



Kajian Kerentanan Kualitas Air Tanah Terhadap Potensi Pencemaran Industri Kerajinan Logam di Yogyakarta

Study of the Vulnerability of Groundwater Quality to Pollution Potential of Metal Craft Industry in Yogyakarta

RA Larasati Damarswasty^{1*}, Ika Wahyuning Widiarti², dan Andi Renata Ade Yudono³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Jl Padjajaran (SWK 104) Condongcatu, Depok, Sleman, DIY 55283.

*Corresponding Author: larasaty.damarswasty@gmail.com

Article Info:

Received: 20 - 10 - 2021

Accepted: 06 - 04 - 2022

Kata kunci: Air Tanah; DRASTIC; Kerentanan

Abstrak: Indonesia memiliki banyak sentra industri kerajinan logam yang salah satunya terletak di Desa Purbayan dan sekitarnya. Limbah cair industri kerajinan logam yang belum terolah dengan baik dan langsung dibuang ke lubang resapan tanah dapat meningkatkan potensi pencemaran air tanah. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kerentanan kualitas air tanah potensial dan aktual terhadap potensi pencemaran Desa Purbayan dan sekitarnya dengan metode DRASTIC modifikasi. Parameter yang digunakan dalam proses penentuan kerentanan potensial antara lain kedalaman muka air tanah, net recharge, media akuifer, tekstur tanah, kemiringan lereng, media zona tak jenuh, dan konduktivitas hidraulik, serta penentuan kerentanan aktual dengan tambahan parameter penggunaan lahan. Berdasarkan hasil penelitian, daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan potensial termasuk sangat tinggi dengan skor ≥ 153 yang mencakup seluruh daerah penelitian. Sedangkan kerentanan aktual diklasifikasikan dalam 2 kelas yaitu tinggi dengan skor 153-176 dan sangat tinggi dengan skor ≥ 177 yang mendominasi daerah penelitian. Tingginya tingkat kerentanan banyak dipengaruhi oleh kedalaman muka air tanah yang dangkal dan keberadaan industri sebagai potensi sumber pencemar di daerah penelitian. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya melindungi kualitas air tanah di masa mendatang.

Keywords: DRASTIC; Groundwater; Vulnerability

Abstract: Indonesia has many metal craft industry centers, one of which is located in Purbayan Village and its surroundings. The liquid waste of the metal craft industry that has not been treated properly and directly dumped into the ground can increase the potential for groundwater pollution. This research was conducted to assess the potential and the actual vulnerability of groundwater quality in Purbayan Village and its surroundings using the modified DRASTIC method. The parameters used in the process of determining potential vulnerability include depth of water table, net recharge, soil texture, slope, impact of unsaturated zone, and hydraulic conductivity, as well as determining the actual vulnerability with additional land use parameters. Based on the results, the research area has a very high level of potential vulnerability with a score of ≥ 153 that covers the entire research area. While the actual vulnerability is classified into 2 classes, high (score 153-176) and very high (score ≥ 177) which dominates the research area. The expected results can be used as a reference in efforts to protect the quality of groundwater in the future

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki banyak sentra industri kerajinan logam dengan ciri khasnya sendiri, salah satunya industri kerajinan logam di Daerah Kotagede, Yogyakarta. Peninggalan kerajaan Mataram di Yogyakarta hingga sekarang masih tegak berdiri dan menjadi daya tarik bagi wisatawan, salah satunya seni kerajinan rakyat tradisional. Industri seni kerajinan rakyat yang populer diantaranya perak dan tembaga dengan sentra industri kerajinan logam di Kecamatan Kotagede, Kota Yogyakarta, dan beberapa tempat di wilayah Kabupaten Bantul.

Industri kerajinan logam merupakan industri yang dikelola secara rumahan dengan peralatan sederhana. Ciri tersebut sesuai dengan jenis industri kecil yang biasa terdapat di pedesaan atau perkotaan dengan peralatan dan sistem pengolahan yang lebih sederhana. Sistem tata letak industri yang kurang mendapat perhatian ditambah dengan belum adanya pengolahan limbah menyebabkan limbah yang dihasilkan dapat mencemari lingkungan. Limbah cair industri kerajinan logam yang dihasilkan dibuang ke dalam lubang resapan dengan dinding buis beton dan diresapkan dalam tanah (Nahdi, 1995 dalam Carlo, 2012). Air tanah diartikan sebagai air yang menempati rongga dalam lapisan geologi atau lapisan tanah di bawah permukaan yang dinamakan daerah jenuh (Kodoatie, 2012). Menurut Jauharoh dkk (2020) dan Musrifah & Ikaningrum (2020) limbah cair industri kerajinan logam memiliki banyak kandungan perak, tembaga, dan nikel. Hal tersebut dapat membahayakan lingkungan dan berpotensi menyebabkan pencemaran air tanah. Adanya pencemaran dapat membahayakan lingkungan terutama manusia yang masih menggunakan air tersebut sebagai sumber air minum (Irianto, 2015).

Potensi terjadinya pencemaran air tanah berkaitan dengan kerentanan suatu daerah terhadap pencemaran. Keberadaan air tanah juga dipengaruhi oleh kondisi geologi yang berbeda di tiap daerah (Kristanto et al., 2020). Pencemaran pada air tanah juga dikontrol ukuran butir tanah, semakin kecil ukuran butir tanah semakin tidak mudah tercemar karena sulit meloloskan air (Kristanto & Helmi, 2019). Daerah penelitian terletak di Desa Prenggan dan Desa Purbayan, Kecamatan Kotagede, Kota Yogyakarta, serta Desa Jagalan, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul, DIY merupakan daerah yang didominasi permukiman padat penduduk karena letaknya yang masih di sekitar perkotaan. Banyaknya penduduk yang berada di suatu daerah turut menunjukkan banyaknya kebutuhan air bersih untuk mendukung kegiatan sehari-hari. Adanya kegiatan industri kerajinan logam turut mengancam kualitas air tanah yang dimanfaatkan masyarakat. Menurut informasi dari masyarakat setempat, air bersih yang digunakan mayoritas bersumber dari sumur yang dimiliki masyarakat. Bila masyarakat mengonsumsi air dengan kandungan logam berat seperti tembaga, perak, dan nikel dapat memberikan efek kesehatan jangka panjang (Effendi, 2003), serta memberikan pengaruh tersendiri yang sifatnya beracun atau toksik (Febranti, 2019). Proses masuknya zat pencemar ke dalam air tanah dipengaruhi oleh karakteristik hidrogeologi suatu daerah (Widyastuti dkk, 2006). Air tercemar yang terinfiltrasi ke dalam tanah dapat mengalami pemurnian secara alamiah terlebih dahulu ketika melewati tanah atau material halus lainnya di zona tak jenuh air (Hendrayana, 2011). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kerentanan kualitas air tanah potensial dan aktual terhadap potensi pencemaran. Kerentanan air tanah diartikan sebagai kemampuan suatu air tanah dalam bertahan terhadap polusi dan kontaminan pada permukaan tanah sampai muka air tanah (Putranto dkk, 2019). Kerentanan potensial ditentukan untuk mengetahui tingkat kerentanan dari faktor lingkungan atau alami saja, sedangkan kerentanan aktual juga memperhitungkan faktor pemanfaatan lahan oleh manusia di suatu daerah. Kedua jenis kerentanan akan ditentukan melalui dua metode yang berbeda. Kerentanan potensial ditentukan dengan metode DRASTIC dan kerentanan aktual ditentukan dengan metode DRASTIC modifikasi. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mengembangkan wilayah tersebut dan menjadi acuan dalam upaya melindungi kualitas air tanah di masa mendatang.

2. Metode

Penelitian dilakukan di Desa Prenggan dan Desa Purbayan, Kecamatan Kotagede, Kota Yogyakarta, serta Desa Jagalan, Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul, DIY. Proses penelitian membutuhkan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lokasi penelitian. Data sekunder diperoleh melalui data penelitian sebelumnya atau data-data instansi terkait. Metode pengumpulan data dilakukan dengan survey dan pemetaan lapangan untuk memperoleh data di lokasi penelitian berupa topografi, penggunaan lahan, tata air, tekstur tanah, data muka air tanah, dan lokasi kegiatan industri kerajinan logam sebagai potensi sumber pencemar.

Perhitungan kerentanan kualitas air tanah dilakukan dengan metode DRASTIC modifikasi. Metode DRASTIC menggunakan beberapa parameter diantaranya kedalaman muka air tanah, net recharge, media akuifer, media tanah, kemiringan lereng (topografi), jenis zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolik yang digunakan untuk menentukan kerentanan air tanah potensial. Kemudian terdapat satu parameter tambahan yaitu penggunaan lahan sehingga dapat disebut metode DRASTIC modifikasi untuk menentukan kerentanan air tanah aktual. Tiap parameter memiliki bobot dan nilai yang menunjukkan secara kuantitas seberapa besar pengaruh parameter tersebut untuk menentukan kerentanan kualitas air tanah terhadap pencemaran di suatu daerah. Pembagian nilai tiap parameter dan kriteria tingkat kerentanan dijelaskan pada **Tabel 1** sampai dengan **Tabel 10**

Tabel 1. Nilai dan Bobot Parameter Kedalaman Muka Air Tanah Metode DRASTIC

Kedalaman Muka Air Tanah (m)	Nilai	Bobot
0-1,5	10	5
1,5-4,5	9	5
4,5-9	7	5
9-15	5	5
15-22	3	5
22-30	2	5
>30	1	5

Sumber: Aller dkk, 1987

Tabel 2. Nilai dan Bobot Parameter Net Recharge Metode DRASTIC

Net Recharge	Nilai	Bobot
0-5,08	1	4
5,08-10,16	3	4
10,16-17,78	6	4
17,78-25,4	8	4
>25,4	9	4

Sumber: Aller dkk, 1987

Tabel 3. Nilai Parameter Media Akuifer Metode DRASTIC

Media Akuifer	Nilai	Bobot
Shale Masif	2	3
Batuan Metamorf/Beku	3	3
Batuan Metamorf/Beku Lapuk	4	3
Batupasir Tipis, <i>Shale</i> , Batugamping	6	3
Batupasir Masif	6	3
Batugamping Masif	6	3
Pasir dan Kerikil	8	3
Basalt	9	3
Batugamping Karst	10	3

Sumber: Aller dkk, 1987

Tabel 4. Nilai Parameter Tekstur Tanah Metode DRASTIC

Tekstur Tanah	Nilai	Bobot
Tipis atau Tidak Ada	10	2
Kerikil (<i>Gravel</i>)	10	2
Pasir (<i>Sand</i>)	9	2
Gambut (<i>Peat</i>)	8	2
<i>Shrinking</i> dan atau Agregat Lempung	7	2
Geluh Pasiran (<i>Sandy Loam</i>)	6	2
Geluh (<i>Loam</i>)	5	2
Geluh Lanauan (<i>Salty Loam</i>)	4	2
Geluh Lempungan (<i>Clay Loam</i>)	3	2
<i>Muck</i>	2	2
<i>Non Shinking</i> dan non Agregat Lempung	1	2

Sumber: Aller dkk, 1987

Tabel 5. Nilai Parameter Kemiringan Lereng Metode DRASTIC

Kemiringan Lereng	Nilai	Bobot
0-2	10	1
2-6	9	1
6-12	5	1
12-18	3	1
>18	1	1

Sumber: Aller dkk, 1987

Tabel 6. Nilai Parameter Zona Tak Jenuh Metode DRASTIC

Zona Tak Jenuh	Nilai	Bobot
Lanau/Lempung	1	5
<i>Shale</i>	3	5
Batugamping	6	5
Batupasir	6	5
Batugamping Berlapis, Batupasir, <i>Shale</i>	6	5
<i>Shale</i> dan Kerikil dengan Lanau dan Lempung Cukup	6	5
Pasir dan Kerikil	8	5
Batuan Metamorf/Beku	8	5
Basal	9	5
Batugamping Karst	10	5

Sumber: Aller dkk, 1987

Tabel 7. Nilai Parameter Konduktivitas Hidraulik Metode DRASTIC

Konduktivitas Hidraulik (m/hari)	Nilai	Bobot
0-0,86	1	3
0,86-2,59	2	3
2,59-6,05	4	3
6,05-8,64	6	3
8,64-17,18	8	3
>17,18	10	3

Sumber: Aller dkk, 1987

Seluruh parameter penilaian ditumpangsusunkan dan dihitung nilainya dengan menggunakan **Persamaan 1** untuk mendapatkan Indeks DRASTIC. Kemudian hasil tersebut disesuaikan dengan kriteria kerentanan untuk menentukan kerentanan potensial air tanah terhadap pencemaran.

$$\text{Indeks DRASTIC} = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W \quad (1)$$

Keterangan:

- R = nilai tiap parameter
- W = bobot tiap parameter
- D = kedalaman muka air tanah
- R = *net recharge*
- A = media akuifer
- S = media tanah
- T = kemiringan lereng
- I = media zona tak jenuh
- C = konduktivitas hidraulik

Tabel 8. Kriteria Tingkat Kerentanan Potensial Air Tanah

Tingkat Kerentanan	Indeks DRASTIC
Tidak Rentan	73-92
Rendah	93-112
Sedang	113-132
Tinggi	133-152
Sangat Tinggi	≥153

Sumber: Widyastuti dkk, 2006

Kemudian dilanjutkan dengan **Persamaan 2** untuk menentukan Indeks Kerentanan Aktual dengan tambahan parameter penggunaan lahan. Nilai parameter penggunaan lahan metode DRASTIC modifikasi dapat dilihat pada **Tabel 9**. Hasil perhitungan digunakan dalam menentukan kriteria kerentanan aktual terhadap pencemaran sesuai **Tabel 10**.

$$\text{Indeks Kerentanan Aktual} = \text{Indeks DRASTIC} + L_u R L_u W \quad (2)$$

Keterangan:

- R = nilai tiap parameter
- W = bobot tiap parameter
- Lu = penggunaan lahan

Tabel 9. Nilai Parameter Penggunaan Lahan Metode DRASTIC Modifikasi

Tipe Penggunaan Lahan	Nilai	Bobot
Lahan Kosong/Tidak terolah	1	4
Hutan	1	4
Kebun/Perkebunan	3	4
Tegalan	3	4
Persawahan	2	4
Permukiman dengan jumlah penduduk rendah; non industri dan non peternakan	5	4
Permukiman dengan jumlah penduduk rendah; berindustri dan peternakan	6	4
Permukiman dengan jumlah penduduk sedang; non industri dan non peternakan	7	4
Permukiman dengan jumlah penduduk sedang; berindustri dan peternakan	8	4
Permukiman dengan jumlah penduduk tinggi; non industri dan non peternakan	9	4
Permukiman dengan jumlah penduduk tinggi; berindustri dan peternakan	10	4

Sumber:Widyastuti dkk, 2006

Tabel 10. Kriteria Tingkat Kerentanan Aktual Air Tanah

Tingkat Kerentanan	Indeks Kerentanan
Tidak Rentan	81-104
Rendah	105-128
Sedang	129-152
Tinggi	153-176
Sangat Tinggi	≥177

Sumber:Widyastuti dkk, 2006

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kedalaman Muka Air Tanah

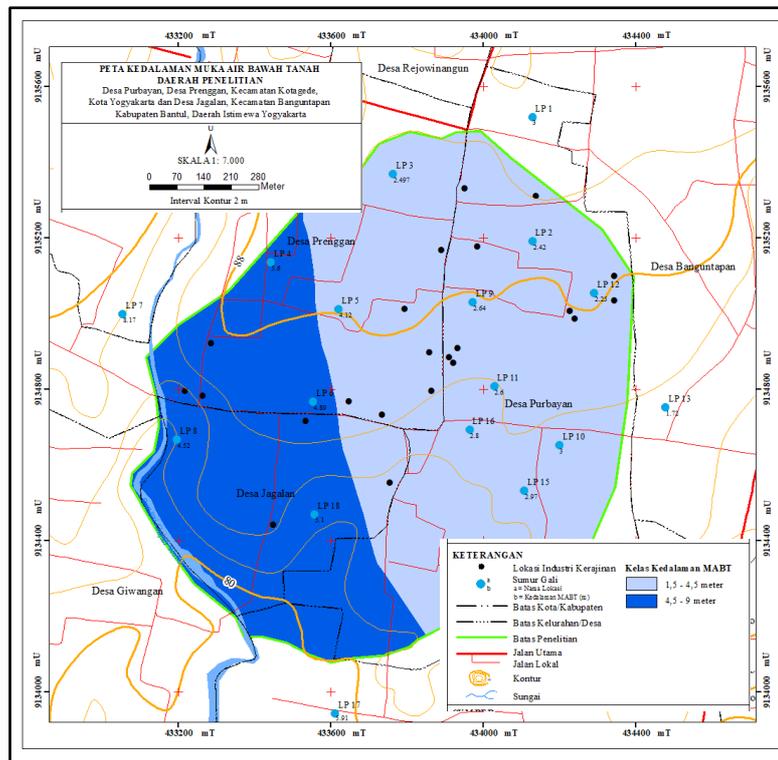
Kedalaman muka air tanah diartikan sebagai jarak muka air tanah dengan permukaan tanah. Pengukuran kedalaman muka air tanah dilakukan pada 18 sumur di daerah penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, muka air tanah di daerah penelitian berada di 1,72-8,17 meter seperti ditunjukkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Nilai Kedalaman Muka Air Tanah

Koordinat X	Koordinat Y	Kedalaman MABT dari Permukaan (m)	Klasifikasi (m)	Nilai	Bobot	Total (Nilai x Bobot)
434129	9135519	3,00	1,5-4,5	9	5	45
434129	9135189	2,42	1,5-4,5	9	5	45
433763	9135368	2,497	1,5-4,5	9	5	45
433443	9135134	5,60	4,5-9	7	5	35
433621	9135010	4,12	1,5-4,5	9	5	45
433554	9134765	4,89	4,5-9	7	5	35
433054	9134997	8,17	4,5-9	7	5	35
433196	9134666	4,52	4,5-9	7	5	35
433972	9135028	2,64	1,5-4,5	9	5	45
434200	9134650	3,00	1,5-4,5	9	5	45
434029	9134806	2,60	1,5-4,5	9	5	45
434292	9135052	2,25	1,5-4,5	9	5	45
434479	9134751	1,72	1,5-4,5	9	5	45
434135	9134310	2,47	1,5-4,5	9	5	45
434108	9134530	2,97	1,5-4,5	9	5	45
433928	9134485	2,80	1,5-4,5	9	5	45
433611	9133942	5,91	4,5-9	7	5	35
433558	9134468	5,10	4,5-9	7	5	35

Kedalaman muka air bawah merupakan salah satu parameter dengan bobot terbesar yaitu 5. Hal tersebut menunjukkan bahwa parameter ini memiliki dampak besar dalam penentuan kerentanan kualitas air tanah terhadap pencemaran. Kedalaman muka air tanah menunjukkan jarak yang harus ditempuh polutan dan banyaknya waktu yang dibutuhkan polutan untuk mencapai muka air tanah. Semakin banyak waktu yang dibutuhkan memberikan kemungkinan adanya penurunan kadar pencemar yang dibawa air. **Tabel 11** menunjukkan bahwa kedalaman muka air tanah di daerah penelitian terbagi menjadi dua klasifikasi menurut Aller, 1987 meliputi rentang 1,5-4,5 meter dan 4,5-9 meter dapat dilihat pada **Gambar 1**. Interval 1,5-4,5 meter memiliki nilai 9 dan interval 4,5-9 meter memiliki nilai 7. Perbedaan nilai tersebut berkaitan dengan pengaruh yang diberikan kedalaman muka air tanah terhadap potensi terjadinya pencemaran. Semakin dalam muka air tanah, potensi pencemaran akan semakin kecil karena polutan harus menempuh jarak yang lebih jauh untuk mencapai muka air tanah. Sebaliknya semakin dangkal

muka air tanah, potensi pencemaran akan semakin besar karena polutan menempuh jarak yang tidak jauh untuk mencapai muka air tanah.



Gambar 1. Peta Kedalaman Muka Air Tanah

3.2. Net Recharge

Net Recharge menunjukkan banyaknya air permukaan yang masuk ke bawah tanah sehingga ditentukan berdasarkan besar kapasitas infiltrasi. Pengukuran kapasitas infiltrasi dilakukan dengan *double ring infiltrometer* di tiga penggunaan lahan yang berbeda, yaitu permukiman, kebun, dan rumput atau tanah kosong. Hasil pengukuran diperoleh berada di rentang interval sekian yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Nilai Net Recharge

Penggunaan Lahan	Kapasitas Infiltrasi	Klasifikasi	Nilai	Bobot	Total (Nilai x Bobot)
Rumput/Tanah Kosong	8,3533	5,08-10,16	3	4	12
Kebun	21,0551	17,78-25,4	8	4	32
Permukiman	21,1606	17,78-25,4	8	4	32

Salah satu sumber utama dari air tanah diantaranya air dari presipitasi yang terinfiltrasi masuk ke bawah tanah dan mengalami perkolasi sampai mencapai muka air tanah. Adanya recharge ini mempengaruhi dalam penyaluran atau transportasi polutan secara vertikal menuju muka air tanah dan memberikan bobot yang tinggi yaitu sebesar 4 dalam penentuan tingkat kerentanan terhadap pencemaran. Net Recharge menunjukkan banyaknya air permukaan yang masuk ke bawah tanah, sehingga dalam penentuan klasifikasinya dengan menentukan besarnya kapasitas infiltrasi. Kapasitas infiltrasi ditentukan berdasarkan penggunaan lahan sehingga dilakukan pengukuran di 3 lokasi, yaitu permukiman, kebun, dan rumput/ tanah kosong. Tabel 12 menunjukkan lokasi rumput/ tanah kosong termasuk ke dalam klasifikasi 5,08-10,16 dengan nilai 3 dan lokasi permukiman serta kebun termasuk ke dalam klasifikasi 17,78-25,4 dengan nilai 8. Semakin besar kapasitas infiltrasi maka potensi pencemaran

yang mungkin terjadi semakin besar karena menyalurkan polutan yang lebih banyak. Sebaliknya, semakin kecil kapasitas infiltrasi maka potensi pencemaran yang mungkin terjadi semakin kecil karena menyalurkan polutan yang lebih sedikit. Banyaknya air yang membawa polutan juga memungkinkan terjadinya pengenceran. Ketika musim penghujan dan air yang terinfiltrasi banyak, maka terjadi pengenceran sehingga air membawa polutan yang konsentrasinya lebih rendah daripada ketika musim kemarau. Air terinfiltrasi lebih sedikit di musim kemarau, sehingga polutan dalam air memiliki konsentrasi yang lebih pekat.

3.3. Media Akuifer

Data media akuifer ditunjukkan melalui data bor di daerah penelitian. Berdasarkan data bor dari CV. Madya Karya, daerah penelitian memiliki akuifer bebas yang tersusun dari dominasi pasir dan kerikil. Hasil tersebut juga didukung oleh Anam & Adji (2018) dan Febriarta & Larasati (2020) bahwa daerah penelitian merupakan bagian dari formasi endapan merapi muda yang memiliki material pasir dan kerikil. Media akuifer memiliki bobot 3 dalam penentuan kerentanan terhadap pencemaran. Air tanah tersimpan dalam suatu formasi batuan dengan kuantitas tertentu di dalam akuifer. Parameter ini memberikan gambaran mengenai kompak tidaknya suatu batuan penyimpan air tanah yang dapat mempengaruhi jumlah polutan yang dapat mencemari air tanah. Media akuifer juga berkaitan dengan rute yang akan dilalui polutan dan memiliki kemampuan untuk menahan polutan dan meminimalkan potensi pencemaran. Jenis media akuifer pasir dan kerikil memiliki nilai cukup tinggi yaitu 8. Pasir dan kerikil memiliki ukuran butir yang lebih renggang sebagai penyusun akuifer, sehingga memungkinkan tingginya potensi terjadinya pencemaran.

3.4. Tekstur Tanah

Media tanah dalam hal ini difokuskan pada tekstur tanah merupakan salah satu sifat fisik yang dimiliki tanah. Tekstur tanah merupakan perbandingan relatif antara fraksi pasir, debu, dan lempung (Purnomo, 2012). Parameter ini berkaitan dengan porositas dan laju infiltrasi sehingga dapat mempengaruhi pergerakan polutan. Tekstur tanah memiliki bobot 2 dalam penentuan kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Tekstur tanah di daerah penelitian diketahui melalui pengamatan di lapangan dan diperoleh hasil tekstur geluh pasiran yang memiliki nilai 6 menurut klasifikasi Aller (1987). Klasifikasi tekstur tanah di suatu tempat dapat membatasi atau mempercepat pergerakan polutan menuju akuifer dan mencemari air tanah. Tekstur geluh pasiran menunjukkan bahwa tanah memiliki pori atau rongga yang besar. Keadaan tersebut memungkinkan mudahnya terjadi infiltrasi dan meloloskan air ataupun polutan menuju air tanah, sehingga meningkatkan potensi terjadinya pencemaran.

3.5. Kemiringan Lereng

Topografi atau kemiringan lereng menunjukkan seberapa landai atau curam kemiringan lereng suatu lahan. Hasil crosscheck lapangan terhadap peta topografi tentatif dan peta kemiringan lereng tentatif menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki kemiringan dataran (0-2%) berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985) dalam Fareka dkk (2020). Dataran memiliki nilai 10 sesuai penilaian metode DRASTIC dan merupakan nilai tertinggi dalam parameter kemiringan lereng. Hal tersebut menandakan kemiringan lereng dataran memiliki pengaruh yang sangat tinggi untuk menambah potensi kerentanan air tanah terhadap pencemaran.

Menurut Hendrayana & Maulana (2018), daerah penelitian berada di Cekungan Air Tanah Yogyakarta-Sleman bagian discharge yang memiliki dominasi karakteristik topografi dataran. Peta Kemiringan Lereng DIY oleh Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta juga menunjukkan daerah penelitian termasuk dalam kategori dataran. Daerah dengan kemiringan lereng datar memungkinkan air untuk terinfiltrasi dan tidak teralirkan sebagai runoff menuju daerah yang elevasinya lebih rendah. Keadaan tersebut membuat air lebih mudah masuk ke dalam tanah. Air yang masuk dapat turut membawa bahan pencemar turun sampai ke akuifer dan mencemari air tanah. Oleh karena itu, semakin landai atau datar kemiringan suatu daerah maka tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran akan semakin tinggi.

3.6. Zona Tak Jenuh

Zona tak jenuh diartikan sebagai zona yang berada di bawah permukaan tanah sampai atas muka air tanah. Zona ini juga biasa disebut zona aerasi atau zona vadose (*unsaturated zone*). Daerah penelitian berada di area padat permukiman sehingga sulit untuk mengetahui stratigrafi batuan tanpa data sekunder. Data zona tak jenuh diperoleh melalui hasil data bor dari CV. Madya Karya di daerah penelitian. Berdasarkan data tersebut, daerah penelitian memiliki material zona tak jenuh berupa pasir kasar atau diklasifikasikan pada kelas pasir dan kerikil dengan lempung dan lanau cukup yang memiliki nilai 6. Zona tak jenuh dalam penentuan tingkat kerentanan menggunakan metode DRASTIC memiliki bobot 5 dan merupakan bobot paling tinggi di antara 7 parameter metode DRASTIC. Hal tersebut menunjukkan pentingnya zona tak jenuh karena memberikan pengaruh yang besar dalam penentuan tingkat kerentanan terhadap pencemaran. Material zona tak jenuh berupa pasir dan kerikil dapat membantu Bergeraknya polutan menuju akuifer. Hal tersebut disebabkan banyak ruang antar butir yang memudahkan kelulusan air. Tidak hanya itu, zona tak jenuh juga dapat mengontrol arah dan panjang lintasan yang dilewati polutan menuju akuifer.

3.7. Konduktivitas Hidraulik

Konduktivitas hidraulik diartikan sebagai kemampuan akuifer dalam mengalirkan air dan mengontrol kecepatan aliran air tanah. Faktor ini dikontrol oleh jumlah dan hubungan atau ruang antar akuifer atau ruang/rekahan dalam suatu bidang perlapisan. Oleh karena itu, konduktivitas hidraulik dapat dikatakan dipengaruhi oleh sifat fisik batuan seperti porositas, ukuran butir, dan distribusinya (Putranto dkk, 2019).

Data konduktivitas hidraulik atau nilai K dapat diketahui melalui data sekunder kondisi geologi daerah melalui material penyusun akuifer. Konduktivitas hidraulik juga dapat diketahui dengan mencari nilai rerata pada tiap lapisan batuan sesuai data bor (Hiscock dkk, 2014 dalam Wijaya & Purnama (2018)). Hasil data bor dari CV. Madya Karya menunjukkan daerah penelitian memiliki material penyusun akuifer dengan rerata nilai K sebesar 21,6667 m/hari. Nilai K yang didapatkan termasuk ke dalam kelas >17,18 m/hari dikategorikan dengan nilai yang tinggi yaitu sebesar 10. Konduktivitas hidraulik memiliki bobot 3 untuk menentukan tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran sehingga diperoleh total nilai sebesar 30. Konduktivitas hidraulik menentukan pergerakan air dalam akuifer dan kecepatan aliran air tanah, sehingga turut mempengaruhi pergerakan polutan di akuifer (Aller dkk, 1987). Tingginya nilai konduktivitas hidraulika dapat meningkatkan potensi terjadi pencemaran yang tinggi pula.

3.8. Penggunaan Lahan

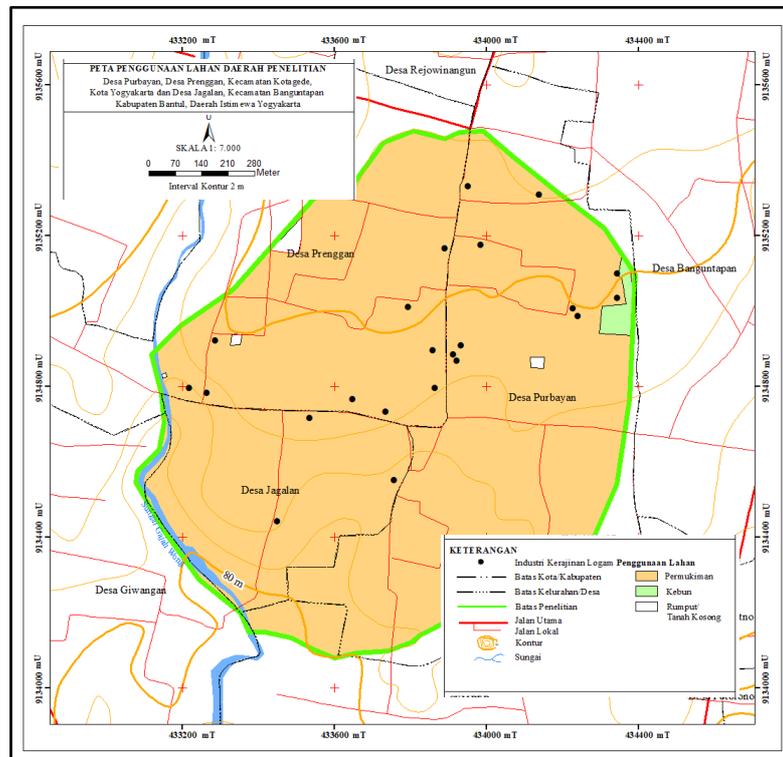
Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar 1408-224 Timoho skala 1:25.000 menunjukkan hampir seluruh cakupan daerah penelitian terdiri dari penggunaan lahan permukiman. Penggunaan lahan lain yang dapat ditemukan namun dalam luasan yang tidak besar meliputi kebun dan rumput/ tanah kosong. Luas tiap jenis penggunaan lahan di daerah penelitian dapat dilihat pada **Tabel 13**.

Tabel 13. Nilai Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Nilai	Bobot	Total (Nilai x Bobot)
Lahan Kosong/Tidak terolah	1	4	4
Kebun/Perkebunan	3	4	12
Permukiman dengan jumlah penduduk tinggi; berindustri dan peternakan	10	4	40

Tabel 13 menunjukkan banyaknya permukiman padat penduduk yang menempati daerah penelitian sehingga kebutuhan terhadap air bersih juga tinggi. Oleh karena itu, kualitas air tanah yang dimanfaatkan sebagai air baku perlu diperhatikan. Jenis penggunaan lahan di daerah penelitian dapat mempengaruhi kualitas air tanah. Luasnya penggunaan lahan permukiman di daerah penelitian mengindikasikan susah terjadinya infiltrasi karena daerah resapan semakin sempit dan tertutup. Namun permukiman juga menandakan adanya potensi sumber pencemar, seperti limbah domestik dan industri

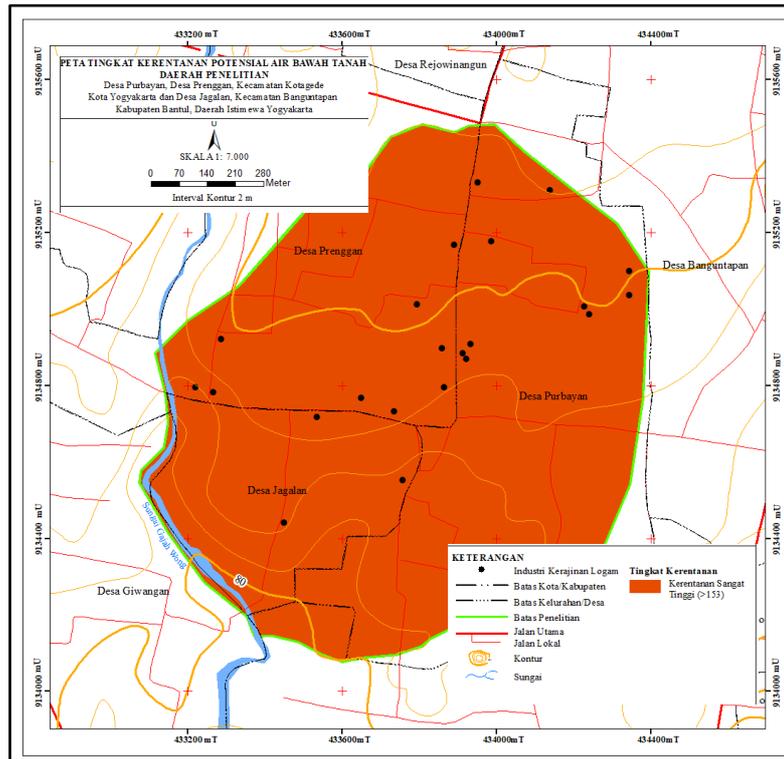
yang dapat mencemari air tanah. Oleh karena itu permukiman memiliki nilai yang tinggi. Persebaran jenis penggunaan lahan di daerah penelitian ditunjukkan di **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan

3.9. Kerentanan Potensial Air Tanah Terhadap Pencemaran

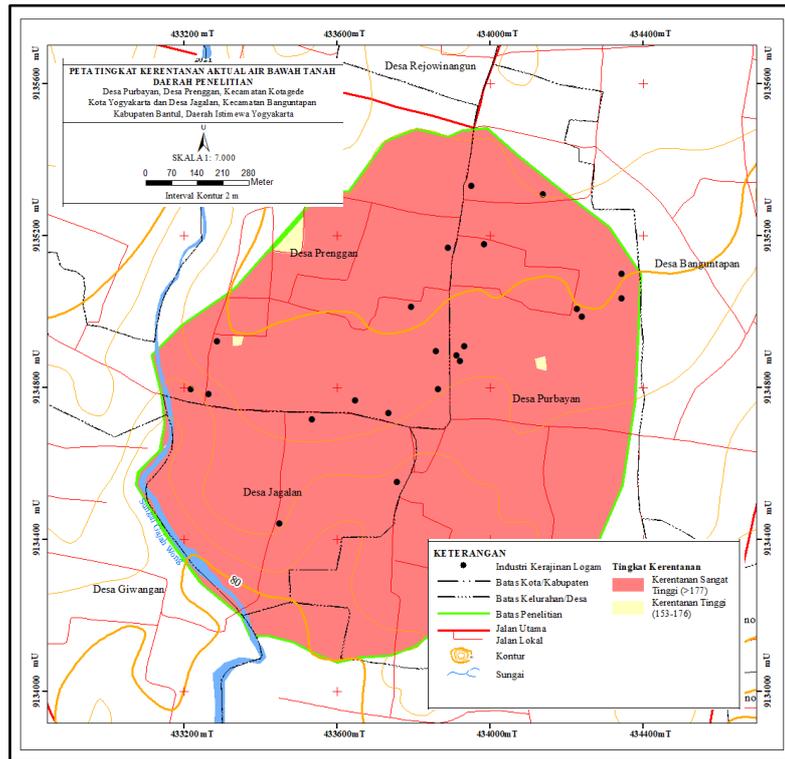
Penentuan kerentanan potensial air tanah dilakukan berdasarkan tujuh parameter diantaranya kedalaman muka air tanah, net recharge, media akuifer, media tanah, kemiringan lereng (topografi), jenis zona tak jenuh, dan konduktivitas hidrolis. Berdasarkan hasil tumpangsusun dan skoring dari tiap parameter tersebut, daerah penelitian terbagi dalam 4 satuan lahan dengan skor yang didapat yaitu 183, 173, 153, dan 163. Total skor yang didapat termasuk ke dalam klasifikasi kerentanan potensial sangat tinggi dengan skor ≥ 153 . Tingkat kerentanan tersebut mencakup seluruh daerah penelitian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Kerentanan potensial dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran dilihat dari kondisi dari lingkungan dan hidrogeologi. Daerah penelitian memiliki banyak parameter dengan jenis seragam yang meliputi seluruh daerah penelitian, diantaranya jenis media akuifer pasir dan kerikil, tekstur tanah berupa geluh pasiran, topografi berupa dataran dengan kemiringan lereng 0-2%, zona tak jenuh tersusun dari pasir dan kerikil dengan lempung dan lanau cukup, serta nilai konduktivitas hidraulik $>17,18$ m/hari. Parameter kedalaman muka air tanah terbagi menjadi dua kelas yaitu kedalaman 1,5-4,5 m pada bagian utara dan timur daerah penelitian dan 4,5-9 m pada bagian selatan dan barat daerah penelitian. Parameter net recharge terbagi menjadi dua kelas yaitu 5,08-10,16 pada penggunaan lahan tanah kosong dan 17,78-25,4 di sisa luasan daerah penelitian. Daerah penelitian termasuk ke dalam kelas parameter dengan nilai sedang-tinggi, sehingga kondisi yang ada dapat meningkatkan tingkat kerentanan potensial air tanah terhadap pencemaran. Kondisi jenis media akuifer dan zona tak jenuh tersusun oleh pasir dan kerikil, ditambah dengan tekstur tanah geluh pasiran menunjukkan daerah memiliki rongga-rongga yang lebih besar untuk dilewati air dengan polutan menuju akuifer. Selain itu, kondisi kedalaman muka air tanah yang dangkal menunjukkan jarak tempuh polutan mencemari akuifer semakin pendek dan kemungkinan untuk tersaring secara alami semakin kecil.



Gambar 3. Peta Kerentanan Potensial Air Tanah Terhadap Pencemaran

3.10. Kerentanan Aktual Air Tanah Terhadap Pencemaran

Kerentanan aktual air tanah ditentukan dengan proses yang hampir sama seperti penentuan kerentanan potensial. Perbedaannya terdapat pada tambahan parameter yang mempertimbangkan keberadaan potensi sumber pencemar. Penentuan kerentanan aktual dilakukan dengan parameter penggunaan lahan dan ada tidaknya sumber pencemar seperti industri dan peternakan sesuai klasifikasi oleh Widyastuti dkk (2006). Hasil scoring 7 parameter DRASTIC dengan modifikasi tambahan parameter penggunaan lahan didapatkan daerah penelitian terbagi dalam 7 satuan lahan dengan skor yang didapat yaitu 223, 195, 195, 213, 157, 177, 167, dan 157. Total skor tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi 2 kelas yaitu tingkat kerentanan aktual tinggi dengan skor 153-176 dan kerentanan aktual sangat tinggi dengan skor ≥ 177 . Tingkat kerentanan sangat tinggi mendominasi daerah penelitian dengan luasan 130,17 Ha dan kerentanan tinggi seluas 0,522 Ha. Perbedaan klasifikasi kerentanan aktual dengan kerentanan potensial disebabkan adanya tambahan parameter penggunaan lahan yang memberikan total skor yang berbeda untuk tiap satuan lahannya. Parameter lain yang mempengaruhi diantaranya kedalaman muka air tanah dan net recharge. Persebaran tingkat kerentanan aktual ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Kerentanan Aktual Air Tanah Terhadap Pencemaran

Tingkat kerentanan aktual sangat tinggi memiliki kedalaman muka air tanah 1,5-4,5 m, *net recharge* 17,78-25,4, media akuifer pasir kerikil, tekstur tanah geluh pasiran, kemiringan lereng dataran, material zona tak jenuh berupa pasir kerikil dengan lempung dan lanau cukup, konduktivitas hidraulik >17,18 m/hari, dan penggunaan lahan kebun & permukiman berindustri. Keberadaan potensi sumber pencemar dalam menentukan tingkat kerentanan sangat berpengaruh karena menunjukkan kemungkinan air tanah di suatu daerah tercemar sangat tinggi. Tidak hanya itu, keberadaan industri kerajinan logam juga memberikan potensi bahaya untuk kualitas air tanah terutama ketika limbah yang diresapkan dalam tanah belum diolah. Dengan tingkat kerentanan aktual air tanah yang didominasi tingkat sangat tinggi, penting untuk meminimalisir adanya sumber pencemar di daerah penelitian. Pengolahan limbah industri kerajinan logam sebelum dibuang ke lingkungan perlu dilakukan agar tidak mencemari air tanah sekitar kegiatan industri. Selanjutnya hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi acuan dalam upaya melindungi kualitas air tanah di masa mendatang.

4. Kesimpulan

Kerentanan potensial digunakan untuk mengetahui tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran dilihat dari kondisi dari lingkungan dan hidrogeologi. Berdasarkan hasil tumpangsusun dan *scoring* didapatkan skor ≥ 153 ke dalam klasifikasi kerentanan potensial sangat tinggi yang mencakup seluruh daerah penelitian. Kerentanan aktual air tanah ditentukan dengan proses yang hampir sama seperti penentuan kerentanan potensial dengan tambahan parameter penggunaan lahan yang mempertimbangkan keberadaan potensi sumber pencemar. Hasil *scoring* 7 parameter DRASTIC dengan modifikasi tambahan parameter penggunaan lahan didapatkan daerah penelitian terbagi dalam 2 tingkat kerentanan yaitu kerentanan aktual tinggi (skor 153-176) seluas 0,522 Ha, dan kerentanan aktual sangat tinggi (skor ≥ 177) yang mendominasi daerah penelitian dengan luasan 130,17 Ha.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta atas bantuan fasilitas dan dukungan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah ini.

Daftar Pustaka

- Aller, L., Lehr, J. H., & Petty, R. (1987). *DRASTIC: A Standardized System To Evaluate Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*. Bennett and Williams, Inc.
- Anam, N. K., & Adji, T. N. (2018). Karakteristik Akuifer Bebas pada Sebagai Cekungan Air Tanah (CAT) Yogyakarta-Sleman di Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(2).
- Carlo, I. de. (2012). Pengaruh Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Terhadap Kandungan Cu, Zn, Ni, Ag, dan SO₄ dalam Air Tanah Bebas di Desa Banguntapan, Bantul. *Jurnal Dinamika Kerajinan Dan Batik*, 32(2).
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. PT Kanisius, Yogyakarta.
- Fareka, M. A., Sutarto, N. R., & Pamungkas, T. D. (2020). Analisis Stabilitas Lereng pada Pelapukan Batuan Vulkanik di Cikalongwetan Kabupaten Bandung Barat Jawa Barat. *Jurnal Geografi Gea*, 20(1), 26–38.
- Febranti, N. (2019). *Analisis Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Fe, Cu) pada Airtanah di Rawa Pening Kabupaten Semarang Jawa Tengah*. Universitas Islam Indonesia.
- Febriarta, E., & Larasati, A. (2020). Karakteristik Akuifer Air Tanah Dangkal di Endapan Muda Merapi Yogyakarta. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 12(2), 84–99.
- Hendrayana, H. (2011). *Pengantar Kerentanan Air Tanah terhadap Pencemaran dan Pemompaan Air Tanah*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hendrayana, H., & Maulana, F. Y. (2018). *Zonasi Risiko Air Tanah terhadap Pencemaran di CAT Yogyakarta-Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta*. Universitas Gadjah Mada.
- Irianto, I. K. (2015). *Buku Bahan Ajar Pencemaran Lingkungan*. Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Jauharoh, A. H., Nurmianto, A., & Yulianto, A. (2020). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada Kegiatan Pelapisan Logam (Elektroplating) Skala Kecil dan Menengah (IKM X) di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Sains Teknologi Lingkungan*, 12(1).
- Kodoatie, R. J. (2012). *Tata ruang air tanah*. Penerbit Andi.
<https://books.google.co.id/books?id=zBg2nwEACAAJ>
- Kristanto, W. A. D., Astuti, F. A., Nugroho, N. E., & Febriyant, S. V. (2020). Sebaran Daerah Sulit Airtanah Berdasarkan Kondisi Geologi Daerah Perbukitan Kecamatan Prambanan, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 12(1), 68–83.
<https://doi.org/10.20885/jstl.vol12.iss1.art6>
- Kristanto, W. A. D., & Helmi, H. (2019). Daya Tampung Tanah Terhadap Infiltrasi Air Permukaan Pada Kasus Genangan Area Persawahan Desa Katekan, Gantiwarno, Klaten. *Kurvatek*, 4(1), 79–87.
<https://doi.org/10.33579/krvtk.v4i1.1117>
- Musrifah, & Ikaningrum, D. A. (2020). Risiko Paparan Ag (Perak) Akibat Konsumsi Air Sumur pada Masyarakat di Wilayah Kerajinan Perak Jagalan Bantul. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(1).
- Purnomo, N. H. (2012). *Geografi Tanah*. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Widyastuti, M., Notosiswoyo, S., & Anggayana, K. (2006). Pengembangan Metode “DRASTIC” Untuk Prediksi Kerentanan Airtanah Bebas Terhadap Pencemaran di Sleman. *Majalah Geografi Indonesia*, 20(1).
- Wijaya, K. A., & Purnama, I. L. S. (2018). Kajian Kerentanan Airtanah Terhadap Potensi Pencemaran di Kecamatan Kasihan Kabupaten Bantul. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(1).