

KAJIAN HIDROKIMIA AIRTANAH BEBAS DI KECAMATAN KALIORI, KABUPATEN REMBANG

Rendy Kurnia

e-mail: rendy_k.guo@yahoo.com

Setyawan Purnama

e-mail: setyapurna@geo.ugm.ac.id

INTISARI

Kecamatan Kaliori, Kabupaten Rembang dengan bentuklahan kepeesisiran mengandung airtanah payau. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengkaji persebaran dan karakteristik hidrokimia airtanah; dan (2) menganalisis faktor-faktor penyebab variasi hidrokimia airtanah. Data kandungan ion mayor airtanah didapatkan dari uji laboratorium. DHL dan tinggi muka airtanah diukur langsung di lapangan. Metode pengolahan data berupa jaringan arah aliran, klasifikasi DHL, serta tipe hidrokimia airtanah Diagram Stiff, Ion Dominan, dan Diagram Kloosterman. Data kemudian disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan peta, serta dianalisis secara spasial dan deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan airtanah semi bikarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan NaHCO_3) terdapat pada seluruh bentuklahan dipengaruhi oleh air hujan. Airtanah evaporit (CaCl_2) terdapat di fluviomarin selatan dan terbentuk karena pelarutan kristal garam dari penguapan laut masa lampau. Airtanah sulfat (NaCl) terdapat di fluviomarin utara dan terbentuk karena proses reduksi bahan organik dan pertukaran kation. Airtanah pencampuran (NaCl juga) ditemukan di gisik dan berasal dari proses pencampuran dengan air laut.

Kata Kunci: hidrokimia airtanah, salinitas airtanah, bentuklahan kepeesisiran, Kaliori-Rembang

ABSTRACT

Kaliori Subdistrict, Rembang District with its coastal landform has saline groundwater. This research aims (1) to study the distribution and characteristics of groundwater hydrochemistry; and (2) to analyse factors affecting groundwater hydrochemistry variation. Major ion contents are tested in laboratory. Electrical-conductivity and depth of groundwater are measured directly in fieldwork. Processing data methods consist of flow net, electrical-conductivity classification, and hydrochemistry of groundwater with Stiff Diagram, Dominant Ions, and Kloosterman Diagram. The data are shown in table, graph, and map, and analysed spatially and descriptively. Result shows that semi bicarbonate groundwater ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ and NaHCO_3) is found in all of the landforms and affected by rain water recharge. Evaporite brackish groundwater (CaCl_2) is found at south part of fluviomarine and formed by salt crystal dissolution from evaporation of past sea water. Sulphate groundwater (NaCl) is located is north part of fluviomarine and formed by organic matter reduction and cation exchange. Mixing groundwater (also NaCl) happens in beach and derives from mixing process with sea water.

Key Words: groundwater hydrochemistry, groundwater salinity, coastal landform, Kaliori-Rembang

PENDAHULUAN

Hidayat (2012) memproyeksikan bahwa ketersediaan air Kabupaten Rembang akan kritis pada tahun 2027. Menurut Muliranti dan Hadi (2013), ketersediaan air hujan untuk memenuhi kebutuhan domestik di Kabupaten Rembang tergolong salah satu yang paling kritis pada tingkat Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Oleh karena itu, kajian airtanah pun penting untuk mempelajari kondisinya sebagai sumberdaya air.

Permasalahan airtanah yang ditemukan di Kecamatan Kaliori adalah sifatnya yang asin. Kecamatan Kaliori terletak di Pantai Utara Jawa dan berbatasan dengan Laut Jawa di sebelah Utara. Kasus airtanah asin banyak ditemukan di berbagai daerah pesisir di utara Jawa, misalnya Kota Pekalongan (Widada, 2007), Kota Semarang (Purnama, 2005; Nisa dkk., 2012), Kota Surabaya (Purnama dan Sulaswono, 2006), Kecamatan Rembang (Nurrohm, dkk. 2012), Kecamatan Kragan, dan Kecamatan Sarang (Hariyanto, 2015).

Persebaran keasinan airtanah dan hidrokimianya penting diidentifikasi agar mengetahui potensi pemanfaatannya dan potensi kerusakan yang dapat ditimbulkannya. Memahami distribusi dan asal mula terjadinya airtanah asin penting untuk mempelajari kekritisannya sumberdaya air, serta merencanakan solusinya (Zarroca dkk., 2011). Penelitian ini pun bertujuan untuk (1) mengkaji persebaran dan karakteristik hidrokimia airtanah; dan (2) menganalisis faktor-faktor penyebab variasi hidrokimia airtanah di Kecamatan Kaliori, Rembang.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk mengumpulkan data primer di lapangan adalah botol sampel berukuran 1 liter,

water test kit, meteran, dan GPS (*Global Positioning System*). Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah atau mendapatkan data adalah ArcGIS, Rockworks, serta ENVI. Adapun peralatan laboratorium digunakan untuk menguji kandungan kimia air. Bahan penelitian berupa Peta Rupabumi, Peta Geologi, citra satelit Sentinel-2.

Cara Pengumpulan Data

Pengumpulan data utama pada penelitian ini dilakukan dengan cara pengukuran lapangan dan uji laboratorium. Daya Hantar Listrik (DHL) dan kedalaman airtanah diukur di lapangan. DHL airtanah diukur dengan *water test kit* dan kedalamannya diukur dengan meteran. Metode penentuan sampel untuk mengukur DHL dan kedalaman airtanah adalah *systematic sampling* setiap 1 km jika terdapat pemukiman yang menggunakan sumur.

Sampel airtanah dari sumur masyarakat diambil untuk diuji kandungan ion utamanya di laboratorium. Lokasi sampel airtanah ditentukan secara *stratified sampling* berdasarkan DHL airtanah pada setiap satuan bentuklahan.

Cara Pengolahan Data

Persebaran dan Karakteristik Hidrokimia Airtanah

Pengolahan data dilakukan dengan metode jaringan arah aliran (*flow net*), klasifikasi DHL, serta tipe hidrokimia airtanah Ion Dominan, Diagram Stiff, dan Diagram Kloosterman. *Flow net* merupakan gambaran peta arah aliran airtanah berdasarkan tinggi muka airtanah. Tinggi muka airtanah didapatkan dari selisih elevasi dengan kedalaman muka airtanah hasil pengukuran dari sumur di lapangan (Fetter, 2001). Tinggi muka airtanah antar titik kemudian diinterpolasi dengan Kriging menggunakan ArcGIS. Arah aliran airtanah digambarkan dengan memanfaatkan *steepest slope* dari ArcGIS.

Tabel 1 Klasifikasi tingkat keasinan airtanah menurut DHL

DHL airtanah ($\mu\text{S/cm}$)	Keterangan
< 1000	airtanah tawar (<i>fresh groundwater</i>)
1000 - 2.500	airtanah payau (<i>brackish groundwater</i>)
> 2.500	airtanah asin (<i>salty groundwater</i>)

Sumber: Santosa, 2010

Nilai DHL airtanah didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan. Nilai tersebut kemudian diinterpolasi dengan cara Kriging. Hasilnya berupa peta distribusi DHL airtanah. Nilai DHL tersebut selanjutnya dapat diinterpretasi menjadi tingkat keasinan airtanah (Tabel 1).

Diagram Stiff berguna untuk menyajikan data ion mayor secara visual. Kadar masing-masing ion mayor digambarkan dalam bentuk diagram dengan aplikasi *Rockworks*. Dengan demikian, perbandingan kadar ion setiap lokasi sampel dapat dibandingkan dengan mudah. Metode ion dominan mengklasifikasi airtanah berdasarkan kandungan masing-masing kation dan anionnya yang paling besar dalam satuan miliekuivalen per liter (meq/l) (Barapela, 2015).

Diagram Kloosterman yang merupakan modifikasi dari diagram Piper Segitiga berbentuk segiempat dengan kadar ion mayor diplot menurut sumbu x dan sumbu y-nya. Nilai sumbu y ditulis dengan rumus

$$y = \frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{(Ca^{2+} + Mg^{2+}) + (Na^{+} + K^{+})}$$

Nilai sumbu x ditulis dengan rumus

$$x = \frac{(Cl^{-} + SO_4^{2-})}{(Cl^{-} + SO_4^{2-}) + (HCO_3^{-})}$$

Tipe hidrokimia airtanah berdasarkan Diagram Kloosterman

dibedakan menjadi 6 tipe. Tipe yang berasa tawar dapat dikonsumsi adalah tipe 1 dan 2. Tipe 1 atau disebut juga dengan air bikarbonat biasanya terdapat pada bentuklahan proses fluvial. Tipe 2 atau air semi-bikarbonat biasanya ditemukan pada bentuklahan dataran banjir dan hasil proses sedimentasi fluvial.

Tipe airtanah lainnya bisa berasa tawar, payau, hingga asin. Tipe 3 atau air evaporit dapat berasal dari bentuklahan dataran rawa dan dataran delta. Airtanah evaporit bersifat payau hingga asin karena mengalami proses pelarutan kristal garam pada akuifer. Kristal garam tersebut berasal dari air laut purba yang terjebak di daratan yang telah mengalami penguapan. Tipe 4 atau air sulfat mengandung kadar sulfat yang tinggi, bersifat payau hingga asin. Tipe 5, disebut juga air fosil atau air *connate*, terbentuk karena proses pertukaran kation antara airtanah dengan batuan induknya akibat kontak yang sangat lama. Tipe 6 atau air intrusi merupakan airtanah yang berasal dari proses intrusi air laut (Santosa, 2010).

Faktor Penyebab Variasi Hidrokimia Airtanah

Faktor penyebab airtanah asin dapat ditunjukkan dengan metode Diagram Stiff, Ion Dominan, dan Diagram Kloosterman. Diagram Kloosterman, seperti yang telah dijelaskan, menunjukkan tipe hidrokimia airtanah berdasarkan asal prosesnya. Airtanah dengan sifat tawar, payau, hingga asin bisa berasal dari proses yang berbeda-beda pula. Faktor penyebab variasi hidrokimia airtanah juga dapat diamati dari kondisi geografisnya, yaitu kondisi material, bentuklahan, dan pola aliran airtanah. Kondisi geografis tersebut dapat menjelaskan alasan proses yang terjadi pada airtanah.

Cara Analisis Data

Analisis data dilakukan secara spasial dan deskriptif. Persebaran dan karakteristik hidrokimia airtanah serta faktor-faktor penyebabnya dijelaskan

secara spasial dan deskriptif. Perubahan komposisi kimia dalam airtanah dijelaskan sepanjang jalur arah aliran airtanah dengan memperhatikan material, bentuklahan dan jaraknya dari laut. Data hasil penelitian juga dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang relevan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persebaran dan Karakteristik Hidrokimia Airtanah

Bentuklahan Kecamatan Kaliori, Kabupaten Rembang

Bentuklahan di Kecamatan Kaliori dapat dibedakan menjadi 5, yaitu rataaan lumpur, gisik, fluviomarin, dataran lipatan, dan kaki perbukitan lipatan (Gambar 1). Bentuklahan rataaan lumpur dan gisik terletak di paling utara serta berbatasan dengan laut. Rataan pasang surut bercirikan ditemukannya material endapan lumpur dan pola aliran sungainya menyebar (Gunawan dkk., 2005). Lahan ini sebagian besar dimanfaatkan untuk budidaya tambak. Material rataaan lumpur berupa sedimen halus yang berasal dari batuan gamping dan napal di perbukitan Rembang dan pegunungan Kendeng yang diangkut, serta bermuara di Kali Juwana. Ciri-ciri bentuklahan gisik terlihat dari permukaannya yang ditutupi material pasir. Material pasirannya berasal dari perbukitan di sekitar Gunungapi Lasem (Santosa dkk., 2012).

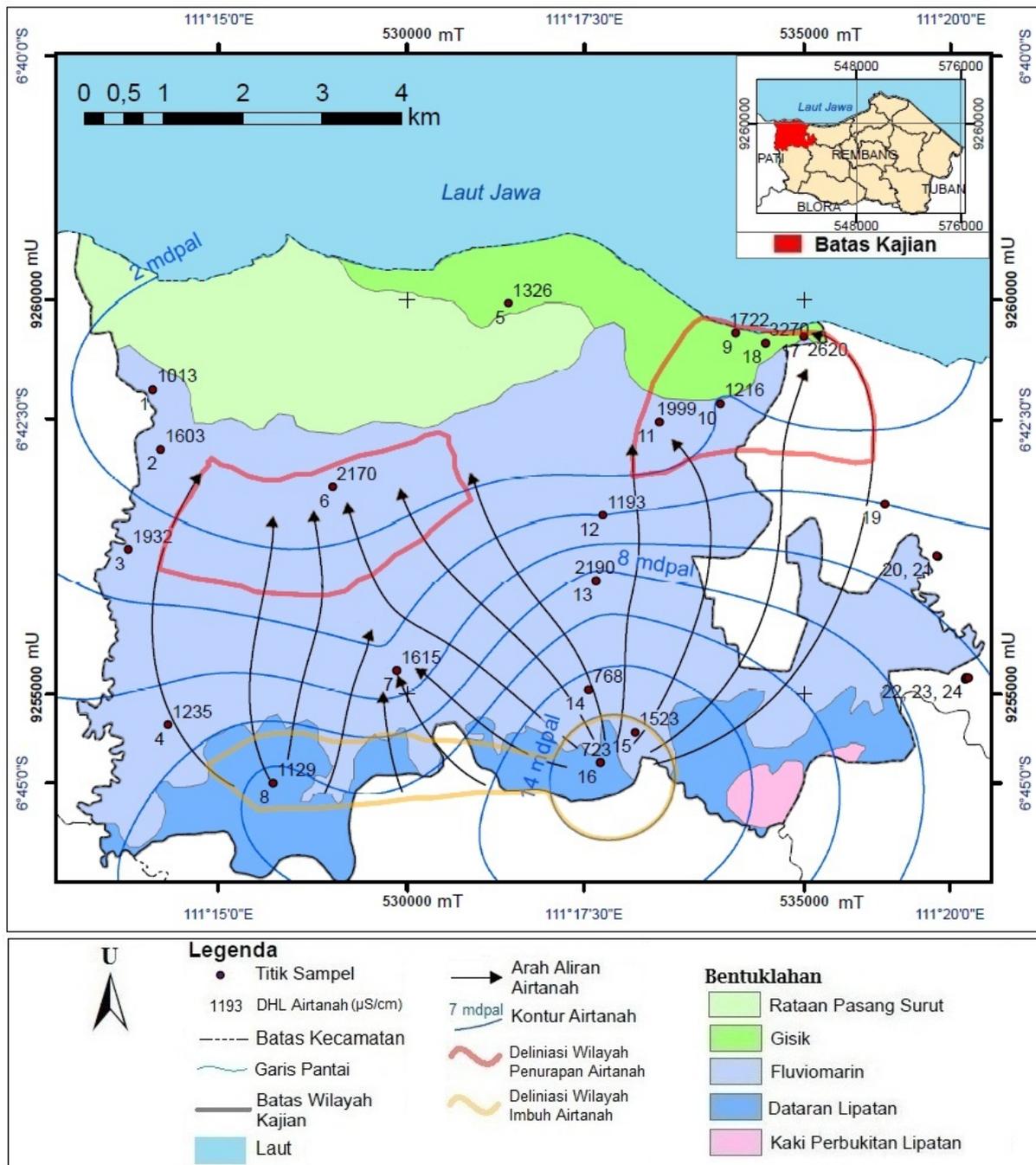
Di belakang rataaan pasang surut dan gisik terdapat bentuklahan fluviomarin. Bentuklahan fluviomarin merupakan hasil proses aktivitas marin masa lalu yang kemudian mendapat endapan material aluvial (Adji dan Sejati, 2014). Morfologinya bersifat dataran dengan pola aliran sungai dendritik.

Dataran lipatan terdapat di sebelah selatan Kecamatan Kaliori. Morfologi bentuklahan ini juga tergolong datar hingga landai dengan pola aliran sungai dendritik. Bentuklahan kaki perbukitan lipatan terdapat pada sebagian kecil dari Kecamatan Kaliori bagian paling selatan dengan lereng miring. Dataran lipatan dan kaki perbukitan lipatan tersusun dari material aluvium serta napal masif abu-abu keputihan dan kaya akan foraminifera plangion.

Arah Aliran Airtanah

Gambar 1 menunjukkan arah aliran airtanah bebas di Kecamatan Kaliori. Aliran airtanah secara umum mengarah dari selatan menuju utara, yaitu dari bentuklahan dataran lipatan menuju, fluviomarin, hingga gisik. Karakteristik hidrokimia airtanah dapat berubah-ubah sepanjang jalur pergerakan airtanah berdasarkan tinggi muka airtanah (Mandour dkk., 2008). Wilayah imbuh airtanah (*recharge area*) terdapat di bagian paling selatan pada bentuklahan dataran lipatan. Aliran airtanah berasal dari suatu wilayah terpusat dan bergerak menuju selatan. Zonasi wilayah imbuh airtanah ditandai dengan warna oranye.

Wilayah penurapan airtanah (*discharge area*) ditunjukkan dengan arah aliran airtanah yang menuju suatu wilayah yang terpusat. Zonasi wilayah penurapan airtanah didelineasi dengan warna merah. Terdapat 2 wilayah penurapan airtanah, yaitu di bentuklahan fluviomarin utara bagian barat serta di bentuklahan gisik dan fluviomarin utara bagian timur. Airtanah di wilayah penurapan pada gisik dan fluviomarin utara bagian timur berasal dari wilayah imbuh airtanah bagian timur juga. Airtanah wilayah penurapan pada fluviomarin utara bagian barat berasal dari wilayah imbuh airtanah bagian barat dan juga timur.



Gambar 1 Peta arah aliran dan DHL airtanah Kecamatan Kaliori, Kabupaten Rembang

Klasifikasi Daya Hantar Listrik (DHL) Airtanah

Sepanjang pergerakan aliran airtanah, terjadi perubahan DHL airtanah. DHL airtanah menggambarkan tingkat salinitas airtanah berdasarkan klasifikasi Santosa (2010). Gambar 1 menunjukkan persebaran DHL airtanah pada satuan bentuklahan. Bentuklahan dataran lipatan, yang terletak paling jauh dari pantai, terdapat airtanah yang berasa tawar.

Sampel airtanahnya mempunyai DHL 1129 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan 723 $\mu\text{S}/\text{cm}$ yang tergolong tawar.

Semakin bergerak menuju ke arah pantai, airtanah semakin berasa payau. Airtanah payau banyak terdapat pada bentuklahan fluviomarin. Sampel airtanah ditemukan dengan DHL terendah 768 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan 1013 $\mu\text{S}/\text{cm}$ masih bersifat tawar. Sampel lainnya tergolong bersifat payau. DHL airtanah tertinggi yang

ditemukan bernilai 2190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan bersifat payau.

Airtanah selanjutnya mengalir menuju ke bentuklahan gisik bagian timur. Airtanah yang ditemukan pun berasa payau dan asin dengan DHL sebesar 1722 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bersifat payau, serta 2620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan 3270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bersifat asin.

Airtanah payau di Kecamatan kaliori mengakibatkan masyarakatnya menggunakan airtanah hanya untuk keperluan mandi dan mencuci pakaian. Pemanfaatan airtanah tidak untuk keperluan air minum. Sumber air minum berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan embung.

Tipe Hidrokimia Airtanah Metode Diagram Stiff dan Ion Dominan

Tipe hidrokimia airtanah di Kecamatan Kaliori, Rembang dianalisis menurut kandungan ion mayornya berdasarkan metode Diagram Stiff, Ion Dominan, serta Diagram Kloosterman dan disajikan dalam bentuk peta pada Gambar 2. Bentuk Diagram Stiff menunjukkan kandungan ion dominan airtanah dan ukuran Diagram Stiff menunjukkan besaran konsentrasi ion yang terkandung dalam airtanah tersebut. Bentuklahan dataran lipatan mempunyai airtanah dengan kandungan ion dominan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Ion yang dikandung airtanah relatif sedikit terlihat dari kecilnya ukuran Diagram Stiff-nya.

Airtanah pada bentuklahan fluviomarin dibedakan menjadi 4 tipe ion dominan dengan pola Diagram Stiff tertentu, yaitu NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaCl_2 , dan NaCl . Ukuran Diagram Stiff airtanah NaCl dan CaCl_2 lebih besar daripada airtanah $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan NaHCO_3 . Ini berarti bahwa airtanah NaCl dan CaCl_2 mengandung ion terlarut lebih tinggi, terutama anion klorida.

Airtanah yang terdapat di bentuklahan gisik mempunyai ion dominan yang NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, dan

NaCl . Airtanah NaCl di gisik berbeda dengan yang di fluviomarin dalam hal ukuran Diagram Stiff. Airtanah NaCl di gisik mempunyai Diagram Stiff lebih besar dan kandungan ion terlarut lebih tinggi daripada yang di fluviomarin. Airtanah NaCl pada gisik, bahkan, adalah airtanah yang mengandung ion terlarut tertinggi di seluruh wilayah kajian. Kandungan ion magnesium, kalium, dan sulfat dalam airtanah tidak dominan pada wilayah kajian.

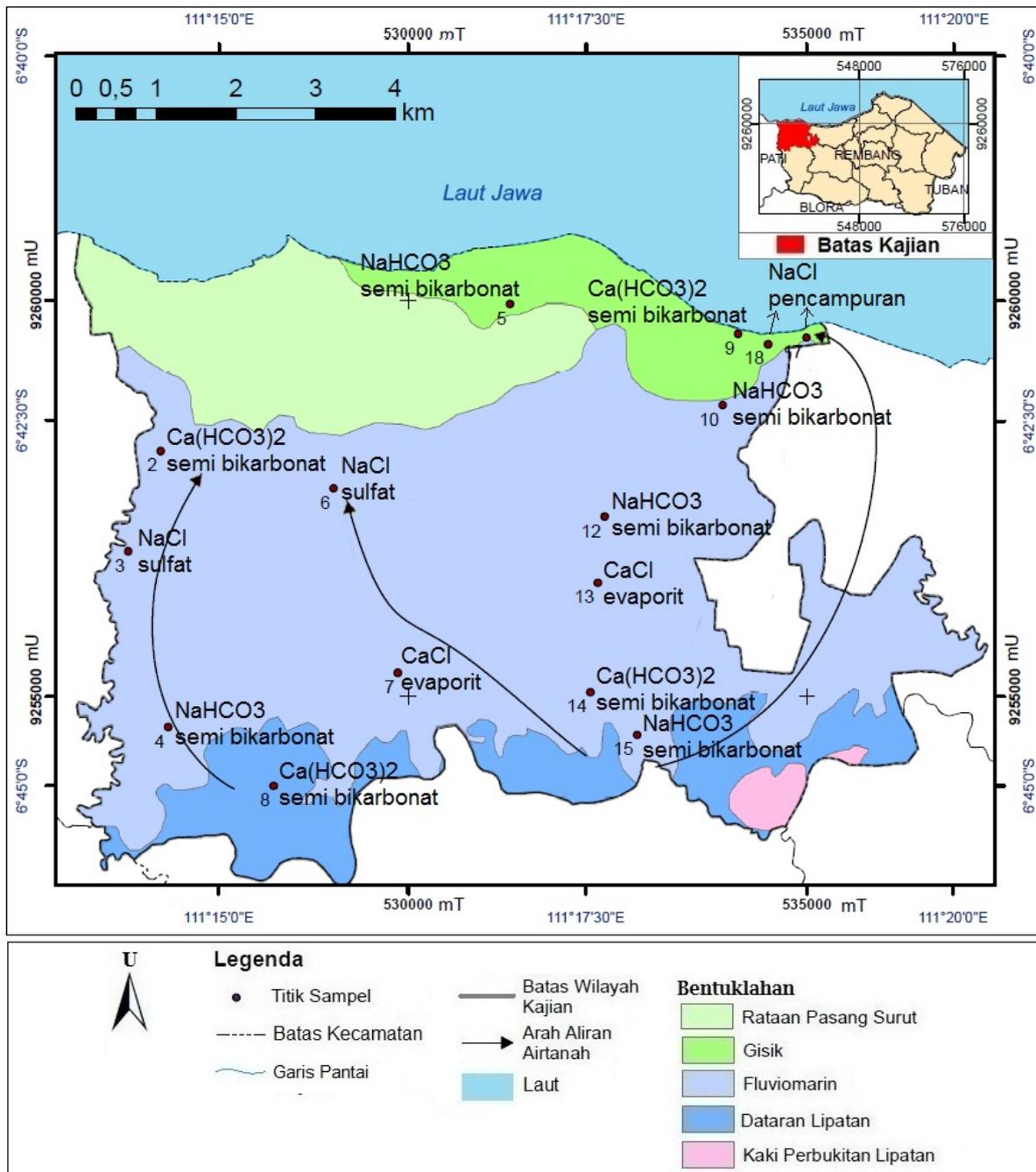
Tipe Hidrokimia Airtanah Metode Diagram Segiempat Kloosterman

Terdapat 3 tipe hidrokimia airtanah berdasarkan Diagram Kloosterman di Kecamatan Kaliori, Rembang. Bentuklahan dataran lipatan terdapat airtanah semi bikarbonat. Kandungan ion dominannya adalah $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Di bentuklahan fluviomarin terdapat 3 tipe airtanah, yaitu semi bikarbonat, evaporit, dan sulfat. Airtanah semi bikarbonat mempunyai ion dominan NaHCO_3 dan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Airtanah evaporit mempunyai ion dominan CaCl_2 . Airtanah sulfat mengandung ion dominan NaCl .

Tipe airtanah pada bentuklahan gisik berupa semi bikarbonat dengan ion dominan NaHCO_3 dan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, serta airtanah sulfat dengan ion dominan NaCl . Airtanah sulfat di gisik berbeda dengan yang di fluviomarin. Bentuklahan gisik mempunyai material pasir sebagai hasil pengendapan oleh tenaga laut (Davidson-Arnott, 2010). Material pasir mudah disusupi oleh air laut apabila airtanahnya diturap secara berlebihan. Sampel airtanah berkode 17 dan 18 pada gisik terletak di dekat Kota Rembang yang masyarakatnya menggunakan airtanah dan juga dekat dengan laut, yaitu 140 m dari garis pantai. Kandungan NaCl yang dominan pada airtanah berasal dari air laut asin yang merembes masuk ke daratan melalui pori-pori material pasir dan bercampur dengan airtanah di akuifer. Thilagavathi dkk. (2012), Rani dkk. (2015), dan Kumar (2016) mengelompokkan airtanah tersebut

sebagai airtanah pencampuran (*mixing*) karena bercampur dengan air laut, daripada

airtanah sulfat.

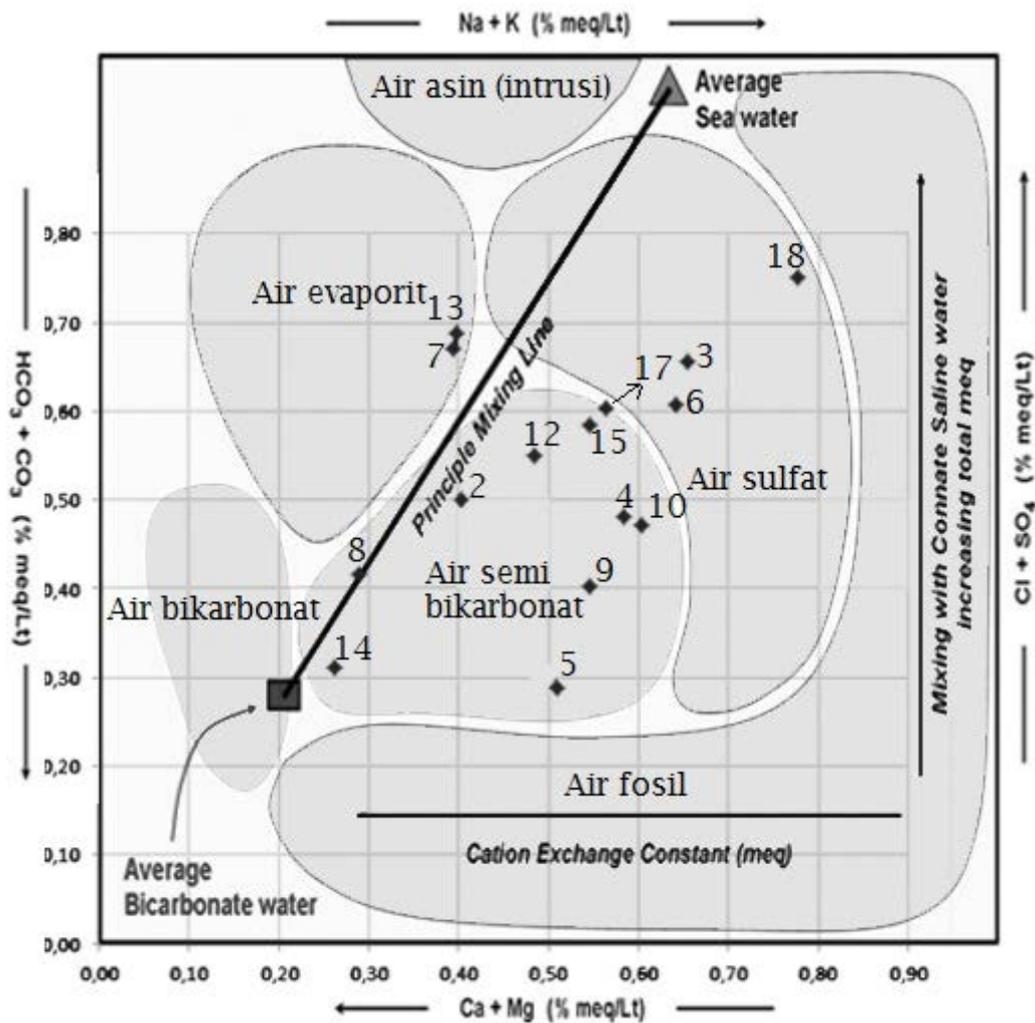


Gambar 2 Peta hidrokimia airtanah Kecamatan Kaliori, Kabupaten Rembang

Faktor-faktor Penyebab Variasi Hidrokimia Airtanah

Variasi kondisi hidrokimia airtanah disebabkan oleh faktor-faktor tertentu. Faktor-faktor penentu hidrokimia

airtanah dikaji dari Diagram Stiff, Ion Dominan, Diagram Kloosterman, dan DHL airtanah, arah aliran airtanah pada berbagai bentuklahan. Hasil pengolahan data disajikan pada Tabel 3.



Gambar 3 Hidrokimia airtanah menurut metode Diagram Kloosterman

Bentuklahan dataran lipatan mempunyai airtanah dengan tipe semi bikarbonat. Kandungan ionnya yang relatif rendah serta didominasi kalsium dan bikarbonat menandakan bahwa airtanah tersebut banyak terpengaruh oleh air hujan yang meresap masuk ke dalam akuifer (Thilagavathi dkk., 2012). Peta arah aliran airtanah juga menunjukkan bahwa wilayah tersebut merupakan wilayah imbuh airtanah yang banyak meresapkan air hujan menjadi airtanah. Airtanahnya pun berasa tawar karena pengaruh hujan (Vetrimurugan dan Elango, 2015). Airtanah seperti ini dapat dimanfaatkan untuk air minum. Airtanah di lokasi lain yang berasa payau hingga asin tidak sesuai untuk memenuhi kebutuhan air minum.

Airtanah dari dataran lipatan kemudian mengalir pada tiga jalur yang

berbeda, yaitu bagian barat, tengah, dan timur pada bentuklahan fluviomarin selatan, fluviomarin utara, dan gisik. Airtanah di pada fluviomarin selatan juga ditemukan airtanah semi bikarbonat, tetapi dengan rasa payau dan kandungan ion terlarut rendah hingga sedang.

Terdapat airtanah evaporit dengan ion dominan CaCl_2 , di fluviomarin selatan bagian tengah dan timur. Bentuk Diagram Stiff berubah drastis dan ukurannya bertambah besar menunjukkan adanya perbedaan proses airtanah dan kandungan ion terlarut yang lebih tinggi. Airtanah evaporit terjadi karena proses pelarutan kristal garam oleh airtanah. Kristal garam yang dilarutkan berasal dari air laut pada masa lampau. Bentuklahan fluviomarin pada masa lampau merupakan laut dangkal yang kemudian mengalami sedimentasi

sehingga menjadi daratan. Air laut yang terjebak di daratan mengalami penguapan intensif dan meninggalkan kristal garam pada akuifer (Purnama, 2005; Santosa, 2010).

Airtanah selanjutnya mengalir menuju bentuklahan fluviomarin utara. Airtanah pada fluviomarin utara juga berasa payau dan bertipe semi bikarbonat dengan ion dominan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan NaHCO_3 , serta bertipe sulfat dengan ion dominan NaCl . Airtanah sulfat berada di fluviomarin utara bagian barat dan tengah sebagai wilayah penurapan airtanah jalur barat dan tengah. Airtanah sulfat terbentuk karena proses reduksi bahan organik dari vegetasi yang tumbuh pada lingkungan laut dangkal atau rawa masa lampau dan proses pertukaran kation (Santosa, 2010; Barapela, 2015).

Jalur pergerakan airtanah bagian timur akhirnya akan mengalir ke wilayah penurapannya pada bentuklahan gisik bagian timur. Airtanah pada gisik timur dapat dibedakan menjadi 2 tipe, yaitu airtanah semi bikarbonat dan pencampuran. Airtanah semi bikarbonat berasa payau mempunyai karakteristik mirip seperti airtanah pada bentuklahan sebelumnya di fluviomarin. Airtanah pencampuran di gisik berasa asin mengalami pencampuran dengan air laut sehingga mengandung ion dominan natrium dan klorida sangat tinggi (Thilagavathi dkk., 2012; Rani dkk., 2015; Kumar, 2016). Airtanah yang bercampur dengan air laut dengan ion dominan natrium dan klorida bisa terjadi pada bentuklahan yang terdapat proses marin (Zhou dkk., 2012).

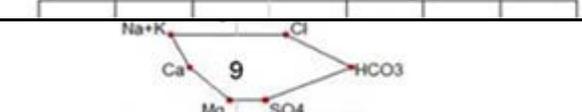
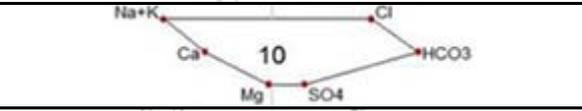
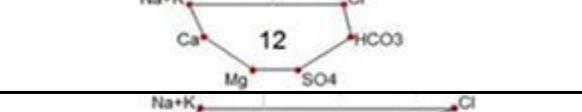
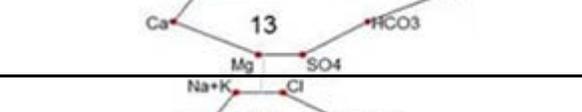
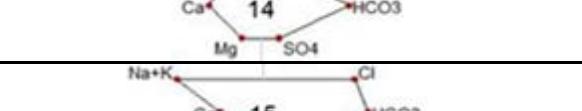
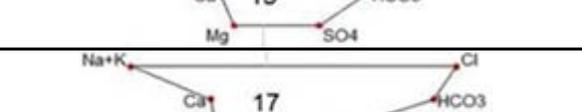
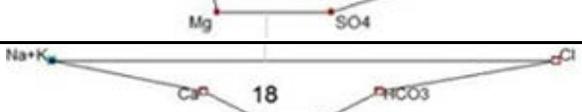
Tabel 2 Tabel Kimia Airtanah

Kode Sampel	Bentuklahan	Kation Mayor (meq/l)				Anion Mayor (meq/l)		
		Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃
2	fluviomarin	3,40	0,50	1,70	0,92	6,25	1,47	7,74
3	fluviomarin	3,20	0,58	6,71	0,45	9,69	3,02	6,62
4	dataran aluvial	1,80	0,17	2,38	0,37	3,94	1,16	5,51
5	gisik	1,50	2,25	2,90	0,96	3,72	0,43	10,23
6	fluviomarin	2,50	1,75	6,61	0,94	11,77	1,48	8,59
7	dataran aluvial	6,70	0,50	3,93	0,74	9,63	1,29	5,38
8	dataran kaki lipatan	2,10	0,25	0,82	0,14	3,38	0,97	6,10
9	gisik	3,10	0,50	2,81	1,50	3,15	1,82	7,41
10	fluviomarin	4,40	0,25	5,57	1,52	6,37	2,06	9,44
12	dataran aluvial	4,50	1,33	5,22	0,23	4,56	1,62	5,05
13	dataran aluvial	5,90	0,33	4,00	0,11	12,45	2,57	6,82
14	dataran aluvial	3,40	1,25	1,54	0,10	1,41	1,17	5,70
15	dataran aluvial	2,80	1,92	3,90	1,72	5,92	3,64	6,82
17	gisik	3,60	3,25	8,70	0,10	12,34	4,21	10,89
18	gisik	4,20	0,00	13,57	1,02	19,94	3,72	7,87

Sumber: Pengolahan data

Tabel 3 Hidrokimia airtanah

Kode Sampel	Bentuklahan	DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Salinitas	Diagram Stiff		Ion Dominan	Diagram Kloosterman	Proses
				15 10 5	5 10 15 20			
2	fluviomarin	1603	payau		$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	semi bikarbonat		
3	fluviomarin	1932	payau		NaCl	sulfat	Reduksi bahan organik dan pertukaran kation	
4	fluviomarin	1235	payau		NaHCO_3	semi bikarbonat		
5	gisik	1326	payau		NaHCO_3	semi bikarbonat		
6	fluviomarin	2170	payau		NaCl	sulfat	Reduksi bahan organik dan pertukaran kation	
7	fluviomarin	1615	payau		CaCl_2	evaporit	Pelarutan kristal garam	
8	dataran lipatan	1129	tawar		$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	semi bikarbonat	Imbuh airtanah	

Kode Sampel	Bentuklahan	DHL ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Salinitas	Diagram Stiff		Ion Dominan	Diagram Kloosterman	Proses
				15 10 5 5 10 15 20				
9	gisik	1722	payau		$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	semi bikarbonat		
10	fluviomarin	1216	payau		NaHCO_3	semi bikarbonat		
12	fluviomarin	1193	tawar		NaHCO_3	semi bikarbonat		
13	fluviomarin	2190	payau		CaCl_2	evaporit	Pelarutan kristal garam	
14	fluviomarin	768	tawar		$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	semi bikarbonat	Imbuh airtanah	
15	fluviomarin	1523	payau		NaHCO_3	semi bikarbonat		
17	gisik	2620	asin		NaCl	pencampuran	Pencampuran dengan air laut	
18	gisik	3270	asin		NaCl	pencampuran	Pencampuran dengan air laut	

Sumber: pengolahan data

KESIMPULAN

Tipe airtanah yang paling mendominasi adalah semi bikarbonat dengan ion dominan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan NaHCO_3 . Airtanah semi bikarbonat ditemukan pada ketiga bentuklahan kajian, yaitu dataran lipatan, fluviomarin, dan gisik. Airtanah ini sebagian besar berasa payau dan sedikit yang berasa tawar. Kandungan ion terlarutnya paling rendah dibandingkan dengan airtanah tipe lainnya. Airtanah bertipe evaporit dengan kandungan ion dominan CaCl_2 berada di bentuklahan fluviomarin selatan. Airtanah sulfat dengan ion dominan NaCl terdapat di fluviomarin utara juga berasa payau. Airtanah lainnya yang ditemukan adalah airtanah pencampuran dengan ion dominan NaCl . Airtanah pencampuran berasa asin dan terdapat di gisik bagian timur.

Faktor-faktor penyebab variasi hidrokimia airtanah adalah pengaruh imbuhan dari air hujan, reduksi bahan organik dan pertukaran kation, pelarutan kristal garam dari air laut masa lampau, dan pencampuran dengan air laut. Airtanah semi bikarbonat yang berasa tawar terdapat di bentuklahan dataran lipatan berasal dari proses imbuhan airtanah. Pengaruh air hujan yang meresap ke dalam akuifer menyebabkan airtanah mengandung ion terlarut dengan kadar yang rendah serta berasa tawar. Airtanah evaporit terbentuk karena pelarutan kristal garam yang terdapat pada akuifer. Kristal garam tersebut berasal dari penguapan air laut masa lampau yang terjebak ketika menjadi daratan. Airtanah sulfat terjadi karena proses reduksi bahan organik vegetasi masa lampau di lingkungan laut dan proses pertukaran kation. Airtanah pencampuran terjadi karena proses masuknya air laut melalui material pasiran dan bercampur dengan airtanah. Proses pencampuran bisa terjadi karena letaknya yang dekat dengan laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji, T. N. dan Sejati, S. P. 2014. Identification of groundwater potential zones within an area with various geomorphological units by using several field parameters and a GIS approach in Kulonprogo Regency, Java, Indonesia. *Arab J Geosci*, 7, 161-172.
- Barapela, P. C. (2015). Kajian hidrogeokimia airtanah bebas di wilayah kepesisiran Kabupaten Purworejo. *Skripsi*. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. New York: Cambridge University Press.
- Fetter, C. W. (2001). *Applied hydrogeology* (Edisi Keempat). New Jersey: Prentice Hall.
- Gunawan, T., Santosa, L. W., Muta'ali, L., dan Santosa, S. H. M. B. (2005). *Pedoman Cepat Terintegrasi Wilayah Kepesisiran*. Yogyakarta: Badan Penerbit dan Percetakan Fakultas Geografi.
- Hariyanto, B. (2015). Studi kimia airtanah dangkal untuk deteksi intusi air laut di pesisir Kabupaten Rembang Propinsi Jawa Tengah tahun 2014 dan implementasinya untuk pembelajaran Geografi di SMA. *Tesis*. Fakultas Keguruan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hidayat, G. (2012). Kajian optimalisasi dan strategi sumber daya air di Kabupaten Rembang. *Teknik Sipil dan Perencanaan*, 1, 43-50.
- Kumar, P. J. S. (2016). Dechlorination of groundwater-saline water interaction in a complex coastal aquifer in South India using statistical and hydrochemical miing

- models. *Model Earth Syst Environ*, 2, 194.
- Mandour, A. E., Yaouti, F. E., Fakir, Y., Zarhloule, Y., Benavente, J. (2008). Evolution of groundwater salinity in the unconfined aquifer of Bou-Areg, Northeastern Mediterranean coast, Morocco. *Environ Geol*, 54, 491-503.
- Muliranti, S. dan Hadi, M. P. (2013). Kajian ketersediaan air meteorologis untuk pemenuhan kebutuhan air domestic di Provinsi Jawa Tengah dan DIY. *Jurnal Bumi Indonesia*, 2(2), 23-32.
- Nisa, K., Yulianto, T., dan Widada, S. (2012). Aplikasi metode geolistrik tahanan jenis untuk menentukan zona intrusi air laut di Kecamatan Genuk Semarang. *Berkala Fisika*, 15(1), 7-14.
- Nurrohimi, A., Tjaturahono, Setyaningsih, W. (2012). Kajian intrusi air laut di kawasan pesisir Kecamatan Rembang Kabupaten Rembang. *Geo Image*, 1(1), 21-27.
- Purnama, S. (2005). Distribusi airtanah asin di dataran pantai Kota Semarang dan kesediaan membayar penduduk dalam perbaikan kondisi sumber air. *Majalah Geografi Indonesia*, 19(1), 41-61.
- Purnama, S. dan Sulaswono, B. (2006). Pemanfaatan teknik geolistrik untuk mendeteksi persebaran airtanah asin pada akuifer bebas di Kota Surabaya. *Majalah Geografi Indonesia*, 20(1), 52-66.
- Rani, V. R., Pandalai, H. S., Sajinkumar, K. S., dan Pradeepkumar, A. P. (2015). Geomorphology and its implication in urban groundwater environment: case study from Mumbai, India. *Applied Water Science*, 5, 137-151.
- Santosa, L. W. (2010). Pengaruh genesis bentuklahan terhadap hidrostratigrafi akuifer dan hidrogeokimia dalam evolusi airtanah bebas kasus pada bentanglahan kepesisiran Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Disertasi*. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Santosa, L. W., Widiyanto, dan Muta'ali, L. (2012). *Pengenalan Bentanglahan Jawa Bagian Tengah*. Yogyakarta: Badan Penerbit dan Percetakan Fakultas Geografi.
- Thilagavathi, R., Chidambaram, S., Prasanna, M. V., Thivya, C., dan Singaraja, C. (2012). A study on groundwater geochemistry and water quality in layered aquifers system of Podicherry region, southeast India. *Appl Water Sci*, 2, 253-269.
- Vetrimurugan, E. dan Elango, L. (2015). Groundwater chemistry and quality in an intensively cultivated River Delta. *Water Qual Epo Health*, 7, 125-141.
- Widada, S. (2007). Gejala intrusi air laut di daerah pantai Kota Pekalongan. *Ilmu Kelautan*, 12(1), 45-45.
- Zarroca, M., Bach, J., Linares, R., Pellicer, X. M. (2011). Electrical methods (VES and ERT) for identifying, mapping and monitoring different saline domains in a coastal plain region (Alt Empordà, Northern Spain). *Journal of Hydrology*, 409, 407-422.
- Zhou, Z., Zhang, G., Yan, M., dan Wang, J. (2012). Spatial variability of the shallow level and its chemistry characteristics in the low plain around the Bohai Sea, North China. *Environ Monit Assess*, 184, 3697-3710.