KAJIAN DAMPAK INTRUSI AIR LAUT PADA AKUIFER PULAU KORAL SANGAT KECIL BERDASARKAN ANALISIS PERBANDINGAN ION MAYOR

(Studi Kasus di Pulau Koral Panggang, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta)

Ahmad Cahyadi^{1,2}, Wahyu Hidayat¹, Hendy Fatchurohman²

¹Jurusan Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

²Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS)

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Email: ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id

Pulau koral sangat kecil memiliki kerawanan terhadap intrusi air laut. Jumlah imbuhan airtanah yang sangat sedikit akibat curah hujan yang rendah dan luas tangkapan air yang sempit menyebabkan ketersediaan airtanah sangat sedikit. Kondisi demikian diperparah dengan terjadinya intrusi air laut akibat penurunan airtanah yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intrusi air laut ke dalam akuifer airtanah tawar berdasarkan pada analisis perbandingan ion. Penelitian ini menggunakan analisis perbandingan ion Klorida dan Bikarbonat serta ion Magnesium dan Kalsium. Hasil analisis menunjukkan bahwa airtanah di Pulau Koral Panggang telah terpengaruh berat oleh air laut.

Kata Kunci: Intrusi, Pulau Koral, Pulau Sangat Kecil, Pulau Koral Panggang, Ion Mayor

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari sekitar 98% pulau dengan ukuran kecil dan sangat kecil (Kodoatie, 2012). Pulau kecil adalah pulau dengan ukuran kurang dari 2.000 km², sedangkan pulau sangat kecil merupakan pulau dengan luas kurang dari 100 km² dan atau pulau dengan lebar kurang dari 3 km (Falkland, 1991; 1992 dan Aris et. al. 2007). Pulau-pulau ini secara hidrologis merupakan wilayah yang memiliki kerawanan yang tinggi terhadap terjadinya intrusi air laut (Falkland, 1993).

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 menyebutkan bahwa sumberdaya air meliputi air, sumber air, serta daya air yang terkandung di dalamnya. Air terdiri dari air permukaan, air hujan dan airtanah yang terletak di daratan. Sumber air yang dimaksud dalam undang-undang ini meliputi tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, ataupun di bawah permukaan tanah. Daya air adalah potensi yang terkandung dalam air dan/atau pada sumber air yang dapat memberikan manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya.

Gilli et al. (2012) menyebutkan bahwa sumberdaya air di pulau kecil secara alami terdiri dari airtanah, air permukaan berupa aliran sungai, mataair dan danau, serta air hujan. Namun demikian, Gilli et al. (2012) menambahkan bahwa pulau koral sangat kecil hanya memiliki sumber air berupa airtanah dan air hujan. Keberadaan airtanah akan sangat rawan

terhadap intrusi air laut. Selain itu, pada pulau koral sangat kecil memiliki kerentanan airtanah terhadap pencemaran tinggi karena memiliki material yang berupa rombakan bioklastis dengan permeabilitas yang tinggi (White dkk, 1999).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh intrusi air laut terhadap akuifer pulau koral sangat kecil. Studi kasus penelitian ini dilakukan di Pulau Koral Panggang, Kabupaten Kepulauan Seribu, Provinsi DKI Jakarta. Penelitian ini diharapkan menjadi pertimbangan dalam pengelolaan sumberdaya air di Pulau Koral Panggang secara khusus, dan pulau koral sangat kecil secara umum.

Metode

1. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pemetaan intrusi air laut meliputi:

- a. Botol Sampel, untuk pengambilan sampel air untuk analisis laboratorium;
- b. Perangkat komputer dengan aplikasi *Microsoft Office*; dan
- c. *Software Rockwork 14*, untuk analisis hidrogeokimia.

2. Data yang Digunakan

Data yang diambil dalam penelitian ini meliputi data kandungan ion mayor pada sampel airtanah Analisis. Jumlah sampel airtanah adalah sejumlah delapan sampel yang mewakili bagian Utara, Tengah dan Selatan pulau, serta sampel yang mewakili sisi Barat, Tengah dan Timur Pulau Koral Panggang. Analisis laboratorium meliputi analisis ion mayor, yang terdiri dari Natrium (Na^+), Kalsium (Ca^+), Magnesium (Mg^+), Klorida (Cl^-), Bikarbonat (HCO_3^-), dan Sulfat (SO_4^-). Dalam penelitian ini ditambahkan parameter ikutan yang dianalisis meliputi Kalium (K^+).

3. Analisis Keseimbangan Ion

Hal yang pertama kali dilakukan sebelum melakukan analisis hidrogeokimia adalah melakukan analisis keseimbangan ion (Gilli et al, 2012). Kandungan ion dalam airtanah seharusnya memiliki ion positif dan negatif yang jumlahnya sama (Effendi, 2003). Hal ini kemudian digunakan dasar untuk melakukan evaluasi terhadap hasil analisis laboratorium dengan menggunakan keseimbangan ion (*Charge Balance Error/CBE*) yang didasarkan pada nilai kandungan ion mayor dalam airtanah. Nilai CBE yang disarankan adalah kurang 5% untuk peralatan modern dan kurang dari 10% untuk analisis laboratorium yang dilakukan secara manual (Hiscock, 2005). Persamaan untuk perhitungan CBE ditunjukkan oleh persamaan 3.

$$\text{CBE (\%)} = ((\Sigma \text{Kation} - \Sigma \text{Anion}) / (\Sigma \text{Kation} + \Sigma \text{Anion})) \times 100 \dots\dots\dots (1.)$$

Perhitungan CBE harus dilakukan dengan mengubah satuan ion-ion yang awalnya miligram per liter (mg/l) menjadi miliekuivalen per liter (meq/l). Konversi satuan dari mg/l menjadi meq/l dilakukan dengan persamaan 2. dan persamaan 3.

$$\text{meq/l} = \text{miligram ion/ berat ekuivalen} \dots\dots\dots(2.)$$

di mana,

$$\text{berat ekuivalen} = \text{berat molekul / valensi ion} \dots\dots\dots(3.)$$

4. Pengaruh Intrusi Air Laut

Keberadaan airtanah asin dapat terjadi bukan karena proses intrusi air laut. Hal ini diantaranya dapat disebabkan oleh karena lingkungan pengendapan material akuifer terjadi pada lingkungan laut (Santosa, 2010). Oleh karena itu, maka perlu dilakukan analisis evolusi air tawar menjadi air laut berdasarkan perbandingan beberapa ion mayor (Aris dkk, 2013). Aris dkk. (2013) lebih lanjut menjelaskan bahwa analisis pengaruh intrusi air laut terhadap airtanah tawar dapat diketahui dengan:

- a. Analisis perbandingan ion Kalsium dan Magnesium
- b. Analisis perbandingan ion Klorida dengan Bikarbonat

Kriteria penentuan besarnya pengaruh intrusi air laut terhadap airtanah tawar ditunjukkan oleh Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Kriteria Penentuan Besarnya Pengaruh Intrusi Air Laut Terhadap Airtanah

Metode Analisis	Kriteria
Perbandingan Mg dan Ca	Mg/Ca > 1 maka airtanah telah terpengaruh oleh intrusi air laut
Perbandingan Cl dan HCO ₃	Cl/HCO ₃ < 0,5 maka airtanah belum terpengaruh intrusi airlaut, Cl/HCO ₃ antara 0,5 sampai dengan 6,6 maka airtanah sedikit terpengaruh intrusi air laut, Cl/HCO ₃ > 6,6 maka airtanah sudah sangat terpengaruh air laut

Sumber: Aris dkk. (2013)

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil analisis ion mayor di laboratorium ditunjukkan oleh Tabel 1. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka nampak bahwa nilai Klorida dan Magnesium sangat tinggi. Nilai ini menunjukkan kemungkinan adanya pengaruh intrusi air laut. Hal ini juga nampak pada Tabel 2., di mana pada satuan mili equivalent nilai magnesium dan klorida merupakan ion yang paling dominan. Hasil perhitungan CBE menunjukkan nilai CBE dalam penelitian ini masih di bawah batas yang diperbolehkan. Kondisi ini berarti bahwa hasil laboratorium dalam penelitian ini masih memiliki kualitas yang baik.

Banyaknya ion klorida menunjukkan adanya pengaruh dari intrusi air laut. Hal ini karena kandungan klorida dalam airtanah sangat jarang sekali dihasilkan dari batuan (Younger, 2007). Kandungan magnesium pada airtanah yang tipe awalnya didominasi oleh kalsiumkarbonat menunjukkan airtanah telah menuju ke asin sampai pada tahapan payau (Aris et al, 2013). Melihat tingginya kandungan natrium yang tinggi, dan hampir menyamai kandungan magnesium dalam satuan mili equivalent, maka kemungkinan airtanah terdampak intrusi air laut sudah parah. Kondisi tersebut karena penggeseran ion magnesium oleh ion natrium dan kalium merupakan tahapan evolusi kimia yang kedua dari tipe airtanah kalsium karbonat (Aris et al. 2007) seperti yang seharusnya terdapat di Pulau Koral Panggang.

Tabel 1. Kandungan Ion Mayor dalam Airtanah di Pulau Koral Panggang

No.	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃	SO ₄ ⁻
1.	59,53	495,80	370,00	399,00	2.680,00	380,00	62,07
2.	60,67	581,30	300,00	832,00	4.180,00	192,00	78,83
3.	58,69	543,00	280,00	750,00	3.890,00	332,00	61,86
4.	60,00	422,80	350,00	796,00	3.910,00	324,00	68,51
5.	60,00	267,40	400,00	881,00	3.540,00	268,00	65,93
6.	60,65	467,20	320,00	700,00	3.130,00	236,00	70,89
7.	58,17	537,20	230,00	587,00	3.200,00	228,00	25,76
8.	58,15	424,00	280,00	556,00	3.200,00	228,00	6,68

Sumber: Hasil analisis laboratorium hidrologi dan kualitas air Fakultas Geografi UGM

Tabel 2. Perhitungan Nilai CBE pada Hasil Laboratorium

No.	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃	SO ₄ ⁻	CBE (%)
1.	1,52	21,57	18,50	32,81	75,58	6,23	1,29	-5,52
2.	1,55	25,29	15,00	68,42	117,88	3,15	1,64	-5,33
3.	1,50	23,62	14,00	61,68	109,70	5,44	1,29	-7,19
4.	1,53	18,39	17,50	65,46	110,26	5,31	1,43	-6,42
5.	1,53	11,63	20,00	72,45	99,83	4,39	1,37	0,01
6.	1,55	20,32	16,00	57,57	88,27	3,87	1,48	0,97
7.	1,49	23,37	11,50	48,27	90,24	3,74	0,54	-5,52
8.	1,49	18,44	14,00	45,73	90,24	3,74	0,14	-8,32

Sumber:Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil analisis perbandingan ion magnesium dan kalsium (Gambar 3), semua sampel airtanah yang diambil menunjukkan nilai perbandingan di atas 1. Hal ini berarti bahwa airtanah di Pulau Koral Pramuka sudah terpengaruh intrusi air laut. Kandungan kalsium yang semakin sedikit dan digantikan dengan magnesium, menunjukkan bahwa pengaruh batuan asal pada akuifer menjadi semakin kecil. Artinya bahwa pengaruh intrusi air laut telah terjadi cukup parah.

Gambar 3. Diagram Perbandingan Ion Magnesium dan Kalsium

Hasil analisis berdasarkan kandungan ion dominan dan perbandingan ion magnesium dan kalsium juga sesuai dengan hasil analisis perbandingan ion klorida dan bikarbonat. Berdasarkan analisis perbandingan ion klorida dan karbonat, diketahui bahwa airtanah di Pulau Koral Panggang telah terpengaruh intrusi air laut dengan derajat berat. Hal ini nampak dari jumlah klorida yang berasal dari air laut yang terlalu tinggi, sehingga semua sampel airtanah menunjukkan posisi jauh di atas batas pengaruh sedang dan tinggi (10 kali lebih besar dari batas pengaruh sedang).

Gambar 4. Grafik Perbandingan Ion Klorida dan Bikarbonat

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa airtanah di Pulau Koral Panggang telah terpengaruh intrusi air laut dengan derajat pengaruh berat. Hal ini terbukti dari perbandingan ion magnesium dan kalsium serta perbandingan ion klorida dan bikarbonat. Selain itu, kandungan klorida dan magnesium sebagai anion dan kation dominan menunjukkan bahwa perubahan hidrogeokimia airtanah akibat intrusi air laut memang telah terjadi.

Pengakuan

Penelitian ini merupakan sebagian dari tesis penulis pertama, serta merupakan bagian dari penelitian yang dibiayai oleh **Hibah Penelitian Dosen Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Tahun 2014** yang dibiayai melalui **Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak Fakultas Geografi UGM Tahun 2014** yang berjudul “**Karakteristik Hidrokimia dan Kualitas Airtanah di Pulau Koral Sangat Kecil: Studi Kasus di Pulau Panggang, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta.**”

Daftar Pustaka

- Aris, A.Z.; Abdullah, M.H.; Ahmed, A. dan Woong, K.K. 2007. Controlling Factors of Groundwater Hydrochemistry in A Small Island's Aquifer. **International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 4 (4)**. Hal: 441-450.
- Aris, A.Z.; Praveena, S.M. dan Isa, N.M. 2013. Groundwater Composition and Geochemical Controls in Small Tropical Island of Malaysia: A Comparative Study. dalam Wetzelhuetter, C. 2013. **Groundwater in The Coastal Zones of Asia-Pacific**. Dordrecht: Springer.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta: Kanisius.
- Falkland, C.A. 1991. **Hydrology and Water Resources of Small Island: A Practical Guide**. Paris: UNESCO.
- Falkland, C.A. 1992. **Small Tropical Island: Water Resources of Paradises Lost**. Paris: UNESCO.
- Falkland, C.A. 1993. Hydrology and Water Management in Small Tropical Island. **Proceeding of The Yokohama Symposium on Hydrology on Warm Humid Regions**. July, 1993.
- Gilli, E.; Mangan, C. dan Mudry, J. 2012. **Hydrogeology: Objectives, Methods, Applications**, diterjemahkan dari Bahasa Perancis oleh Chloe Fandel. Boca Raton: CRC Press.
- Hiscock, K.M. 2005. **Hydrogeology: Principles and Practice**. Oxford: Blackwell Publishing.
- Kodoatie, R.J. 2012. **Tata Ruang Air Tanah**. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- 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 Universitas Gadjah Mada.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004, tentang **Sumberdaya Air**.

White, I.; Falkland, C.A.; Crennan, L.; Jones, P.; Metutera, T.; Etuati, B. dan Metai, E. 1999. **Issues, Traditions and Conflicts in Groundwater Use and Management**. Paris: UNESCO.

Younger, P.L. 2007. **Groundwater in The Environment**. Oxford, UK: Blackwell Publishing.