pustaka IPB Press.
- Bagoes, M. I. (2003). *Demografi Umum*. Pustaka Belajar.
- Bryan, E. (2005). *Natural Hazards* (Second Edi). Cambridge University Press.
- Cahyadi, A., Agniy, R. F., & Suhana, S. N. (2015). Karakterisasi Hidrogeokimia Airtanah untuk Analisis Genesis Airtanah di Pulau Koral Sangat Kecil. *Prosiding Seminar Nasional Ke-1 Dalam Pengelolaan Pesisir Dan Daerah Aliran Sungai*.
- Cahyadi, A., & Hidayat, W. (2017). Analisis Karakteristik Hidrogeokimia Air Tanah di PulauKoral Panggang, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Geografi*, 9(2), 99–108.
- Clarck, I. (2015). *Groundwater Geochemistry and Isotop*. CRC Press.
- Custodio, E. (2005). *Groundwater and Human Development*. A.A. Balkema Publisher.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Kanisius.
- Gilli, E., Mangan, C., & Mudray, J. (2012). *Hidrogeology: Objective, Method, Aplication, diterjemahkan dari Bahasa perancis oleh Chole Fandel*. CRC Press.
- Gunawan, T., Santoso, L. W., Muta'ali, L., & S.H.M.B., S. (2007). *Pedoman Survey Cepat Terintegrasi Wilayah Kepesisiran*. Fakultas Geografi UGM.
- Hiscock, K. M., & Bense, V. F. (2014). *Hydrogeology: Principles and Practice* (Second Edi). John Wiley and Sons Ltd.
- Karamouz, M., Ahmadi, A., & Akhbari, M. (2011). *Groundwater Hydrology: Engineering, Planning and Management*. CRC Press.
- Kloosterman, F. (1983). *Reconnaissance Study of Groundwater Resources in The Kabupaten Cirebon*. Provincial Health Services Directorate CDC.
- Maria, R., Mulyadi, D., Lestiana, H., & Sugianti, K. (2014). Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Kualitas Air Tanah Bebas di Pangalengan Kabupaten Bandung. *Prosiding Pemampanan Hasil Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*, 577–589.
- Purnama, I. S. (2005). Distribusi AirTanah Asin Di Dataran Pantai Kota Semarang dan Kesedian Membayar Penduduk dalam Perbaikan Kondisi Sumber Air. *Majalah Geografi Indonesia*, 19(01), 41–61.
- Ramkumar, T., Venkatramanan, S., Anita, M. I., & Tamilselvi, M. G. R. (2010). Hydrogeochemical Quality of Groundwater in Vedaraniyam

- Town, Tamil Nadu, India. *Research Journal of Enviromental and Earth Sciences*, 2(1), 44–48.
- Santosa, L. W. (2010). *Kajian Genesis Bentuklahan dan Pengaruhnya Terhadap Hidrostratigrafi Akuifer dan Hidrogeokimia Sebagai Geoindikator Evolusi Airtanah Bebas pada Bentanglahan Kuarter Kabupaten Kulon Progo Bagian Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Universitas Gadjah Mada.
- Sen, Z. (2015). *Practical and Applied Hydrogeology*. Elsevier.
- Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Dort, P., & Portman, F. T. (2010). Groundwater Use for Irrigation- A Global Inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14, 1864–1880.
- Sracek, O., & Zeman, J. (2004). *Introduction to Environmental Hydrogeochemistry*. Faculty of Science, Masaryk University.
- Sudarmadji. (1990). *Perambatan Pencemaran dalam Airtanah pada Akifer Tak Tertekan di Daerah Lereng Gunungapi Merapi*.
- Sunarto. (2004). *Perubahan Fenomena Geomorfik Daerah Kepesisiran di Sekeliling Gunungapi Muria Jawa Tengah: Kajian Paleogeomorfologi*. Universitas Gadjah Mada.
- Treidel, H., Martin-Bordes, J. ., & Gurdak, J. . (2011). *Climate Change Effects on Groundwater Resources: A Global Syntesis of Findings and Recommendations*. CRC Press.
- WWAP (World Water Assessment Programme). (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. UNESCO Publishing.