



Penilaian tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran dengan menggunakan metode SINTACS dan metode DRASTIC di Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang

Muhammad Afif Sholihuddin^{1*}, Hari Siswoyo², Emma Yuliani³

^{1,2,3} Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received November 20, 2024

Revised November 25, 2024

Accepted Desember 19, 2024

Available online Januari 21, 2025

Kata Kunci:

Air Tanah, Pencemaran, Metode SINTACS, Metode DRASTIC, Kerentanan

Keywords:

Ground Water, Pollution, SINTACS Method, DRASTIC Method, Vulnerability

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

Copyright © 2025 by Author. Published by Universitas PGRI ADI BUANA SURABAYA.

ABSTRAK

Sebagian besar penduduk Kecamatan Sumobito masih memanfaatkan air tanah sebagai sumber air baku mereka melalui sumur gali. Air tanah pada wilayah ini memiliki potensi rentan terhadap pencemaran. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin banyaknya limbah industri maupun limbah rumah tangga, serta penggunaan pestisida pada lahan persawahan yang memicu timbulnya potensi sumber pencemar bagi air tanah. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi sebaran lokasi tingkat kerentanan air tanah. Identifikasi dilakukan pada 23 titik sumur gali yang telah ditentukan selama 5 bulan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode SINTACS dan metode DRASTIC dengan masing-masing terdapat 7 parameter hidrogeologi. Hasil penelitian ini didominasi oleh kerentanan agak tinggi yang cenderung pada bagian arah timur dan utara lokasi penelitian dengan luas 17,43 km² sampai dengan 39,66 km² untuk metode SINTACS. Sedangkan, untuk metode DRASTIC didominasi oleh kerentanan sedang yang cenderung pada bagian arah timur dan selatan lokasi penelitian dengan luas 46,79 km² sampai dengan 47,20 km². Perencanaan perlindungan air tanah secara berkelanjutan yang berwawasan konservasi lahan merupakan langkah yang tepat untuk mencegah adanya kontaminasi sumber pencemar terhadap air tanah.

ABSTRACT

Most residents of Sumobito District still use groundwater as their raw water source through dug wells. Groundwater in this area is potentially vulnerable to pollution. This can happen because of the increasing number of industrial and household waste, as well as the use of pesticides on rice fields, which triggers the emergence of potential sources of pollution for ground water. This research aims to identify the location distribution of groundwater vulnerability levels. Identification was carried out at 23 dug well points that had been determined for 5 months. The methods used in this research are the SINTACS method and the DRASTIC method with 7 hydrogeological parameters each. The results of this research are dominated by rather high vulnerability which tends to be in the western and southern parts of the research location with an area of 17.43 km² to 39.66 km² for the SINTACS method. Meanwhile, the DRASTIC method is dominated by moderate vulnerability which tends to be in the eastern and southern parts of the research location with an area of 46.79 km² to 47.20 km². Sustainable groundwater protection planning with a land conservation perspective is the right step to prevent contamination of groundwater from pollutant sources.

I. PENDAHULUAN

Kecamatan Sumobito merupakan kecamatan di Kabupaten Jombang dimana menduduki wilayah garis khatulistiwa sehingga memiliki dua jenis perubahan musim setiap tahunnya, yaitu penghujan dan kemarau. Wilayah Kecamatan Sumobito terdiri dari 21 Desa dan berpenduduk sebanyak 91.568 jiwa

*Corresponding author.

E-mail addresses: moch_afifs10@gmail.com

dengan luas wilayah total sebesar 47,64 km². Lahan di Kecamatan Sumobito paling banyak dipergunakan sebagai sawah dengan luas 33,79 km², sebagai pemukiman/perumahan seluas 13,74 km², dan sebagai kawasan industri seluas 0,94 km² [1].

Sektor industri Kecamatan Sumobito berkembang cukup pesat. Hal tersebut ditandai dengan kontribusi yang diberikan secara signifikan sehingga secara perlahan menggeser sektor pertanian yang sebelumnya menjadi mata pencaharian utama di Kecamatan Sumobito [1]. Namun, perkembangan tersebut justru memicu potensi rentannya air tanah terhadap pencemaran yang disebabkan oleh beberapa industri dengan pengelolaan limbah yang kurang baik, seperti salah satu contohnya pada pabrik tahu di Desa Brudu yang membuang limbahnya langsung ke sungai [2]. Selain itu, penggunaan pestisida untuk membunuh hama pada lahan persawahan dimana penggunaan lahan persawahan di Kecamatan Sumobito menjadi yang terbesar [3]. Didukung juga pada penggunaan lahan permukiman di wilayah ini menjadi pengaruh terhadap potensi pencemaran air tanah melalui limbah rumah tangga maupun limbah domestik [4] permasalahan ini perlu digarisbawahi dimana melihat mayoritas masyarakat Kecamatan Sumobito masih menggunakan air tanah sebagai sumber utama air baku mereka. Selain itu, juga dijadikan sebagai sumber air yang bersih untuk memenuhi keperluan sehari-hari manusia seperti kebutuhan akan air minum, pertanian, dan industri [5].

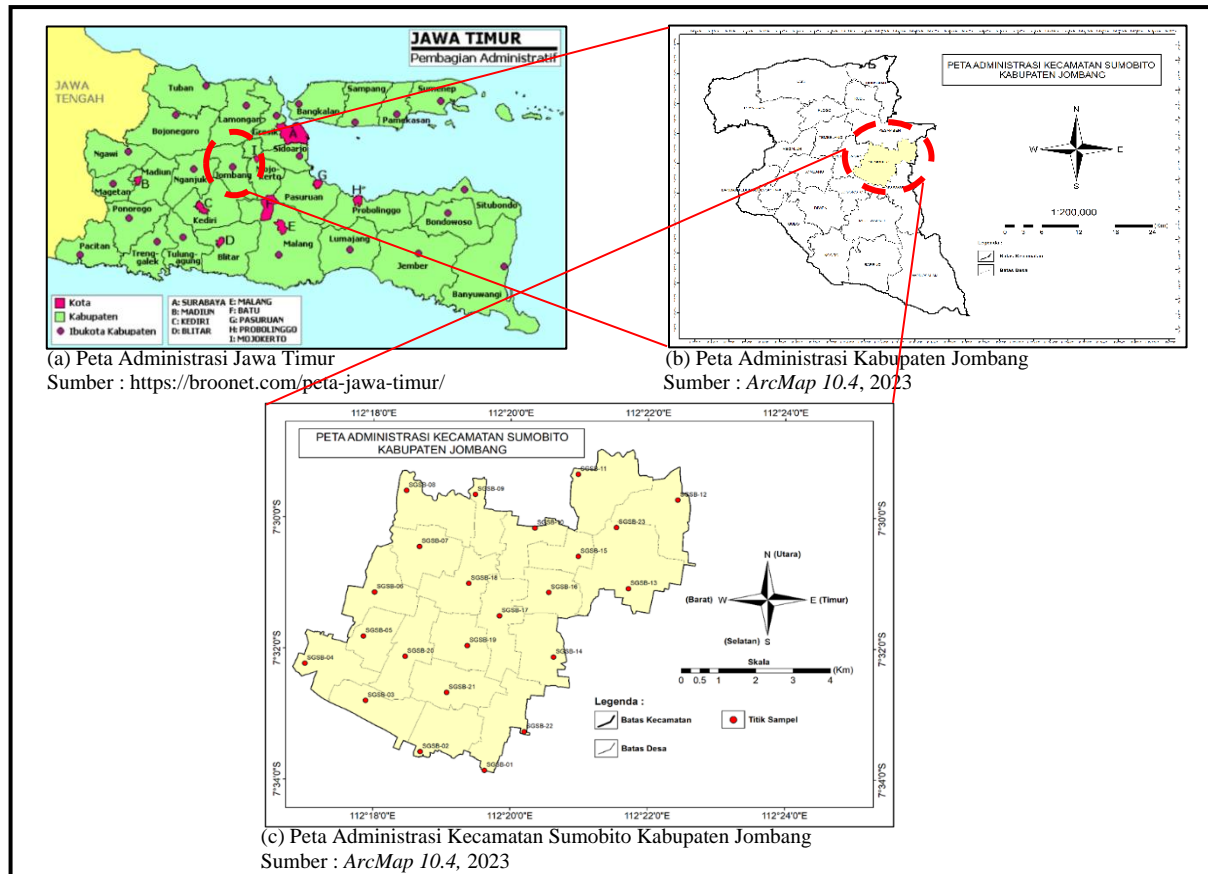
Penilaian kerentanan air tanah terhadap pencemaran merupakan langkah yang tepat untuk dilakukan dalam usaha perlindungan kualitas air tanah dimana hasil dari penilaian nantinya dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam upaya pencegahan pencemaran air tanah. Selain itu, pemetaan kerentanan air tanah berdasarkan hasil penilaian kerentanan air tanah juga dilakukan untuk memberikan informasi terkait sebaran wilayah tingkat kerentanan apa saja yang ada pada wilayah tersebut. Penilaian kerentanan air tanah terhadap pencemaran ini dilakukan dengan bantuan metode SINTACS dan metode DRASTIC. Kedua metode ini paling umum digunakan di berbagai kondisi, daerah, hingga negara untuk menilai kerentanan akuifer terhadap polusi mengacu pada kondisi hidrogeologi yang berpengaruh terhadap penilaian tersebut, yakni pergerakan air dari permukaan suatu daerah menuju akuifer [6],[7]. Selain itu, metode tersebut juga sesuai dengan karakteristik lokasi penelitian yaitu dengan luas cakupan wilayah lebih dari 100 acre (50 hektar) hingga operasi pertanian intensif [7]. Akronim SINTACS adalah singkatan dari tujuh parameter hidrogeologi dalam bahasa Italia, yaitu kedalaman muka air tanah (S), laju infiltrasi (I), zona tak jenuh (N), tekstur tanah (T), media akuifer (A) [8]. Sedangkan, akronim DRASTIC juga merupakan singkatan dari tujuh parameter hidrogeologi dalam bahasa Inggris, yaitu kedalaman muka air tanah (D), curah hujan (R), media akuifer (A), tekstur tanah (S), kemiringan lereng (T), pengaruh zona tak jenuh (I), konduktivitas hidraulik (C) [9].

Peneliti-peneliti terdahulu telah melakukan pendekatan SINTACS di berbagai negara untuk mengidentifikasi kerentanan air tanah [10]-[12]. Begitu juga dengan metode DRASTIC, metode ini juga telah digunakan oleh peneliti terdahulu dalam penilaian tingkat kerentanan air tanah di berbagai wilayah bahkan di berbagai negara [13]-[15]. Penelitian-penelitian tersebut umumnya hanya dilakukan dalam jangka satu waktu saja. Penelitian ini dilakukan secara periodik dalam setiap bulan selama lima bulan untuk mendapatkan variasi tingkat sebaran kerentanan air tanah terhadap pencemaran selama kurun waktu yang telah ditentukan tersebut.

Penelitian ini dilakukan selama lima bulan mulai Juli 2023 sampai November 2023 yang berbeda dengan peneliti sebelumnya. Pemilihan rentang waktu tersebut atas dasar pada bulan tersebut mencakup 2 musim, Juli hingga September 2023 termasuk kemarau dan Oktober hingga November 2023 termasuk penghujan [1]. Penelitian ini bertujuan sebagai bahan memperjelas sebaran lokasi tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran di lokasi penelitian. Sebaran tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran diperoleh berdasarkan penilaian pada setiap parameter metode SINTACS dan metode DRASTIC yang kemudian dipetakan. Hasil dari penelitian ini berupa peta sebaran bahaya air tanah terhadap polusi setiap bulan selama lima bulan terhitung Juli 2023 hingga November 2023 sehingga dapat menjadi bahan dalam usaha perlindungan kualitas air tanah di Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang yang terletak antara $07^{\circ} 24'01'' - 07^{\circ} 45'01''$ LS dan $112^{\circ} 20'01'' - 112^{\circ} 30'01''$ BT. Wilayah Kecamatan Sumobito memiliki 21 desa, dengan luas wilayah sebesar $47,64 \text{ km}^2$. Lokasi titik sampel penelitian meliputi 23 titik sumur gali milik warga. Pemilihan 23 titik sumur berdasarkan aspek keterwakilan setidaknya 1 sumur gali mewakili 1 desa yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berupa *meteran roll* untuk mengukur kedalaman muka air tanah. Sedangkan, Perangkat lunak terdiri dari aplikasi *Google Earth Pro* untuk menentukan elevasi, aplikasi *Global Positioning System (GPS)* untuk menandai lokasi titik sampel penelitian, aplikasi *RockWorks 16* untuk menduga formasi jenis batuan dan tebalnya lapisan bawah tanah, aplikasi *Microsoft Excel* untuk merekapitulasi hasil *survey* di lapangan serta menghitung setiap parameter, dan aplikasi *ArcMap 10.4* untuk pemetaan sebaran tingkat kerentanan air tanah.

Data yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data Primer berupa pengukuran kedalaman muka air tanah secara langsung di lapangan untuk menentukan parameter kedalaman muka air tanah (S) dalam metode SINTACS dan parameter kedalaman muka air tanah (D) dalam metode DRASTIC. Sedangkan, data sekunder yang dikumpulkan sebagai berikut :

1. Data log litologi didapatkan dari hasil pengeboran air tanah oleh kontraktor pengeboran digunakan untuk bahan penduga formasi jenis batuan dan tebalnya lapisan pada tiap titik sampel penelitian. Data tersebut digunakan dalam menentukan 3 parameter dalam metode SINTACS yaitu, zona tak jenuh (N), media akuifer (A), konduktivitas hidraulik (C) dan 3 parameter dalam metode DRASTIC yaitu. media akuifer (A), pengaruh zona tak jenuh (I), konduktivitas hidraulik (C).
2. Data curah hujan didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Jombang sebagai data perhitungan rata-rata jumlah curah hujan. Data tersebut digunakan dalam menentukan parameter curah hujan (R) dalam metode DRASTIC.

3. Peta jenis tanah didapatkan dari Badan Perencanaan Pembangunan daerah (BAPPEDA) digunakan sebagai identifikasi dan penentuan jenis tanah di lokasi penelitian. Data tersebut digunakan dalam menentukan 2 parameter dalam metode SINTACS, yaitu laju infiltrasi (I) dan tekstur tanah (T) dan 1 parameter dalam metode DRASTIC, yaitu tekstur tanah (S).
4. Peta Topografi didapatkan dari Badan Informasi Geospasial berupa data DEMNAS sebagai bahan pembuatan peta topografi untuk mengidentifikasi kemiringan lereng. Data tersebut digunakan dalam menentukan parameter kemiringan lereng (S) dalam metode SINTACS dan parameter kemiringan lereng (T) dalam metode DRASTIC.

Penilaian tingkat kerentanan air tanah berdasarkan bobot dan nilai skor dari setiap parameternya. Pemberian bobot pada metode SINTACS dimaksudkan untuk memberikan kondisi praktis terkait pembobotan skenario disajikan pada Tabel 1. Pemberian bobot pada metode metode DRASTIC mengacu pada tabel yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai Bobot Parameter SINTACS

Skenario Bobot	S	I	N	T	A	C	S
Dampak Normal	5	4	5	3	3	3	3
Dampak Relevan	5	5	4	5	3	2	2
Drainase dari Jaringan Permukaan/Rembesan	4	4	4	2	5	5	2
Karst	2	5	1	3	5	5	5
Formasi Batuan Bercelah	4	4	4	4	4	5	4
Nitrat	5	5	4	5	2	2	3

Sumber : [8]

Tabel 2. Nilai Bobot Parameter DRASTIC

Parameter DRASTIC	Bobot
Kedalaman Muka Air Tanah (Dw)	5
Curah Hujan (Rw)	4
Media Akuiifer (Aw)	3
Tekstur Tanah (Sw)	2
Kemiringan Lereng (Tw)	1
Pengaruh Zona Tak Jenuh (Iw)	5
Konduktivitas Hidraulik (Cw)	3

Sumber : [9]

Selanjutnya dilakukan penentuan nilai peringkat/skor pada setiap parameter metode SINTACS dan DRASTIC atas dasar pengelompokan pada tabel 3. Nilai peringkat/skor tersebut diperoleh dari hasil perkalian nilai bobot dan nilai skor pada tiap parameter SINTACS guna mendapatkan nilai kerentanan per parameter SINTACS.

Tabel 3. Nilai Skor Setiap Kelas Parameter SINTACS dan DRASTIC

S		D	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
0 – 2	10	0 – 1,5	10
2 – 2,5	9	1,5 – 4,6	9
2,5 – 3,5	8,5	4,6 – 9,5	7
3,5 – 4,5	8	9,5 – 15,2	5
4,5 – 5	7,5	15,2 – 22,9	3
5 – 6	7	22,9 – 30,5	2
6 – 7	6,5	> 30,5	1
7 – 8	6		
8 – 9	5,5		
9 – 10	5		
10 – 13	4,5		
13 – 17	4		

17 – 20	3,5		
25 – 30	2,5		
30 – 40	2		
>40	1,5		
I		R	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
<1	1	0 – 1500	2
1 – 5	2	1500 – 2000	4
5 – 20	3	2000 – 2500	6
20 – 65	4	2500 – 3000	8
65 – 125	6	> 3000	10
>250	7		
N		A	
Kelas Batuan	Nilai	Kelas	Nilai
Tanah liat, lumpur, gembur	1 – 2	Serpih 5lluvi	2
Marl, batu lempung	1 – 3	Batuan beku / malihan	3
Dolomit Bercelah	2 – 5	Lapukan batuan beku / malihan	4
Pengendapan sedimen	2 – 5	Sungai es	5
batu piroklaastik	2 – 5	Endapan batu pasir, gamping, rangkaian serpih	6
batuan metamorf bercelah	2 – 6	Batu pasir masif	6
Endapan 5lluviial halus	3 – 6	Serpih 5lluvi	2
Pasiran	4 – 7	Batuan beku / malihan	3
Batu kapur bercelah	4 – 8	Lapukan batuan beku / malihan	4
Batu pasir, konglomerat	5 – 8	Sungai es	5
Vulkanik	5 – 10		
Sedimen 5lluviial kasar	6 – 10		
Batu kapur karst	8 – 10		
T		S	
Kelas Tekstur	Nilai	Kelas	Nilai
Liat	1 – 1,5	Kerikil	10
Liat berdebu	1,5 – 2	Pasir	9
Liat berlempung	2 – 3	Gambut	8
Lempung berdebu	3 – 4	Agregat / Perkerutan lempung	7
Liat berdebu	3,5 – 4	Lempung Pasiran	6
Lempung	4 – 5	Lempung	5
Lempung berpasir	4,5 – 5	Lanau Lempung	4
Lempung berpasir	5,5 – 6	Lempung Liat	3
Lempung berpasir	6,3 – 7	Muck	2
Gambut	7,5 – 8	Nonagregat lempung	1
Pasir berdebu	8 – 8,5		
Pasir halus	9		
Kerikil halus	9,5 – 10		
Tanah tipis	10		
A		T	
Kelas Batuan	Nilai	Kelas	Nilai
Tanah liat, lumpur, gembur	1 – 3	0 – 2	10
Marl, batu lempung	1 – 3	2 – 6	9
batuan metamorf bercelah	2 – 5	6 – 12	5
Dolomit Bercelah	4- 7	12 – 18	3
batu piroklaastik	4 – 8	18+	1
Batu pasir, konglomerat	4 – 9		
Pengendapan sedimen	5 – 8		
Endapan 5lluviial halus	6 – 8		
Batu kapur bercelah	6 – 9		
Pasiran	7 – 9		
Sedimen 5lluviial kasar	8 – 9		
Vulkanik	8 – 10		
Batu kapur karst	9 – 10		
C		I	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai

$3,9 \times 10^{-6}$ - $5,5 \times 10^{-6}$	4,5	Lapisan Pengikat	1
$5,5 \times 10^{-6}$ - 1×10^{-5}	5	Lanau / Lempung	3
$1,0 \times 10^{-5}$ - $1,8 \times 10^{-5}$	5,5	Serpih	3
$1,8 \times 10^{-5}$ - $3,0 \times 10^{-5}$	6	Batu gamping	6
$3,0 \times 10^{-5}$ - $5,0 \times 10^{-5}$	6,5	Batu pasir	6
$5,0 \times 10^{-5}$ - $9,0 \times 10^{-5}$	7	Endapan batu pasir, gamping, serpih	6
$9,0 \times 10^{-5}$ - $1,5 \times 10^{-4}$	7,5	Pasir, kerikil tercampur lanau dan lempung	6
$1,5 \times 10^{-4}$ - $2,0 \times 10^{-4}$	7,75	Batuan malihan / batuan beku	4
$2,0 \times 10^{-4}$ - $3,0 \times 10^{-4}$	8	Pasir dan kerikil	8
$3,0 \times 10^{-4}$ - $4,5 \times 10^{-4}$	8,25	Basalt	9
$4,5 \times 10^{-4}$ - $6,0 \times 10^{-4}$	8,5	Batu gamping Karst	10
$6,0 \times 10^{-4}$ - $1,0 \times 10^{-3}$	8,75		
$1,0 \times 10^{-3}$ - $1,5 \times 10^{-3}$	9		
$1,5 \times 10^{-3}$ - $2,5 \times 10^{-3}$	9,25		
$2,5 \times 10^{-3}$ - $4,5 \times 10^{-3}$	9,5		
$4,5 \times 10^{-3}$ - $4,0 \times 10^{-2}$	9,75		
S		C	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
0 – 2	9,5	0 – 0,86	1
2 – 4	8,5	0,86 – 2,59	2
4 – 6	7,5	2,59 – 6,05	4
6 – 9	6,5	6,05 – 8,64	6
9 – 12	5,5	8,64 – 17,18	8
12 – 15	4,5	> 17,18	10
15 – 18	3,5		
18 – 21	2,5		
21 – 25	1,5		
25 – 30	1		

Sumber : [8],[9]

Nilai indeks dari masing-masing metode dijumlahkan dari hasil kali antara bobot dan skor tiap parameter pada masing-masing metode. Persamaan (1) merupakan perhitungan nilai indeks metode SINTASC. Persamaan (2) merupakan perhitungan nilai indeks metode DRASTIC.

$$\text{Isintacs} = \text{Sr.Sw} + \text{Ir.Iw} + \text{Nr.Nw} + \text{Tr.Tw} + \text{Ar.Aw} + \text{Cr.Cw} + \text{Sr.Sw} \quad (1)$$

Dimana :

Sr = Peringkat kedalaman muka air tanah

Sw = Bobot kedalaman muka air tanah

Ir = Peringkat laju infiltrasi

Iw = Bobot laju infiltrasi

Nr = Peringkat kondisi zona tak jenuh

Nw = Bobot kondisi zona tak jenuh

Tr = Peringkat tekstur tanah

Tw = Bobot tekstur tanah

Ar = Peringkat media akuifer

Aw = Bobot media akuifer

Cr = Peringkat konduktivitas hidrolik

Cw = Bobot konduktivitas hidrolik

Sr = Peringkat kemiringan lereng

Sw = Bobot Kemiringan Lereng

$$\text{DI} = \text{DRDW} + \text{RRRW} + \text{ARAW} + \text{SRSW} + \text{TRTW} + \text{IRIW} + \text{CRCW} \quad (2)$$

Dimana :

DR = Peringkat parameter kedalaman muka air tanah

DW = Bobot parameter kedalaman muka air tanah

RR = Peringkat parameter curah hujan

RW = Bobot parameter curah hujan

- AR = Peringkat parameter media akuifer
 AW = Bobot parameter media akuifer
 SR = Peringkat parameter tekstur tanah
 SW = Bobot parameter tekstur tanah
 TR = Peringkat parameter kemiringan lereng
 TW = Bobot parameter kemiringan lereng
 IR = Peringkat parameter pengaruh zona tak jenuh
 IW = Bobot parameter pengaruh zona tak jenuh
 CR = Peringkat parameter konduktivitas hidrolik
 CW = Bobot parameter konduktivitas hidrolik

Nilai indeks tingkat kerentanan mewakili seberapa rentan air tanah pada suatu wilayah terhadap pencemaran air tanah. Semakin tinggi nilai indikator yang dihasilkan maka semakin tinggi pula resiko terhadap wilayah tersebut dan sebaliknya. Pengelompokan kelas bahaya air tanah berdasarkan metode SINTACS dan DRASTIC dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Tingkat Kerentanan Air Tanah Berdasarkan Metode SINTACS dan DRASTIC

Tingkat Kerentanan	Indeks SINTACS	Tingkat Kerentanan	Indeks DRASTIC
Sangat Rendah	< 80	Sangat Rendah	< 79
Rendah	80 – 104	Rendah	80 – 119
Sedang	105 – 139	Sedang	120 – 159
Agak Tinggi	140 – 185	Tinggi	160 -199
Tinggi	186 -210	Sangat Tinggi	> 199
Sangat Tinggi	> 210		

Sumber : [8],[9]

Nilai indeks masing-masing metode digunakan dalam pemetaan sebaran kerentanan air tanah yang dilakukan dengan cara menggabungkan nilai kerentanan menggunakan teknik interpolasi pada setiap parameter metode SINTACS dan metode DRASTIC sehingga dihasilkan nilai indikasi bahaya pencemaran air tanah yang kemudian dipetakan berdasarkan hasil nilai indeks masing-masing metode tersebut. Metode kriging dipilih sebagai metode interpolasi berbasis sistem informasi geografis (SIG) sebagai pemetaan sebaran bahaya air tanah. Keunggulan dari metode kriging ini ialah nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) yang lebih rendah dan prosentase kesesuaian terhadap model interpolasi lebih tinggi sehingga hasil yang ditunjukkan lebih akurat [16].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan metode SINTACS dan metode DRASTIC merupakan kedua metode yang sering digunakan secara luas, baik di berbagai wilayah maupun negara untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran. Identifikasi dilakukan berdasarkan tujuh parameter hidrogeologi dengan menetapkan skor untuk setiap parameter dan menghitung nilai indeks. Kedua metode tersebut memiliki parameter yang sama dan saling memiliki hubungan erat antar setiap parameter. Namun, metode DRASTIC menggunakan curah hujan di salah satu parameter, sedangkan metode SINTACS menggunakan laju infiltrasi di salah satu parameter. Curah hujan dan laju infiltrasi memiliki keterkaitan dimana curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan pencemaran terlarut atau polutan mencair, yang kemudian bisa meresap ke dalam tanah karena proses infiltrasi [17]. Infiltrasi adalah proses di mana air meresap ke dalam tanah melalui ruang-ruang kosong dan pori-pori tanah serta batuan hingga mencapai muka air tanah [18]. Jumlah air yang meresap ke dalam tanah dalam suatu periode tertentu disebut sebagai laju infiltrasi. Tinggi atau rendahnya laju infiltrasi ditentukan oleh besarnya kapasitas infiltrasi yang dimana sangat dipengaruhi oleh sifat tanah [19]. Adapun hasil perhitungan nilai indeks SINTACS dan nilai indeks DRASTIC pada setiap titik sampel penelitian selama kurun waktu penelitian ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Nilai Indeks Tingkat Kerentanan Air Tanah Metode SINTACS Selama Periode Penelitian

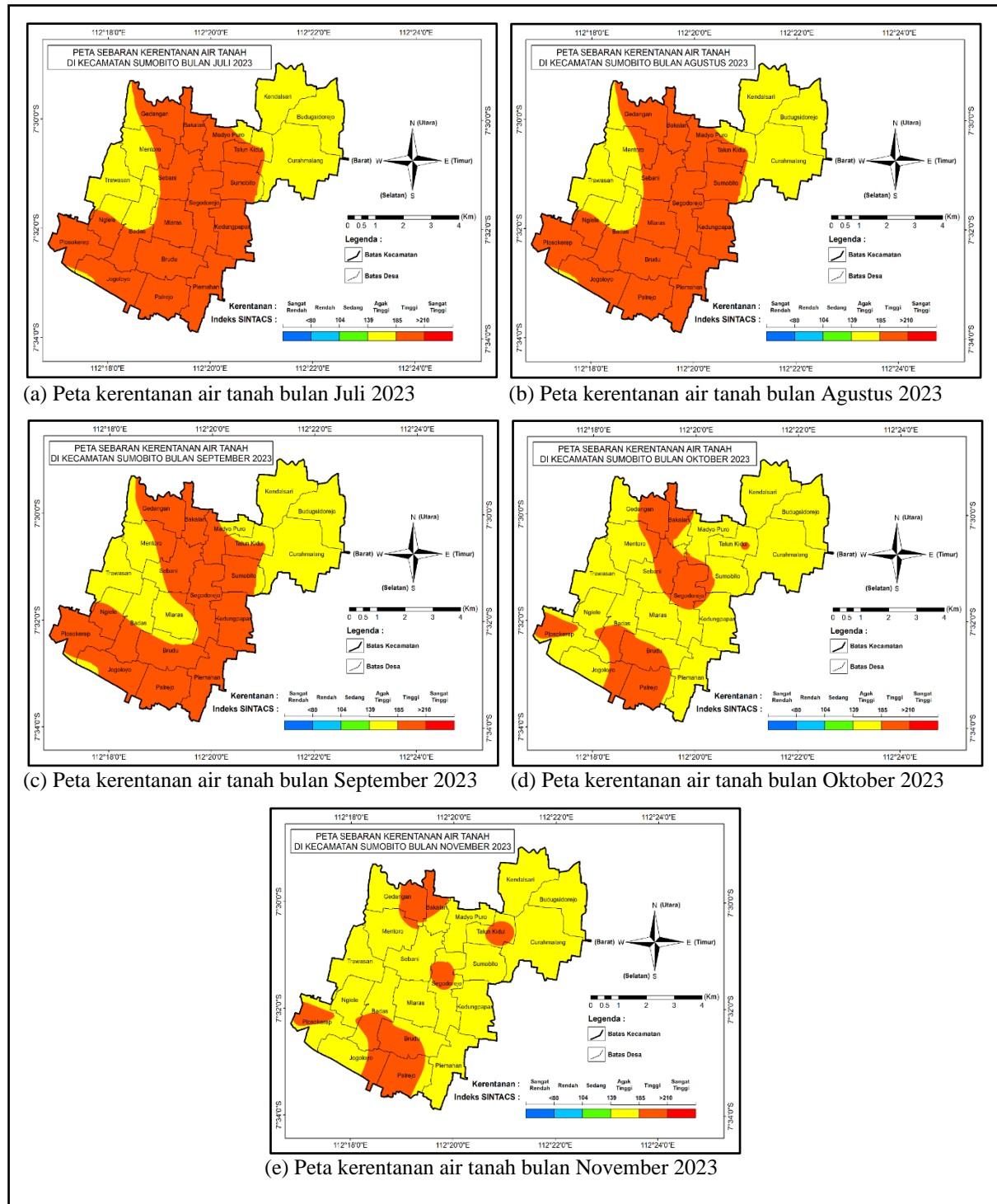
No	Kode Sumur	Nilai Indeks Kerentanan Air Tanah Metode SINTACS									
		Juli	Agustus	September	Oktober	November	Juli	Agustus	September	Oktober	November
		Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan
1	SGSB-01	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	180.5	Agak Tinggi	178	Agak Tinggi
2	SGSB-02	191.5	Tinggi	191.5	Tinggi	191.5	Tinggi	191.5	Tinggi	191.5	Tinggi
3	SGSB-03	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	180.5	Agak Tinggi	180.5	Agak Tinggi
4	SGSB-04	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi
5	SGSB-05	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	183.5	Agak Tinggi	183.5	Agak Tinggi
6	SGSB-06	170.5	Agak Tinggi	170.5	Agak Tinggi	170.5	Agak Tinggi	165.5	Agak Tinggi	165.5	Agak Tinggi
7	SGSB-07	181.75	Agak Tinggi	181.75	Agak Tinggi	181.75	Agak Tinggi	181.75	Agak Tinggi	181.75	Agak Tinggi
8	SGSB-08	184.75	Agak Tinggi	184.75	Agak Tinggi	184.75	Agak Tinggi	179.75	Agak Tinggi	177.25	Agak Tinggi
9	SGSB-09	197.5	Tinggi	197.5	Tinggi	197.5	Tinggi	192.5	Tinggi	192.5	Tinggi
10	SGSB-10	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	182	Agak Tinggi	181	Agak Tinggi	181	Agak Tinggi
11	SGSB-11	172	Agak Tinggi	172	Agak Tinggi	167	Agak Tinggi	164.5	Agak Tinggi	164.5	Agak Tinggi
12	SGSB-12	179.5	Agak Tinggi	179.5	Agak Tinggi	179.5	Agak Tinggi	179.5	Agak Tinggi	172	Agak Tinggi
13	SGSB-13	177.5	Agak Tinggi	177.5	Agak Tinggi	175	Agak Tinggi	175	Agak Tinggi	172.5	Agak Tinggi
14	SGSB-14	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	178	Agak Tinggi	175.5	Agak Tinggi
15	SGSB-15	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	188.5	Tinggi
16	SGSB-16	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	183.5	Agak Tinggi	181	Agak Tinggi
17	SGSB-17	194.5	Tinggi	194.5	Tinggi	194.5	Tinggi	189.5	Tinggi	187	Tinggi
18	SGSB-18	191.5	Tinggi	191.5	Tinggi	191.5	Tinggi	186.5	Tinggi	184	Agak Tinggi
19	SGSB-19	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	180.5	Agak Tinggi	180.5	Agak Tinggi	180.5	Agak Tinggi
20	SGSB-20	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi	185.5	Tinggi
21	SGSB-21	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi
22	SGSB-22	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	188.5	Tinggi	181	Agak Tinggi	181	Agak Tinggi
23	SGSB-23	182.5	Agak Tinggi	182.5	Agak Tinggi	182.5	Agak Tinggi	182.5	Agak Tinggi	178	Agak Tinggi
	Maksimum	197.5		197.5		197.5		192.5		192.5	
	Minimum	170.5		170.5		167.0		164.5		164.5	
	Rata-rata	185.3		185.3		184.6		181.8		180.7	

Tabel 6. Nilai Indeks Tingkat Kerentanan Air Tanah Metode DRASTIC Selama Periode Penelitian

No	Kode Sumur	Nilai Indeks Kerentanan Air Tanah Metode DRASTIC									
		Juli	Agustus	September	Oktober	November	Juli	Agustus	September	Oktober	November
		Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan	Indeks	Tingkat Kerentanan
1	SGSB-01	148	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang
2	SGSB-02	138	Sedang	138	Sedang	138	Sedang	138	Sedang	138	Sedang
3	SGSB-03	148	Sedang	148	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang
4	SGSB-04	137	Sedang	137	Sedang	137	Sedang	132	Sedang	132	Sedang
5	SGSB-05	152	Sedang	147	Sedang	147	Sedang	147	Sedang	147	Sedang
6	SGSB-06	148	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang
7	SGSB-07	150	Sedang	150	Sedang	145	Sedang	145	Sedang	145	Sedang
8	SGSB-08	154	Sedang	154	Sedang	154	Sedang	149	Sedang	149	Sedang
9	SGSB-09	170	Tinggi	165	Tinggi	165	Tinggi	165	Tinggi	165	Tinggi
10	SGSB-10	148	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang

11	SGSB-11	135	Sedang	135	Sedang	135	Sedang	135	Sedang	135	Sedang
12	SGSB-12	146	Sedang	146	Sedang	146	Sedang	146	Sedang	141	Sedang
13	SGSB-13	126	Sedang	126	Sedang	126	Sedang	126	Sedang	126	Sedang
14	SGSB-14	136	Sedang	131	Sedang	131	Sedang	131	Sedang	131	Sedang
15	SGSB-15	148	Sedang	148	Sedang	148	Sedang	148	Sedang	148	Sedang
16	SGSB-16	137	Sedang	137	Sedang	137	Sedang	132	Sedang	132	Sedang
17	SGSB-17	137	Sedang	137	Sedang	132	Sedang	132	Sedang	132	Sedang
18	SGSB-18	148	Sedang	148	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang
19	SGSB-19	148	Sedang	148	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang
20	SGSB-20	148	Sedang	148	Sedang	148	Sedang	143	Sedang	143	Sedang
21	SGSB-21	148	Sedang	148	Sedang	148	Sedang	148	Sedang	143	Sedang
22	SGSB-22	152	Sedang	147	Sedang	147	Sedang	147	Sedang	147	Sedang
23	SGSB-23	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang	143	Sedang
Maksimum		170.0		165.0		165.0		165.0		165.0	
Minimum		126.0		126.0		126.0		126.0		126.0	
Rata-rata		145.4		143.9		142.8		142.0		141.5	

Berdasarkan Tabel 5. Nilai indeks yang dihasilkan pada masing-masing metode menunjukkan adanya perbedaan dimana hasil nilai indeks metode SINTACS memiliki nilai indeks yang lebih tinggi daripada hasil nilai indeks metode DRASTIC. Hal ini dikarenakan pemberian bobot maupun nilai skor pada masing-masing metode berbeda-beda [8], [9]. pemberian bobot pada metode SINTACS lebih tinggi pada setiap parameternya jika dibandingkan dengan metode DRASTIC sehingga nilai indeks pada metode SINTACS akan lebih besar daripada metode DRASTIC pada setiap titik sampel penelitian yang sama [8], [9]. Didapatkan 2 kelas tingkat bahaya air tanah di wilayah penelitian selama periode penelitian yang mengacu pada pendekatan metode SINTACS, yaitu tingkat kerentanan agak tinggi (nilai indeks 140-185) dan tingkat kerentanan tinggi (nilai indeks 186-210). Sedangkan, berdasarkan Tabel 6. juga didapatkan 2 kelas tingkat bahaya air tanah di lokasi penelitian selama periode penelitian yang mengacu pada pendekatan metode DRASTIC dimana hasil dari kedua metode tersebut mengalami perubahan kelas bahaya polusi air tanah pada setiap bulannya selama periode penelitian. Perubahan tingkat bahaya air tanah tersebut dipengaruhi dari sifat geologi fisik misalnya tebal lapisan batuan, ukuran pori-pori antar butir, serta kapasitas penyerapan air tanah [20]. Selain itu, hal tersebut juga dikarenakan akibat adanya pengaruh dari nilai tingkat kerentanan air tanah pada setiap parameter yang diberikan pada setiap bulannya berbeda dimana berdasarkan pengaruh yang menyebabkan kondisi bahaya air tanah [10],[9]. Nilai tersebut dapat berubah-ubah dikarenakan adanya pengaruh dari beberapa faktor dominan yaitu, kedalaman muka air tanah, laju infiltrasi, media akuifer, dan kondisi zona tak jenuh, dimana semakin tinggi nilai indikasi maka semakin tinggi juga tingkat bahaya di wilayah tersebut [6], [21]. Hasil perhitungan nilai indeks berdasarkan klasifikasi tingkat polusi air tanah digambarkan dalam bentuk peta dimana pemetaan tingkat kerentanan air tanah terhadap pencemaran berdasarkan nilai indikasi SINTACS, dilihat pada Gambar 2. dan pemetaan bahaya polusi air tanah terhadap pencemaran berdasarkan nilai indikasi DRASTIC, dilihat pada Gambar 3.



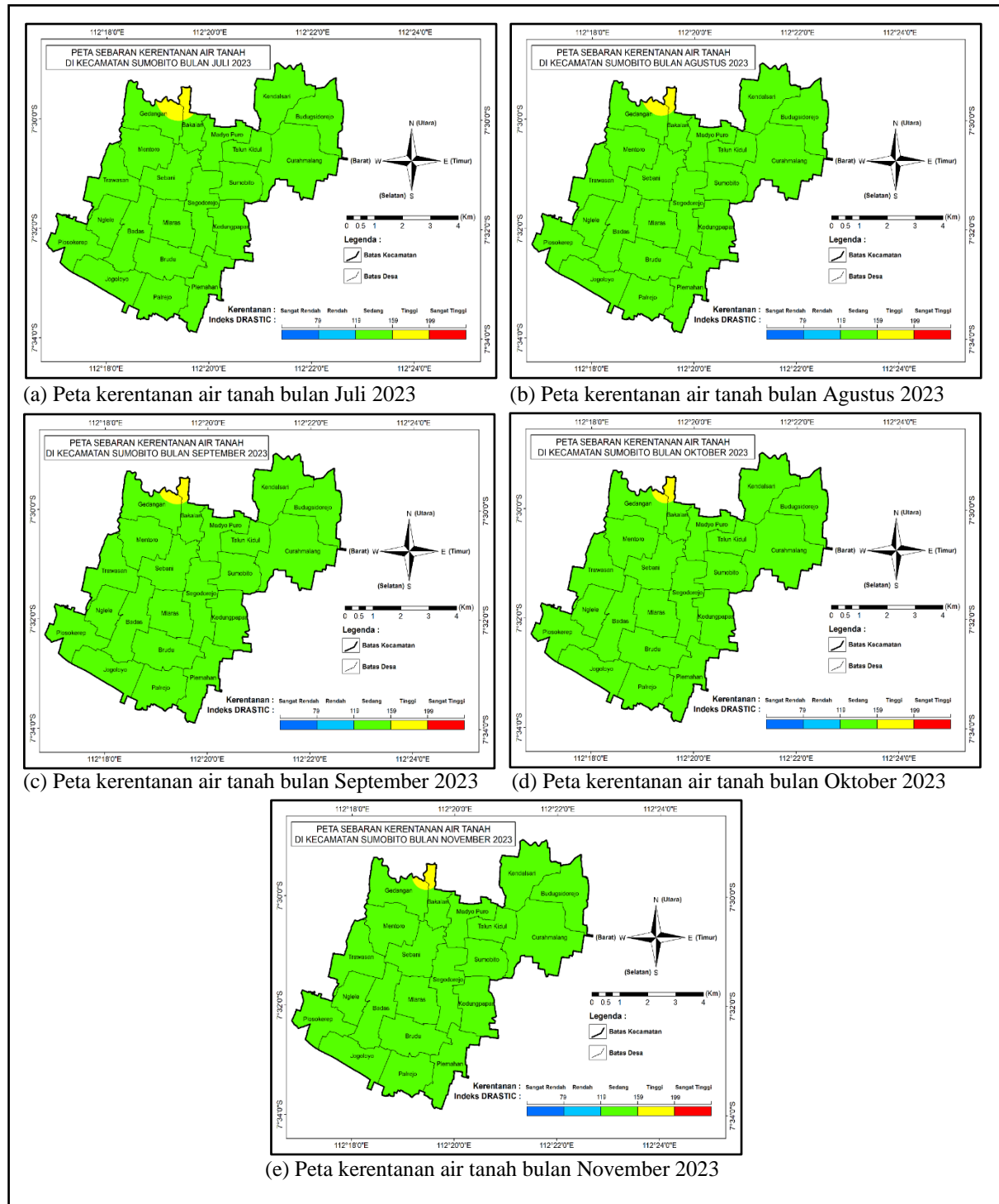
Gambar 2. Peta Sebaran Tingkat Kerentanan Air Tanah Metode SINTACS di Lokasi Penelitian Selama Periode Penelitian

Seperti pada Gambar 2. dihasilkan lima peta yang menunjukkan sebaran rentannya air tanah selama kurun waktu penelitian yang mengacu pada luas lokasi penelitian dengan dua kelas kerentanan berdasarkan Metode SINTACS yaitu agak tinggi ditandai dengan warna kuning dan tinggi ditandai dengan warna oren dimana tingkat kerentanan agak tinggi yang terbesar terjadi pada bulan November 2023 yaitu sebesar 39,66 Km² dan yang terkecil terjadi pada bulan Juli hingga Agustus yaitu dengan luas 17,4 Km². Sedangkan luas tingkat kerentanan tinggi yang terluas ada di bulan Juli hingga Agustus 2023 mencapai sebesar 30,2 Km² dan yang terkecil terjadi pada November 2023 hanya sebesar 7.98 Km². Hal ini dikarenakan pengaruh dari hasil penilaian setiap parameter serta adanya bobot yang

dimiliki oleh masing-masing parameter [8]. Selain itu, juga adanya pengaruh dari beberapa faktor dominan yaitu, kedalaman muka air tanah, laju infiltrasi, dan kondisi zona tak jenuh, dimana semakin besar indikator maka semakin besar juga kerentanan di wilayah tersebut. [6].

Berdasarkan Gambar 2. juga dapat dilihat bahwa prosentase kerentanan agak tinggi dan tinggi berdasarkan hasil metode SINTACS tersebut menunjukkan berbanding terbalik, dimana prosentase kerentanan agak tinggi akan semakin membesar dari Juli 2023 hingga November 2023 dengan prosentase kerentanan terendah berada pada bulan Juli dan Agustus 2023 yaitu sebesar 36,6% dan prosentase kerentanan tertinggi di bulan November 2023 sebesar 83.2%. Begitu juga dengan prosentase kerentanan tinggi yang akan semakin berkurang dari bulan Juli 2023 hingga November 2023 dengan prosentase kerentanan terbesar berada di bulan Juli dan Agustus 2023 yaitu sebesar 63.4% dan prosentase kerentanan terkecil berada di bulan November 2023 yaitu sebesar 16.8%. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya faktor hidrometeorologi dimana saat melakukan pengukuran pada bulan Juli terjadi musim hujan dan pada bulan Agustus hingga bulan November terjadi musim kemarau (saat dilakukan pengukuran) [22]. Pada umumnya potensi pencemaran permukaan terhadap kerentanan air tanah akan merendah seiring dengan meningkatnya kedalaman muka air tanah dimana penurunan tersebut terjadi karena hujan merupakan salah satu sumber air pada siklus hidrologi yang mempengaruhi ketersediaan air tanah [6], [22]. Parameter ini berpengaruh terhadap kerentanan air tanah karena menentukan lamanya waktu yang dibutuhkan bahan pencemar sampai ke air tanah dimana wilayah yang memiliki kondisi air tanah yang relative lebih dangkal akan memiliki potensi yang lebih besar terhadap kerentanan air tanah [23]. Selain itu, jenis tanah juga menjadi faktor yang memengaruhi seberapa banyak air yang dapat diserap oleh tanah atau biasa disebut dengan laju infiltrasi jika kemampuan tanah dalam meloloskan air tinggi, maka mempengaruhi kecepatan pergerakan sumber pencemaran yang masuk (polutan) dan begitupun sebaliknya [6]. Faktor pendorong lainnya adalah jenis batuan dimana jenis batuan mempunyai konsep yang sama dengan jenis tanah apabila jenis batuan bersifat kedap air maka bisa menahan/memperlambat suatu polutan yang masuk hingga ke sistem media akuifer [23].

Kemampuan sistem air tanah di suatu wilayah dalam menanggapi aktivitas alam dan manusia dapat tercermin dalam tingkat kerentanan air tanah wilayah tersebut [24]. Sebaran 2 kategori tingkat kerentanan air tanah di Kecamatan Sumobito menampilkan bentuk sebaran yang sama dari Juli 2023 sampai Agustus 2023 dan bentuk sebaran yang berbeda mulai September hingga November 2023. Hal ini dikarenakan adanya kesamaan maupun perubahan nilai indikasi SINTACS yang berpengaruh pada klasifikasi bahaya air tanah di setiap titik sampel penelitian, sehingga menyebabkan hasil interpolasi luas atau persentase bahaya air tanah terhadap polusi pada peta memiliki sebaran yang sama maupun berbeda-beda [8],[10]. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh adanya faktor perubahan kedalaman muka air tanah serta perubahan nilai konduktivitas hidraulik, seperti halnya ditunjukkan pada Desa Mlaras dimana mengalami perubahan tingkat kerentanan air tanah yang ditandai dengan perubahan warna pada peta [8],[10]. Selain itu, adanya faktor jarak antar titik yang tidak teratur atau bisa dikatakan terlalu jauh juga dapat mempengaruhi tingkat keakurasian dalam hasil interpolasi kriging dalam pembuatan peta sebaran tingkat kerentanan air tanah menggunakan bantuan perangkat lunak ArcMap 10.4 seperti pola warna pada peta yang tidak teratur [16]. Hasil pemetaan tingkat bahaya pencemaran air tanah di lokasi penelitian dalam periode penelitian yang dilakukan berdasarkan metode DRASTIC ditunjukkan pada Gambar 3. berikut.



Gambar 3. Peta Sebaran Tingkat Kerentanan Air Tanah Metode DRASTIC di Lokasi Penelitian Selama Periode Penelitian

Pada Gambar 3. dihasilkan lima peta sebaran bahaya air tanah selama kurun waktu penelitian yang mengacu pada luas lokasi penelitian dengan dua kelas kerentanan berdasarkan Metode DRASTIC yaitu sedang ditandai warna hijau dan tinggi ditandai warna kuning dimana tingkat sedang yang terluas ada di November 2023 sebesar 47,20 Km² dan yang terkecil terjadi pada Juli 2023 hanya dengan luas 46,79 Km². Sedangkan luas tingkat kerentanan tinggi yang terluas ada di bulan Juli 2023 sebesar 0,85 Km² dan yang terkecil terjadi di November 2023 hanya sebesar 0,44 Km². Hal ini dikarenakan pengaruh dari hasil penilaian setiap parameter serta adanya bobot yang dimiliki oleh masing-masing parameter [9]. Selain itu, juga adanya pengaruh dari beberapa faktor dominan yaitu, kedalaman muka air tanah, media

akuifer, dan pengaruh zona tak jenuh, dimana semakin tinggi indikator maka semakin tinggi juga kerentanan di wilayah tersebut [21].

Berdasarkan Gambar 3. juga dapat dilihat bahwa prosentase kerentanan sedang dan tinggi berdasarkan hasil metode DRASTIC menunjukkan adanya perbedaan setiap bulannya yang berbanding terbalik, dimana prosentase bahaya sedang akan membesar dari Juli hingga November 2023 dengan prosentase terkecil pada Juli 2023 sebesar 98,21% dan prosentase terbesar pada November 2023 sebesar 99,01%. Begitu juga dengan prosentase kerentanan tinggi yang akan semakin berkurang dari bulan Juli sampai November 2023 dengan prosentase bahaya tinggi terbesar berada di bulan Juli 2023 yaitu sebesar 1,79% dan prosentase kerentanan tinggi terkecil berada di bulan November 2023 yaitu sebesar 0,92%. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya faktor hidrometeorologi dimana saat melakukan pengukuran pada bulan Juli terjadi musim hujan dan pada bulan Agustus hingga bulan November terjadi musim kemarau (saat dilakukan pengukuran) [22]. Pada umumnya potensi pencemaran permukaan terhadap kerentanan air tanah akan mengecil seiring dengan meningkatnya kedalaman muka air tanah dimana penurunan tersebut terjadi karena hujan merupakan sumber air dari siklus hidrologi dimana berpengaruh pada ketersediaan air tanah [13],[25]. Parameter ini berpengaruh terhadap kerentanan air tanah karena menentukan lamanya waktu yang dibutuhkan bahan pencemar sampai ke air tanah dimana wilayah yang memiliki kondisi air tanah yang relative lebih dangkal akan memiliki potensi yang lebih besar terhadap kerentanan air tanah [23]. Selain itu, jenis tanah juga menjadi faktor yang memengaruhi seberapa banyak air yang dapat diserap oleh tanah atau biasa disebut dengan laju infiltrasi bila kapasitas tanah dalam meloloskan air tinggi, maka berpengaruh terhadap kecepatan pergerakan sumber pencemar yang masuk (polutan) dan begitupun sebaliknya [13]. Faktor pendorong lainnya adalah jenis batuan dimana jenis batuan mempunyai konsep yang sama dengan jenis tanah apabila jenis batuan bersifat kedap air maka bisa menahan/memperlambat suatu polutan yang masuk hingga ke sistem media akuifer [23].

Tingkat kerentanan air tanah di suatu wilayah dapat menggambarkan kapasitas dari sistem air tanah di suatu wilayah yang bergantung pada derajat sensitifitas sistem tersebut terhadap aktivitas alam dan manusia [24]. Sebaran 2 kategori tingkat kerentanan air tanah di Kecamatan Sumobito menampilkan bentuk sebaran yang hampir mirip pada setiap bulannya namun jika dilihat lebih detail terdapat perubahan pola yang cukup kecil. Hal disebabkan adanya perubahan nilai indeks metode DRASTIC yang mempengaruhi pengelompokan bahaya air tanah di setiap titik sampel penelitian, sehingga menyebabkan hasil interpolasi luas atau prosentase bahaya air tanah pada peta memiliki sebaran yang berbeda-beda [8],[16]. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh adanya faktor perubahan kedalaman muka air tanah yang menyebabkan terjadinya perubahan nilai indeks seperti yang ditunjukkan pada desa bakalan, dimana perubahan nilai indeks tersebut masih dalam tingkat kerentanan yang sama sehingga perubahan hanya berupa luasan areanya saja [21]. Selain itu, adanya faktor jarak antar titik yang tidak teratur atau bisa dikatakan terlalu jauh juga dapat mempengaruhi tingkat keakurasian dalam hasil interpolasi kriging dalam pembuatan peta sebaran tingkat kerentanan air tanah menggunakan bantuan perangkat lunak ArcMap 10.4 [16].

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil akhir penelitian ini berupa peta sebaran tingkat kerentanan air tanah dari masing-masing metode berdasarkan nilai indeks tingkat kerentanan air tanah yang telah dihitung selama periode penelitian. Nilai indeks tingkat kerentanan air tanah Metode SINTACS di lokasi penelitian selama periode penelitian berkisar 164,5 (agak tinggi) sampai dengan 197,5 (tinggi). Sedangkan, Nilai indeks Metode DRASTIC di lokasi penelitian selama periode penelitian berkisar 126,0 (sedang) sampai dengan 170,0 (tinggi). Perlu dilakukan pembatasan kegiatan yang dapat memberikan risiko sumber pencemar terhadap air tanah yang signifikan khususnya pada daerah dengan tingkat kerentanan tinggi. Perencanaan perlindungan air tanah secara berkelanjutan yang berwawasan konservasi lahan merupakan langkah yang tepat untuk mencegah adanya kontaminasi sumber pencemar terhadap air tanah. Hasil dari perhitungan nilai indeks DRASTIC dan SINTACS serta penyajian peta tingkat kerentanan air tanah ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pengembangan infrastruktur daerah serta pengembagan tataguna lahan pada lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS Kabupaten Jombang. (2022). *Kecamatan Sumobito Dalam Angka*. Kabupaten Jombang.
- [2] Fadhillah, R. A., Ihsan, & Rasyid, A. R. (2019). Identifikasi Pola Penyebaran Pencemaran Air Tanah Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kecamatan Mariso). *Jurnal Wilayah dan Kota Maritim*, 07(02), 417-423
- [3] Gempurnews. (2020, September 29). Warga Brudu, Keluhkan Pencemaran Limbah Pabrik Tahu. Retrieved from gempurnews.com: <https://www.gempurnews.com/2020/09/29/warga-brudu-keluhkan-pencemaran-limbah-pabrik-tahu/>
- [4] Anas, A. (2017, Juli 6). *Belum Ditangani Pemerintah, Petani Basmi Wereng dengan Fogging Nyamuk*. Retrieved from kabarjombang.com: <https://kabarjombang.com/peristiwa/belum-ditangani-pemerintah-petani-basmi-wereng-dengan-fogging-nyamuk/>
- [5] Yuliani, E., Rubiantoro, P., Anggraeni, V., & Nelvina, A. (2024). Groundwater potential zones identification using geoelectrical resistivity sounding and GIS in upper Metro sub-catchment, Malang, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1311(1), 1-13.
- [6] Febriarta, E., Putra, S. T., & Larasati, A. (2021). Kajian Spasial Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran di Kota Jember dengan Menggunakan Metode SINTACS. *Media Komunikasi Geografi*, 22(1), 113-130.
- [7] Putranto, T. T., Widiarso, D. A., & Yuslihanu, F. (2016). Studi Kerentanan Air Tanah Terhadap Kontaminan Menggunakan Metode Drastic di Kota Pekalongan. *Jurnal Teknik*, 37(1), 26-31.
- [8] Civita, M., & Maio, M. D. (2004). ASSESSING AND MAPPING GROUNDWATER VULNERABILITY TO CONTAMINATION: THE ITALIAN “COMBINED” APPROACH. *Geofísica Internacional Journal*, 43(004), 513-532.
- [9] Aller, L., Bennett, T., Lehr, J. H., & Hackett, G. (1987). *DRASTIC : A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential using Hydrogeologic Settings*. Chicago: United States Environmental Protection Agency.
- [10] Febriarta, E., & Shofarini, D. I. (2021). Penilaian Zona Kerentanan Air Tanah Terhadap Pencemaran dengan Metode SINTACS di Ranai (Pulau Bunguran). *JURNAL WILAYAH DAN LINGKUNGAN*, 9(1), 34-49.
- [11] Kumar, S., Thirumalaivasan, D., Radhakrishnan, N., & Samson. (2013). Groundwater vulnerability assessment using SINTACS model. *04(04)*, 339-354.
- [12] Kapelj, S., Jelena, L., & Janislav, K. (2013). Assessment of aquifer intrinsic vulnerability by the SINTACS method. *Geologia Croatica*, 66(02), 119-128.
- [13] 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.
- [14] Al-Rawabdeh, A. M., Al-Ansari, N. A., Al-Taani, A. A., & Knutsson, S. (2013). A GIS-Based Drastic Model for Assessing Aquifer Vulnerability in Amman-Zerqa Groundwater Basin, Jordan. *Engineering*, 490-504.
- [15] Ersoy, A. F., & Gultekin, F. (2013, June). DRASTIC-Based Methodology for Assessing Groundwater Vulnerability in the Gumushacikoy and Merzifon Basin (Amasya, Turkey). *Hydrogeology Journal*, 17(1), 33-40.
- [16] Sejati, S. P. (2019). Perbandingan Akurasi Metode IDW dan Kriging dalam Pemetaan Muka Air Tanah. *Majalah Geografi Indonesia*, 33(2), 49-57.
- [17] Yunagardasari, C., Paloloang, A. K., & Monde, A. (2017). MODEL INFILTRASI PADA BERBAGAI PENGGUNAAN LAHAN DI DESA TULO KECAMATAN DOLO KABUPATEN SIGI. *e-J. Agrotekbis*, 5(3), 315-323.
- [18] Wibowo, H. (2010). Laju Infiltrasi pada Lahan Gambut yang Dipengaruhi Air Tanah (Study Kasus Sei Raya Dalam Kecamatan Sei Raya Kabupaten Kubu Raya). *Jurnal Belian*, 9(1), 90-103.
- [19] Cahyadi, A. (2019). Analisa Kerentanan Airtanah terhadap Pencemaran di Pulau Koral Sangat Kecil dengan Menggunakan Metode GOD. *Jurnal Geografi*, 16(1), 48-53.
- [20] Sugianti, K., Mulyadi, D., & Maria, R. (2016). ANALISIS KERENTANAN PENCEMARAN AIR TANAH DENGAN PENDEKATAN METODE DRASTIC DI BANDUNG SELATAN. *JURNAL LINGKUNGAN DAN BENCANA GEOLOGI*, 7(1), 19-33.
- [21] Nygren, M., Giese, M., Kløve, B., Haaf, E., Rossi, P. M., & Barthel, R. (2020). Changes in seasonality of groundwater level fluctuations in a temperate-cold climate transition zone. *Journal of Hydrology*, 8, 1-20.

- [22] Yunandar, R. S., Iskandarsyah, T. Y., & Barkah, M. N. (2021). Zona Potensi Keterdapatn Air Tanah Menggunakan Sistem Informasi Geografis pada Sub-DAS Ciwaringin, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 5(5), 517-526.
- [23] Wandari, K. A., Purnama, I. L., & Primacintya, V. A. (2020). Groundwater vulnerability study using SINTACS method in Banguntapan district, Bantul Regency. *200*, 1-5.
- [24] Gunawan, W. A., Sisinggih, D., & Dermawan, V. (2013). Studi Kerentanan Air Tanah Terhadap Kontaminan Di Cekungan Airtanah Negara Kabupaten Jembrana Provinsi Bali. *JURNAL TEKNIK PENGAIRAN*, 4(2), 76-85.
- [25] Handini, M., Siswoyo, H., & Asmaranto, R. (2024). Penerapan Metode DRASTIC untuk Penilaian Tingkat Kerentanan Air Tanah di Kecamatan Perak Kabupaten Jombang. *Pena Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 38(1), 19-30.