

# Analisis Kerentanan Airtanah Terhadap Pencemaran Menggunakan Metode Drastic di Kabupaten Rembang Bagian Barat

(Groundwater Vulnerability Analysis Using Drastic Method in West Rembang Regency)

Regita Ayuni Muthia Cansa<sup>1\*</sup>, Aida Januari<sup>1</sup>, Umi Cahyani Rahayuningtyas<sup>1</sup>, dan Thomas Triadi Putranto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia 50275

**Dikirim:**  
9 Desember 2022

**Direvisi:**  
22 Maret 2023

**Diterima:**  
11 April 2023

\* **Email Korespondensi:**  
[regitaayunii@students.undip.ac.id](mailto:regitaayunii@students.undip.ac.id)



**Abstrak:** Kabupaten Rembang bagian barat merupakan salah satu daerah di pesisir utara Jawa Tengah yang memiliki sistem akuifer dangkal. Kondisi geologi daerah penelitian disusun oleh litologi batupasir dan batugamping yang bersifat porous sehingga cenderung memiliki potensi kerentanan airtanah terhadap pencemaran cukup tinggi dan dapat mempengaruhi kualitas airtanah. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui zona dan tingkat kerentanan airtanah di Kabupaten Rembang bagian barat dengan menggunakan metode DRASTIC. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan secara spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode DRASTIC mampu merepresentasikan kerentanan air tanah dengan pendekatan hidrogeologi yang didasarkan pada tujuh parameter yang meliputi kedalaman muka air tanah (D), imbuhan air (R), media akuifer (A), media tanah (S), kemiringan lereng (T), zona vadose (I), dan konduktivitas hidrolis (C). Berdasarkan hasil analisis diperoleh rentang nilai DRASTIC Index (DI) dari 83-172 yang dibagi dalam tiga tingkat kerentanan. Daerah dengan tingkat kerentanan rendah memiliki rentang nilai DI 83-124 dengan luas 216,07 km<sup>2</sup> (46,62%) dimana tingkat kerentanan ini bersifat dapat tercemar oleh polutan tertentu yang dibuang secara menerus. Daerah dengan tingkat kerentanan sedang memiliki rentang nilai DI 124 –144 dengan luas 118,095 km<sup>2</sup> (25,48%) dimana tingkat kerentanan ini bersifat dapat tercemar oleh polutan yang dibuang secara menerus. Sedangkan daerah dengan tingkat kerentanan tinggi memiliki rentang nilai DI 144-172 dengan luas 129,28 km<sup>2</sup> (27,90%) dimana tingkat kerentanan ini bersifat dapat tercemar semua polutan kecuali yang memerlukan daya serap tinggi dan mudah berubah dalam beberapa kondisi.

**Kata kunci:** Akuifer dangkal, Kabupaten Rembang bagian barat, kerentanan airtanah, kontaminan, metode DRASTIC

**Abstract:** The western part of Rembang Regency is an area in the northern coast of Central Java that has a shallow aquifer system. The geological conditions of the study area are composed of sandstone and limestone lithologies that are porous and therefore tend to have a high potential for groundwater vulnerability to contamination, which can affect the quality of the groundwater. This research was conducted with the aim of determining the zones and levels of groundwater vulnerability in the western part of Rembang Regency using the DRASTIC method. The research was carried out using a spatial approach using Geographic Information System (GIS). The DRASTIC method can represent groundwater vulnerability with a hydrogeological approach based on seven parameters, including depth to groundwater (D), net recharge (R), aquifer media (A), soil media (S), slope (T), vadose zone (I), and hydraulic conductivity (C). Based on the analysis, a range of DRASTIC Index (DI) values from 83-172 was obtained and divided into three vulnerability levels. Areas with low vulnerability levels have a DI range of 83-124 with an area of 216.07 km<sup>2</sup> (46.62%), where this vulnerability level is susceptible to certain pollutants that are continuously discharged. Areas with moderate vulnerability levels have a range of DI values between 124-144, covering an area of 118,095 km<sup>2</sup> (25.48%), where the vulnerability level can be contaminated by pollutants that are continuously disposed of. Meanwhile, areas with high vulnerability levels have a range of DI values between 144-172, covering an area of 129.28 km<sup>2</sup> (27.90%), where the vulnerability level can be contaminated by all pollutants except those that require high absorption power and are easily altered under certain conditions.

**Keywords:** Contaminant, DRASTIC method, groundwater vulnerability, shallow aquifer, West Rembang Regency

## 1. PENDAHULUAN

Airtanah merupakan salah satu sumber daya alam yang berharga bagi kehidupan. Namun, dengan padatnya kegiatan industri, pertanian, dan peternakan, menjadikan akuifer berisiko untuk terkontaminasi. Pembuangan air limbah, penggunaan pestisida dan pupuk yang intensif, dan pengambilan air tanah yang berlebih hanyalah beberapa contoh yang dapat menyebabkan

airtanah terkontaminasi (Ravindranath & Thirukumaran, 2021).

Pencemaran air merupakan penurunan kualitas airtanah yang disebabkan masuknya zat, energi, unsur atau komponen lain akibat adanya aktivitas manusia ataupun proses alami. Salah satu sumber pencemar air adalah masuknya zat kontaminan. Menurut Notodarmojo (2004) kontaminan ini memiliki dampak negatif terhadap manusia dan

lingkungan, namun belum teridentifikasi secara jelas.

Pada dasarnya, tanah memiliki kemampuan untuk bertahan terhadap adanya kontaminasi yang ada pada permukaan tanah hingga mencapai muka airtanah, hal ini biasa disebut dengan istilah kerentanan airtanah (Harter & Walker, 2001). Setiap wilayah tentunya memiliki tingkat kerentanan yang berbeda-beda dimana dipengaruhi oleh kondisi hidrogeologi masing-masing wilayah.

Kerentanan tanah dengan cakupan wilayah yang luas dapat dianalisis menggunakan metode DRASTIC. Penggunaan metode DRASTIC didasarkan pada kondisi hidrogeologi dan penggabungan parameter-parameter yang mempengaruhi airtanah terkontaminasi. Metode DRASTIC dikembangkan oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat pada tahun 1985 bertujuan untuk mengevaluasi potensi pencemaran airtanah di seluruh Amerika Serikat. Kata DRASTIC adalah bentuk akronim setiap huruf awal dari tujuh parameter. (D) mengacu pada kedalaman air, (R) mengacu pada imbuhan air, (A) mengacu pada media akuifer, (S) mengacu pada media tanah, (T) mengacu pada topografi, (I) mengacu pada dampak zona vadose media, dan (C) mengacu pada konduktivitas hidrolik akuifer (Aller dkk., 1987).

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui zona dan tingkat kerentanan airtanah terhadap pencemaran di Kabupaten Rembang bagian barat. Aplikasi yang digunakan yakni dengan pendekatan lingkungan secara fisik, menggunakan metode DRASTIC. Studi terkait kerentanan airtanah sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti (Aller dkk., 1987; Stempvort dkk., 1993; Harter & Walker, 2001; Hadi, 2006; Widyastuti dkk., 2006; Civita, 2010; Pacheco dkk., 2015; Yuslihanu, 2015; Ananda dkk., 2016; Kesuma, 2017; Putranto dkk., 2019; Devianto dkk., 2019). Penelitian kerentanan tersebut sebagian besar batas penelitiannya adalah menggunakan wilayah administrasi. Terkait dengan kondisi

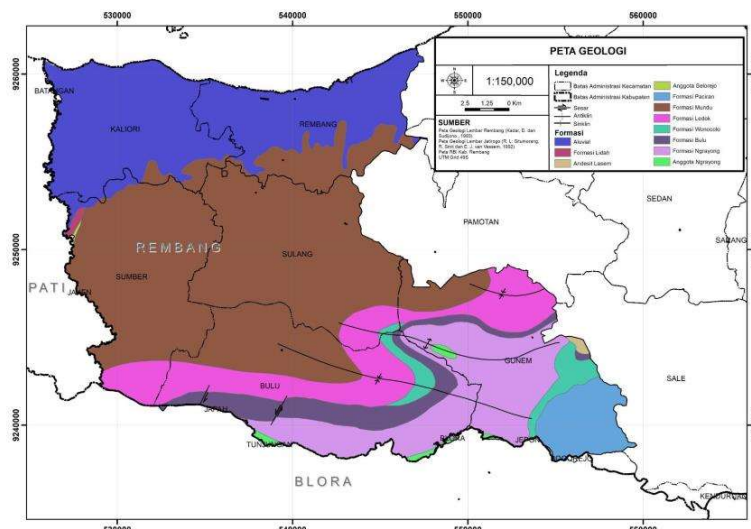
geografis Kabupaten Rembang yang berada di daerah pesisir, penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya mengenai kerentanan di daerah ini tidak menggunakan konsep metode DRASTIC karena berfokus pada daerah pesisirnya saja. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian yang dapat membantu menzonasikan daerah penelitian yang rentan airtanah terhadap polutan dengan menggunakan metode DRATIC. Penelitian ini mengevaluasi kerentanan airtanah di Kabupaten Rembang bagian barat secara sistematis dengan mengutamakan faktor hidrogeologi dan penggabungan parameter yang mempengaruhi pencemaran airtanah.

## 2. GEOLOGI REGIONAL

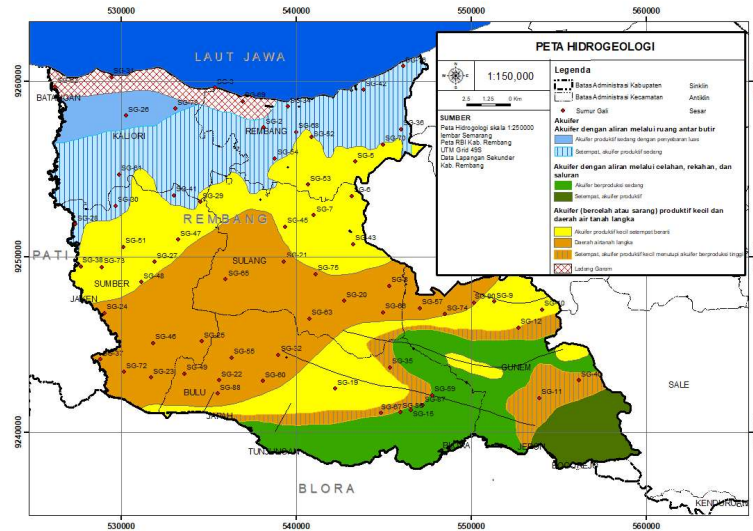
Daerah Kabupaten Rembang bagian barat dipilih sebagai lokasi penelitian berdasarkan ketersediaan data hidrogeologi, data bawah permukaan serta sejumlah data pendukung lainnya untuk penilaian karakteristik kerentanan airtanah terhadap kontaminasi. Luas daerah penelitian mencapai 463,445 km<sup>2</sup> dari total luas Kab. Rembang secara keseluruhan yaitu 1.014,10 km<sup>2</sup>. Lokasi penelitian meliputi 6 kecamatan yaitu Kecamatan Kaliori, Rembang, Sumber, Sulang, Bulu, dan Gunem.

Adapun kondisi geologi regional berdasarkan peta geologi regional lembar Rembang (Kadar dkk., 1993) dan peta geologi regional lembar Jatirogo (Situmorang dkk., 1992) diketahui bahwa daerah penelitian terdiri dari Aluvial, Formasi Lidah, Formasi Lasem, Anggota Selorejo, Formasi Paciran, Formasi Mundu, Formasi Ledok, Formasi Wonocolo, Formasi Bulu, Formasi Ngrayong serta Anggota Ngrayong (Gambar 2).

Sedangkan kondisi hidrogeologi (Gambar 3) regional daerah penelitian terdiri dari beberapa jenis akuifer yaitu akuifer dengan aliran ruang antar butir, akuifer dengan aliran melalui celahan, rekahan dan saluran, akuifer bercelah atau sarang produktif kecil dan daerah airtanah langka serta ladang garam.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian



Gambar 2. Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian

**3. BAHAN DAN METODE PENELITIAN**

Metode DRASTIC mengacu pada pergerakan airtanah yang dipengaruhi oleh kondisi hidrogeologi. Sistem evaluasi DRASTIC didasarkan pada tiga komponen (angka beban, cakupan, dan rating) yang dinyatakan dalam angka (Aller dkk.,1987 dalam Jong & Yeong, 1999). Angka beban diberikan pada masing-masing parameter DRASTIC berdasarkan tingkat kepentingan relatif yang mempengaruhi kerentanan airtanah. Adapun parameter yang digunakan dalam metode DRASTIC menurut Piscopo (2001) meliputi

beberapa hal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Dalam metode DRASTIC, perhitungan nilai kerentanan airtanah dilakukan dengan sistem pembobotan dari tiap parameter yang ada. Nilai bobot yang digunakan yaitu mulai dari 5 (paling penting) hingga 1 (paling tidak penting). Adapun tiap parameter ini nantinya juga memiliki rentang kelas atau rating yang berbeda-beda. Menurut Sugiyanti (2017) nilai rating yang digunakan yaitu mulai dari 1 (potensi pencemaran paling rendah) hingga 10 (potensi pencemaran paling tinggi) yang diunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Parameter DRASTIC (Piscopo, 2001)

Parameter	Deskripsi
<i>Depth to Water</i>	Merupakan kedalaman dari permukaan tanah hingga <i>water table</i> . Semakin dalam muka airtanah, semakin kecil kemungkinan kontaminan berinteraksi dengan airtanah
<i>Net Recharge</i>	Merupakan jumlah air yang masuk ke dalam tanah hingga mencapai muka airtanah. Semakin besar jumlah <i>recharge</i> , semakin besar kemungkinan potensi kontaminasi airtanah
<i>Aquifer Media</i>	Merupakan daerah potensial untuk menyimpan air, mengacu pada jumlah material terkontaminasi yang memasuki akuifer. Semakin besar kemampuan media akuifer dalam menahan laju kontaminan, semakin kecil kemungkinan kontaminasi airtanah
<i>Soil media</i>	Merupakan bagian tanah paling atas yang mempengaruhi pergerakan kontaminan yang masuk ke dalam akuifer. Semakin tebal lapisan tanah, semakin kecil kemungkinan kontaminasi airtanah
<i>Topography</i>	Merupakan tingkat kemiringan lahan, dimana berpengaruh terhadap kontaminan yang akan masuk menuju muka airtanah. Semakin tinggi tingkat kemiringan lahan, semakin kecil kemungkinan kontaminasi airtanah
<i>Impact of Vadoze Zone</i>	Merupakan bagian tanah yang berada di antara akuifer dan penutup tanah yang berpengaruh dalam mengontrol kontaminan yang akan menuju muka airtanah. Hal tersebut juga didukung dengan adanya rekahan, permeabilitas, dan kedalaman muka airtanah
<i>Hydraulic Conductivity</i>	Merupakan kemampuan formasi akuifer untuk mengalirkan dan mengontrol kecepatan aliran airtanah. Semakin besar nilai konduktivitas hidrolis, semakin besar kemungkinan kontaminasi airtanah.

**Tabel 2.** Perhitungan Skor Parameter DRASTIC (Modifikasi dari Aller dkk., 1985; Febriarta dkk., 2020)

1. Kedalaman MAT				2. Recharge				3. Media Akuifer			
Rentang (m)	Kelas	Bobot	Skor	Rentang (mm/tahun)	Kelas	Bobot	Skor	Akuifer	Kelas	Bobot	Skor
0,2 – 2,22	10		50	> 168,3	6		24	Batugamping, batupasir, shale	6		18
2, 22 – 3,51	9	5	45	8,7 – 168,3	3	4	12	Serpih massif/besar	1	3	3
3,51 – 8,64	7		35	0 – 8,7	1		4				
4. Media Tanah				5. Topografi				6. Zona Vadoze			
Media Tanah	Kelas	Bobot	Skor	Rentang (%)	Kelas	Bobot	Skor	Rentang	Kelas	Bobot	Skor
Pasir	9		18	0 - 2	10		10	Pasir	8		40
Pasir Lempungan	6	2	12	2 - 6	9		9	Batugamping	6	5	30
Lempung	5		10	6 - 12	5	1	5	Lempung	3		15
				12 - 18	3		3				
				>18	1		1				
7. Konduktivitas Hidrolika											
Rentang (m/day)	Kelas	Bobot	Skor								
3,1	4		12								
0,94	2	3	6								
0,0002	1		3								

*Depth to water* atau ke dalam muka airtanah pada daerah penelitian sebanyak 66 sumur gali yang tersebar merata di Kabupaten Rembang bagian Barat. Dari data tersebut kedalaman muka airtanah terendah yaitu 0,20 m yang terletak di Desa Jatirejo, Kecamatan Sumber, Kabupaten Rembang. Sedangkan muka airtanah terdalam yaitu Desa Sangkrah, Kecamatan Sumber, Kabupaten Rembang. Jarak permukaan terhadap muka airtanah menjadi parameter dengan rating tertinggi yaitu 5 karena jarak keduanya mempengaruhi laju pergerakan kontaminan menuju airtanah.

Imbuhan air tanah atau *recharge* daerah penelitian didapatkan menggunakan perhitungan nilai curah hujan rata-rata tahunan selama 3 tahun di Kabupaten Rembang terutama pada Kecamatan Rembang, Kaliori, Sulang, Sumber, Bulu, dan Gunem yang diperoleh dari data Badan Pusat Statistik (BPS) Kab. Rembang. Proses infiltrasi air sangat penting terdapat pergerakan kontaminan sehingga diberi rating 4. Untuk mendapatkan nilai *recharge* menggunakan metode perhitungan keseimbangan air (*water balance*) yang disederhanakan yaitu, kondisi dari setiap air hujan yang masuk atau presipitasi sama dengan keluarnya air melalui proses *runoff* dan *evapotranspirasi* menggunakan persamaan berikut:

$$Recharge = curah\ hujan - evaporasi - runoff \quad (1)$$

$$Evapotranspirasi = (-0,146 \times curah\ hujan) + 1276 \quad (2)$$

$$Runoff = (0,4 \times curah\ hujan) - 344 \quad (3)$$

Media akuifer merupakan salah satu parameter kerentanan berdasarkan penyusun batuan-akuifernya. Data yang digunakan dalam parameter media akuifer diperoleh dari analisis peta geologi dan peta hidrogeologi daerah penelitian dan diberi rating 3.

Media tanah menjadi hal yang mempengaruhi pencemaran terhadap airtanah sebagian besar dipengaruhi oleh jenis dan jumlah kandungan lempung, potensi lempung untuk menyusut dan mengembang, serta ukuran butir. Karakteristik tanah mempengaruhi laju infiltrasi, potensi dispersi, proses pemurnian kandungan kontaminan, dan lain sebagainya. Karakteristik material penutup tanah mempengaruhi kondisi permukaan dan pergerakan kontaminan menuju akuifer. Keterdapatannya material yang berbutir halus seperti lempung, lanau, atau gambut mampu menurunkan permeabilitas melalui proses fisika-kimia (absorpsi, pertukaran ion, oksidasi dan biodegradasi) sehingga mampu mencegah pergerakan kontaminan (Alfiyan, 2011).

Daerah penelitian memiliki kemiringan lereng yang beragam. Dimana pada daerah penelitian ini

didominasi oleh dataran dan terdapat tinggian di bagian selatan daerah penelitian. Topografi menjadi salah satu parameter DRASTIC dimana memiliki dampak terhadap zona tak jenuh air. Parameter ini memiliki nilai pembobotan paling kecil yaitu 1. Hal ini dikarenakan topografi mempengaruhi kontaminasi yang akan masuk ke dalam airtanah dan perannya tidak sebesar parameter lain.

Zona vadose pada daerah penelitian terdiri pasir, batugamping dan lempung. Pengaruh zona vadose pada potensi pencemaran akuifer pada dasarnya mirip dengan media tanah, tergantung pada permeabilitasnya dan karakteristik atenuasi atau redaman media. Pengaruh dari zona vadose merupakan hal yang kompleks karena melibatkan media akuifer dan karakteristik topografi. Zona vadose memiliki dampak tinggi pada pergerakan air terlebih apabila terdiri dari material yang bersifat permeabel sehingga diberi rating 5.

Konduktivitas hidrolika merupakan nilai dari percepatan gerakan air di dalam material geologi (batuan) yang dilewati dengan satuan m/hari. Nilai konduktivitas hidrolika suatu litologi dipengaruhi beberapa faktor seperti porositas, ukuran, distribusi, bentuk, dan susunan butir (Febriarta dkk., 2020) oleh karena itu diberi rating 3. Perhitungan rating dan bobot kemudian akan dimuat pada masing-masing parameter dengan luaran berupa peta parameter. Kemudian, dilakukan perhitungan indeks DRASTIC dengan menjumlahkan seluruh parameter sesuai rumus (4). Kerentanan airtanah didasarkan pada *DRASTIC Index* (DI) yang dihitung menggunakan persamaan (1) pada Wu dkk., (2018):

**DRASTIC Index =**

$$(DR \times DW) + (RR \times RW) + (AR \times AW) + (SR \times SW) + (TW \times TW) + (IR \times IW) + (CR \times CW) \quad (4)$$

Keterangan :

R : *Rating*

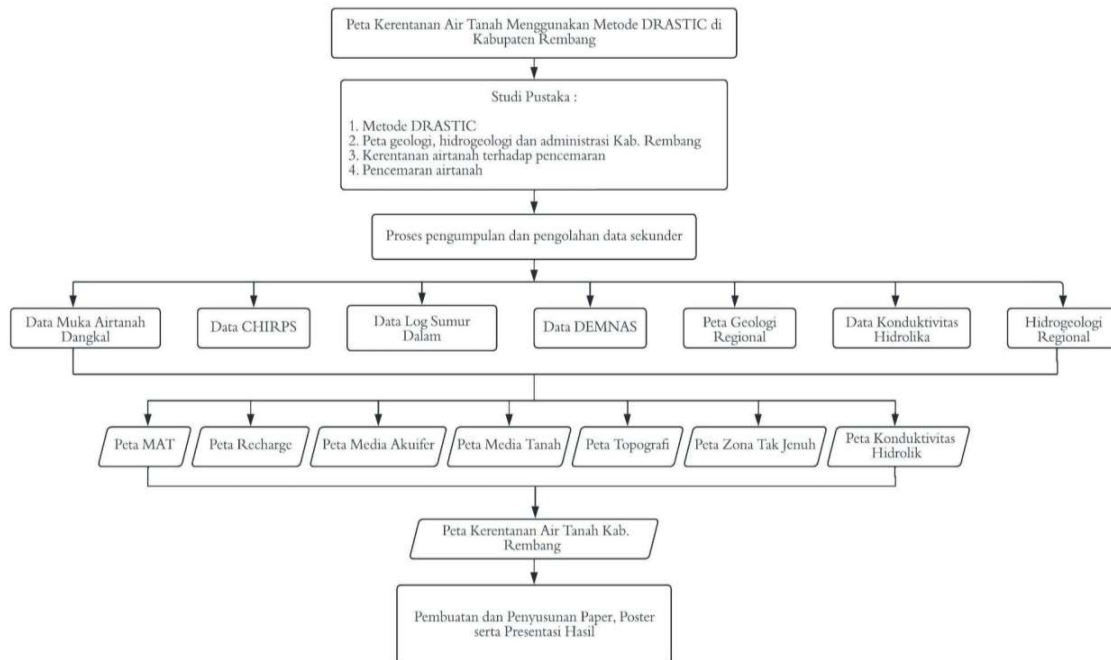
W : *Weight* (bobot)

Jika nilai angka indeks DRASTIC sudah diketahui di suatu daerah, maka dapat dilakukan analisis mengenai tingkat kerentanan airtanah. Semakin tinggi nilai indeks DRASTIC, maka potensi kontaminasi akan semakin tinggi. Sebaliknya, semakin rendah nilai indeks DRASTIC, maka potensi kontaminasi akan semakin rendah. Berikut adalah diagram alir penelitian pada Gambar 3.

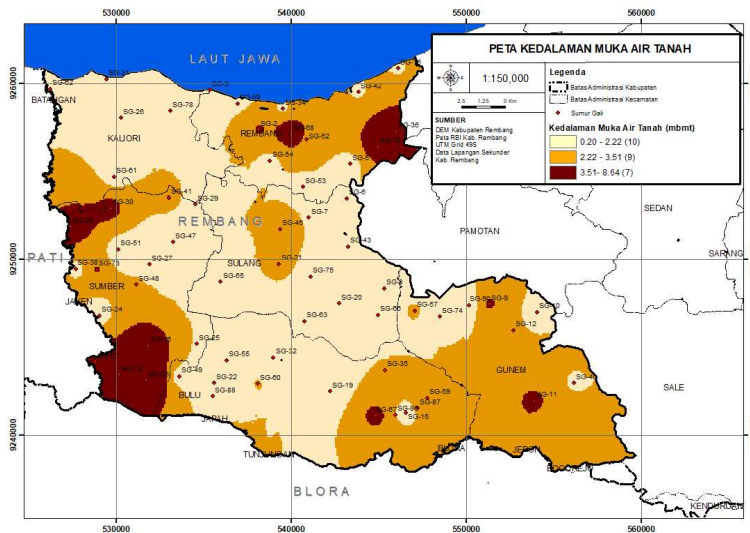
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 *Depth to Water Table*

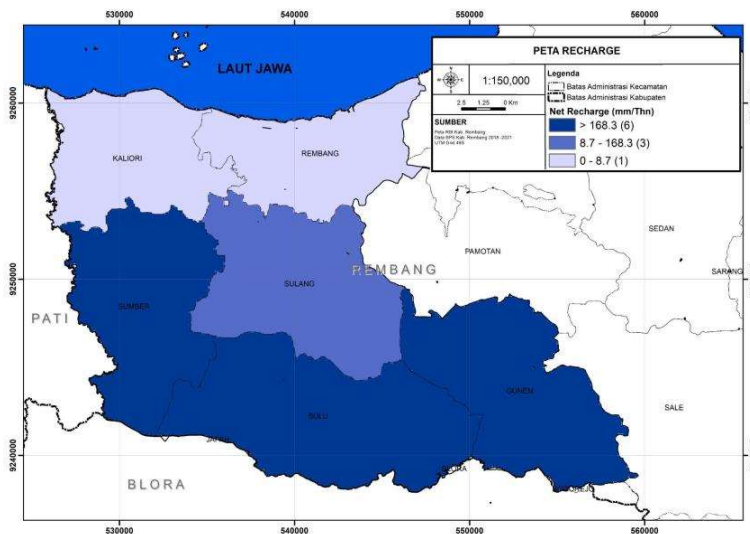
Kedalaman muka airtanah menjadi salah satu parameter DRASTIC dimana memiliki dampak terhadap zona vadose atau zona tak jenuh air. Parameter ini memiliki nilai pembobotan paling besar yaitu 5. Hal ini dikarenakan kedalaman muka airtanah sangat mempengaruhi kecepatan kontaminasi menuju zona jenuh air. Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan pembagian pembobotan untuk parameter kedalaman muka airtanah menjadi 3 kelas (Tabel 2 dan Gambar 4). Kedalaman 0,20-2,22 m menempati hampir sebagian besar daerah penelitian yang mencakup Kecamatan Kaliiori, Sulang, Bulu, Sumber, dan se-



**Gambar 3.** Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Peta kedalaman muka airtanah



Gambar 5. Peta Recharge

-bagian Kecamatan Rembang serta Gunem. Untuk kedalaman 2,22-3,51 m terdapat di daerah Kecamatan Gunem, Bulu, Sumber, Rembang, dan Sulang. Kedalaman yang terdalam yaitu 3,51-8,64 m terdapat di daerah Kecamatan Sumber, Rembang, Gunem, dan Bulu (Gambar 4).

**4.2 Net Recharge**

Berdasarkan persebaran nilai *recharge* pada daerah penelitian dibagi menjadi 3 kelas, yaitu 0-8,7 mm/tahun, 8,7-168,3 mm/tahun, dan >168,3 mm/tahun (Gambar 5 dan Tabel 2). Kecamatan Kaliori dan Rembang didapatkan nilai *recharge* sebesar 0-8,7 mm/tahun dengan curah hujan sebesar 1047-1159 mm/tahun, Kecamatan Sulang didapatkan nilai *recharge* 8,7-168,3 mm/tahun dengan curah hujan sebesar 1375 mm/tahun, dan Kecamatan Sumber, Bulu, Gunem didapatkan nilai recharge >168,3 mm/tahun dengan curah hujan sebesar 1507-1689 mm/tahun. Pada Tabel 3 dapat

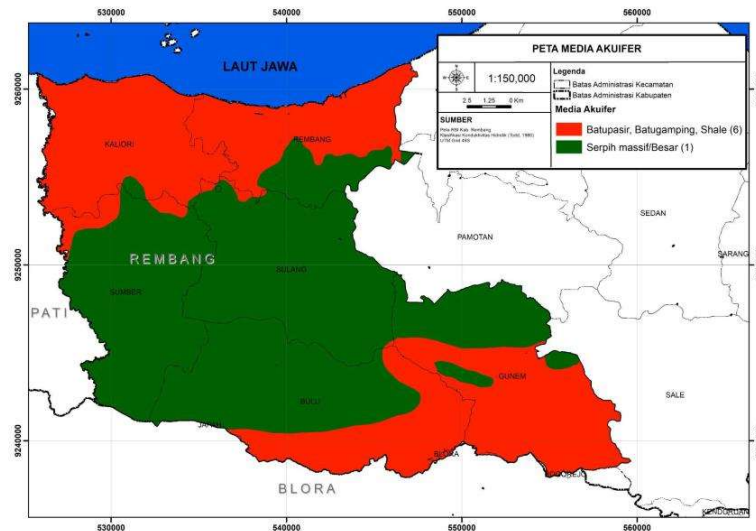
**Tabel 3.** Perhitungan *Recharge* (mm/tahun)

Kecamatan	Curah Hujan	Runoff	Evapotranspirasi
Kaliori	1047	75	1123
Rembang	1159	120	1107
Sulang	1357	206	1075
Sumber	1507	259	1056
Gunem	1613	301	1041
Bulu	1689	332	1029

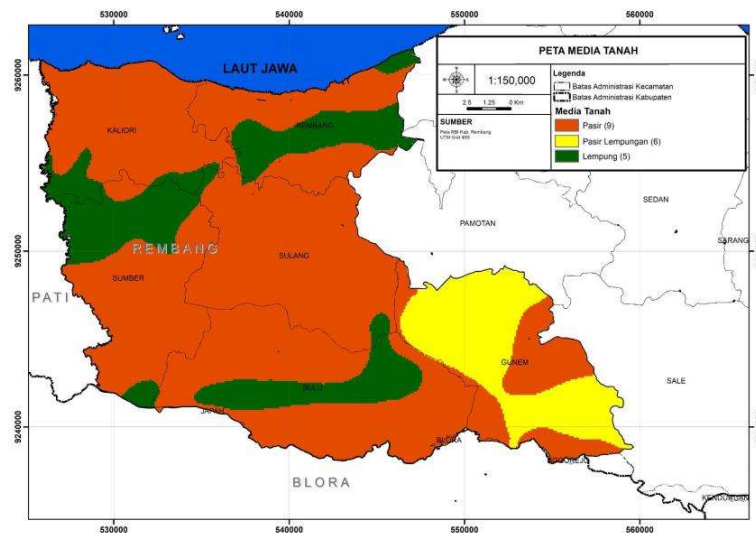
dilihat nilai perhitungan *run off* dan evapotranspirasi dari masing-masing kecamatan.

**4.3 Aquifer Media**

Berdasarkan persebaran media akuifer pada daerah penelitian dibagi menjadi 2 kelas, yaitu batugamping, batupasir, *shale*, dan serpih massif/besar (Gambar 6). Potensi pencemaran airtanah juga dipengaruhi oleh media akuifer, karena litologi batuan dari akuifer dapat mengontrol



Gambar 6. Peta Media Akuifer



Gambar 7. Peta Media Tanah

kemampuan akuifer untuk menahan, menyimpan, serta meloloskan airtanah. Sifat batuan yang berpasir, berpermeabilitas, dan berporositas tinggi dapat meloloskan airtanah maupun polutan dengan cepat. Sebaliknya, semakin rapat rongga antar butir dan permeabilitas rendah memiliki produktivitas airtanah kecil (Febriarta, dkk., 2019; Febriarta, dkk., 2020).

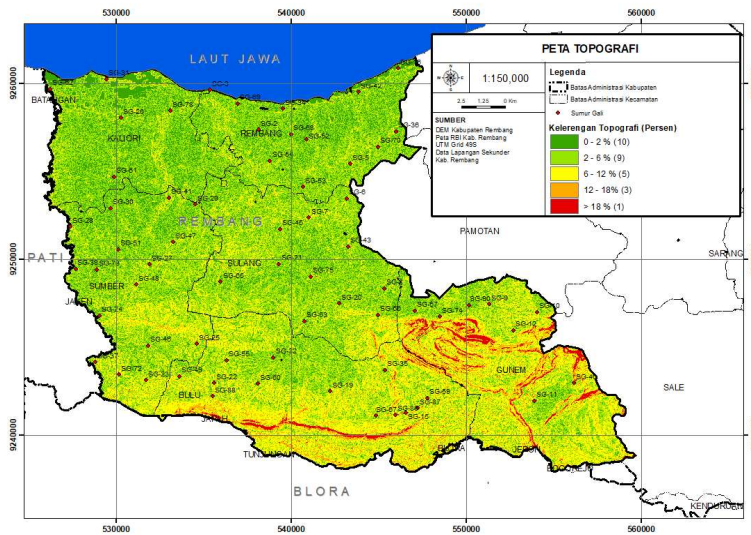
#### 4.4 Soil Media

Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan pembagian pembobotan untuk parameter media tanah menjadi 3 kelas (Tabel 2). Media tanah pada daerah penelitian tersusun dari pasir, pasir lempungan dan lempung (Gambar 7). Pasir dan pasir lempungan merupakan material yang bersifat lebih mudah untuk meloloskan air sehingga proses infiltrasi termasuk pergerakan kontaminan terjadi lebih cepat untuk mencapai akuifer. Sedangkan media tanah yang tersusun dari lempung mampu

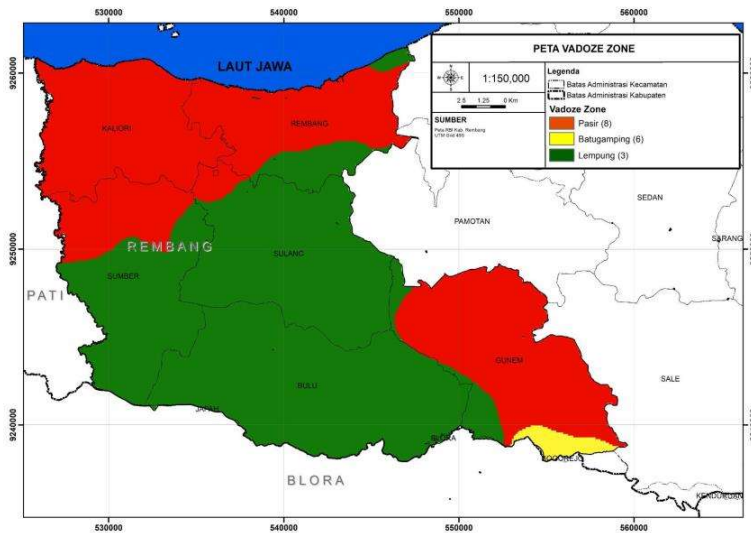
menghambat pergerakan kontaminan akibat permeabilitasnya yang rendah.

#### 4.5 Topography

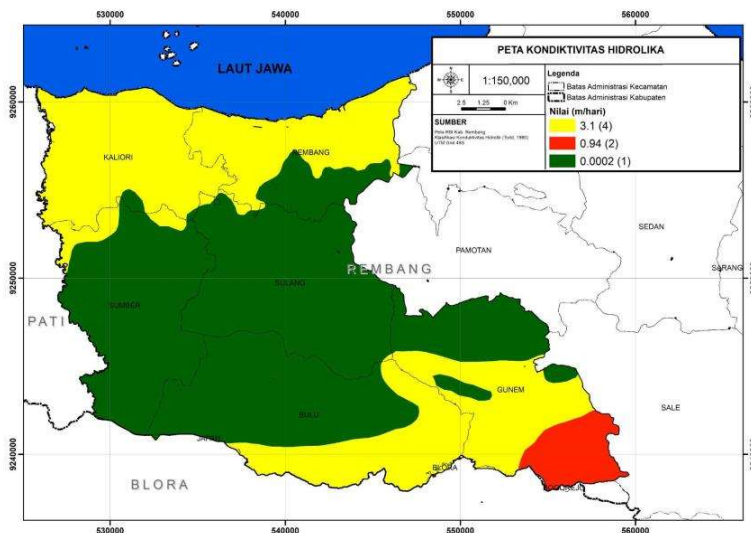
Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan pembagian pembobotan untuk parameter topografi menjadi 5 kelas (Tabel 2). Dari hasil analisis yang telah dilakukan, secara umum daerah penelitian ini termasuk rentan terhadap kontaminan. Hal ini dikarenakan daerah penelitian memiliki kemiringan lereng 0-6% yang mana termasuk daerah dataran (van Zuidam, 1985). Sedangkan bagian daerah yang memiliki kemiringan lereng lebih tinggi yakni >18% terletak di sekitar Kecamatan Gunem dan Bulu. Daerah yang memiliki kemiringan lereng tinggi ini tidak mudah terkena kontaminan karena kontaminan akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk masuk ke dalam airtanah dibandingkan daerah dataran.



Gambar 8. Peta Topografi



Gambar 9. Peta Zona Vadose



Gambar 10. Peta Konduktivitas hidrolika



#### 4.6 Impact of Vadose Zone

Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan pembagian pembobotan untuk parameter media tanah menjadi 3 kelas (Tabel 2). Zona vadose pada daerah penelitian tersusun dari pasir, batugamping dan lempung (Gambar 9). Material berupa pasir ditemukan pada utara daerah penelitian, lempung di tengah daerah penelitian sedangkan batugamping berada di bagian tenggara daerah penelitian. Keterdapat batugamping terkait dengan kondisi geologi penyusun daerah penelitian. Litologi yang memiliki porositas serta permeabilitas tinggi seperti pasir dan batugamping memiliki skor yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempung karena pasir dan batugamping lebih mempercepat pergerakan kontaminan ke zona vadose.

#### 4.7 Hydraulic Conductivity

Pada bagian tengah daerah penelitian tingkat produktivitas akuifer kecil hingga daerah airtanah langka karena dipengaruhi oleh batuan penyusunnya yang didominasi oleh batulempung yang bersifat rendah dalam menyimpan dan meloloskan airtanah dengan nilai konduktivitas hidrolika 0,0002 m/hari (Gambar 10). Sedangkan di bagian utara dan selatan memiliki akuifer produktivitas sedang dengan batuan penyusunnya didominasi batupasir dan batugamping yang masing-masing memiliki nilai konduktivitas hidrolika 3,1 m/hari dan 0,94 m/hari.

#### 4.8 Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran dengan Metode DRASTIC

Berdasarkan hasil pengukuran, didapatkan pembagian Peta Tingkat Kerentanan Airtanah ini ke dalam 3 kelas (Gambar 11), yaitu nilai rendah (83-124), sedang (124-144), dan tinggi (144-172) (modifikasi dari Azizah dkk., 2021).

#### 4.9 Kerentanan Rendah

Daerah dengan kerentanan rendah dapat diinterpretasikan memiliki probabilitas mengalami pencemaran yang rendah akibat kontaminan. Untuk wilayah yang memiliki tingkat kerentanan rendah terletak di Kecamatan Sumber, Bulu, Sulang, dan sebagian Kecamatan Rembang. Tingkat kerentanan rendah ini memiliki indeks DRASTIC 83-124 (Gambar 5) dan memiliki luas 216,07 km<sup>2</sup> (46,62%) dari daerah penelitian. Wilayah tersebut memiliki karakteristik kedalaman muka air tanah yang cenderung lebih dalam berkisar 3,51-8,64 meter bawah permukaan tanah. Kedalaman airtanah akan berpengaruh terhadap lama waktu yang dibutuhkan oleh kontaminan untuk mencapai muka airtanah. Nilai imbuhan airtanah atau *recharge* pada daerah tingkat kerentanan rendah bernilai 0-8,7 mm/tahun. Semakin rendah nilai *recharge* maka akan menyebabkan rendahnya nilai infiltrasi air permukaan menuju akuifer sehingga mengurangi potensi kontaminasi terhadap airtanah. Media akuifer penyusun daerah dengan kerentanan rendah ini berupa serpih massif. Dengan kualitas

akuifer yang didominasi oleh material *impermeabel* seperti serpih akan berdampak pada rendahnya nilai konduktivitas hidrolika sehingga menurunkan mobilitas kontaminan.

Adapun media tanah pada kelas ini tersusun dari material pasir dan pasir lempungan. Sedangkan zona vadose berupa lempung. Sifat lempung yang cenderung liat ini akan berpengaruh terhadap perlambatan mobilitas kontaminan menuju akuifer. Terkait dengan kemiringan lereng atau topografi daerah ini menunjukkan kelerengan berkisar 0-12% dari utara menuju tengah daerah penelitian. Kemudian mengenai nilai konduktivitas hidrolika menunjukkan angka berkisar 0,0002 m/hari karena diinterpretasikan daerah tersebut tersusun dari material berupa lempung.

#### 4.10 Kerentanan Sedang

Daerah dengan kerentanan sedang dapat diinterpretasikan memiliki probabilitas mengalami pencemaran apabila terdapat pengaruh kontaminan secara konstan. Untuk wilayah yang memiliki tingkat kerentanan sedang terletak di Kecamatan Sumber, Bulu, Sulang dan sebagian Kecamatan Rembang dan Gunem. Tingkat kerentanan sedang ini memiliki indeks DRASTIC 124-142 dan memiliki luas 118,095 km<sup>2</sup> (25,89%) dari daerah penelitian. Wilayah tersebut memiliki karakteristik kedalaman muka air tanah yang cenderung bervariasi dengan rentang 0,2-8,54 meter bawah permukaan tanah. Kedalaman airtanah akan berpengaruh terhadap lama waktu yang dibutuhkan oleh kontaminan untuk mencapai muka airtanah, apabila muka airtanah variasi dangkal akan mempercepat kontaminan menuju akuifer sedangkan apabila nilainya termasuk muka air tanah dalam maka kontaminan akan memerlukan waktu yang lebih lama mencapai akuifer.

Nilai imbuhan airtanah atau *recharge* pada daerah tingkat kerentanan sedang bernilai 0->168,3 mm/tahun. Variasi nilai *recharge* akan menentukan besarnya infiltrasi air kedalam akuifer, semakin rendah nilai *recharge* maka akan menyebabkan rendahnya nilai infiltrasi air permukaan menuju akuifer sehingga mengurangi potensi kontaminasi terhadap airtanah namun apabila nilainya tinggi akan menyebabkan jumlah infiltrasi air ke dalam akuifer menjadi besar dan memungkinkan akuifer bercampur dengan kontaminan. Media akuifer penyusun daerah dengan kerentanan sedang ini berupa batupasir, batugamping, *shale* dan serpih masif.

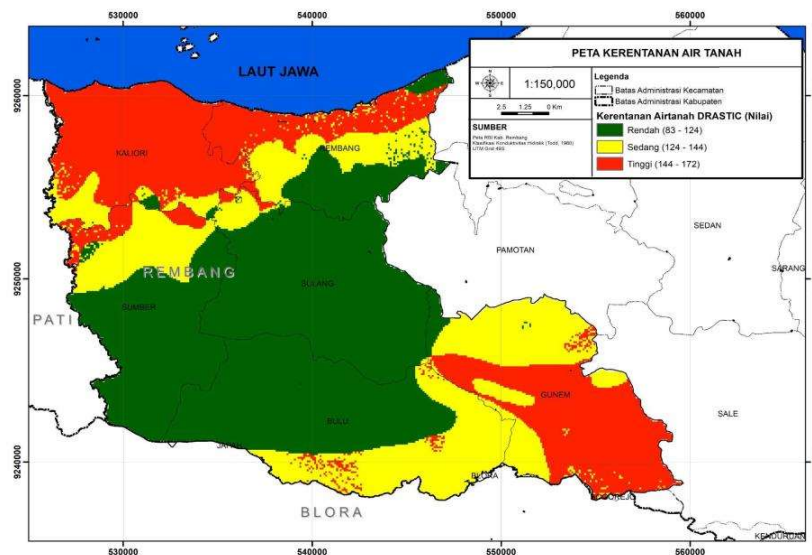
Adapun media tanah pada kelas sedang tersusun dari material pasir, pasir lempungan dan lempung. Sedangkan zona vadose berupa pasir dan lempung. Variasi zona vadose mempengaruhi kecepatan kontaminan menuju akuifer dimana apabila *vadose zone* memiliki sifat lempung yang cenderung liat mempengaruhi perlambatan mobilitas kontaminan menuju akuifer apabila tersusun dari material pasir maka mobilitas kontaminan akan lebih cepat. Terkait dengan

kemiringan lereng atau topografi daerah ini menunjukkan kelerengan berkisar 0 - > 18% dari utara menuju tenggara daerah penelitian. Kemudian mengenai nilai konduktivitas hidrolika menunjukkan angka berkisar 0,0002 - 3,1 m/hari karena diinterpretasikan daerah tersebut tersusun dari material berupa lempung, gamping dan pasir.

#### 4.11 Kerentanan Tinggi

Daerah dengan nilai kerentanan tinggi dapat dikatakan daerah tersebut memungkinkan terjadi kontaminasi pencemaran airtanah dibandingkan dengan daerah yang memiliki nilai kerentanan rendah-sedang. Pada daerah penelitian, nilai kerentanan tinggi terletak di Kecamatan Kaliori, Rembang, dan Gunem yang ditandai dengan warna merah pada peta (Gambar 5). Adapun luas daerah penelitian dengan tingkat kerentanan tinggi ini seluas 129,282 km<sup>2</sup> (27,89%) dengan nilai indeks DRASTIC sebesar 144-172. Daerah dengan tingkat kerentanan tinggi memiliki kedalaman muka air tanah yang rendah yakni berkisar 0,20-3,51 meter bawah permukaan tanah. Hal tersebut menyebabkan adanya kontaminasi yang masuk

akan lebih cepat menuju akuifer. Jumlah *recharge* yang dimiliki pada tingkat kerentanan tinggi ini berkisar 0-168 mm/hari. Media penyusun akuifer pada kondisi ini tersusun dari batupasir, gamping, dan *shale*. Dengan sifatnya yang tergolong porus, gamping ini akan dengan mudah meloloskan kontaminan yang masuk ke dalam akuifer. Begitu juga dengan batupasir yang memiliki tingkat porositas cukup baik, dimana hal ini akan membantu kontaminan yang masuk ke dalam akuifer akan lebih cepat. Media tanah pada tingkat kerentanan tinggi ini tersusun dari pasir dan pasir lempungan. Sedangkan zona vadose tersusun dari batugamping dan pasir. Kondisi kelerengan topografi pada tingkat kerentanan tinggi ini tergolong rendah yakni berkisar 0-12% di bagian utara daerah penelitian, sedangkan di bagian selatan daerah penelitian memiliki tingkat kelerengan topografi yang cukup tinggi yakni berkisar >18%. Adapun tingkat konduktivitas hidrolika pada kondisi nilai kerentanan yang tinggi ini berkisar 0,94-3,1 m/hari yang menandakan daerah tersebut tersusun dari batugamping dan juga batupasir.



Gambar 11. Peta Kerentanan Airtanah DRASTIC

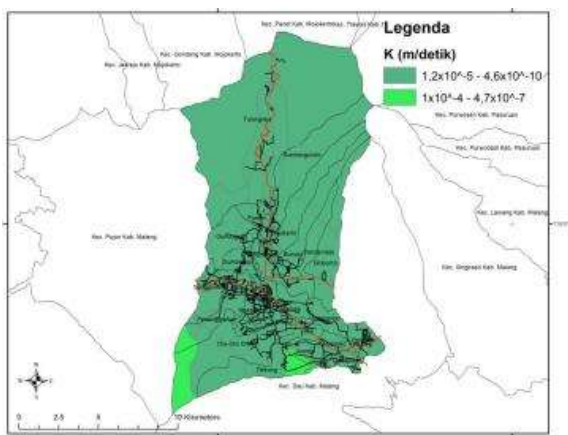
Tabel 4. Matriks Kerentanan Airtanah dan Persebarannya (Modifikasi dari Azizah dkk., 2021)

Nilai	Tingkat Kerentanan	Sifat	Persebaran
83 - 124	Rendah	Dapat tercemar oleh polutan tertentu yang dibuang secara menerus	Kecamatan Sumber, Bulu, Sulang, dan sebagian Kecamatan Rembang. <b>216,07 km<sup>2</sup> (46,62%)</b>
124 - 144	Sedang	Dapat tercemar oleh polutan yang dibuang secara menerus	Kecamatan Sumber, Bulu, Sulang dan sebagian Kecamatan Rembang dan Gunem. <b>118,095 km<sup>2</sup> (25,48%)</b>
144 - 172	Tinggi	Dapat tercemar oleh semua polutan kecuali yang memerlukan daya serap tinggi dan mudah berubah dalam beberapa kondisi	Kecamatan Kaliori, Rembang, dan Gunem. <b>129,282 km<sup>2</sup> (27,90%)</b>

#### 4.12 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian, kondisi hidrogeologi daerah penelitian terdiri dari beberapa jenis akuifer yaitu akuifer dengan aliran ruang antar butir, akuifer dengan aliran melalui celahan, rekahan dan saluran, akuifer bercelah atau sarang produktif kecil dan daerah airtanah langka serta ladang garam. Berdasarkan hasil analisis kerentanan airtanah terhadap kontaminan dengan metode DRASTIC didapatkan bahwa Kabupaten Rembang bagian barat memiliki tingkat kerentanan yang berbeda-beda di setiap wilayah. Adapun sumber kontaminasi yang dapat menjadi ancaman kerentanan airtanah di daerah penelitian mencakup pembuangan air limbah, air lindi, limbah pabrik, sisa penggunaan pupuk kimia dan pestisida oleh petani, dan sampah yang dibuang sembarangan. Dimana daerah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terdapat di Kecamatan Kaliori, Rembang, dan Gunem dengan luas 129,282 km<sup>2</sup> (27,89%).

Devianto dkk., (2019) melakukan penelitian kerentanan airtanah dengan metode yang sama dan menghasilkan dua tingkat kerentanan yakni rendah dan sedang (Gambar 6). Data dan parameter yang digunakan sebagian besar sama yakni dengan menggunakan data sumur gali. Perbedaan terletak pada salah satu parameter DRASTIC, yaitu *net recharge*. Dimana pada penelitian ini perhitungan nilai curah hujan rata-rata tahunan selama 3 tahun. Sedangkan pada Devianto dkk., (2019) nilai *recharge* yang digunakan hanya mengacu pada data curah hujan rata-rata tahunan selama 4 tahun (2013-2016) dan menghasilkan satu kelas parameter nilai *recharge*. Untuk hasil perhitungan metode DRASTIC, dibandingkan dengan salah satu penelitian di Kota Batu (Devianto dkk., 2019). Pada daerah penelitian, mencakup wilayah yang lebih spesifik yakni Kabupaten Rembang bagian barat. Sedangkan pada penelitian sebelumnya mencakup semua wilayah kecamatan yang ada di Kota Batu. Selain itu, pada penelitian ini menghasilkan tiga tingkat kerentanan airtanah yakni rendah, sedang, dan tinggi. Sedangkan pada penelitian sebelumnya menghasilkan dua tingkat kerentanan airtanah yakni rendah dan sedang.



**Gambar 6.** Kerentanan Airtanah Kota Batu (Devianto dkk., 2019)

ISSN 2722-3647  
ISSN 2722-3639 (e)

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil nilai kerentanan yang diperoleh dari metode DRASTIC, pada Kabupaten Rembang bagian barat didapatkan 3 tingkat kerentanan yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Tingkat kerentanan rendah terletak di Kecamatan Sumber, Bulu, Sulang dan sebagai Kecamatan Rembang dengan luas sekitar 216,07 km<sup>2</sup> (46,62%). Pada tingkat kerentanan rendah juga berarti memiliki pencemaran kontaminan yang rendah. Berdasarkan analisis terhadap parameter penelitian, hal tersebut dipengaruhi oleh adanya pengaruh dalam pemberian bobot setiap parameter, dimana pada kerentanan rendah memiliki kedalaman MAT yang cenderung lebih dalam bernilai 3,51-8,64 mdmt, nilai imbuhan (*recharge*) bernilai rendah sebesar 0-8,7 mm/tahun, media akuifer penyusunnya berupa serpih masif, konduktivitas hidrolika yang rendah sebesar 0,0002 m/hari, dan zona vadose yang didominasi oleh pasir lempungan yang memiliki pengaruh perlambatan mobilitas kontaminan menuju akuifer.

Tingkat kerentanan sedang terletak di Kecamatan Sumber, Bulu, Sulang dan sebagai Kecamatan Rembang dan Gunem dengan luas sekitar 118,095 km<sup>2</sup> (25,48%). Pada tingkat kerentanan sedang memiliki kedalaman MAT yang cenderung bervariasi bernilai 0,2-8,54 mdmt, nilai imbuhan (*recharge*) bernilai 0->168,3 mm/tahun, media akuifer penyusunnya bervariasi, yaitu batupasir, batugamping, *shale* dan serpih masif, konduktivitas hidrolika sebesar 0,0002-3,1 m/hari, dan zona vadose berupa pasir dan lempung. Keberadaan pasir pada zona vadose dapat terjadinya mobilitas kontaminan yang lebih cepat dalam proses infiltrasi.

Sedangkan pada tingkat kerentanan tinggi terletak di Kecamatan Kaliori, Rembang, dan Gunem dengan luas 129,282 km<sup>2</sup> (27,90%). Pada tingkat kerentanan tinggi memiliki kedalaman MAT yang rendah bernilai 0,2-3,51 mdmt, nilai imbuhan (*recharge*) bernilai 0-168,3 mm/tahun, media akuifer penyusunnya bervariasi, yaitu batupasir, batugamping, dan *shale*, konduktivitas hidrolika sebesar 0,94-3,1 m/hari, dan zona vadose berupa batugamping dan pasir. Keberadaan batugamping dan pasir yang memiliki permeabilitas yang baik pada zona vadose dapat terjadinya mobilitas kontaminan yang lebih cepat dalam proses infiltrasi.

Dengan tingkat kerentanan yang relatif beragam di daerah penelitian, saran yang dapat dilakukan yaitu dengan memperhatikan proses pengolahan limbah rumah tangga maupun limbah industri agar tidak mencemari area imbuhan air maupun infiltrasi dan menggunakan pupuk ramah lingkungan bagi petani.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Departemen Teknik Geologi Universitas Diponegoro atas dukungan dalam proses penelitian yang dilakukan. Selain itu, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada seluruh tim

seminar yang telah membantu dalam proses penelitian ini sehingga penulisan artikel dapat diselesaikan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H., Petty, R.J. (1987). *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeological Settings*, EPA.
- Alfiyan, M., (2011). Pengembangan Metode DRASTIC Untuk Analisis Tingkat Kerentanan (Vulnerability) Pencemaran Airtanah Calon Lokasi Landfill Tenorm. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX: Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*.
- Ananda, M., Andre, P.H., Endang P. (2016). Studi Kerentanan Polusi Airtanah di Tempat Pembuangan Sampah Ngijo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang Dengan Menggunakan Metode DRASTIC. *Skripsi, Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*.
- Civita, M.V. (2010). The combined approach when assessing and mapping groundwater vulnerability to contamination. *J. Water Resource and Protection*, 2, 14-28.
- Devianto, L. A., Lusiana, N., & Ramdani, F. (2019). Analisis kerentanan pencemaran air tanah di kota Batu menggunakan analisis multikriteria spasial dengan indek DRASTIC. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 7(2), 90-104.
- Febriarta, E., Marfai, M. A., Hizbaron, D. R., & Larasati, A. (2020). Kajian Spasial Multi Kriteria DRASTIC Kerentanan Air tanah Pesisir Akuifer Batugamping di Tanjungbumi Madura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 476-487.
- Febriarta, E., Suswanti, S., & Noviandaru, S. (2019). Interpretasi Electrical Resistivity Tomography (ERT) untuk Pendugaan Air Tanah Dangkal pada Formasi Gunungapi Muda. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 3(1), 21-34.
- Hadi, S. (2006). Penilaian Kerentanan Airtanah di Bandung. *Buletin Geologi Tata Lingkungan*, 16(2), 13-23.
- Harter, T., & Walker, L.G. 2001. *Booklet: Assessing Vulnerability of Groundwater*. California Departement of Health Services
- Jong, Y.K., & Yeong S.H. (1999). Assessment of The Potential for Groundwater Contamination Using the DRASTIC /EGIS Technique, Cheongju Area, South Korea. *Hidrogeology Journal*.
- Kesuma, D.A. (2017). Studi Kerentanan Airtanah Terhadap Pencemaran di Cekungan Airtanah (CAT) Salatiga. *Skripsi, Semarang: Universitas Diponegoro*
- Notodarmojo, S. (2004). *Pencemaran Tanah dan Airtanah*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Pacheco, F.A.L., Pires, L.M.G.R., Santos, R.M.B., & Fernandes, L.F.S. (2015). Factor Weighting in DRASTIC Modeling. *Science of the Total Environment* 505, 474-486.
- Piscopo, G. (2001). *Groundwater Vulnerability Map Explanatory Notes*.
- 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), 158171.
- Ravindranath, I. G., & Thirukumaran, V. (2021). Spatial mapping for Groundwater Vulnerability to Pollution Risk Assessment Using DRASTIC Model in Ponnaiyar River Basin, South India. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(2), 355-364.
- Stempvort, D.V., Ewert, L., & Wassenaar, L. (1993). Aquifer Vulnerability Index; A Gis Compatible Metod for Groundwater Vulnerability Mapping, *Canadian Water Resources Journal*, 18(1), 25-37.
- Van Zuidam, R. A. (1985). *Aerial Photointerpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Hague, The Netherlands: Smits.
- Widyastuti, M., Sudarto, N., Komang, A. (2006). Pengembangan Metode DRASTIC untuk Prediksi Kerentanan Airtanah Bebas Terhadap Pencemaran di Sleman. *Majalah Geografi Indonesia* Vol 20, No 1, ISSN 0125-1790
- Wu, X., Li, B., & Ma, C. (2018). Assessment of groundwater vulnerability by applying the modified DRASTIC model in Beihai City, China. *Environmental science and pollution research international*, 25(13), 12713–12727. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1449-9>
- Yuslihanu, F. (2015). Studi Kerentanan Airtanah Terhadap Kontaminan Menggunakan Metode Drastic di Kota Pekalongan, Jawa Tengah. *Skripsi, Semarang: Universitas Diponegoro*.