**ANALISIS KERENTANAN AIRTANAH TERHADAP PENCEMARAN DI PULAU KORAL
SANGAT KECIL DENGAN MENGGUNAKAN METODE GOD
(Studi Kasus Pulau Koral Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta)**

Ahmad Cahyadi

Departemen Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Anggota Bidang Penelitian Parangtritis Geomaritime Science Park

Email: ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id

INTISARI

Airtanah memiliki peranan yang sangat penting dalam pemenuhan kebutuhan air di pulau sangat kecil. Pengelolaan sumberdaya airtanah sangatlah penting agar keberlanjutan pemanfaatan airtanah dapat tercapai. Salah satu landasan penting dari pengelolaan airtanah adalah analisis kerentanan airtanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerentanan airtanah di Pulau Koral Pramuka, Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode GOD. Data yang digunakan dalam penentuan kelas kerentanan airtanah terhadap pencemaran adalah tipe akuifer, jenis batuan (litologi) dan kedalaman muka airtanah. Selain itu, dianalisis pula kandungan fecal coli dalam airtanah untuk memvalidasi hasil analisis kerentanan airtanah yang telah dilakukan. Hasil analisis menunjukkan bahwa Pulau Koral Pramuka masuk dalam kategori kerentanan ekstrem. Hal ini sesuai dengan hasil analisis kandungan *Fecal colli* yang menunjukkan sebagian besar sampel melebihi baku mutu airtanah.

Kata Kunci: Airtanah, Kerentanan, Pulau Koral, Pulau Sangat Kecil

PENDAHULUAN

Pulau sangat kecil adalah pulau dengan luasan kurang dari 100 km². Jumlah pulau sangat kecil ini sangat banyak di Indonesia (Cahyadi, 2015). Salah satu tipe pulau sangat kecil di Indonesia adalah pulau koral. Pulau koral (Cay) adalah pulau yang terbentuk oleh pengendapan material bioklastik oleh proses marin (Cahyadi, 2012; Cahyadi dkk., 2015; Cahyadi dkk., 2016). Pembentukan pulau ini sangat terkait dengan perkembangan terumbu karang. Pulau jenis ini biasanya menempati *atoll* atau *patch reef*.

Pulau koral sangat kecil biasanya memiliki morfologi yang relatif datar dengan ketinggian dari muka air laut hanya beberapa meter. Kondisi demikian menyebabkan hujan yang turun di wilayah ini biasanya lebih sedikit dibandingkan dengan pulau gunungapi atau pulau hasil proses pengangkatan. Hal ini karena pada pulau koral tidak memungkinkan terjadinya penangkapan uap air, sehingga tidak memungkinkan berhentinya awan dan atau proses orografis. Selain itu, jumlah air yang dapat ditampung

oleh pulau sangat kecil relatif sedikit. Hal ini karena luasan yang dimiliki kecil dan sangat terpengaruh oleh proses intrusi air laut.

Permasalahan pulau sangat kecil lainnya adalah terkait dengan pengelolaan limbah dan sampah. Luas pulau yang relative kecil menyebabkan lahan menjadi sangat mahal dan sangat berarti, sehingga penyediaan lahan untuk kepentingan tersebut menjadi sulit dialokasikan. Selain itu, jauhnya dari fasilitas kota besar menyebabkan pengelolaan sampah dan limbah dilakukan seadanya, bahkan tanpa pengolahan. Kondisi ini dapat menyebabkan banyak kerusakan lingkungan, terutama pencemaran airtanah.

Keberadaan air hujan dan airtanah di pulau sangat kecil sangatlah penting. Keduanya menjadi sumber utama pemenuhan kebutuhan air di masyarakat, khususnya pada golongan menengah ke bawah. Keberadaannya semakin terancam mengingat semakin banyaknya pulau koral yang dijadikan lokasi wisata masal, pertambahan penduduk yang cepat, semakin banyaknya limbah, sampah dan bahan pencemar serta perubahan penggunaan lahan menjadi lahan terbangun yang menyebabkan hujan tidak dapat meresap ke dalam tanah dan langsung mengalir ke laut.

Pulau Koral Pramuka yang terletak di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta adalah salah satu contoh pulau koral sangat kecil. Luas total pulau koral ini hanya sekitar 16 hektar (Gambar 1). Namun demikian, pulau koral ini memiliki fungsi strategis sebagai ibu kota kabupaten sekaligus sebagai pusat kegiatan ekonomi, pendidikan, pariwisata dan pemerintahan di Kabupaten Kepulauan Seribu. Fungsi yang strategis tersebut menyebabkan tekanan terhadap sumberdaya air khususnya airtanah menjadi sangat tinggi.

Mengingat pentingnya masalah keberlanjutan sumberdaya air, maka manajemen sumberdaya air hujan dan airtanah menjadi sangat penting dilakukan. Salah satu bentuk upaya penyelamatan sumberdaya airtanah adalah melakukan analisis kerentanan airtanah (Gogu dan Dassargues, 2000). Hal ini penting untuk dapat mempertimbangkan seberapa mudah airtanah di dalam akuifer di suatu wilayah menjadi tercemar. Penelitian ini kemudian akan menjadi dasar dalam penentuan langkah selanjutnya dalam pengelolaan sumberdaya airtanah. Oleh karenanya, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kerentanan airtanah terhadap pencemaran di Pulau Koral Pramuka.

TINJAUAN PUSTAKA

Airtanah adalah air yang terdapat pada lapisan di bawah tanah yang jenuh air (Todd dan Mays, 2005). Keberadaan airtanah sangat terkait dengan masuknya air hujan ke dalam tanah melalui proses infiltrasi (Gabler *et.al.*, 2007). Keberadaannya akan sangat dipengaruhi oleh kondisi akuifer seperti morfologi tempat akuifer berada, jenis batuan, jenis akuifer yang terbentuk serta penutup/penggunaan lahan di atasnya (Cahyadi dkk., 2011; Purnama dkk., 2013; Cahyadi dkk., 2013a; Cahyadi dkk., 2013b; Riyanto dan Cahyadi, 2016; Suprayogi dkk., 2016;).

Gambar 1. Lokasi Pulau Koral Pramuka

Terminologi kerentanan airtanah pertama kali muncul pada tahun 1970-an dan digunakan secara luas pada tahun 1980an (Albinet *et.al.*, 1970; Aller *et.al.*, 1987, dan Meerkhan *et.al.*, 2016). Gogu dan Dassargues (2000) serta Meerkhan *et.al.* (2016) menjelaskan lebih lanjut bahwa kerentanan airtanah tidak dapat diidentifikasi secara langsung di lapangan, tetapi mengharuskan kompilasi beberapa data tergantung pada metode yang digunakan. Tujuan utama dari pemetaan kerentanan airtanah adalah untuk menunjukkan zona-zona yang memiliki karakteristik akuifer yang menyebabkan airtanah mudah mengalami pencemaran, sehingga nantinya dapat mendapatkan prioritas pengelolaan dan penanganan dalam pencegahan kerusakan kualitas airtanah akibat masuknya kontaminan (Daly dan Warren, 1998; Gemitzi *et.al.*, 2006; Pisinaras *et.al.* 2016).

Salah satu metode yang biasa digunakan dalam analisis kerentanan airtanah adalah Metode GOD. Metode GOD adalah metode analisis cepat untuk penentuan kerentanan airtanah (Abdelmadjid dan Omar, 2013). Metode GOD dikembangkan oleh Foster tahun 1987 dan direvisi kembali tahun 1998 (Ferreira dan Oliviera, 2004). Metode GOD menentukan tingkat kerentanan airtanah terhadap pencemaran berdasarkan pada tiga parameter, yakni keberadaan airtanah yang tergambarkan pada tipe akuifer, jenis batuan (litologi) penyusun akuifer, dan kedalaman muka airtanah (Foster, 1998)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode GOD. Parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerentanan airtanah terhadap pencemaran terdiri dari tipe akuifer (keberadaan airtanah), jenis batuan dan kedalaman muka airtanah. Data terkait dengan tipe akuifer dan jenis batuan diperoleh dari data bor dan data akuisisi metode geofisika, yakni *Electro-magnetic Very Low Frequency* (EM VLF) yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan penulis pada tahun 2015 (Cahyadi, 2015). Data kedalaman muka airtanah diperoleh dari survey lapangan dengan pengukuran pada titik-titik pengamatan (sumur atau titik pengeboran dengan bor tangan). Titik-titik pengamatan dan pengukuran kedalaman muka airtanah ditentukan dengan membuat grid berukuran 100 meter x 150 meter, sehingga diperoleh 22 titik pengukuran. Lokasi ini juga digunakan untuk melakukan pengambilan sampel air yang digunakan sebagai bahan validasi model kerentanan yang akan dibuat. Secara sederhana penilaian tingkat kerentanan airtanah dengan menggunakan metode GOD ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 2. Metode GOD untuk Penentuan Tingkat Kerentanan Airtanah Terhadap Pencemaran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis yang dilakukan oleh Cahyadi (2015) terhadap data EM VLF dan data bor di lokasi kajian menunjukkan bahwa tipe akuifer di lokasi kajian terdiri atas dua tipe, yakni tipe akuifer bebas pada kedalaman 0 meter sampai dengan 33 meter, dan tipe akuifer tertekan yang terdapat pada lapisan sekitar 20 meter sampai dengan 42 meter. Keduanya dibatasi oleh lapisan lempung yang memiliki ketebalan dan kedalaman yang bervariasi. Namun demikian, hasil kajian menunjukkan bahwa airtanah tawar dan payau (yang dapat dimanfaatkan) hanya terdapat pada akuifer bebas. Selain itu, pemanfaatan airtanah di lokasi kajian oleh masyarakat hanya dilakukan pada airtanah yang terletak pada akuifer bebas (Cahyadi dkk., 2013c; Cahyadi dan Tivianton, 2013). Berdasarkan hal tersebut, maka kajian ini membatasi hanya untuk lapisan akuifer bebas, sedangkan lapisan akuifer tertekan tidak dianalisis kerentanannya.

Pulau pramuka adalah pulau koral yang terbentuk atas endapan bioklastik yang terbentuk kala holosen. Material berupa pasir halus sampai dengan kasar dengan tipe lepas-lepas. Selain itu, masih banyak ditemukan sisa-sisa hewan karang yang menyebabkan permeabilitas material penyusun akuifer tidak tertekan di Pulau Koral Pramuka menjadi tinggi. Hal ini menyebabkan potensi masuknya bahan pencemar menjadi tinggi (Vrba dan Zaporozec, 1994). Dalam penelitian ini, jenis material ini disamakan nilainya dengan material koluvial karena kemiripan sifat.

Kedalaman muka airtanah di lokasi kajian mulai dari 0,2 meter di pinggiran pantai sampai dengan 1,6 meter di bagian tengah pulau koral. Hal ini berarti bahwa kelas kedalaman muka airtanah masuk dalam kategori sangat dangkal. Kondisi ini tidak lepas dari morfologi pulau yang sangat datar, dengan ketinggian maksimum hanya 2 meter di atas permukaan laut.

Nilai kerentanan airtanah di Pulau Koral Pramuka disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai tipe akuifer 1,0, nilai material penyusun akuifer sebesar 0,8 dan nilai kedalaman muka airtanah adalah sebesar 1,0. Berdasarkan hal tersebut maka nilai kerentanan airtanah di lokasi kajian memiliki nilai 0,8 dan masuk dalam kategori kerentanan ekstrem. Nilai tersebut menunjukkan bahwa airtanah di lokasi kajian sangat mudah mengalami pencemaran oleh polutan. Kondisi ekstrem ini terjadi karena ketiga parameter penyusun kerentanan dalam metode GOD memiliki skor tinggi. Artinya semua parameter menyumbang tingginya tingkat kerentanan airtanah di lokasi kajian.

Tabel 1. Nilai Kerentanan Airtanah di Pulau Koral pramuka

No	Parameter	Jenis/Kelas	Skor
1	Tipe Akuifer/Keberadaan Airtanah	Akuifer Tidak Tertekan	1,0
2	Material Penyusun Akuifer	Pasir Halus-Kasar dengan Rombakan Bioklastik	0,8
3	Kedalaman Muka Airtanah	< 2 meter	1,0
Nilai Kerentanan Total			0,8

Sumber: hasil Analisis Data

Hasil analisis kualitas air (ditentukan berdasarkan kandungan *Fecal colli*) menunjukkan bahwa 19 sampel dari total 22 sampel yang diambil melebihi baku mutu (Tabel 2.). Tiga sampel yang menunjukkan nilai *Fecal colli* nihil terletak pada area tutupan lahan hutan, sedangkan 19 sampel yang mengandung *Fecal colli* terletak pada permukiman. Hal ini berarti ketiadaan *Fecal colli* lebih disebabkan karena penutup lahan. Berdasarkan hal tersebut, maka berarti kerentanan airtanah terhadap kontaminan di Pulau Koral Pramuka memang ekstrem dan harus mendapatkan perhatian yang serius untuk menjaga keberlanjutan pemanfaatan airtanah dari sisi kualitas.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air

No Sampel	Kandungan <i>Fecal colli</i>	Penggunaan Lahan	Status Kualitas
1	10	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
2	86	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
3	7	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
4	Nihil	Hutan	Sesuai Baku Mutu
5	Nihil	Hutan	Sesuai Baku Mutu
6	Nihil	Hutan	Sesuai Baku Mutu
7	4	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
8	4	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
9	22	Permukiman	Melebihi Baku Mutu

Lanjutan Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air

No Sampel	Kandungan <i>Fecal colli</i>	Penggunaan Lahan	Status Kualitas
10	23	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
11	24	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
12	24	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
13	24	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
14	24	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
15	8	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
16	21	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
17	29	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
18	21	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
19	29	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
20	32	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
21	22	Permukiman	Melebihi Baku Mutu
22	20	Permukiman	Melebihi Baku Mutu

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium dan Analisis Data

KESIMPULAN

Hasil penilaian kerentanan airtanah terhadap kontaminan dengan metode GOD di Pulau Koral Pramuka menunjukkan bahwa skor kerentanan sebesar 0,8. Berdasarkan nilai tersebut maka diketahui bahwa tingkat kerentanan airtanah terhadap kontaminan di lokasi kajian pada tingkat kerentanan ekstrem. Ketiga parameter penyusun tingkat kerentanan yakni tipe akuifer, jenis material penyusun akuifer dan kedalaman muka airtanah menyumbang nilai yang sangat tinggi terhadap nilai kerentanan di lokasi kajian.

SARAN

Terkait dengan pengelolaan kualitas airtanah, pemerintah harus segera membangun instalasi pengolahan limbah cair dan instalasi pengolahan limbah padat. Selain itu, dengan jumlah air yang terbatas perlu dibuat instalasi desalinasi atau reverse osmosis dengan kapasitas yang cukup. Dalam jangka pendek, penguatan kelancaran distribusi barang khususnya air kemasan dan galon harus menjadi prioritas untuk menjaga ketahanan dan ketersediaan air bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmadjid, B. dan Omar, S. 2013. Assessment of Groundwater Pollution by Nitrates Using Intrinsic Vulnerability Methods: A Case Study of the Nil Valley Groundwater (Jijel, North-East Algeria). *African Journal of Environmental Science and Technology*, 7 (10): 949 – 960.
- Albinet, M. dan Margat, J. 1970. Cartographie de la Vulnérabilité à la Pollution des Nappes d'eau Souterraine. *Bull. BRGM*, 2: 13 – 22.
- Aller, L.; Bennet, T.; Lehr, J.H.; dan Petty, R.J. 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrologic Settings. dalam Robert, S. (Ed.) *Technical Report; U.S. EPA Report, 600/2-87/035*. Kerr Environmental Research Laboratory.
- Cahyadi, A.; Dipayana, G.A.; Rahmat, P.N. dan Hartoyo, F.A. 2011. Pemetaan Kerentanan Airtanah dan Peranannya dalam Perencanaan Pengembangan Permukiman (Studi Kasus Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul). *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kehidupan Masyarakat yang Madani dan Lestari*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Cahyadi, A. 2012. Permasalahan Sumberdaya Air di Pulau Karang Sangat Kecil (Studi Kasus di Pulau Pramuka, Kabupaten Kepulauan Seribu, DKI Jakarta). *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Semarang: Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Cahyadi, A. dan Tivianto, T.A. 2013. Persepsi Masyarakat Terhadap Pemanenan Air Hujan dan Dampaknya Terhadap Ketahanan Sumberdaya Air di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. dalam Marfai, M.A. dan Widyastuti, M. 2013. *Pengelolaan Lingkungan Zamrud Khatulistiwa*. Yogyakarta: Buku Pintal.
- Cahyadi, A.; Ayuningtyas, E.A. dan Prabawa, B.A. 2013a. Urgensi Pengelolaan Sanitasi dalam Upaya Konservasi Sumberdaya Air di Kawasan Karst Gunungsewu, Kabupaten Gunungkidul. *Indonesian Journal of Concervation*, 2 (1): 23—32.
- Cahyadi, A.; Marfai, M.A.; Tivianton, T.A.; Wulandari dan Hidayat, W. 2013b. Analisis Distribusi Salinitas Airtanah di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Pendayagunaan Informasi Geospasial untuk Optimalisasi Otonomi Daerah*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Cahyadi, A.; Hidayat, W. dan Wulandari. 2013c. Adaptasi Masyarakat Terhadap Keterbatasan Sumberdaya Air di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Penelitian Kesejahteraan Sosial*, 12 (2): 207 – 213.
- Cahyadi, A. 2015. Analisis Potensi Sumberdaya Air Pulau koral Sangat Kecil (Studi Kasus di Pulau Koral Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta). *Tesis*. Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS), Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

**Makalah ini saya submit ke Buletin Geomaritim Parangtritis yang Diterbitkan Oleh
Parangtritis Geomaritime Science Park, Volume 2, Edisi Juni 2017**

- Cahyadi, A.; Adji, T.N. dan Marfai, M.A. 2015. Analisis Evolusi Hidrogeokimia Airtanah di Pulau Koral Pramuka, Kepulauan Seribu. Prosiding Seminar Nasional Geografi. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Cahyadi, A.; Adji, T.N. dan Marfai, M.A. 2016. *Uji Akurasi Aplikasi Electromagnetic Very Low Frequency (EM VLF) untuk Analisis Potensi Airtanah di Pulau Sangat Kecil*. Prosiding Seminar Nasional Ke-2 dalam Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Daly, D. dan Warren, W.P. 1998. *Mapping Groundwater Vulnerability: The Irish Perspective*. Dublin, Ireland: Geological Survey of Ireland.
- Ferreira, J.P.L. dan Oliveira, M.M. 2004. Groundwater Vulnerability Assessment in Portugal. *Geofísica Internacional*, 43(4): 541 - 550.
- Foster, S.S.D. 1998. Groundwater recharge and pollution vulnerability of British aquifers: a critical review. dalam: Robins, N.S. (Ed.) *Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability (Special Publications of Geological Society, London)*, 130: 7 - 22.
- Gabler, R.E.; Petersen, J.F. dan Trapaso, L.M. 2007. *Essentials of Physical Geography, Eighth Edition*. Belmont, Canada: Thomson Brooks.
- Gemitzi, A.; Petalas, C.; Tsihrintzis, V.; dan Pisinaras, V. 2006. Assessment of Groundwater Vulnerability to Pollution: A combination of GIS, Fuzzy Logic and Decision Making Techniques. *Environ. Geol.* 49: 653 – 673.
- Gogu, R.C. dan Dassargues, A. 2000. Current Trends and Future Challenges in Groundwater Vulnerability Assessment Using Overlay and Index Methods. *Environmental Geology*, 39(6): 549 – 559.
- Meerkhan, H.; Teixeira, J.; Marques, J.E.; Afonso, M.J. dan Chaminé, H.I. 2016. Delineating Groundwater Vulnerability and Protection Zone Mapping in Fractured Rock Masses: Focus on the DISCO Index. *Water*, 8: 1 – 20.
- Pisinaras, V.; Polychronis, C. dan Gemitzi, A. 2016. Intrinsic groundwater vulnerability determination at the aquifer scale: A methodology coupling travel time estimation and rating methods. *Environ. Earth Sci.*, 75: 85.
- Purnama, S.; Febriarta, E.; Cahyadi, A.; Khakhim, N.; Ismangil, L. dan Prihatno, H. 2013. Analisis Karakteristik Akuifer Berdasarkan Pendugaan Geolistrik di Pesisir Kabupaten Cilacap Jawa Tengah. *Jurnal Geografi*, 11: 155-165.
- Riyanto, I.A. dan Cahyadi, A. 2016. Pendugaan Keberadaan Airtanah Asin di Sebagian Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional II Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Magister Pengelolaan Pesisir dan daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.

**Makalah ini saya submit ke Buletin Geomaritim Parangtritis yang Diterbitkan Oleh
Parangtritis Geomaritime Science Park, Volume 2, Edisi Juni 2017**

- Suprayogi, S.; Purnama, S.; Agniy, R.F. dan Cahyadi, A. 2016. Potensi Airtanah Statis di daerah Tangkapan Air Goa Pindul Kabupaten Gunungkidul. *Prosiding Seminar Nasional Geografi Lingkungan*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Todd, D.K. dan Mays, L.W. 2005. *Ground Water Hydrology*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Vrba, J. dan Zaporozec, A. 1994. *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability*. Hannover: International Association of Hydrogeologist.