



PENILAIAN KERENTANAN AIR TANAH TERHADAP PENCEMARAN MENGGUNAKAN METODE AVI PADA CEKUNGAN AIR TANAH KARANGANYAR-BOYOLALI

Kurnia Dewi Mulyani^{1*}

¹Universitas Prisma/ Departemen Geologi/ Geofisika/ Jl. Pomorouw No. 113, Kel. Tikala Baru, Kec. Tikala, Manado, Sulawesi Utara

Corresponding author: e-mail: kurniadewimulyani@gmail.com

ABSTRAK

Tingginya jumlah industri merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran air tanah. Oleh karena itu perlu dilakukan perlindungan air tanah, salah satu upaya perlindungan air tanah adalah melakukan penilaian kerentanan air tanah. Lokasi penelitian berada pada Cekungan Air Tanah (CAT) Karanganyar-Boyolali merupakan cekungan air tanah yang mencakup 7 Kabupaten 1 Kota yang terdiri dari Kabupaten Boyolali, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Semarang, Sragen, Karanganyar, dan Kota Surakarta. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data data bor, data geolistrik, dan data konduktivitas hidraulis. Metode AVI (*Aquifer Vulnerability Index*) merupakan salah satu metode yang dapat dilakukan untuk penilaian kerentanan dengan mempertimbangkan kondisi geologi berupa tebal jenis batuan dan nilai konduktivitas atau kemampuan batuan dalam mengalirkan air tanah dari batuan penutup akuifer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran memiliki rentang sangat rendah, rendah, menengah, tinggi, dan sangat tinggi

Kata kunci: Kerentanan, air tanah, AVI, CAT Karanganyar-Boyolali

PENDAHULUAN

CAT Karanganyar-Boyolali merupakan cekungan air tanah yang mencakup 7 Kabupaten dan 1 Kota yang meliputi Kabupaten Boyolali, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Semarang, Sragen, Karanganyar, dan Kota Surakarta. Berdasarkan data BPS Jumlah industri total sekitar 6.194.870 jiwa yang tersebar pada Kabupaten Boyolali 119 unit (BPS Kabupaten Boyolali 2021 [1]), Kabupaten Sragen 18.716 unit (BPS Kabupaten Sragen 2016 [4]), Kabupaten Klaten 34.628 unit (BPS Kabupaten Klaten 2016 [2]), Kota Surakarta 90 unit (BPS Kota Surakarta, 2020 [5]), Kabupaten Sukoharjo 17.054 (BPS Kabupaten Sukoharjo 2016 [6]), Kabupaten, Wonogiri 12 unit (BPS Kabupaten Wonogiri 2016 [7]), Kabupaten Karanganyar 16.662 unit (BPS Kabupaten Karanganyar 2016[3]).

Jumlah industri yang tinggi merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi terjadinya pencemaran air tanah. Air tanah merupakan sumber daya alam yang sangat penting untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Oleh karena itu perlunya perlindungan air tanah dengan melakukan penelitian tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan

metode AVI (Stempvoort dkk., 1993 [10]). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui parameter dominan yang mempengaruhi tingkat kerentanan dan persebaran tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran pada CAT Karanganyar-Boyolali. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi upaya perlindungan air tanah pada CAT Karanganyar-Boyolali.

METODE

Penilaian kerentanan air tanah terhadap pencemaran menggunakan metode AVI. Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari data bor, data geolistrik, data nilai konduktivitas hidraulis.

Data sumur bor dan geolistrik diperoleh dari instansi pemerintah yang berhubungan dengan pencarian dan pemanfaatan airtanah, meliputi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), PAMSIMAS, Dinas ESDM dan jurnal. Data sekunder yang digunakan untuk penelitian berupa data sumur bor dan geolistrik yang berjumlah 50 titik, terdiri dari 28 data titik sumur bor dan 22 data titik geolistrik

Konduktivitas hidrolik yang digunakan dalam analisis penelitian metode AVI berasal dari referensi, parameter nilai konduktivitas sangat mempengaruhi hasil akhir tingkat kerentanan metode AVI, oleh karena itu nilai konduktivitas dari referensi harus memiliki kesamaan dengan kondisi geologi CAT Karanganyar - Boyolali. Peta geologi regional CAT Karanganyar – Boyolali [11] [12] menunjukkan formasi dominan berupa Formasi Gunungapi tak terpisahkan dan Formasi Aluvium, nilai konduktivitas hidrolik yang digunakan dalam penelitian ini telah disesuaikan dengan kondisi geologi CAT Karanganyar – Boyolali.

Pembuatan peta tingkat kerentanan airtanah terhadap pencemaran menggunakan software Arc GIS 10.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konduktivitas hidrolik

Penilaian kerentanan terhadap pencemaran metode AVI menggunakan dua parameter yaitu ketebalan setiap lapisan di atas akuifer dan konduktivitas hidrolik dari masing-masing lapisan di atas akuifer.

Pada cekungan airtanah Karanganyar - Boyolali, kondisi geologi bawah permukaan diketahui melalui data sumur bor dan geolistrik. Litologi yang terletak di atas akuifer terdiri dari soil, breksi, batulempung, batulempung pasiran dan batupasir. Berdasarkan nilai konduktivitas hidrolik dari referensi diinterpretasi bahwa semakin besar ukuran butir material sedimen maka nilai konduktivitas hidroliknya semakin besar dan sebaliknya semakin kecil ukuran material sedimen, maka nilai konduktivitas hidroliknya semakin kecil. Parameter konduktivitas hidrolik dipertimbangkan karena menentukan kemampuan sedimen dalam mengalirkan larutan. Berikut merupakan jenis batuan dan nilai konduktivitas hidrolik yang terdapat pada CAT Karanganyar - Boyolali yang digunakan dalam analisis metode AVI (Tabel 1).

Tabel 1 Perkiraan nilai konduktivitas hidrolik batuan di CAT Karanganyar - Boyolali.

Batuan	Konduktivitas hidrolik (m/hari)
Breksi [9]	3×10^{-1}
Batupasir tufan [9]	4×10^{-2}
Batupasir [8]	10^1
Batulempung pasiran [8]	10^{-5}
Batulempung [8]	10^{-6}

Ketebalan lapisan di atas akuifer

Ketebalan lapisan di atas akuifer merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerentanan airtanah terhadap pencemaran metode AVI. Berdasarkan unit litostratigrafi yang diketahui dari data log

pemboran dan geolistrik dapat diketahui bahwa lapisan batuan yang terdapat di atas akuifer pada CAT Karanganyar - Boyolali terdiri atas soil, tufa, batulempung, batulempung pasiran, batupasir dan breksi. Masing-masing lapisan tersebut memiliki ketebalan lapisan yang berbeda-beda (Tabel 2). Parameter ketebalan lapisan akuifer ini digunakan dalam perhitungan nilai daya tahan hidrolik (c).

Tabel 2 Jenis batuan di atas akuifer

SB/GL	Ketebalan (m)	Jenis Batuan di atas Akuifer
SB-9	1,34	soil
GL-95	10,32	soil
GL-46	2	soil
	4	batupasir
	1,65	batulempung pasiran
SB-34	1,19	soil
SB-23	0,99	soil
GL-57	4,29	soil
	7,87	breksi
	4,47	batupasir
GL-64	1,26	soil
	8,27	breksi
GL-107	2,83	batulempung
GL-116	6,08	batulempung
GL-121	4,64	batulempung
	4,65	batulempung pasiran
GL-71	7,26	batulempung pasiran
	3,26	batupasir
GL-139	15,92	batulempung
	7,4	batupasir
SB-38	5	batulempung pasiran
SB-31	5	batulempung pasiran
	6,37	batupasir
SB-26	1,1	soil
SB-25	4,58	soil
SB-27	1,1	soil
SB-32	4,85	soil
SB-28	8	soil
	1,16	breksi
SB-33	6,27	batulempung pasiran
SB-21	0,8	soil
	3,87	batupasir lempungan
SB-22	3,36	soil
SB-8	2,52	soil
SB-19	2,95	soil
SB-18	1,7	soil
SB-5	1,04	soil
SB-16	6,7	soil
SB-15	10	soil
	9,46	breksi
SB-14	3,69	soil
SB-36	5	soil
	2,83	breksi
GL-144	1,01	soil

	8,25	batulempung pasiran
GL-148	4	soil
	8,5	batupasir
GL-147	4	soil
	6,81	batupasir
GL-146	4	soil
	5,42	batupasir
GL-145	1,7	soil
SB-1	2,64	soil
	3,59	breksi
GL-91	9,51	soil
	1,12	breksi
GL-94	4,87	soil
	7,37	breksi
SB-37	5	soil
	11,37	breksi
GL-55	3,65	soil
	10,17	breksi
GL-127	8,46	batulempung
SB-35	5	soil
	0,98	batulempung pasiran
SB-24	1	soil
	4,8	batulempung pasiran
SB-17	6	soil
	1,45	breksi
GL-87	10,8	soil
GL-143	2,7	soil
SB-4	0,9	soil
SB-6	5,72	soil
SB-29	5	soil
	7	breksi

Peta persebaran data sumur bor dan data geolistrik dapat dilihat pada Gambar 1.

Daya tahan hidrolik (c)

Perhitungan nilai daya tahan hidrolik (c) dilakukan dengan cara melakukan operasi pembagian ketebalan lapisan dengan nilai konduktivitas hidrolik lapisan dari setiap lapisan batuan di atas akuifer.

Daya tahan hidrolik didefinisikan seperti persamaan (1) (Stempvoort dkk.,1993 [10]).

$$C = \sum_i d_i / K_i \quad (2.1)$$

Keterangan :

c = daya tahan hidrolik (years)

d_i = ketebalan setiap lapisan pelindung akuifer (m)

K_i = konduktivitas hidrolik setiap lapisan pelindung akuifer (m/hari)

Hasil dari perhitungan menghasilkan nilai daya tahan hidrolik dari setiap lapisan batuan di atas akuifer yang kemudian dijumlahkan, sehingga hasil akhir yang diperoleh berupa total nilai daya tahan hidrolik (c) dari tiap titik sumur bor atau titik geolistrik dalam satuan years (Tabel 3). Total nilai daya tahan hidrolik (c) tiap sumur bor atau geolistrik kemudian diinterpolasi menggunakan surfer dan dilakukan reclassify dengan software arc-gis, hasil akhir diperoleh berupa peta kerentanan airtanah terhadap pencemaran metode AVI.

Nilai daya tahan hidrolik dalam satuan tahun, dari data sumur bor, geolistrik dan titik bantu kemudian dilakukan interpolasi, untuk menghasilkan peta kerentanan airtanah terhadap pencemaran. Peta hasil penelitian metode AVI menunjukkan terdapat 5 tingkat kerentanan yaitu tingkat kerentanan sangat rendah, rendah, menengah, tinggi dan sangat tinggi. Nilai tingkat kerentanan sangat dipengaruhi oleh parameter metode AVI, parameter yang sangat mempengaruhi adalah nilai konduktivitas hidrolik (K), tingkat kerentanan tinggi berhubungan dengan nilai K yang besar, sedangkan tingkat kerentanan yang rendah berhubungan dengan nilai K kecil. Peta kerentanan airtanah terhadap pencemaran metode AVI (Gambar 2).

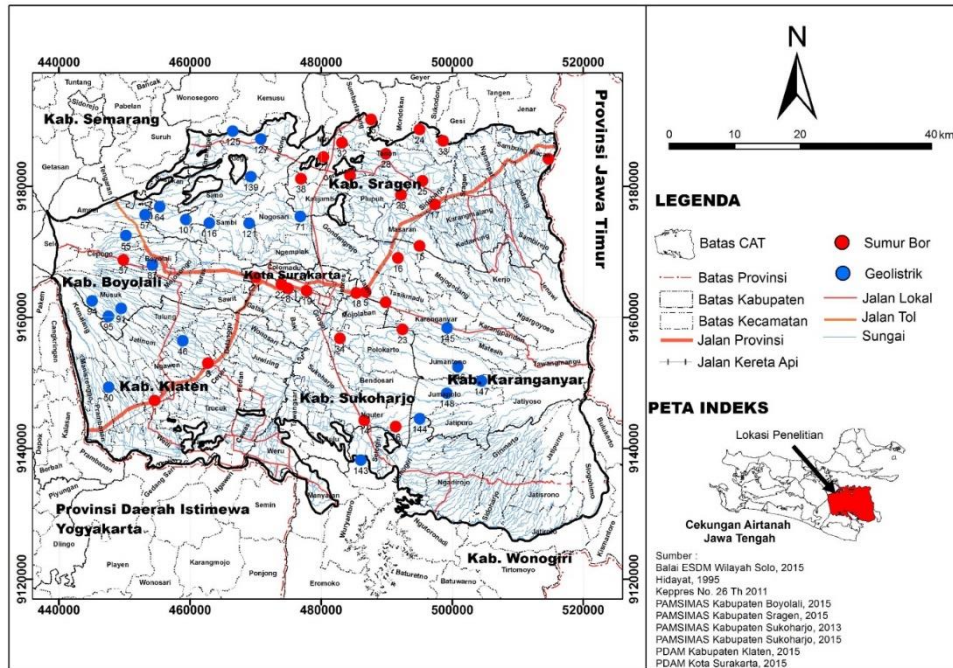
Tingkat kerentanan sangat rendah tersebar di bagian barat laut daerah penelitian pada Kabupaten Boyolali yang bertepatan tersusun oleh batulempung, batulempung pasiran dan soil. Tingkat kerentanan rendah tersebar di bagian barat laut daerah penelitian pada Kabupaten Boyolali yang bertepatan dengan kondisi geologi tersusun oleh batulempung pasiran, soil dan batupasir. Tingkat kerentanan menengah tersebar luas di timur laut dan barat laut daerah penelitian yang bertepatan dengan kondisi geologi tersusun oleh soil, batulempung pasiran dan batupasir. Tingkat kerentanan tinggi tersebar sedikit di bagian barat, timur dan utara daerah penelitian bertepatan dengan kondisi geologi tersusun oleh soil, breksi dan batupasir. Tingkat kerentanan sangat tinggi tersebar luas di bagian tengah, barat daya, tenggara dan timur laut daerah penelitian yang bertepatan kondisi geologinya tersusun oleh soil, batupasir dan breksi.

PENUTUP

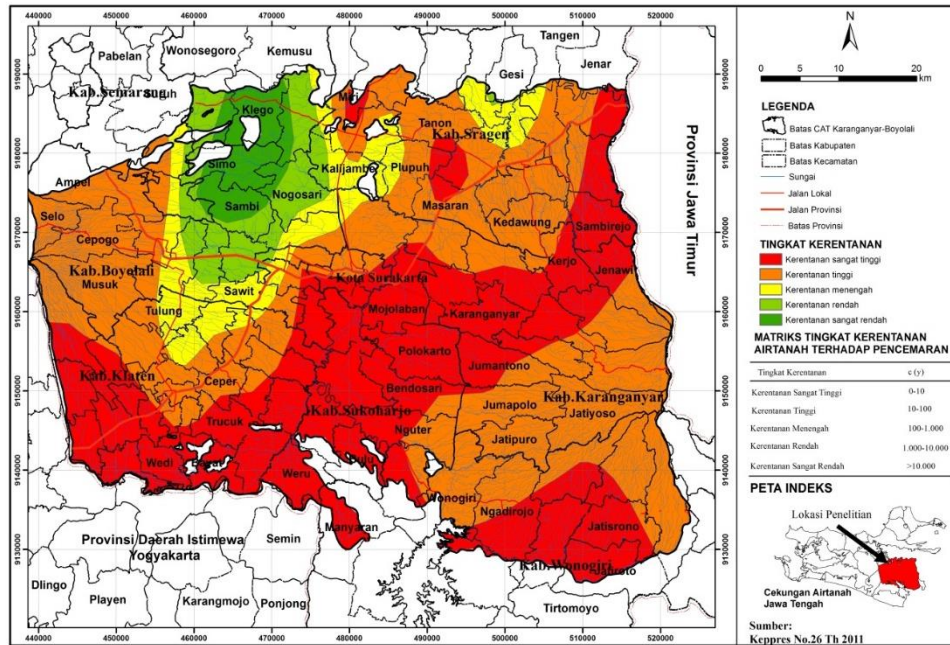
Kesimpulan

Parameter dominan yang sangat mempengaruhi tingkat kerentanan adalah nilai konduktivitas hidrolik (K). Tingkat kerentanan sangat rendah dan rendah dipengaruhi oleh lapisan penutup batulempung (K=10-6 m/hari). Tingkat kerentanan menengah mempunyai lapisan penutup batulempung pasiran K=10-5 m/hari. Tingkat kerentanan tinggi-sangat tinggi mempunyai lapisan penutup soil (K=10-3 m/hari).

Tingkat kerentanan airtanah terhadap pencemaran metode AVI terdiri dari tingkat kerentanan sangat rendah, rendah, menengah, tinggi, sangat tinggi.



Gambar 1. Peta persebaran data bor dan geolistrik pada CAT Karanganyar-Boyolali



Gambar 2. Peta tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran metode AVI

Saran

Daerah tingkat kerentanan sangat tinggi dapat dibangun sumur pantau untuk memantau secara berkala kualitas airtanah, pendataan industri dan pengawasan langsung oleh pemerintah mengenai proses pembuangan limbah industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih terhadap pihak-pihak yang membantu terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Boyolali, (2021) Jumlah Industri Besar dan Sedang Menurut Kecamatan di Kabupaten Boyolali. Diambil dari <https://boyolalikab.bps.go.id/statictable/2022/04/28/1410/jumlah-industri-besar-dan-sedang-menurut-kecamatan-di-kabupaten-boyolali-2021.html>

[2] Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Klaten, (2017), Perusahaan Industri dan Tenaga Kerja Menurut Kelompok Usaha Di Kabupaten Klaten Tahun 2017. Diambil dari <https://klatenkab.bps.go.id/statictable/2019/01/23/301/perusahaan-industri-dan-tenaga-kerja-menurut-kelompok-usaha-di-kabupaten-klaten-tahun-2017.html>

[3] Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Karanganyar, (2016), Jumlah Industri Besar, Tenaga Kerja dan Nilai Produksi menurut Kecamatan di Kabupaten Karanganyar, 2015. Diambil dari <https://karanganyarkab.bps.go.id/statictable/2017/01/12/85/jumlah-industri-besar-tenaga-kerja-dan-nilai-produksi-menurut-kecamatan-di-kabupaten-karanganyar-2015.html>

[4] Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sragen, 2016, Statistik Daerah Kabupaten Sragen : Badan Pusat Statistik. Diambil dari <https://sragenkab.bps.go.id/statictable/2016/12/02/259/jumlah-perusahaan-industri-unit-usaha-dan-tenaga-kerja-di-kabupaten-sragen-2015.html>

[5] Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surakarta, (2020), Statistik Daerah Kota Surakarta: Badan Pusat Statistik. <https://surakartakota.bps.go.id/publication/2021/06/08/c05a1eacdfd2d71c67aa4e84/direktori-industri-manufaktur-besar-dan-sedang-kota-surakarta-2020.html>

[6] Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sukoharjo, 2016, Jumlah Unit Usaha Industri Besar, Menengah dan Kecil di Kabupaten Sukoharjo menurut Golongan Industri <https://sukoharjokab.bps.go.id/statictable/2016/12/08/55/jumlah-unit-usaha-industri-besar-menengah-dan-kecil-di-kabupaten-sukoharjo-menurut-golongan-industri-2014---2015.html>

[7] Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Wonogiri, 2016, Jumlah Perusahaan, Tenaga Kerja, dan Nilai Produksi Menurut

Kecamatan di Kabupaten Wonogiri <https://wonogirikab.bps.go.id/statictable/2018/10/16/339/jumlah-perusahaan-tenaga-kerja-dan-nilai-produksi-menurut-kecamatan-di-kabupaten-wonogiri-2016.html>

[8] Freeze, R.A., & Cherry, J.A. (1979). Groundwater. New Jersey: Prentice Hall.

[9] Maria, R., (2008). Hidrogeologi dan Potensi Resapan Airtanah SubDas Cikapundung Bagian Tengah, Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Jilid 18 No.2 (2008) 21-30.

[10] Stempvoort, D.V., Ewert, L., dan Wassenaar, L., (1993). Aquifer Vulnerability Index: A Gis-Compatible Method for Groundwater Vulnerability Mapping, Canadian Water Resources Journal, 18.1, 25-37. Doi: 10.4296/cwrj1801025.

[11] Sukardi, dan Budhitrisna, T., 1992, Peta Geologi Lembar Salatiga, Jawa Tengah. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1:100.000.

[12] Surono, B.T, dan Sudarno I., 1992, Peta Geologi Lembar Surakarta-Girintontro, Jawa Tengah, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Skala 1:100.000.