

Kajian Kerentanan Airtanah di Cekungan Airtanah (CAT) Wates Kabupaten Kulon Progo

Tjahyo Nugroho Adji, Afifudin, Anggun Nurzahwa Haris, Atikah Nian Indrastuti, Dwiyanti Purwanto, Fachrurizal Sai Kintoro, Raka Adi Bagaskara, Relinda Dewi Astabella

Masuk: 15 12 2021 / Diterima: 23 04 2022 / Dipublikasi: 01 06 2022

Abstract This research was conducted to determine the level of groundwater vulnerability in the Wates groundwater basin (also known as Cekungan Air Tanah in Indonesian, or simply CAT) to pollution. CAT Wates has a total area of 152.67 m² and is located in the southern part of the Kulonprogo Regency. Groundwater vulnerability to pollution is influenced by geological characteristics, aquifers, and pollutant sources such as land use. The level of vulnerability is determined by the DRASTIC-LU calculation method using nine parameters through an overlay process. The parameters used in the vulnerability calculation are depth to the water table, net recharge, aquifer media, soil media, topography, impact to vadose zone, hydraulic conductivity, and land use. Secondary data from the literature and related institutes are used in the vulnerability calculation, and then the results are validated with nitrate contamination data in groundwater. CAT Wates is dominated by a moderate level of vulnerability, with an area of 11933,013 hectares or 79.68% of the total area of CAT Wates. The high vulnerability level is 11.66%, and the low vulnerability level is 8.67%. Areas with high vulnerability have shallow groundwater levels. They have land uses in the form of urban and semi-urban areas because urban and semi-urban areas produce domestic and industrial waste, while rice fields produce agricultural waste, which is a potential source of pollution. This condition has implications for the use of water. It should not be used massively for consumption needs in locations with high vulnerability. Water can still be used for other needs, such as irrigating plants.

Keywords: Groundwater; Groundwater Vulnerability; DRASTIC-LU

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran tingkat kerentanan airtanah di cekungan airtanah (CAT) Wates terhadap pencemaran. CAT Wates memiliki luas total sebesar 152,67 m² dan terletak di bagian Selatan Kabupaten Kulon Progo. Kerentanan airtanah terhadap pencemaran dipengaruhi oleh karakteristik geologi, akuifer, serta keterdapatannya sumber pencemar dilihat dari penggunaan lahan. Tingkat kerentanan ditentukan dengan metode perhitungan DRASTIC-LU menggunakan 9 parameter melalui proses overlay. Parameter yang digunakan dalam perhitungan kerentanan yaitu kedalaman muka airtanah, imbuhan, media akuifer, tanah, kemiringan lereng, zona tak jenuh, konduktivitas hidraulik, dan penggunaan lahan. Data sekunder dari literatur dan instansi terkait digunakan dalam perhitungan kerentanan, lalu hasil kerentanan divalidasi dengan data kualitas air pada parameter nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CAT Wates didominasi oleh tingkat kerentanan sedang dengan luas 11933,013 hektar atau dengan persentase 79,68 % dari keseluruhan luas CAT Wates. Tingkat kerentanan tinggi memiliki persentase 11,66 % dan tingkat kerentanan rendah memiliki persentase 8,67 %. Area dengan kerentanan tinggi memiliki kedalaman muka airtanah yang dangkal dan memiliki penggunaan lahan berupa area urban dan semi urban karena area urban dan semi urban yang menghasilkan limbah domestik dan limbah industri, sedangkan sawah menghasilkan limbah pertanian yang menjadi sumber pencemar potensial. Kondisi tersebut berimplikasi pada pemanfaatan air. Pada lokasi dengan kerentanan tinggi, sebaiknya tidak dimanfaatkan secara masif untuk kebutuhan konsumsi. Air masih dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan lain. Selain itu, perlindungan airtanah di lokasi kajian perlu ditingkatkan.

Kata kunci: Airtanah; Kerentanan Airtanah; DRASTIC-LU

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

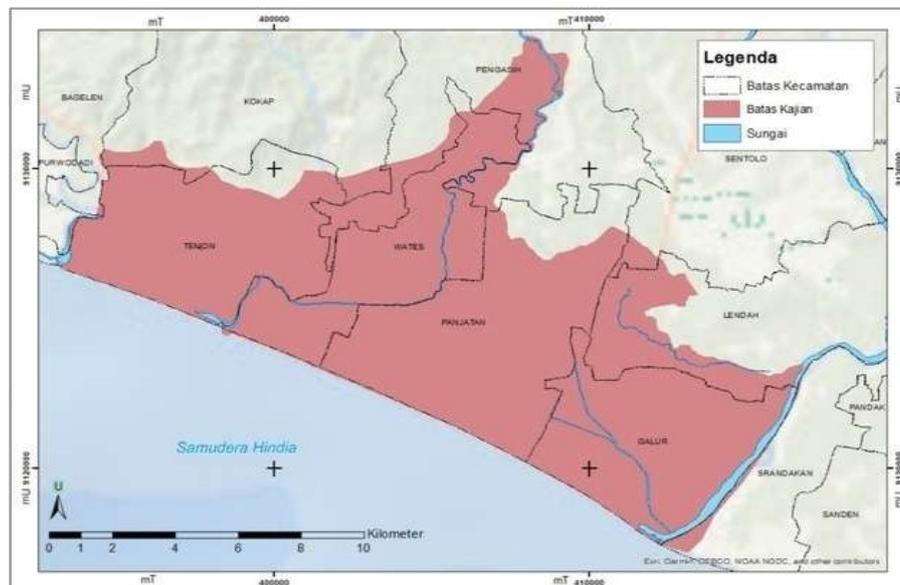
Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.



1. Pendahuluan

Airtanah merupakan sumber air utama yang berada di bawah permukaan tanah pada zona jenuh air (Kodoatie, 2003). Pemenuhan kebutuhan air untuk keperluan domestik maupun non domestik lebih banyak menggunakan airtanah dibandingkan air permukaan. Menurut Foster & Chilton (2003), airtanah merupakan sumber air tawar yang paling banyak dimanfaatkan di dunia. Penggunaan airtanah meningkat setiap tahunnya seiring

dengan perkembangan industri dan modernisasi. Salah satu contoh modernisasi di Kabupaten Kulon Progo adalah pembangunan Bandara New Yogyakarta International Airport (NYIA) pada tahun 2020. Pembangunan yang terjadi secara pesat beriringan dengan peningkatan penggunaan airtanah. Secara teori, aktivitas seperti ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas maupun kuantitas airtanah (Turner *et al.*, 2019).



Gambar 1. Peta Wilayah Kajian CAT Wates

Pencemaran airtanah merupakan tatanan kondisi airtanah yang berubah akibat aktivitas manusia maupun proses alam yang mengakibatkan mutu air turun sampai ke tingkat tertentu (Purtanto & Kusuma, 2009). Masuknya zat pencemar pada

aliran airtanah dapat diketahui dengan melakukan monitoring kualitas airtanah secara berkala ataupun mengukur kerentanan airtanah (Febriarta *et al.*, 2020). Kerentanan airtanah merupakan ukuran kondisi airtanah untuk mampu bertahan terhadap polusi atau kontaminan (pencemaran) dari permukaan tanah hingga mencapai muka airtanah atau lapisan akuifer (Harter, 2001). Konsep kerentanan airtanah mengasumsikan bahwa lingkungan fisik yang berupa lapisan

¹Tjahyo Nugroho Adji, Afifudin, Anggun Nurzahwa Haris, Atikah Nian Indrastuti, Dwiyantri Purwanto, Fachrurizal Sai Kintoro, Raka Adi Bagaskara, Relinda Dewi Astabella
¹Universitas Gadjah Mada, Indonesia

adji_tjahyo@ugm.ac.id

tanah dapat membantu melindungi area bawah permukaan dari pencemaran (Utami, 2019). Pengukuran kerentanan airtanah dapat menjadi tolak ukur dalam menjalani monitoring ataupun evaluasi sumberdaya air pada suatu wilayah.

Manajemen pemanfaatan sumberdaya airtanah perlu dilakukan agar pembangunan dapat terjadi secara berkelanjutan dengan menjaga sumberdaya airtanah tetap lestari dalam jangka panjang (Gorelick & Zheng, 2015). Pengukuran kerentanan dilakukan di Cekungan Air Tanah (CAT) Wates, yang secara administratif menjadi bagian dari Kabupaten Kulonprogo dan mencakup 8 kecamatan yang disajikan seperti pada Gambar 1. CAT Wates merupakan CAT nomor 110 yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 2 tahun 2017, dengan luasan sekitar 150 km².

Pembangunan Bandara NYIA berlokasi di Kecamatan Temon, juga berada di CAT Wates, memunculkan beragam permasalahan lingkungan sesuai dengan teori *Environment Kuznet's Curve* (Ozcan, 2019) di mana semakin majunya perekonomian maka semakin tinggi kemungkinan terjadi degradasi lingkungan. Alih fungsi lahan berupa penutupan permukaan tanah dan penggalian/pengeboran airtanah telah dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air yang berhubungan dengan aktivitas bandara (Purwanto *et al.*, 2015). Penelitian kerentanan di CAT Wates dilakukan untuk mengetahui kerentanan pencemaran sebagai indikator dari kualitas airtanah, sehingga dapat digunakan sebagai informasi pengelolaan sumberdaya airtanah demi

mengurangi risiko pencemaran di masa depan.

2. Metode

Penelitian dilakukan di Cekungan Airtanah Wates dengan luas 152,67 m². Cakupan CAT Wates meliputi delapan kecamatan di Kabupaten Kulon Progo, yaitu Temon, Wates, Panjatan, Galur, Lendah, Sentolo, Pengasih, dan Kokap. Letak CAT Wates berdasarkan koordinat UTM berada di 393082 - 417138 mT dan 9117555 - 9134403 mU. Sebelah utara CAT Wates berbatasan dengan Lendah, Sentolo, Pengasih, dan Kokap, sebelah barat berbatasan dengan Sungai Bogowonto, sebelah selatan berbatasan dengan Samudera Hindia, dan sebelah timur berbatasan dengan Sungai Progo.

Kondisi geologi berpengaruh terhadap penentuan batas CAT Wates. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Yogyakarta skala 1:100.000, CAT Wates disusun oleh dua formasi yaitu Endapan Aluvial (Qa) yang mendominasi lokasi penelitian dan Endapan Vulkanik Gunung Merapi Muda (Qmi) di bagian timur atau dataran banjir Sungai Progo. Kondisi geomorfologi yang mendominasi cekungan adalah dataran fluviomarin di bagian utara dan tengah. Sebelah utaranya merupakan beting gisik, kompleks gumukpasir dan swale, serta gisik pantai. Sementara itu, di sebelah timur, di bagian formasi Qmi, merupakan tanggul alam dan dataran banjir.

Analisis kerentanan airtanah yang dilakukan pada kajian ini adalah menggunakan metode DRASTIC-LU (Alam *et al.* 2012). Metode tersebut menekankan pada dampak penggunaan lahan terhadap kontaminasi airtanah

(Barbulescu, 2020). Menurut Alam et al. (2012), limbah pembuangan industri, pestisida, dan pupuk dapat menurunkan kualitas airtanah. Penurunan kualitas airtanah menyebabkan airtanah menjadi rentan. Parameter yang digunakan menghitung kerentanan serta klasifikasinya terdapat dalam Tabel 1. Semua parameter menggunakan data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait dan penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Klasifikasi dan Rating (nilai) Parameter DRASTIC

Parameter	Klasifikasi	Rating	Referensi
Kedalaman Muka Airtanah (D)	0 - 1,5	10	(Aller et al., 1987)
	1,5 - 3	9	
	3 - 9	7	
	9 - 15	5	
	15 - 22	3	
	22 - 30	2	
Imbuhan Airtanah (R)	>30	1	(Ribeiro, 2000 dalam Bartzas et al, 2015)
	<51	10	
	51 - 102	30	
	102 - 178	60	
	178 - 254	80	
Media Akuifer (A)	>254	90	(Aller et al., 1987)
	Shale masif	2	
	Metamorf/beku	3	
	Lapukan metamorf/beku	4	
	Batupasir, batugamping, dan shale	6	
	Batupasir masif	6	
	Batugamping masif	6	
	Pasir dan kerikil	8	
	Basal	9	
	Batugamping karst	10	
Tekstur Tanah (S)	Kerikil	10	(Aller et al., 1987)
	Pasir	9	
	Gambut	8	
	Agregat lempung	7	
	Geluh berpasir	6	
	Geluh	5	
	Geluh berdebu	4	
	Geluh berlempung	3	
	Muck	2	
Lempung non-agregat	1		
Kemiringan Lereng (T)	0 - 2	10	(Aller et al., 1987)
	2 - 6	9	
	6 - 12	5	
	12 - 18	3	
	>18	1	
Pengaruh Zona Tak Jenuh (I)	Lanau/lempung	1	(Aller et al., 1987)
	Shale	3	
	Batugamping/batupasir/batugamping berlapis	6	
	Shale dan kerikil dengan lanau	4	
	Pasir dan kerikil	8	

	Basal	9	
	Batugamping karst	10	
	0 - 0,86	1	
Konduktivitas	0,86 - 2,59	2	(Aller et al., 1987)
	2,59 - 6,05	4	
Hidrolik (C)	6,05 - 8,64	6	
	8,64 - 17,18	8	
	>17,18	10	

Sumber: Aller et al., 1987; Ribeiro, 2000 dalam Bartzas et al., 2015

Parameter yang menggunakan data dari penelitian sebelumnya meliputi kedalaman muka airtanah, media akuifer, tekstur tanah, pengaruh zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolik. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk peta sesuai klasifikasi dan rating menggunakan ArcGIS 10.5 untuk mengetahui distribusi spasialnya. Parameter yang menggunakan data dari instansi terkait meliputi imbuhan airtanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan. Imbuhan airtanah diperoleh dari pengolahan data sekunder curah hujan dan geologi. Data curah hujan berasal dari BBWS Serayu-Opak dan CHIRPS (*Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Data*) yang diinterpolasi menjadi hujan wilayah, lalu dilakukan overlay dengan data geologi yang diperoleh dari peta geologi lembar Yogyakarta. Sementara itu, kemiringan lereng diperoleh melalui pengolahan data DEM menggunakan *3D Analyst-Slope* dalam ArcGIS 10.5.

Parameter penggunaan lahan diperoleh melalui peta rupa bumi Indonesia yang diperbaharui dengan interpretasi Citra Sentinel-2. Pengolahan dilakukan menggunakan ArcGIS 10.5 untuk menghasilkan jenis penggunaan lahan. Setiap penggunaan lahan mempunyai *rating* yang terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Penggunaan Lahan

Area Pertanian		Area Buatan		Area Alami	
Klasifikasi	Nilai	Klasifikasi	Nilai	Klasifikasi	Nilai
Tanaman semusim, sawah	90	Industri penghasil limbah, area pembuangan sampah	100	Ekosistem perairan (rawa, laguna, zona pasang surut)	50
Tanaman permanen	70	Area tambang, galangan kapal, penambangan terbuka	80	Hutan dan zona semi alami	0
Area pertanian heterogen	50	Area perkotaan, bandara, pelabuhan, stasiun kereta api, area aktivitas industri dan komersial, ruang terbuka hijau	75	Badan perairan	0
Padang penggembalaan dan area agroforestri	50	Area semi urban	70		

Sumber: Ribeiro, 2000 dalam Bartzas et al., 2015

Kerentanan airtanah merupakan hasil dari overlay seluruh parameter. Indeks DRASTIC-LU mempunyai bobot seperti dalam Tabel 3 yang dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Indeks DRASTIC-LU} = D_{RD_w} + R_{RW} + A_{RA_w} + S_{RS_w} + T_{RT_w} + I_{RL_w} + C_{RC_w} + L_{RL_w} \quad (1)$$

Hasil kerentanan airtanah dibagi menjadi tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Untuk memperoleh ketiga kelas tersebut, perlu penerapan metode statistika menggunakan tabel frekuensi distribusi dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rentang} = X_{\text{maksimum}} - X_{\text{minimum}} \quad (2)$$

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Rentang}}{\text{Jumlah kelas}} \quad (3)$$

Analisis kerentanan airtanah memerlukan tahap validasi melalui proses analisis kualitas airtanah. Data kualitas air berupa data sekunder parameter nitrat (NO_3^-) yang diperoleh dari literatur. Validasi secara matriks dilakukan dengan membandingkan hasil uji kualitas air dengan hasil kerentanan airtanah. Klasifikasi konsentrasi nitrat terdiri atas tiga kelas berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan

Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, yaitu 0-5 mg/L (rendah), 5-10 mg/L (sedang), dan >10 mg/L (tinggi).

Tabel 3. Parameter DRASTIC-LU

Akronim	Parameter	Bobot
D	Kedalaman Muka Airtanah	5
R	Imbuhan Airtanah	4
A	Media Akuifer	3
S	Tekstur Tanah	2
T	Kemiringan Lereng	1
I	Pengaruh Zona Tak Jenuh	5
C	Konduktivitas Hidraulik	3
LU	Penggunaan Lahan	5

Sumber: Barbulescu, 2020

3. Hasil dan Pembahasan Parameter Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran

Kedalaman Muka Airtanah atau *Depth to Water Table* (D)

Kedalaman muka airtanah penting dalam penilaian kerentanan karena dapat memperlihatkan lama waktu polutan masuk dari permukaan

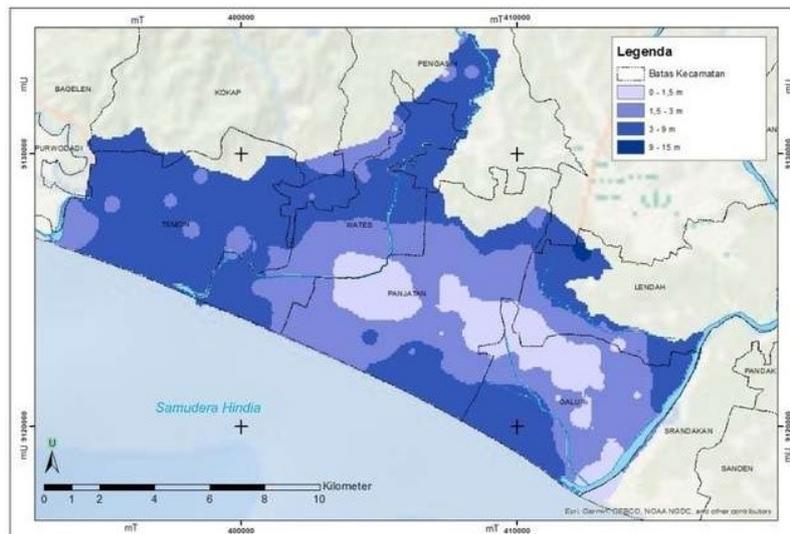
tanah hingga ke akuifer (Vrba & Zaporozec, 1994). Semakin dalam muka airtanah maka waktu yang dibutuhkan polutan mencapai *water tabel* akan semakin lama, sehingga kerentanan airtanah akan semakin kecil. Tabel 4 menunjukkan distribusi spasial kedalaman muka airtanah di CAT Wates yang sebagian besar berada di kedalaman 3 – 9 m seluas 7773,18 Ha tersebar hampir di seluruh CAT Wates khususnya pada satuan bentuklahan dataran fluvimarin yaitu bagian tengah ke barat cekungan. Kedalaman muka airtanah 0 – 1,5 m dan 1,5 – 3 m tersebar di sebagian tengah menuju timur cekungan hingga tanggul alam dan dataran banjir Sungai Progo. Wilayah pada kedalaman ini memiliki pasokan airtanah yang cukup akibat pengaruh dari aliran airtanah yang berasal dari Perbukitan Sentolo dan beberapa anak sungai dari Sungai Progo (Ahadiyah,

2020). Kedalaman 9 – 15 m memiliki luas paling kecil yaitu 33,55 Ha berada di bagian utara cekungan. Wilayah pada kedalaman ini termasuk daerah imbuan airtanah akibat pengaruh faktor topografi lokal yaitu landai hingga perbukitan yang berbatasan langsung dengan Perbukitan Sentolo (Ramadhika, 2016).

Tabel 4. Kedalaman Muka Airtanah

Kelas Kedalaman (m)	Luas (ha)	Persentase (%)	Sebaran
0 - 1,5	1993,51	12,99	Tanggul alam dan dataran banjir Sungai Progo
1,5 - 3	5545,78	36,14	Sungai Progo
3 - 9	7773,18	50,65	Dataran fluvimarin
9 - 15	33,55	0,22	Utara cekungan

Sumber : Olah Data, 2021



Gambar 1. Peta Kedalaman Muka Airtanah

Imbuan Airtanah atau *Net Recharge* (R)

Imbuan air tanah atau *Net Recharge* (R) dihasilkan dari presipitasi yang jatuh dan masuk ke dalam tanah

hingga mencapai akuifer (Kim & Hamm, 1999). Imbuhan airtanah ini menjadi salah satu parameter yang mempengaruhi kerentanan airtanah, karena dapat membawa bahan pencemar yang berasal dari atas permukaan tanah masuk hingga zona akuifer. Nilai curah hujan wilayah CAT Wates didapat dari hasil interpolasi isohyet metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) data hujan tahun 2000-2020 dari data stasiun di dalam maupun disekitar CAT Wates. Rentang curah hujan di CAT Wates berkisar 1.700-2000 mm/tahun. Hasil hujan wilayah kemudian di *overlay* dengan nilai koefisien imbuhan air tanah berdasarkan unit litologi atau perlapisan batuan. Formasi geologi yang dominan di CAT Wates berupa dataran aluvial dengan persentase luas sebesar 89.9%, sehingga luas unit litologi berupa sedimen lebih luas dibandingkan litologi vulkanik muda dari formasi endapan Gunung api Merapi Muda, seperti yang disajikan pada Tabel 5. Litologi vulkanik muda banyak ditemukan di sepanjang Sungai Progo yang membawa suplai

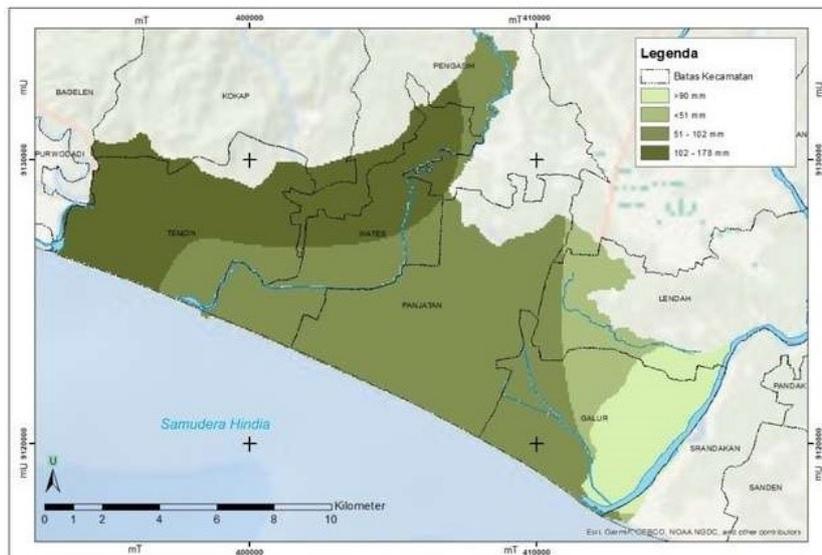
material dari Gunung Merapi yang masih bersifat aktif (Purwanto *et al.*, 2015).

Tabel 5. Koefisien Imbuhan Airtanah berdasarkan Perlapisan Batuan

Formasi Geologi	Unit Litologi	Luas (%)	Koefisien Imbuhan
Aluvial	Vulkanik Tua/ Sedimen	89.9%	25%
Endapan Gunung Api Merapi Muda	Vulkanik Muda	10.06 %	40%

Sumber : Olah Data, 2021

Hasil imbuhan airtanah CAT Wates dengan rentang nilai tertinggi sebesar 102-178 mm ditemukan pada bagian barat laut dari CAT Wates yang meliputi sebagian Kecamatan Temon, Wates, Pengasih, dan Kokap seperti pada Gambar 3. Hal ini disebabkan oleh besarnya nilai curah hujan di wilayah tersebut yakni sebesar 1.900 - 2000 mm/tahun. Letak wilayah dengan rentang nilai imbuhan tertinggi berada di sebelah kanan Kompleks Pegunungan Denudasional Menoreh-Gajah-ljo. Kompleks pegunungan inilah yang menjadi salah satu penyebab curah hujan tinggi akibat pembentukan hujan orografis yang sering terjadi.

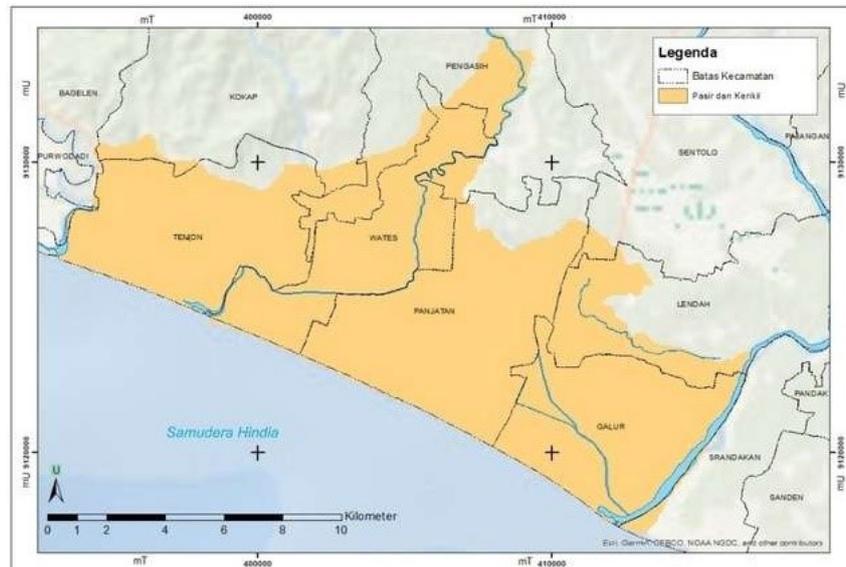


Gambar 2. Peta Imbuan Airtanah

Media Akuifer atau *Aquifer Thickness* (A)

Media akuifer menggambarkan jenis material yang menyusun lapisan akuifer. Akuifer sesuai dengan maknanya merupakan lapisan batuan yang terdapat di bawah permukaan tanah yang dapat menyimpan dan meloloskan air (Badan Standardisasi Nasional, 2005). Data jenis atau media akuifer didapatkan dari peta geologi lembar Yogyakarta, serta divalidasi dengan data bor dan geolistrik dari Mcdonald & Partners (1983). Media akuifer pada CAT Wates hanya terdiri dari satu jenis material yaitu berupa

pasir dan kerikil atau masuk dalam formasi wates seperti pada Gambar 4. Jenis akuifer berpengaruh pada kerentanan karena material akuifer yang memiliki tingkat meloloskan atau mengalirkan air yang tinggi akan lebih mudah tercemar. Jenis akuifer berupa pasir dan kerikil menurut Aller et al. (1987) diberi rating yang cukup besar yaitu 8, sehingga cukup rentan terhadap pencemaran. Tingkat permeabilitas dari material pasir dan kerikil sendiri berkisar 2,5 - 450 m/hari (Purnama, 2016), yang merupakan material dengan tingkat permeabilitas yang besar, sehingga rentan terhadap pencemaran.



Gambar 3. Peta Media Akuifer

Tekstur Tanah atau Soil Media (S)

Tekstur tanah termasuk parameter penting dalam analisis kerentanan airtanah. Tekstur tanah diperoleh melalui pengujian tekstur tanah yang mewakili lokasi kajian dan interpretasi peta jenis tanah serta formasi geologi. Tekstur tanah di CAT Wates terbagi menjadi geluh berlempung, geluh berpasir, dan pasir (Abdillah, 2018). Tabel 6 menunjukkan jenis tekstur pasir di CAT Wates dan luasannya. Tekstur pasir seluas 3297 Ha di bagian selatan CAT Wates atau area dekat pantai, terdapat pada bentuklahan gisik pantai, beting gisik, dan swale. Tekstur geluh berpasir sebagian besar terdapat pada bentuklahan Dataram fluviomarin dengan luas sebesar 10687 Ha, sedangkan tekstur geluh berlempung seluas 1363 Ha pada bentuk tanggul alam dan dataran banjir. Tekstur tanah

termasuk parameter dengan skor terkecil setelah kemiringan lereng. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tekstur tanah memiliki pengaruh yang cukup kecil terhadap kerentanan airtanah di suatu wilayah. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa tekstur tanah di CAT Wates didominasi oleh geluh berpasir, yaitu 69,64% dari area CAT Wates.

Tabel 6. Tekstur Tanah

Tekstur Tanah	Luas (ha)	Persentase (%)	Sebaran
Geluh berpasir	10687	69,64	Wates, Temon, Panjatan, Galur
Pasir	3297	21,48	Galur, Panjatan, dan Temon bagian selatan
Geluh berlempung	1363	8,88	Galur

Sumber : Olah Data, 2021



Gambar 4. Peta Tekstur Tanah

Kemiringan Lereng atau *Topography* (T)

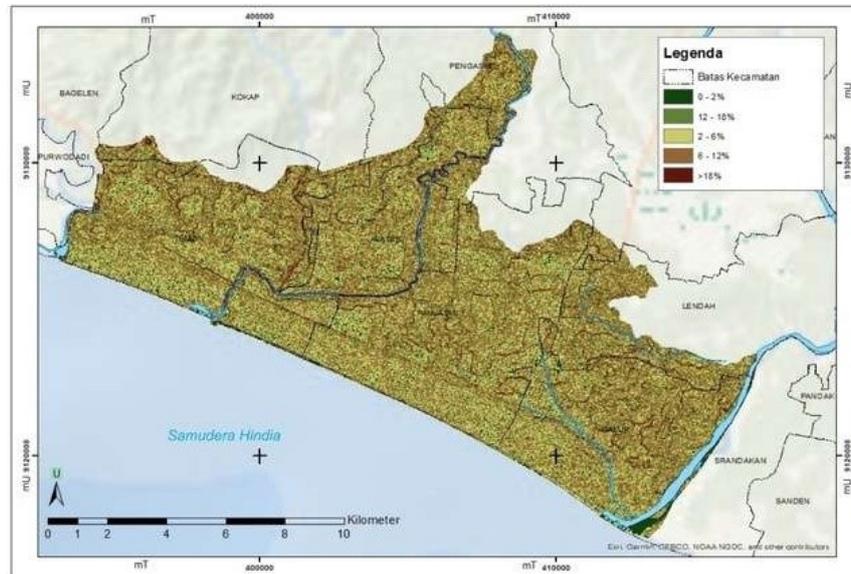
Kemiringan lereng memiliki bobot terendah dalam penilaian kerentanan airtanah. Kemiringan mempengaruhi proses limpasan dan infiltrasi air hujan yang dapat membawa polutan ke dalam tanah menuju ke akuifer. Tingkat kemiringan lereng yang semakin tinggi menyebabkan potensi limpasan semakin besar dan air yang masuk menuju tanah semakin kecil sehingga nilai kerentanan airtanah juga semakin rendah. Kemiringan lereng di CAT Wates terdiri dari lima kelas kelerengan seperti yang disajikan pada Tabel 7. Seperti yang terlihat pada Gambar 6, kemiringan lereng interval >2% seluas 1273,25 Ha tersebar di bagian selatan dan tengah CAT Wates dengan topografi landai yang merupakan bagian dari dataran aluvial dan pesisir. Kemiringan lereng 6 - 12 % seluas 5661,22 Ha tersebar di bagian utara CAT Wates dengan topografi

landai hingga berombak. Kemiringan lereng pada interval ini memiliki potensi kerentanan airtanah sedang karena limpasan permukaan cenderung lebih besar daripada air yang masuk ke dalam tanah. Secara umum tingkat kemiringan lereng dengan yang lebih besar berada di bagian utara ke barat CAT Wates yang dipengaruhi oleh topografi Perbukitan Sentolo.

Tabel 7. Kemiringan Lereng

Kemiringan Lereng %	Luas (ha)	Persentase (%)	Sebaran
0 - 2	1273,25	8,12	Bagian selatan dan tengah
2 - 6	6106,19	38,96	CAT Wates
6 - 12	5661,22	36,12	Utara CAT Wates
12 - 18	1762,54	11,25	Bagian utara ke barat
>18	869,82	5,55	CAT Wates

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 6. Peta Kemiringan Lereng

Pengaruh Zona Tak Jenuh atau *Impact of Vadoze Zone (I)*

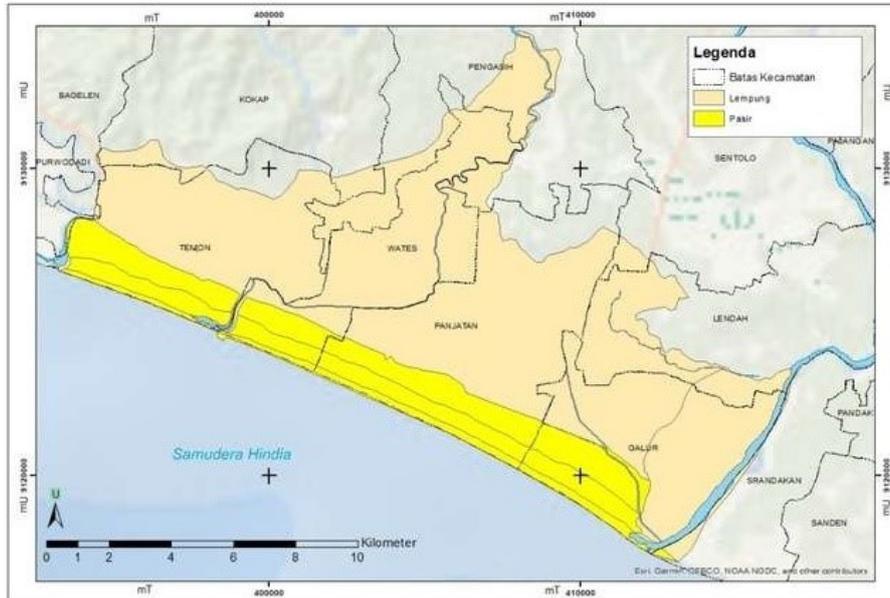
Zona tak jenuh merupakan lapisan yang berada di atas muka airtanah (water table). Pengaruh zona tak jenuh terhadap airtanah tergantung pada karakteristik lapisan akuifer dan topografi (Rachman, 2008; Machdar et al, 2017). Karakteristik material zona tak jenuh berpengaruh terhadap karakteristik atenuitas, panjang, jalur dan waktu suatu atenuitas dan banyaknya material dapat masuk ke dalam akuifer (Aljazzar, 2010). Berdasarkan analisis data bor ESDM (2016), diketahui bahwa material zona tak jenuh di CAT Wates dibedakan menjadi dua, yaitu pasir dan lempung. Material zona tak jenuh berupa pasir berada di bentuklahan beting gisik, gisik pantai, serta kompleks gumuk pasir dan

swale, sedangkan material tak jenuh berupa lempung berada pada bentuklahan dataran fluviomarin serta tanggul alam dan dataran banjir. Pasir memiliki skor lebih besar yaitu 8 dibandingkan lempung yang berskor 1, mengindikasikan bahwa pasir memiliki pengaruh lebih besar dalam kerentanan airtanah. Pasir memiliki permeabilitas tinggi sehingga memudahkan kontaminan memasuki akuifer. Luas dan persentase zona tak jenuh di CAT Wates disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Zona Tak Jenuh

Zona Tak Jenuh	Luas (ha)	Persentase (%)
Lempung	12112,73	78,86
Pasir	3247,06	21,14

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 7. Peta Pengaruh Zona Tak Jenuh

Konduktivitas Hidraulik Atau Conductivity (C)

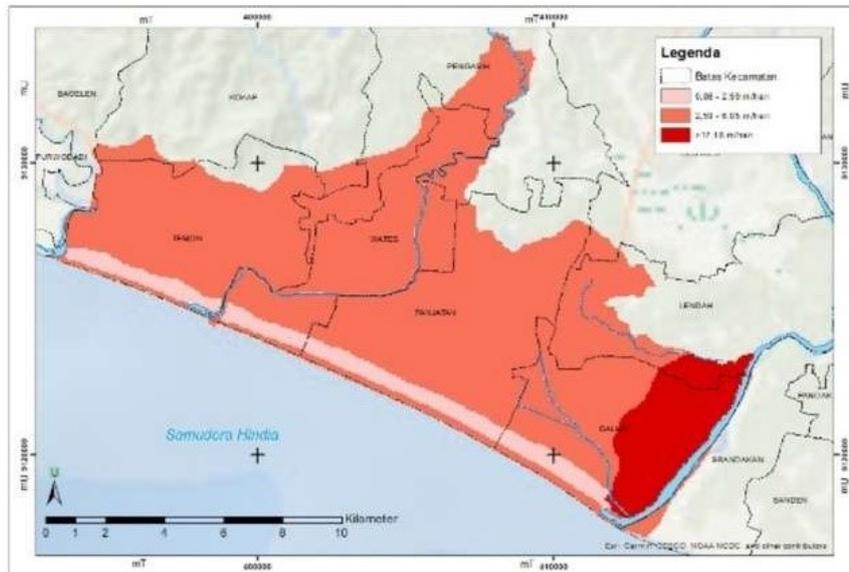
Sama seperti media akuifer, konduktivitas hidraulik mempunyai bobot 3 dalam penilaian kerentanan airtanah. Apabila media akuifer adalah jenis material penyusun akuifer, konduktivitas hidraulik didefinisikan sama seperti permeabilitas yaitu kemampuan material meloloskan air dengan satuan m/hari. Peningkatan nilai konduktivitas hidraulik menyebabkan kerentanan airtanah semakin tinggi karena beban pencemar mudah masuk ke airtanah. Konduktivitas hidraulik di CAT Wates terdiri atas tiga kelas (Gambar 8) yang didominasi nilai C dengan rentang 2,59 - 6,05 m/hari di

bentuklahan dataran fluviomarin, beting gisik, dan gisik pantai (Tabel 9). Nilai C tertinggi terdapat di tanggul alam dan dataran banjir, sedangkan terendah di kompleks gumukpasir dan swale.

Tabel 9. Konduktivitas Hidraulik

Bentuklahan	C (m/hari)	Rating (m)
Dataran fluviomarin	4,703	4
Beting gisik	5,796	4
Komplek gumukpasir dan swale	1,324	2
Gisik pantai	5,796	4
Tanggul alam dan dataran banjir	50,616	10

Sumber : Olah Data, 2021



Gambar 8. Peta Konduktivitas Hidraulik

Penggunaan Lahan atau *Land Use* (LU)

Penggunaan lahan merupakan salah satu parameter dalam penilaian kerentanan airtanah spesifik yang memiliki bobot lima (5), atau salah satu yang paling besar di antara parameter lainnya. Penggunaan lahan merupakan kenampakan permukaan bumi yang erat kaitannya dengan pemanfaatan untuk kebutuhan manusia, oleh karena itu parameter ini dianggap memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat pencemaran airtanah, seperti pencemaran nitrat, di suatu daerah. Karakteristik penggunaan lahan di CAT Wates sendiri menunjukkan delapan jenis penggunaan lahan yang dapat diidentifikasi berdasarkan klasifikasi Ribeiro (2000, dalam Bartzas et al., 2015). Penggunaan lahan yang dimaksud seperti dalam Tabel 10 dan Gambar 9 antara lain area pertanian heterogen, area semi urban, area urban, badan perairan, ekosistem perairan, hutan dan zona semi alami, industri penghasil limbah, dan sawah.

Tabel 10 menunjukkan bahwa area sawah menjadi penggunaan lahan terluas di CAT Wates dengan luas mencapai 5651,99 Ha. Area sawah tersebar di hampir seluruh kecamatan yang masuk ke dalam CAT Wates. Keberadaan penggunaan lahan sawah tersebut sejalan dengan banyaknya area semi urban (5090,11 Ha) yang mengitari area sawah seperti yang tampak pada Gambar 9. Area semi urban merupakan wilayah transisi dari pedesaan ke perkotaan, sehingga cukup wajar bahwa masih banyak masyarakatnya yang masih bekerja sebagai pertanian. Selain itu, kondisi CAT Wates yang memiliki karakteristik lahan yang didominasi oleh dataran yang landai juga mendukung akan banyaknya lahan pendukung aktivitas manusia. Gambar 9 juga menunjukkan keterdapat area urban yang mana kebanyakan terdapat di sekitar Kota Wates yang dapat dibidang merupakan pusat aktivitas manusia di Kabupaten Kulonprogo. Area urban juga dapat ditemukan di dekat pesisir dan di sekitar

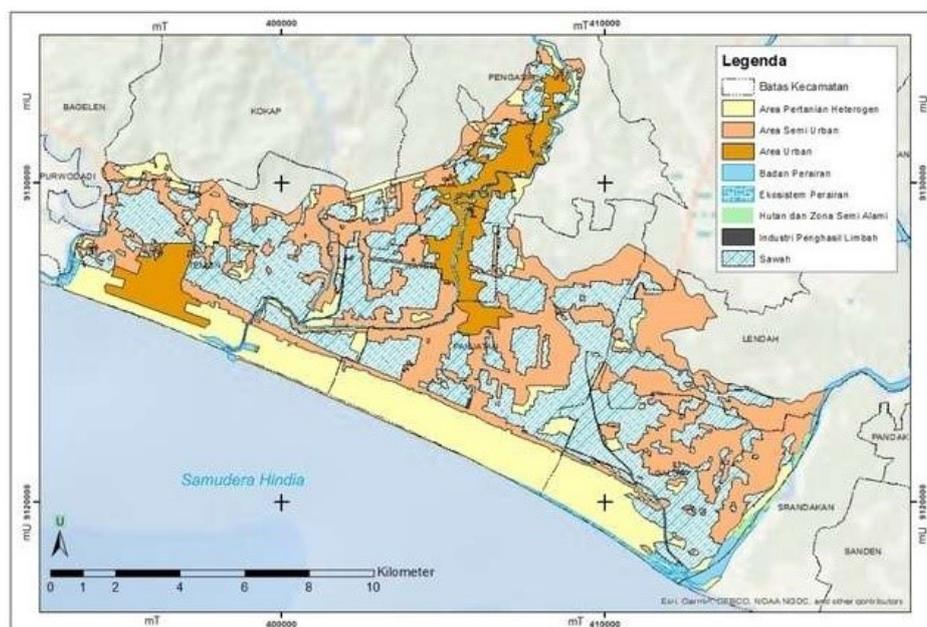
area urban sebelah barat CAT Wates, karena area tersebut merupakan kawasan Bandara Yogyakarta International Airport. Selain itu, berdasarkan Tabel 10 dan Gambar 9 juga terdapat salah satu industri penghasil limbah seluas 2,82 Ha di Kecamatan Panjatan. Limbah yang

dihasilkanLimbah yang dihasilkan akibat aktivitasnya yang menyebabkan warga terganggu akibat aktivitasnya, terutama limbah gas, dari industri tersebut menyebabkan kenyamanan warga sekitarnya menjadi terganggu.

Tabel 104. Luas Tiap Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
Area Pertanian Heterogen	3129,76	19,97
Area Semi Urban	5090,11	32,47
Area Urban	1252,80	7,99
Badan Perairan	311,98	1,99
Ekosistem Perairan	122,29	0,78
Hutan dan Zona Semi Alami	112,17	0,72
Industri Penghasil Limbah	2,82	0,02
Sawah	5651,99	36,06
Luas Total (ha)	15673,93	

Sumber: Olah Data, 2021



Gambar 9. Peta Penggunaan Lahan

Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran

Kerentanan airtanah di CAT Wates diperoleh melalui proses overlay

8 parameter kerentanan airtanah (DRASTIC-LU) yang memiliki bobot berbeda. Berdasarkan hasil overlay, diperoleh nilai kerentanan airtanah pada

rentang 93 - 234. Nilai tersebut dibagi ke dalam tiga kelas kerentanan, yaitu rendah (93 - 140), sedang (141 - 187), dan tinggi (188 - 234). Distribusi kelas kerentanan disajikan pada Gambar 10, sedangkan luas dan persentase masing-masing kelas kerentanan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Kerentanan Airtanah

Luas Kerentanan	Luas (ha)	Persentase (%)
Rendah (93-140)	1298.214	8.67
Sedang (141-187)	11933.013	79.68
Tinggi (188-234)	1745.595	11.66
Luas Total (ha)	14976.822	

Sumber : Olah Data, 2021

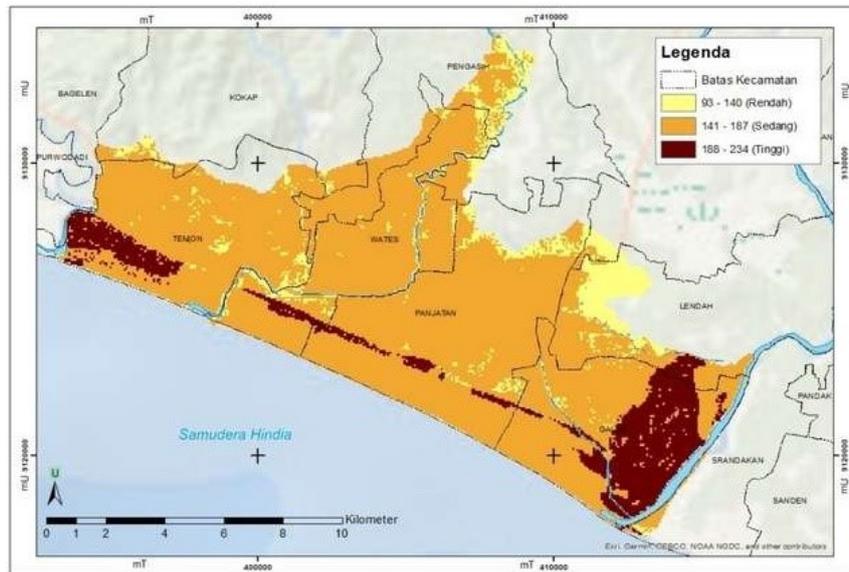
Kerentanan airtanah di CAT Wates didominasi oleh kelas sedang (79.68%) yang terdistribusi hampir merata di seluruh area CAT Wates. Kerentanan airtanah rendah di CAT Wates terdistribusi di beberapa titik, namun secara umum lebih dominan di bagian utara CAT Wates, yaitu di sebagian Kecamatan Lendah, Panjatan dan Pengasih. Kerentanan airtanah tinggi secara umum berada di pesisir pantai, khususnya di bagian barat (Kecamatan Temon) dan Timur (Kecamatan Galur).

Kerentanan airtanah tinggi di CAT Wates sebagian besar dipengaruhi oleh kedalaman muka air tanah dan penggunaan lahan. Kedua parameter tersebut memiliki bobot yang paling

besar yaitu 5, selain itu parameter imbuhan juga turut berkontribusi karena memiliki bobot cukup besar yaitu 4.

Area dengan kerentanan tinggi diketahui memiliki kedalaman muka airtanah yang dangkal dan memiliki penggunaan lahan berupa area urban dan semi urban. Kedalaman muka airtanah yang dangkal mengindikasikan bahwa jarak permukaan tanah dan airtanah yang lebih pendek, sehingga lebih rentan terhadap pencemaran karena pencemar lebih cepat masuk ke dalam sistem airtanah. Penggunaan lahan di area dengan kerentanan tinggi di CAT Wates berupa area urban, semi urban dan sawah yang merupakan sumber pencemar potensial bagi airtanah.

Area urban dan semi urban menghasilkan limbah domestik dan limbah industri, sedangkan sawah menghasilkan limbah pertanian. Selain itu, CAT Wates merupakan kawasan hilir yang menjadi muara kawasan di atasnya. Hal tersebut menyebabkan kemungkinan adanya limbah berupa limpasan daerah perkotaan. Menurut Davis dan Cornwill (1991) dalam Suyasa (2014), limbah domestik, limbah industri, limbah pertanian dan limpasan daerah perkotaan merupakan jenis pencemar nutrien, patogen, sedimen dan limbah yang dapat menurunkan kadar oksigen. Limbah pertanian juga memiliki jenis pencemar garam-garam dan bahan organik yang toksik.



Gambar 10. Peta Kerentanan Airtanah

Validasi Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran

Kerentanan airtanah terhadap pencemaran divalidasi menggunakan data pengujian sampel kualitas air yang disajikan pada Tabel 12. Sampel tersebut mewakili setiap kelas kerentanan di CAT Wates dengan nitrat sebagai parameternya. Berdasarkan PP Nomor 82 tahun 2001, keterdapatan nitrat pada airtanah diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu tinggi (>10 mg/L), sedang (5-10 mg/L), dan rendah (0-5 mg/L).

Hasil klasifikasi kadar nitrat, 3 sampel termasuk kelas tinggi, 1 sampel kelas sedang, dan 11 sampel kelas rendah. Konsentrasi nitrat dengan kelas tinggi tersebar di bagian selatan yang dekat pesisir. Validasi dilakukan dengan metode matriks melalui komparasi kelas kerentanan airtanah dengan konsentrasi nitrat pada airtanah. Berdasarkan hasil komparasi 15 sampel airtanah (Tabel 12), terdapat 9 sampel yang kelas konsentrasi nitratnya sesuai dengan kelas kerentanan airtanah. Hasil

tersebut menunjukkan keakuratan metode DRASTIC-LU dalam analisis kerentanan airtanah mencapai 60%. Angka tersebut mengindikasikan bahwa metode DRASTIC-LU dalam menilai kerentanan airtanah masih rendah akurasi.

Tabel 12. Validasi Kerentanan Airtanah

	Kerentanan Airtanah			
	Tinggi	Sedang	Rendah	
NO ₃	Tinggi	3	4	0
	Sedang	0	2	0
	Rendah	1	7	4

Sumber : Olah Data, 2021

Kualitas airtanah cenderung bersifat dinamis. Akurasi yang masih rendah disebabkan oleh penggunaan data sekunder hasil pengukuran tahun sebelumnya, bukan dari hasil pengukuran terbaru. Rendahnya konsentrasi nitrat dalam airtanah juga menjadi penyebab rendahnya akurasi. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa sumber pencemar utama di CAT Wates bukan hanya parameter nitrat. Parameter lain yang dapat mendukung

analisis sumber pencemar utama adalah fosfat, bakteri coliform, dan amonia (Ahadiyah, 2020). Rendahnya akurasi juga dipengaruhi metode penilaian kerentanan. Perubahan penggunaan lahan dan data penggunaan lahan yang belum terlalu

spesifik berpengaruh terhadap hasil penilaian kerentanan airtanah metode DRASTIC-LU. Analisis sumber polutan dan data penggunaan lahan yang lebih spesifik dapat mendukung hasil penilaian kerentanan yang lebih maksimal.



Gambar 11. Peta kerentanan dan distribusi sampel kualitas airtanah parameter nitrat (Sumber: Olah data 2021; Wulandari dalam Ahadiyah, 2020)

4. Penutup

Kerentanan airtanah terhadap pencemaran di CAT Wates didominasi oleh kelas kerentanan sedang. Kelas kerentanan rendah dominan di bagian Utara CAT Wates yang berbatasan dengan perbukitan Sentolo, lalu kelas kerentanan tinggi tersebar di bagian Selatan hingga Timur CAT Wates. Tingkat kerentanan tersebut dipengaruhi oleh parameter DRASTIC dan penggunaan lahan (LU), dengan parameter kedalaman airtanah (D), imbuhan (R), dan penggunaan lahan (LU) yang memiliki pengaruh terhadap kerentanan paling besar sehingga

memiliki bobot yang besar. Tingkat kerentanan pencemaran airtanah tinggi di bagian Barat akibat zona imbuhan dan wilayah semi urban dan urban, sedangkan tingkat kerentanan pencemaran airtanah tinggi di bagian Timur akibat kedalaman airtanah dangkal dan merupakan wilayah semi urban. Kerentanan airtanah berimplikasi pada pemanfaatan air. Wilayah semi urban dan urban memiliki populasi manusia yang tak sedikit, sehingga pemanfaatan airtanahnya umum untuk kebutuhan domestik dan industry yang banyak mengeluarkan limbah. Ditambah lagi kedalaman muka airtanah yang

dangkal di sebagian lokasi kajian. Dengan demikian, apabila airtanah mengalami pencemaran, maka dampaknya akan dirasakan langsung oleh masyarakat. Mengingat tingginya urgensi air bersih untuk kebutuhan domestik, perlindungan airtanah di area kajian utamanya di area urban dan semi urban perlu ditingkatkan. Selain itu, airtanah sebaiknya tidak dimanfaatkan untuk kebutuhan konsumsi secara masif. Validasi hasil kerentanan menggunakan metode matriks dengan data nitrat menunjukkan akurasi DRASTIC-LU rendah, namun dapat disebabkan oleh rendahnya konsentrasi nitrat di CAT Wates yang mengindikasikan keterdapatannya zat pencemar lain, dimana zat pencemar lain tersebutlah yang dapat digunakan sebagai data validasi.

Penelitian ini dapat dijadikan acuan Pemerintah Daerah Kulon Progo dalam membuat kebijakan dalam pemanfaatan airtanah, khususnya pengambilan airtanah untuk kebutuhan domestik. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melanjutkan menghitung kerentanan mengingat perubahan penggunaan lahan yang cepat diakibatkan oleh adanya Yogyakarta International Airport yang memacu perkembangan wilayah menjadi cepat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan artikel ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada Pemerintah dan Dinas terkait di Kabupaten Kulon Progo atas izin dan bantuan berupa pemberian data. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Departemen Geografi Lingkungan Fakultas Geografi atas arahan dan bimbingan yang

diberikan, serta tim geohidrologi yang selalu siap dan semangat dalam menyelesaikan penulisan artikel.

Daftar Pustaka

- Abdillah, A. (2018). Kajian Kerentanan Airtanah terhadap Pencemar di Daerah Aliran Sungai Serang. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Ahadiah, S. N. (2020). Kajian Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran dengan Metode DRANTHVP di Cekungan Air Tanah Wates Kabupaten Kulon Progo. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Alam, F., Umar, R., Ahmed, S., & Dar, F.A. (2012). A new model (*DRASTIC-LU*) for evaluating groundwater vulnerability in parts of central Ganga Plain, India. *Arab J Geosci*, 7, 927-937. Doi 10.1007/s12517-012-0796-y
- Aljazzar, T. (2010). *Adjustment of DRASTIC Vulnerability Index to Assess Groundwater Vulnerability for Nitrate Pollution Using the Advection Diffusion Cell* (Disertasi). Aachen: RWTH Aachen University
- Aller, L., Lehr, J.H., Petty, R. (1987). *DRASTIC: A standardized system for evaluation groundwater pollution potential using hydrogeologic settings*. Oklahoma: U.S. Environmental Protection Agency
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2002). *Standar Nasional Indonesia (SNI) no.19 6728.1-2002, Tentang Penyusunan Neraca Sumber Daya - Bagian 1: Sumber Daya Air Spasial*. Jakarta:

- Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Barbulescu, A. (2020). Assessing Groundwater Vulnerability: DRASTIC and DRASTIC-Like Methods: A Review. *Water*, 12(1356), 1-22. Doi:10.3390/w12051356
- Bartzas, G., Tinivella, F., Medini, L., Zaharaki, D., & Komnitsas, K. (2015). Assessment of groundwater contamination risk in an agricultural area in north Italy. *Information Processing in Agriculture*, 2, 109-129. Doi 10.1016/j.inpa.2015.06.004
- Febriarta, Erik, M. Aris Marfai, Dyah Rahmawati H, & Ajeng Larasati. (2020). Kajian Spasial Multi Kriteria DRASTIC Kerentanan Air Tanah Pesisir Akuifer Batugamping di Tanjungbumi Madura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(03), 476 – 487.
- Foster, S.S.D. & Chilton, P.J. (2003). Groundwater: The Processes and Global Significance of Aquifer Degradation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond, B*, 358, 1957–1972. Doi 10.1098/rstb.2003.1380
- Gorelick, S.M & Zheng, C. (2015). Global Change and the Groundwater Management Challenge. *Water Resources Research*, 51(5), 1-21. Doi 10.1002/2014WR016825
- Harter, Thomas, & Leah G Walker. (2001). *Assessing Vulnerability of Groundwater*. California: Department of Land and Water Resources, University of California at Davis.
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2011 tentang Penetapan Cekungan Air Tanah.
- Kim, Y. J., & Hamm, S. Y. (1999). Assessment of The Potential for Groundwater Contamination using the DRASTIC/EGIS Technique, Cheongju Area, South Korea. *Hydrogeology Journal*, 7(2), 227-235. Doi 10.1007/s100400050195
- Kodoatie, R. J., & Roestam, S. (2005). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu* (Dani, Ed.). Yogyakarta.
- Machdar, I. Zulfikar, T. Rinaldi, W. & Alfiansyah, Y. (2017). Assessment of groundwater vulnerability using DRASTIC Model and GIS: A case study of two sub-districts in Banda Aceh city, Indonesia. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 334. Doi 10.1088/1757-899X/334/1/012032
- Macdonald & Partners. (1983). *Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study Volume 3 Groundwater*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum P2AT.
- Özcan, B., & Öztürk, I. (Ed.). (2019). *Environmental Kuznets curve (EKC): a manual*. London: Academic Press.
- Purwanto, Arif Rianto B. N., & Intan P. H. (2015). Perubahan Sistem Kelestarian Air Tanah di Cekungan Air Tanah Wates Akibat Pembangunan Bandara Internasional Temon Kabupaten Kulonprogo DIY. *Jurnal Promine*, 3(2), 54 – 66.
- Putranto, T. T., Ali, R. K., & Putro, A. B. (2019). Studi Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran dengan

- Menggunakan Metode DRASTIC pada Cekungan Airtanah (CAT) Karanganyar-Boyolali, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 158-171.
- Ramadhika, R. (2016). Penentuan Zona Konservasi Daerah Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Ribeiro, L. (2000). *Um novo índice de vulnerabilidade específico de aquíferos: Formulação e aplicações. [SI: a new index of aquifer susceptibility to agricultural pollution] Internal report, ERSHA/CVRM*. Laporan Penelitian. Lisbon: Instituto Superior Tecnico.
- Setyawan, P. (2016). *Hidrologi Air Tanah*. Yogyakarta: PT. Kanisius.
- Suyasa, W. (2014). *Pencemaran Air dan Pengelolaan Limbah*. Denpasar: Udayana University Press.
- Turner, S.W.D., Hejazi, M., Yonkofski, C., Kim, S.H., dan Kyle, P. (2019). Influence of Groundwater Extraction Costs dan Resource Depletion Limits on Simulated Global Nonrenewable Water Withdrawals Over the Twenty First Century. *AGU*, 7(2), 123-135. Doi 10.1029/2018EF001105
- Utami, N. D. (2019). Pemanfaatan Metode SINTACS untuk Mengkaji Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran di DAS Opak Hilir, Kabupaten Bantul. *Tesis*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada
- Vrba, J., & Zaporozec, A. (1994). *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability (Hannover, Ed.)*. International Association of Hydrogeologists.