



## Analisis Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran di Pulau Koral Sangat Kecil dengan Menggunakan Metode GOD

Ahmad Cahyadi\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

### INFO ARTIKEL

#### Sejarah Artikel

Dikirim Desember 2018

Diterima Januari 2019

Terbit Januari 2019

#### Kata Kunci:

airtanah; metode GOD;  
kerentanan; pulau koral;  
pulau sangat kecil

### Abstrak

Air tanah 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 coli yang menunjukkan sebagian besar sampel melebihi baku mutu airtanah.

### Abstract

Groundwater has a very important role in meeting water needs on a very small island. Management of groundwater resources is important so that the sustainable use of groundwater can be achieved. One important foundation of groundwater management is the analysis of groundwater vulnerability. This study tried to analyze groundwater in Pramuka Cay, Kepulauan Seribu Regency, DKI Jakarta. The method used in this study is GOD method. The data used in the classification of groundwater classes against pollution is the type of aquifer, type of rock (lithology) and depth of groundwater table. In addition, also analyzed the content of fecal coli in groundwater to validate the results of the analysis of groundwater assessments that have been carried out. The analysis shows that Pramuka Cay has extreme groundwater vulnerability. This is in accordance with the results of the analysis of fecal coli content which shows that most samples exceed groundwater quality standards.

© 2019 The Authors. Published by UNNES. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

### PENDAHULUAN

Pulau sangat kecil adalah pulau dengan luasan kurang dari 100 km<sup>2</sup>. Jumlah pulau sangat kecil di Indonesia >90% (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). Pembentukan pulau ini sangat terkait dengan perkembangan terumbu karang. Pulau jenis ini biasanya menempati *atoll* atau *patch reef*.

\* E-mail : [ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id](mailto:ahmadcahyadi@geo.ugm.ac.id)

Address : Bulaksumur, Caturtunggal, Kec. Depok,  
Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

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.

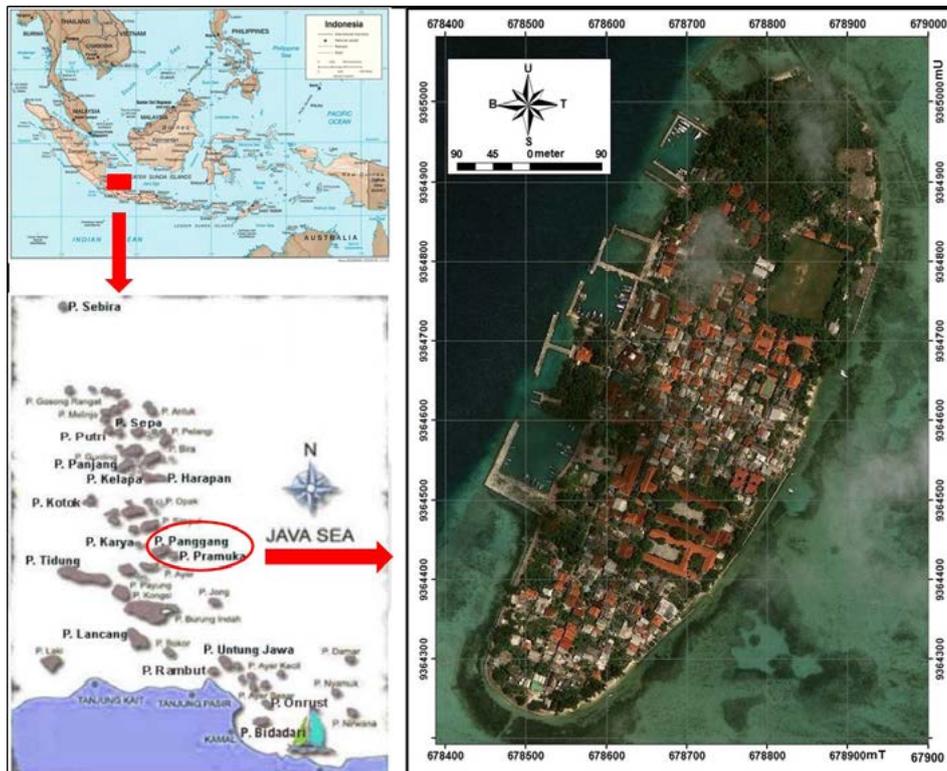
Pulau Koral Pramuka yang terletak di Kepulauan Seribu, DKI Jakarta adalah salah satu contoh pulau koral sangat kecil. Luas total pulau koral ini hanya sekitar 16 hektar (Gambar 1). Namun demikian, pulau koral ini memiliki fungsi strategis sebagai ibu kota kabupaten sekaligus sebagai pusat kegiatan ekonomi, 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 (Ghazavi dan Ebrahimi, 2015). Salah satu bentuk upaya penyelamatan sumberdaya airtanah adalah melakukan analisis kerentanan airtanah (Gogu dan Dassargues, 2000; Oni dkk., 2017; Maria, 2017; Oroji, 2018). 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, je-



**Gambar 1.** Lokasi Pulau Koral Pramuka

nis akuifer yang terbentuk serta penutup/penggunaan lahan di atasnya.

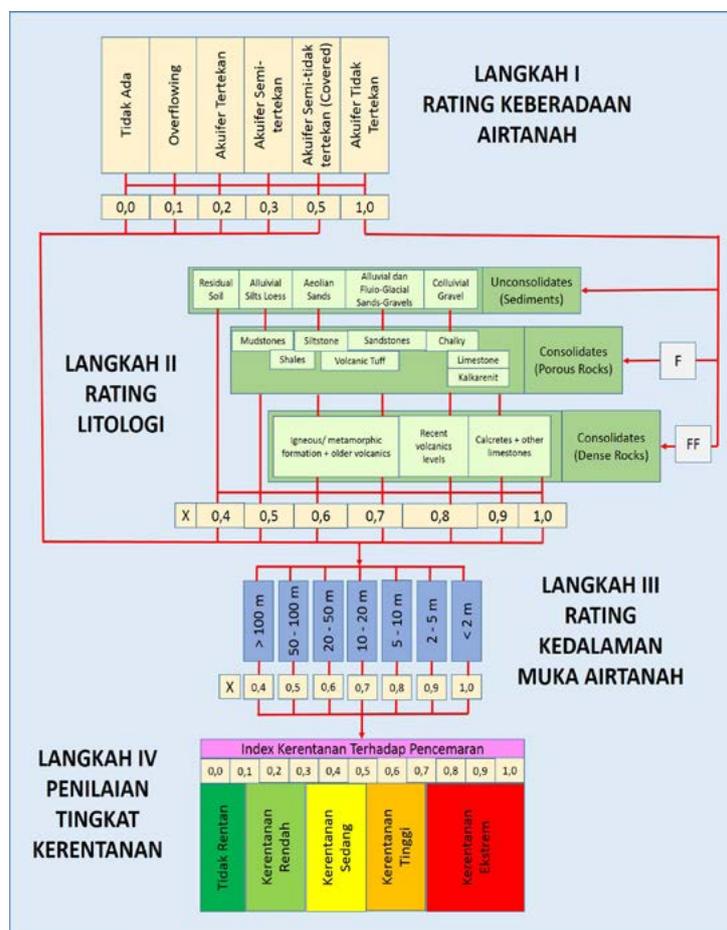
Terminologi kerentanan airtanah pertama kali muncul pada tahun 1970-an dan digunakan secara luas pada tahun 1980an (Albinet *et.al.*, 1970; Aller *et.al.*, 1987, dan Meerkhan *et.al.*, 2016). Gogu dan Dassargues (2000) serta Meerkhan *et.al.* (2016) menjelaskan lebih lanjut bahwa kerentanan airtanah 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).

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode GOD. 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 tergambar pada tipe akuifer, jenis batuan (litologi) penyusun akuifer, dan kedalaman muka airtanah (Foster, 1998).

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



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

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.

**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., 2013; 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 koluviyal karena kemiripan sifat.

Kedalaman muka airtanah di lokasi kajian mulai dari 0,2 meter di pinggir 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.

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

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air

No Sampel	Kandungan <i>Fecal coli</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
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

Nilai kerentanan airtanah di Pulau Koral Pramuka disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa bilai 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.

Hasil analisis kualitas air (ditentukan berdasarkan kandungan *Fecal coli*) menunjukkan bahwa 19 sampel dari total 22 sampel yang diambil melebihi baku mutu (Tabel 2.). Tiga sampel yang menunjukkan nilai *Fecal coli* nihil terletak pada area tutupan lahan hutan, sedangkan 19 sampel yang mengandung *Fecal coli* terletak pada permukiman. Hal ini berarti ketiadaan *Fecal coli* 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.

## 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. Penggunaan lahan sangat berpengaruh terhadap pencemaran airtanah. Kualitas airtanah pada penggunaan lahan hutan lebih baik dibandingkan dengan kualitas airtanah pada penggunaan lahan permukiman.

## 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. 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.; Hidayat, W. dan Wulandari. 2013. Adaptasi Masyarakat Terhadap Keterbatasan Sumberdaya Air di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, DKI Jakarta. *Jurnal Penelitian Kesejahteraan Sosial*, 12 (2): 207 – 213.
- 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. 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.
- 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. *Geofisica 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.

- Gazhavi, R. dan Ebrahimi, Z. 2015. Assessing Groundwater Vulnerability to Contamination in an Arid Environment using DRASTIC and GOD Models. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12: 2.909 – 2.918.
- 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.
- Maria, R. 2017. Comparative Studies of Groundwater Vulnerability Assessment. *Earth and Environmental Science*, 118: 1-6.
- 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.
- Oni, T.E.; Omosuyi, G.O. dan Akinlalu, A.A. 2017. Groundwater Vulnerability Assessment using Hydrogeologic and Geoelectric Layer Susceptibility Indexing at Igbara Oke, Shouthwestern Nigeria. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 6(2): 452-458.
- Oroji, B. 2018. Assessing Groundwater Vulnerability by Pollution Mapping in Iran: Case Study Hamadan-Bahar Plain. *Geofisica Internacional*, 57(3): 161-174.
- 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.
- 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.