IDENTIFIKASI TINGKAT KERENTANAN AKUIFER TERHADAP PENCEMARAN DI KECAMATAN SUMOBITO KABUPATEN JOMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE GOD

Hari Siswoyo^{1,*}

¹Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur 65145

*email korespondensi: hari_siswoyo@ub.ac.id

ABSTRAK

Bahaya pencemaran terhadap potensi air tanah yang dimanfaatkan sebagai sumber air irigasi perlu diantisipasi agar tidak mengakibatkan degradasi kualitas air tanah. Langkah awal dalam tindakan antisipasi tersebut adalah dengan cara identifikasi tingkat kerentanan akuifer terhadap bahaya pencemaran. Identifikasi tingkat kerentanan akuifer terhadap pencemaran dapat dilakukan dengan menggunakan metode GOD berdasarkan jenis akuifer, litologi lapisan pembatas akuifer, dan kedalaman akuifer. Berdasarkan analisis dengan menggunakan metode GOD dapat dinyatakan bahwa di lokasi kajian tingkat kerentanan akuifer terkekang terhadap bahaya pencemaran dapat diabaikan dan tingkat kerentanan akuifer semi terkekang terhadap bahaya pencemaran adalah rendah.

Kata-kata kunci: akuifer; air tanah; kerentanan; metode GOD; pencemaran

PENDAHULUAN

Kecamatan Sumobito merupakan salah satu kecamatan di wilayah Kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur dengan luas 47,47 km² dan terdiri dari 21 desa. Penggunaan lahan terluas di wilayah kecamatan tersebut adalah berupa sawah yang mencapai 67% dari total luas wilayah kecamatan. Hasil pertanian di daerah tersebut adalah padi, jagung, kedelai, dan tebu (Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang, 2017). Kecamatan Sumobito adalah salah satu daerah di Kabupaten Jombang yang mengalami surplus tinggi dalam produksi pangan dan dalam kategori kecamatan tahan pangan (Wulandari, 2016).

Keberhasilan pembangunan dalam bidang pertanian di Kecamatan Sumobito tidak terlepas dari keberadaan sistem irigasi yang baik. Selain dipasok oleh air permukaan, pada saat musim kemarau wilayah tersebut juga mendapat pasokan air irigasi dari air tanah melalui sumur-sumur produksi. Sumur-sumur produksi tersebut pada umumnya memanfaatkan potensi air tanah dalam pada akuifer terkekang dan akuifer semi terkekang. Untuk mengantisipasi terjadinya pencemaran air tanah akibat aktivitas domestik, pertanian, maupun industri, maka langkah awal yang perlu dilakukan adalah identifikasi tingkat kerentanan akuifer terhadap pencemaran. Hal ini diperlukan sebagai dasar dalam tindakan pencegahan terhadap terjadinya pencemaran air tanah.

Identifikasi tingkat kerentanan akuifer terhadap pencemaran dapat dilakukan dengan menggunakan Metode GOD. Metode GOD digunakan untuk menentukan nilai indeks GOD berdasarkan 3 parameter yaitu jenis akuifer (*Groundwater confinement*), litologi lapisan pembatas atas akuifer (*Overlying strata*), dan kedalaman muka air tanah untuk akuifer bebas atau kedalaman sampai dengan lapisan terdapatnya air tanah untuk akuifer terkekang atau semi terkekang (*Depth to groundwater table or strike*). Berdasarkan nilai indeks GOD dapat ditentukan tingkat kerentanan akuifer terhadap pencemaran. Metode ini memiliki kesederhanaan dalam hal konsep dan aplikasinya, dan telah diuji coba secara meluas untuk pengukuran kerentanan akuifer terhadap pencemaran di Amerika Latin dan Karibia selama tahun 1990-an (Foster *et al.*, 2007). Metode ini telah digunakan dalam sejumlah penelitian oleh para peneliti terdahulu di berbagai negara untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan akuifer (Fernandes *et al.*, 2014; Gad *et al.*, 2015; Hastuti dkk., 2016; Falowo *et al.*, 2017; Knouz *et al.*, 2017; Olojoku *et al.*, 2017).

Tujuan kajian ini adalah untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan akuifer (akuifer terkekang dan akuifer semi terkekang) terhadap pencemaran di lokasi kajian dengan menggunakan metode GOD. Hasil kajian ilmiah ini diharapkan dapat menjadi salah satu pedoman teknis dalam upaya menjaga kelestarian potensi air tanah di lokasi kajian sehingga dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sebagai sumber air irigasi.

METODE

Lokasi Kajian

Lokasi kajian ilmiah ini adalah di Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur. Contoh yang digunakan dalam kajian ini adalah 20 sumur produksi pada akuifer terkekang dan akuifer semi terkekang dengan variasi kedalaman 50 – 123 m di bawah permukaan tanah yang tersebar di wilayah Kecamatan Sumobito. Peta lokasi kajian dan sebaran contoh ditunjukkan dalam **Gambar 1** di bawah ini.

Gambar 1. Peta lokasi kajian dan sebaran contoh

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam kajian ini antara lain meliputi: *Global Positioning System (GPS)* merk Garmin 60 digunakan untuk menentukan koordinat lokasi contoh-contoh sumur produksi di lapangan. Bahan yang diperlukan di dalam kajian ini meliputi: peta rupabumi dan log litologi sumur produksi. Peta Rupabumi Indonesia skala 1:25.000 yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional sebanyak 4 lembar (1508-343 Mojoagung, 1508-344 Soko, 1508-621 Kesamben, dan 1508-622 Mojokerto) digunakan sebagai peta dasar untuk menentukan batasan lokasi kajian, pengeplotan lokasi contoh sumur produksi, dan penggambaran peta sebaran tingkat kerentanan akuifer. Data log litologi sumur produksi (diperoleh dari Kegiatan Pendayagunaan Air Tanah BBWS Brantas) digunakan sebagai dasar untuk menentukan jenis akuifer, jenis formasi batuan (litologi), dan kedalaman akuifer di lokasi kajian.

Prosedur Kerja

Identifikasi tingkat kerentanan akuifer terhadap pencemaran di lokasi kajian dilakukan berdasarkan berdasarkan tahapan sebagai berikut (Foster *et al.*, 2007):

1. Mengidentifikasi jenis akuifer (nilai indeks G), dengan nilai indeks 0,0 – 1,0.
2. Mendeskripsikan lapisan yang berada di atas lapisan akuifer berdasarkan tingkat konsolidasi dan jenis litologi (nilai indeks O), dengan nilai indeks 0,4 – 1,0. Parameter O yang mewakili kondisi litologi ditentukan secara tertimbang dari litologi yang berbeda.

3. Mengestimasi kedalaman muka air tanah untuk akuifer bebas atau kedalaman akuifer teratas untuk akuifer terkekang dan semi terkekang (nilai indeks D), dengan nilai indeks 0,6 – 1,0.

Bagan sistem evaluasi kerentanan akuifer terhadap pencemaran dengan metode GOD seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2** di bawah ini.

Gambar 2. Sistem GOD untuk evaluasi kerentanan akuifer terhadap pencemaran (Foster *et al.*, 2007)

Nilai indeks GOD merupakan perkalian antara nilai indeks G, nilai indeks O, dan nilai indeks D. Interpretasi tingkat kerentanan air tanah dilakukan berdasarkan nilai indeks GOD seperti ditunjukkan dalam **Tabel 1** di bawah ini.

Tabel 1. Tingkat kerentanan air tanah berdasarkan indeks GOD (Foster *et al.*, 2007)

Indeks GOD	Tingkat kerentanan	Definisi
0,7 - 1,0	Ekstrim	Rentan terhadap sebagian besar pencemar air dengan dampak cepat dalam berbagai skenario pencemaran
0,5 - 0,7	Tinggi	Rentan terhadap banyak pencemar dalam banyak skenario pencemaran
0,3 - 0,5	Sedang	Rentan terhadap beberapa polutan tetapi hanya ketika dibuang secara terus menerus
0,1 - 0,3	Rendah	Hanya rentan terhadap pencemar konservatif dalam jangka panjang ketika dibuang secara meluas dan terus menerus
0,0 - 0,1	Dapat diabaikan	Terbatas pada tempat tanpa aliran air tanah vertikal (kebocoran) yang signifikan

Pemetaan sebaran spasial nilai indeks kerentanan air tanah di lokasi kajian dilakukan dengan cara menginterpolasi data koordinat lokasi titik contoh yang dipetakan dan nilai indeks yang dipetakan dari tiap titik contoh yang tidak beraturan ke dalam grid dengan jarak teratur. Pembuatan grid dilakukan dengan menggunakan Metode Kriging untuk mengestimasi besarnya nilai yang mewakili suatu titik tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel yang berada di sekitarnya dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut (Awali dkk., 2013; Golden Software Inc., 2002).

HASIL DAN DISKUSI

Identifikasi keterdapatan air tanah dilakukan terhadap akuifer terkekang dan akuifer semi terkekang. Akuifer terkekang memiliki lapisan pembatas atas dan bawah berupa akuiklud, sedangkan

akuifer semi terkekang memiliki lapisan pembatas atas berupa akuitar. Akuiklud merupakan suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang kedap air dengan nilai konduktivitas hidraulik yang sangat kecil sehingga tidak memungkinkan air melewatinya. Akuitar adalah suatu lapisan, formasi, atau kelompok formasi satuan geologi yang kedap air dengan nilai konduktivitas hidraulik yang kecil namun masih memungkinkan air melewati lapisan ini walaupun dengan gerakan yang lambat (Kodoatie, 1996). Lapisan yang dapat diidentifikasi sebagai akuiklud adalah lempung sampai dengan lanau (Sosrodarsono dan Takeda, 1987), sedangkan untuk lanau sampai dengan pasir halus merupakan lapisan akuitar (Kodoatie, 2012).

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode GOD terhadap contoh log litologi sumur produksi, didapatkan nilai indeks GOD untuk akuifer terkekang berkisar 0,077 – 0,098 dengan tingkat kerentanan dapat diabaikan ($< 0,1$) dan untuk akuifer semi terkekang berkisar 0,186 – 0,216 dengan tingkat kerentanan rendah (0,1 – 0,3). Nilai indeks GOD dan tingkat kerentanan akuifer di lokasi kajian seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2** di bawah ini.

Tabel 2. Tingkat kerentanan akuifer di lokasi kajian

No.	Nama Sumur	Desa	Koordinat Lokasi	Akuifer Terkekang		Akuifer Semi Terkekang	
				Indeks GOD	Tingkat Kerentanan	Indeks GOD	Tingkat Kerentanan
1	SDJB 584	Segodorejo	7°32'14,2" LS; 112°20'06,4" BT	0,093	Dapat diabaikan	---	---
2	SDJB 199	Plemahan	7°33'26,9" LS; 112°19'52,1" BT	0,090	Dapat diabaikan	---	---
3	SDJB 202	Palrejo	7°33'30,6" LS; 112°19'19,2" BT	0,079	Dapat diabaikan	---	---
4	SDJB 453	Menturo	7°30'30,5" LS; 112°19'07,1" BT	0,085	Dapat diabaikan	---	---
5	SDJB 454	Plosokerep	7°32'39,6" LS; 112°17'16,9" BT	0,079	Dapat diabaikan	---	---
6	SDJB 455	Brudu	7°32'48,6" LS; 112°18'40,0" BT	0,097	Dapat diabaikan	---	---
7	SDJB 490	Madiopuro	7°30'11,8" LS; 112°20'18,2" BT	0,089	Dapat diabaikan	---	---
8	SDJB 507	Plemahan	7°33'02,7" LS; 112°20'11,1" BT	0,098	Dapat diabaikan	---	---
9	SMJB 300	Kedungpapar	7°32'16,0" LS; 112°20'20,5" BT	0,078	Dapat diabaikan	0,186	Rendah
10	SMJB 302	Segodorejo	7°31'10,1" LS; 112°20'12,1" BT	0,095	Dapat diabaikan	0,206	Rendah
11	SMJB 304	Brudu	7°32'36,2" LS; 112°19'06,1" BT	0,093	Dapat diabaikan	---	---
12	SMJB 305	Sebani	7°31'04,5" LS; 112°19'19,9" BT	---	---	---	---
13	SMJB 315	Kendalsari	7°29'26,2" LS; 112°21'32,8" BT	0,091	Dapat diabaikan	---	---
14	SMJB 317	Kendalsari	7°29'33,6" LS; 112°21'43,9" BT	0,092	Dapat diabaikan	0,196	Rendah
15	SMJB 321	Segodorejo	7°31'42,6" LS; 112°19'44,2" BT	---	---	0,204	Rendah
16	SMJB 326	Plemahan	7°33'19,3" LS; 112°19'38,5" BT	---	---	0,192	Rendah
17	SMJB 384	Bakalan	7°30'10,9" LS; 112°19'38,3" BT	0,093	Dapat diabaikan	---	---
18	SMJB 385	Trawasan	7°31'19,5" LS; 112°17'47,7" BT	0,079	Dapat diabaikan	---	---
19	SMJB 386	Nglele	7°32'11,9" LS; 112°17'54,4" BT	0,096	Dapat diabaikan	0,216	Rendah
20	SMJB 393	Gedangan	7°29'54,6" LS; 112°18'30,8" BT	0,077	Dapat diabaikan	---	---

Tingkat kerentanan terhadap pencemaran bagi akuifer terkekang di lokasi kajian dapat diabaikan (nilai indeks GOD $< 0,1$), sedangkan akuifer semi terkekang memiliki tingkat kerentanan yang rendah (nilai indeks GOD 0,1 – 0,3). Tingkat kerentanan akuifer terkekang diidentifikasi berdasarkan keberadaan akuifer terkekang teratas dari 17 contoh sumur produksi. Sementara itu, untuk tingkat kerentanan akuifer semi terkekang diidentifikasi berdasarkan sumur-sumur produksi yang memanfaatkan potensi air tanah dari akuifer semi terkekang (SMJB 321 dan SMJB 326) dan keberadaan akuifer semi terkekang di atas akuifer terkekang seperti pada sumur produksi SMJB 300, SMJB 302, SMJB 317, dan SMJB 386. Contoh sumur SMJB 305 tidak diidentifikasi tingkat kerentanannya karena keberadaan potensi air tanah yang dimanfaatkan tidak memenuhi definisi akuifer terkekang maupun semi terkekang. Keberadaan akuiklud yang merupakan batas akuifer terkekang pada sumur tersebut berada di kedalaman 60 m yaitu pada dasar sumur produksi (kedalaman 61 m).

Tingkat kerentanan akuifer terkekang terhadap pencemaran di lokasi kajian dapat diabaikan karena akuifer tersebut memiliki batas atas lapisan kedap air (*impermeable layer*). Keberadaan lapisan kedap air atau disebut juga akuiklud dengan kelulusan air mendekati nol membuat aliran air tanah tidak dapat menembus lapisan tersebut (Kodoatie, 1996) sehingga pencemar sulit untuk menembus masuk ke dalam akuifer terkekang. Sementara itu, untuk akuifer semi terkekang yang memiliki batas atas berupa akuitar dengan kelulusan air yang kecil (Kodoatie, 1996) juga membuat pencemar sulit untuk menembus ke dalam akuifer semi terkekang sehingga memiliki tingkat kerentanan yang rendah. Namun demikian, kelas kerentanan akuifer yang dapat diabaikan masih tetap harus diwaspadai apabila ada aliran air tanah vertikal (kebocoran) yang signifikan pada lapisan pembatas. Untuk kelas kerentanan yang rendah, juga memiliki

kemungkinan tercemar terhadap pencemar konservatif dalam jangka panjang ketika dibuang secara meluas dan terus menerus (Foster *et al.*, 2007).

Hasil yang didapatkan dalam kajian ini dimana secara umum akuifer terkekang memiliki tingkat kerentanan yang dapat diabaikan dan akuifer semi terkekang memiliki tingkat kerentanan yang rendah sejalan dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Hastuti dkk. (2016) menganalisis kerentanan air tanah terhadap pencemaran di dataran alluvial Kota Semarang pada akuifer bebas dan semi terkekang. Berdasarkan hasil analisis tersebut dinyatakan bahwa pada akuifer bebas memiliki tingkat kerentanan sedang sampai dengan tinggi, sedangkan pada akuifer semi terkekang memiliki tingkat kerentanan rendah. Olojoku *et al.* (2017) mengidentifikasi tingkat kerentanan akuifer bebas pada daerah pedesaan di Northcentral Nigeria, dimana tingkat kerentanan akuifer di daerah tersebut berkisar 0,49 – 0,56 dengan mayoritas (95%) tingkat kerentanan akuifernya tinggi. Tingkat kerentanan akuifer yang tinggi pada umumnya pada daerah-daerah dengan jenis akuifer bebas atau memiliki muka air tanah yang dangkal (Fernandes *et al.*, 2014; Falowo *et al.*, 2017; Knouz *et al.*, 2017). Secara umum dapat dinyatakan bahwa sumber daya air tanah yang berada pada akuifer terkekang maupun akuifer semi terkekang lebih aman terhadap potensi bahaya pencemaran. Sebaran tingkat kerentanan akuifer di lokasi kajian ditunjukkan dalam **Gambar 3**.

Gambar 3. Sebaran tingkat kerentanan akuifer di lokasi kajian

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi tingkat kerentanan akuifer terhadap pencemaran di lokasi kajian menggunakan metode GOD, dapat disimpulkan bahwa nilai indeks GOD untuk akuifer terkekang adalah <0,1 dan nilai indeks GOD untuk akuifer semi terkekang berkisar 0,1 – 0,3. Tingkat kerentanan terhadap pencemaran untuk akuifer terkekang dapat diabaikan sedangkan untuk akuifer semi terkekang memiliki tingkat kerentanan yang rendah. Untuk mencegah terjadinya pencemaran air tanah pada akuifer semi terkekang di lokasi kajian, maka disarankan agar tidak dilakukan pembuangan limbah yang dapat mengakibatkan pencemaran air tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Awali, A.A., Yasin, H., dan Rahmawati, R. 2013. Estimasi Kandungan Hasil Tambang Menggunakan Ordinary Indicator Kriging. *Jurnal Gaussian*, 2(1): 1–10.

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang. 2017. *Kecamatan Sumobito Dalam Angka 2017*. Jombang: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang.
- Falowo, O.O., Akindureni, Y., and Ojo, O. 2017. Groundwater Assessment and Its Intrinsic Vulnerability Studies Using Aquifer Vulnerability Index and GOD Methods. *International Journal of Energy and Environmental Science*, 2(5): 103–116. doi: 10.11648/j.ijees.20170205.13
- Fernandes, L.F.S., Cardoso, L.V.R.Q., Pacheco, F.A.L., Leitão, S., and Moura, J.P. 2014. DRASTIC and GOD vulnerability maps of the Cabril River Basin, Portugal. *Revista Escola de Minas*, 67(2): 133–142.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D’Elia, M., and Paris, M. 2007. *Groundwater Quality Protection*, 2nd printing. Washington, D.C.: The World Bank. ISBN 0-8213-4951-1.
- Gad, M.I., El-Kammar, M.M., and Ismail, H.M.G. 2015. Groundwater Vulnerability Assessment Using Different Overlay and Index Methods for Quaternary Aquifer of Wadi El-Tumilat, East Delta, Egypt. *Asian Review of Environmental and Earth Sciences*, 2(1): 9–22.
- Golden Software, Inc. 2002. *Surfer–User’s Guide, Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers*. Colorado: Golden Software, Inc.
- Hastuti, D., Yulianto, T., dan Putranto, T.T. 2016. Analisis Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran di Dataran Alluvial Kota Semarang Menggunakan Metode GOD dengan Memanfaatkan Data Resistivitas dan Data Hidrogeologi. *Youngster Physics Journal*, 5(4): 277–290.
- Knouz, N., Bachaoui, E., and Boudhar, A. 2017. Cartography of intrinsic aquifer vulnerability to pollution using GOD method: Case study Beni Amir groundwater, Tadla, Morocco. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 8(3): 1046–1053.
- Kodoatie, R.J. 1996. *Pengantar Hidrogeologi*. Yogyakarta: Andi.
- Kodoatie, R.J. 2012. *Tata Ruang Air Tanah*. Yogyakarta: Andi.
- Olojoku, I.K., Modreck, G., Adeyinka, O.S., and Adebayo, Y.M. 2017. Vulnerability Assessment of Shallow Aquifer Hand-Dug Wells in Rural Parts of Northcentral Nigeria using AVI and GOD Methods. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 18(1): 325–333.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 1987. *Hidrologi untuk Pengairan, Cetakan keenam*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wulandari, M. 2016. Analisis Tingkat Ketahanan Pangan Terhadap Kerawanan Pangan di Kabupaten Jombang Tahun 2015. *Publikasi Ilmiah*, Sumber: <http://eprints.ums.ac.id/47093/24/NASKAH%20PUBLIKASI-MEI.pdf> [30 Maret 2018]