

Analisis Debit Potensial dan Kualitas Air Tanah Dangkal di Sub DAS Kasin Kota Malang

Emma Yuliani^{1*}, Andre Primantyo Hendrawan¹, Prasetyo Rubiantoro¹, Annida Shafira
Wardani¹, Putu Kalila Shevanya Miasari¹.

¹Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

e_yuliani@ub.ac.id*

| Received: 09/12/2024 | Revised: 25/12/2024 | Accepted: 28/12/2024 |

Copyright©2024 by authors, all rights reserved. Authors agree that this article remains permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License

Abstrak

Kota Malang merupakan kota terbesar ke 2 di Provinsi Jawa Timur. Pertumbuhan penduduk yang pesat perubahan Kota Malang dari daerah agraris menjadi daerah permukiman dan industri. Hal ini mengakibatkan meningkatnya tekanan terhadap kondisi airtanah baik secara kuantitas maupun kualitas. Eksploitasi air tanah untuk pemenuhan air bersih menjadi salah satu faktor utama penyebab penurunan terhadap muka airtanah dangkal. Tekanan secara kualitas salah satunya adalah limbah domestik dan limbah industrial yang dibuang di permukaan tanah. Wilayah Sub DAS Kasin Kota Malang merupakan area cekungan yang berada di tengah perkotaan padat permukiman dan industri. Limpasan air yang mengalir berkumpul menjadi satu di badan Sungai Kasin sehingga kondisi ini rentan terhadap pencemaran air permukaan dan airtanah. Metode penelitian yang digunakan meliputi survei lapangan, pengukuran geolistrik, pengambilan sampel air, pengujian di laboratorium, serta pengolahan data menggunakan perhitungan rumus Darcy untuk menghitung potensi airtanah, metode *Water Quality Index* (WQI) dan Indeks Pencemaran untuk menentukan kualitas air tanah terhadap perubahan tata guna lahan. Berdasarkan hasil pengamatan geolistrik yang dilakukan, daerah penelitian masuk pada formasi Tuff Malang (Qvtm) dengan rentang nilai resistivitas yang dihasilkan 3,4–389 Ω m menghasilkan lapisan batuan yang terdiri dari top soil, lempung, tufa, tuff pasiran, tuff batuapung, dan tuff breksi. Dari titik geolistrik tersebut dibuat 2 lintasan untuk mendapatkan kemiringan hidrolis yang menggambarkan potensi air tanah di daerah penelitian sebesar 0,340 – 8,273 l/detik. Berdasarkan hasil Perhitungan indeks pencemaran air tanah dangkal tersebut tergolong tercemar ringan hingga sedang. Sedangkan dengan metode WQI, air termasuk sangat buruk bahkan tidak layak menjadi air minum.

Kata kunci: Sub Das Kasin, Air tanah, Kuantitas dan Kualitas Airtanah , Indeks Pencemaran, WQI.

Abstract

Malang City is the second largest city in East Java. Rapid population growth changes the city of Malang from an agrarian to a residential and industrial area. This has resulted in increased pressure on groundwater conditions both in quantity and quality. Groundwater exploitation for the fulfillment of clean water is one of the main factors causing a decrease in shallow groundwater levels. Pressure on the quality of one of them is domestic waste and industrial waste discharged on the ground surface. The Kasin sub-watershed area of Malang City is a basin area in the middle of a dense urban settlement and industry. Runoff flowing water gathered into one in the Kasin River so that this condition is vulnerable to pollution of surface water and groundwater. The research methods used include survey, geoelectric measurements, water sampling, laboratory testing, and data processing using the Darcy to calculate groundwater potential, Water Quality Index (WQI) method and Pollution Index to determine groundwater quality against land use change. Based on the results of the observations carried out, the research area is included in the Malang Tuff Formation (Qvtm) with a resistivity value range of 3.4–389 Ω m resulting in rock layers consisting of top soil, clay, tufa, sandstone tuft, pumice tuft, and breksi tuft. From the geoelectric point, 2 passes were made to obtain a hydraulic slope that illustrates the potential of groundwater in the study area of 0.340 – 8.273 l/second. Based on the results of the calculation, the shallow groundwater pollution index is classified as light to moderately polluted. Meanwhile, with the WQI method, water is very bad and not suitable for drinking.

Keywords: Kasin Sub Catchment, Groundwater, Groundwater Quantity and Quality, Pollution Index, WQI.

1. Pendahuluan

Air tanah merupakan sumberdaya yang potensial untuk mendukung kehidupan manusia. Air tanah merupakan air yang bertempat pada rongga-rongga dalam lapisan geologi dengan kondisi jenuh dan jumlah yang cukup (Bisri, 2012).Keunggulan sumberdaya air tanah adalah secara kualitas lebih baik daripada air permukaan dan jumlahnya melimpah. Saat ini, kebutuhan akan air terus meningkat seiring dengan perkembangan kebutuhan manusia. Untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut, perlu diketahui potensinya baik secara kuantitas maupun kualitas.

Kawasan Sub DAS Kasin merupakan salah satu wilayah yang dialiri oleh Sungai Kasin di Kota Malang. Dalam cakupannya, Sub DAS Kasin mencakup sebagian wilayah Kecamatan Klojen dan wilayah Kecamatan Sukun. Letak Sub DAS Kasin berada di tengah Kota Malang dengan laju perkembangan dan peningkatan jumlah penduduk sebesar 0,13% pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2023). Semakin banyaknya perkembangan lahan dan peningkatan jumlah penduduk di wilayah Sub DAS Kasin menyebabkan air tanah menjadi lebih rentan terhadap pencemaran, sehingga dapat berpengaruh pada kondisi kualitas air tanah. Karena jumlah keterbatasan air permukaan maka dilakukan eksploitasi air tanah. Penggunaan air tanah perlu memperhatikan potensi yang ada agar tercapai keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaannya. Perkembangan kota juga akan memicu peningkatan aktivitas perekonomian, perindustrian, dan aktivitas-aktivitas lainnya di kawasan sub DAS Kasin. Kegiatan atau aktivitas

tersebut merupakan sumber-sumber pencemaran yang dapat mempengaruhi kualitas air tanah secara tidak langsung. Sebagai pendukung dalam pemenuhan kebutuhan air, melihat air tanah dangkal secara kuantitas dan kualitas dengan analisis terkait debit potensial dan kualitas air tanah pada Sub DAS Kasin

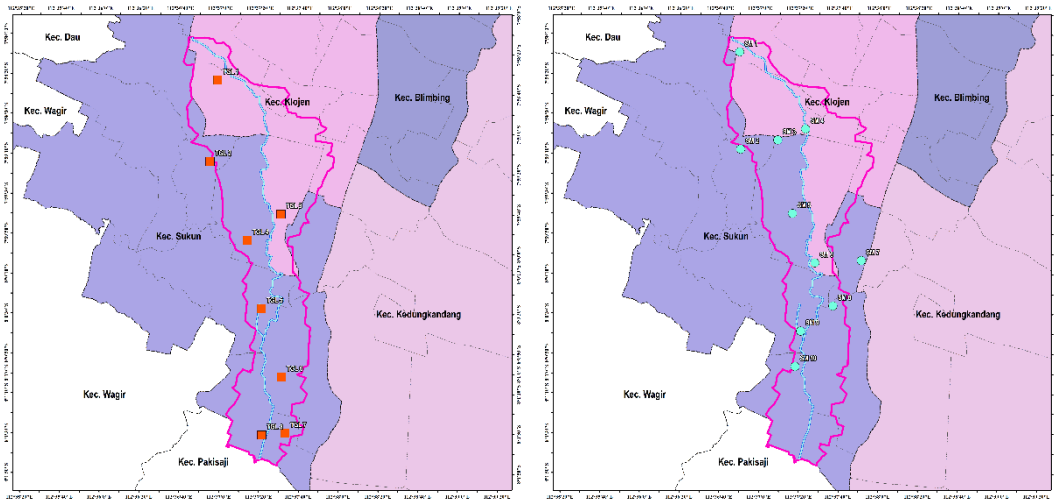
Kuantitas yang dapat diukur berdasarkan debit potensial dengan menggunakan metode Darcy. Metode Darcy digunakan untuk mengetahui debit potensial air tanah di suatu wilayah yaitu dengan mendefinisikan kemampuan suatu aliran mengalir melalui media berpori seperti batu (Pangestu et al., 2022). Sedangkan untuk melihat kualitas air tanah diperlukan pengujian dengan pengambilan sampel air dan perhitungan menggunakan berbagai macam metode diantaranya metode Indeks Pencemaran (IP) dan *Water Quality Index* (WQI). Metode Indeks Pencemaran (IP) adalah suatu metode yang digunakan mengukur tingkat pencemaran udara, air atau tanah dengan membandingkan konsentrasi zat pencemar dengan baku mutu lingkungan yang ditetapkan. *Water Quality Index* (WQI) merupakan metode sederhana untuk menentukan kelayakan kualitas air dalam suatu peruntukan yang dikembangkan tahun 1965 oleh Harton. Dengan membandingkan 2 metode tersebut dapat memberikan nilai yang lebih pasti untuk kualitas air tanah dangkal.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Agustus – November 2024 di daerah Sub DAS Kasin. Air tanah yang terakumulasi dari hulu di wilayah Kecamatan Klojen kemudian mengalir menuju hilir hingga wilayah Kecamatan Sukun, Kota Malang.

2.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dilakukan data primer dan data sekunder. Untuk data sekunder dibutuhkan peta hidrogeologi lembar Kediri serta peta geologi lembar Malang 1608-1 dan Turen 1607-4. Sedangkan pengumpulan data primer dilakukan dengan cara pengambilan data geolistrik sebanyak 8 titik dan pengambilan sampel air sebanyak 10 titik di beberapa wilayah Sub DAS Kasin yang mengalami banyak perubahan tata guna lahan dan didasari oleh survei lapangan. Dengan lokasi-lokasi tersebut akan mempresentasikan hasil debit dan kualitas air tanah dangkal pada Sub DAS Kasin. Lokasi pengumpulan data dapat dilihat pada Gambar 1 dengan daftar Lokasi pengambilan sesuai pada tabel 1 dan tabel 2.



Gambar 1. Lokasi pengambilan data pada Sub DAS Kasin

Tabel 1. Daftar Letak Titik Pengukuran Geolistrik

Kode Geolistrik (<i>Geoelectric Code</i>)	Kelurahan (<i>Village</i>)	Kecamatan (<i>District</i>)	Koordinat (<i>Coordinates</i>)		Elevasi (<i>Elevation</i>)
			Lintang (<i>Latitude</i>)	Bujur (<i>Longitude</i>)	
TGL 1	Bareng	Klojen	7°58'33.02" LS	112°36'58.56" BT	478
TGL 2	Tanjungrejo	Sukun	7°59'13.82" LS	112°36'54.88" BT	478
TGL 3	Kasin	Klojen	7°59'40.09" LS	112°37'30.61" BT	452
TGL 4	Sukun	Sukun	7°59'53.21" LS	112°37'13.81" BT	445
TGL 5	Bandung-rejosari	Sukun	8°00'27.40" LS	112°37'20.99" BT	456
TGL 6	Gadang	Sukun	8°01'01.61" LS	112°37'31.24" BT	423
TGL 7	Kebonsari	Sukun	8°01'29.82" LS	112°37'33.13" BT	430
TGL 8	Kebonsari	Sukun	8°01'30.82" LS	112°37'21.37" BT	441

Tabel 2. Daftar Letak Sumur Gali

Kode Sumur (Well Code)	Kelurahan (Village)	Kecamatan (District)	Koordinat (Coordinates)	
			Lintang (Latitude)	Bujur (Longitude)
SM 1	Gading Kasri	Klojen	7°58'18.906" LS	112°36'49.485" BT
SM 2	Tanjungrejo	Sukun	7°59'7.604" LS	112°36'50.171" BT
SM 3	Sukun	Sukun	7°59'2.977" LS	112°37'8.835" BT
SM 4	Bareng	Klojen	7°58'57.426" LS	112°37'22.766" BT
SM 5	Sukun	Sukun	7°59'39.798" LS	112°37'16.365" BT
SM 6	Kasin	Klojen	8°0'4.474" LS	112°37'27.766" BT
SM 7	Ciptomulyo	Sukun	8°0'3.273" LS	112°37'51.131" BT
SM 8	Gadang	Sukun	8°0'26.002" LS	112°37'36.918" BT
SM 9	Bandungrejosari	Sukun	8°0'38.680" LS	112°37'20.698" BT
SM 10	Kebonsari	Sukun	8°0'56.446" LS	112°37'17.963" BT

2.2 Persamaan Darcy

Pada keadaan nyata air tanah gerakannya tidak berubah. Gerakan air tanah yang terstruktur dipengaruhi oleh prinsip hidrolika. Berdasarkan Todd & Mays (2005), dari pengukuran-pengukuran yang dilakukan oleh Darcy terdapat proporsionalitas antara Q dan hl dan antara Q dengan 1/L. Jika proporsionalitas itu dianggap konstan dan dinyatakan dengan K didapat persamaan. Dari percobaan Darcy tersebut, air tanah didekati dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = K \times I \times A$$

Dimana:

Q = debit (m³/dt)

K = Konduktivitas Hidrolik (m/dt)

I = $\frac{dh}{dl} = \frac{hl}{L} = \frac{\phi_1 - \phi_2}{L}$ = kemiringan hidrolik

A = Luas Akuifer = D × B, dimana D adalah tebal akuifer dan B adalah lebar akuifer

Nilai konduktivitas hidrolik ditentukan berdasarkan tabel 3 yang didasari dengan jenis batuan yang telah ditentukan.

Tabel 3. Nilai Konduktivitas Hidrolik Batuan (Todd & Mays, 2005),

Jenis Batuan (<i>Rock Types</i>)	K (m/hari) (<i>m/day</i>)
Kerikil, kasar	150
Kerikil, sedang	270
Kerikil, halus	450
Pasir, Kasar	45
Pasir, sedang	12
Pasir, halus	2.5
Lanau	0.08
Tanah liat	0.0002
Batu pasir, berbutir halus	0.2
Batu pasir, berbutir kasar	3.2
Batugamping	0.94
Dolomit	0.001
Gemuk pasir	20
Loess/endapan lumpur	0.08
Gambut	5.7
Skis/batuan metamorf	0.2
Slate/batuan metamorf halus	0.00008
Till sedimen, pasiran	0.49
Till sedimen, berkerikil	30
Tufa	0.2
Basal	0.01
Gabbro, lapuk	0.2
Granit, lapuk	1.4

2.3 Indeks Pencemaran (IP)

Penggunaan Indeks Pencemaran (IP) dalam menentukan tingkat pencemaran dari parameter kualitas air tanah yang diizinkan. Metode ini menentukan status mutu air dengan membandingkan nilai standar baku mutu air dengan hasil dari pengujian dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut berdasarkan Rubaiyn dkk (2023).

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 m + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)^2 R}{2}}$$

Dimana:

C_i = konsentrasi parameter yang diukur (data)

L_{ij} = konsentrasi parameter berdasarkan standar

P_{ij} = indeks pencemaran yang merupakan fungsi C_i/L_{ij}

Apabila nilai $C_i/L_{ij} > 1,0$ maka perlu dilakukan perhitungan nilai C_i/L_{ij} baru dengan rumus:

(C_i/L_{ij}) baru = $1,0 + P \cdot \text{Log} (C_i/L_{ij})$ hasil pengukuran

Dimana:

P = konstanta bebas (umumnya digunakan nilai 5)

Untuk parameter dengan standar baku berupa nilai kisaran seperti parameter pH maka nilai L_{ij} menggunakan nilai L_{ij} rata-rata. Nilai C_i/L_{ij} dirumuskan sebagai berikut:

- Untuk $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata

$$(C_i/L_{ij})\text{baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})\text{rata-rata}]}{\{(L_{ij})\text{ minimum} - (L_{ij})\text{rata-rata}\}}$$

- Untuk $C_i > L_{ij}$ rata-rata

$$(C_i/L_{ij})\text{baru} = \frac{[C_i - (L_{ij})\text{rata-rata}]}{\{(L_{ij})\text{ maksimum} - (L_{ij})\text{rata-rata}\}}$$

Penentuan bagaimana pencemaran pada air tanah tersebut ditentukan oleh nilai P_{ij} yang didapat dari perhitungan kemudian diklasifikasikan sesuai tabel 4.

Tabel 4. Status Mutu Air berdasarkan nilai IP

Rentang Nilai P_{ij} (P_{ij} Value Range)	Status Mutu (<i>Quality Status</i>)
$0 \leq P_{ij} \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu
$1,0 \leq P_{ij} \leq 5,0$	Cemar ringan
$5,0 \leq P_{ij} \leq 10$	Cemar sedang
$P_{ij} > 10$	Cemar berat

2.4 Water Quality Index (WQI)

Metode *Water Quality Index* (WQI) didasari oleh penggabungan hasil uji dari berbagai parameter dengan baku mutu. Penggunaan jumlah yang fleksibel dan jenis parameter sesuai kebutuhan membuat efektivitas dan sensitivitas metode ini lebih tinggi dibandingkan metode lainnya. Perhitungan untuk menghitung indeks kualitas air secara keseluruhan dengan menggunakan Persamaan berdasarkan Ram et al. (2021), yaitu:

$$WQI = \frac{\sum Q_n W_n}{\sum W_n}$$

Dimana:

WQI = *Water Quality Index*

$$Q_n = \text{tingkat kualitas setiap parameter} = \frac{[(v_n - v_0)]}{[(s_n - v_0)]} \times 100$$

$$W_n = \text{Bobot parameter ke } n = \frac{K}{S_n}$$

S_n = Standar nilai yang diinginkan sesuai parameter n

$$K = \text{Konstanta} = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_n}} = \frac{1}{\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3} + \dots + \frac{1}{S_n}}$$

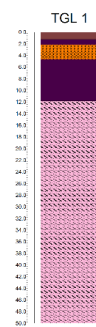
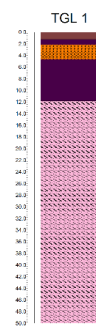
3. Hasil dan Pembahasan

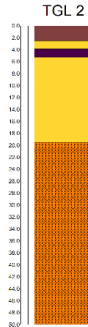
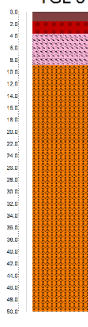
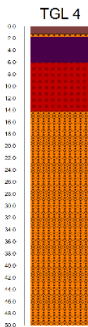
3.1 Pengolahan Geolistrik

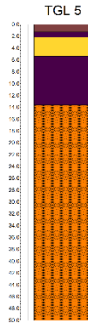
Pengukuran geolistrik dilakukan dengan berfokus pada potensi air tanah dangkal menggunakan konfigurasi *Schlumberger* dengan kisaran kedalaman 50 m. Dilakukan pengukuran pada 8 titik yang tersebar dari hulu hingga hilir dari Sub DAS Kasin Kota Malang dengan sebaran seperti pada tabel 1. Setelah melakukan pengukuran pada setiap titik geolistrik dilakukan pengolahan dan interpretasi. Pengolahan data geolistrik menggunakan program *software* IPI2WIN dan RockWorks 16. Dengan menggunakan *software* tersebut, didapatkan nilai Resistivitas serta interpretasi litologi batuan dalam visual 2D dan 3D.

Nilai Resistivitas dan kedalaman yang didapatkan menggunakan *software* IPI2WIN akan menentukan lapisan batuan yang ada pada titik pengukuran dengan presentasi error yang berbeda di setiap titik. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan 5 hingga 6 lapisan resistivitas terhadap kedalaman. Litologi batuan tidak hanya berdasarkan nilai resistivitas tetapi juga dilihat dari peta geologi peta geologi lembar Malang 1608-1 dan Turen 1607-4.

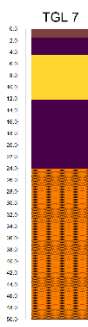
Tabel 5. Litologi Batuan

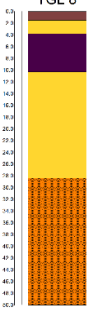
Titik Pengukuran (Measurement Point)	Kedalaman (Depth)		Nilai Resistivitas (Resistivity)	Jenis Batuan (Rock Types)	Litologi (Lithology)
	m	m	$\Omega.m$		
TGL 1 (Bareng, Klojen)	0	1.25	6.78	Top Soil	
	1.25	2.14	4.6	Lempung	
	2.14	4.68	119	Tuf Batuapung	
	4.68	11.8	14.5	Lempung	
	11.8	50	285	Tuf Breksi	
TGL 2	0	2.51	7.99	Top Soil	
	2.51	3.87	79.3	Tufa	

Titik Pengukuran (Measurement Point)	Kedalaman (Depth)		Nilai Resistivitas (Resistivity)	Jenis Batuan (Rock Types)	Litologi (Lithology)
	m	m	$\Omega.m$		
(Tanjungrejo, Sukun)	3.87	5.25	3.4	Lempung	
	5.25	19.5	35.8	Tufa	
	19.5	50	90.4	Tuf Batuapung	
TGL 3 (Kasin, Sukun)	0	1.5	115	Top Soil	
	1.5	3.64	67.2	Tuf Pasiran	
	3.64	8.85	389	Tuf Breksi	
	8.85	21.5	180	Tuf Batuapung	
	21.5	50	95.2	Tuf Batuapung	
TGL 4 (Sukun, Sukun)	0	1.25	7.12	Top Soil	
	1.25	1.75	109	Tuf Batuapung	
	1.75	6.04	13.1	Lempung	
	6.04	14.2	51.3	Tuf Pasiran	
	14.2	50	130	Tuf Batuapung	
TGL 5 (Bandungrejosari, Sukun)	0	1.25	11.5	Top Soil	
	1.25	2.18	3.73	Lempung	
	2.18	5.38	43.4	Tufa	
	5.38	13.6	8.28	Lempung	

Titik Pengukuran (Measurement Point)	Kedalaman (Depth)		Nilai Resistivitas (Resistivity)	Jenis Batuan (Rock Types)	Litologi (Lithology)
	m		Ω.m		
	0	2.28	6.94	Top Soil	
	2.28	4.31	95.5	Tuf Batuapung	
13.6	50	89.7	Tuf Batuapung		

TGL 6 (Gadang, Sukun)	0	2.28	6.94	Top Soil	
	2.28	4.31	95.5	Tuf Batuapung	
	4.31	8.47	3.59	Lempung	
	8.47	25	196	Tuf Batuapung	
	25	50	79.3	Tuf Pasiran	

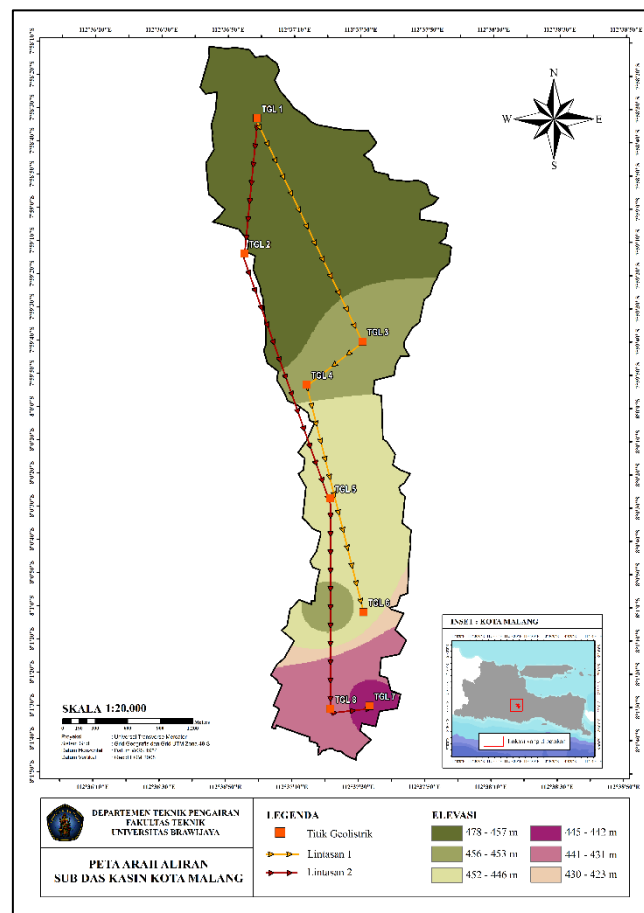
TGL 7 (Kebonsari, Sukun)	0	1.5	12.5	Top Soil	
	1.5	4.51	9.27	Lempung	
	4.51	12.2	21.8	Tufa	
	12.2	24.1	9.24	Lempung	
	24.1	50	195	Tuf Batuapung	

TGL 8 (Kebonsari, Sukun)	0	1.5	6.73	Top Soil	
	1.5	3.83	40.3	Tufa	
	3.83	10.3	18.9	Lempung	
	10.3	28.4	22.7	Tufa	
	28.4	50	190	Tuf Batuapung	

Dari tabel 5 menunjukkan titik geolistrik yang ada pada wilayah Kota Malang yang terletak pada formasi Tuff Malang (Qvtm). Ditemukan lapisan batuan yang terdiri dari lapisan top soil, lempung, tufa, tuff pasiran, tuff batu apung dan tuff breksi dengan rentang nilai resistivitas antara 3,4 Ω m hingga 389 Ω m. Lapisan top soil berada di kedalaman 0 – 1,5 meter, berikutnya lapisan batuan didominasi oleh perselingan lapisan lempung, tufa, tuff pasiran, tuff batuapung dan tuff breksi. Lapisan lempung teridentifikasi di kedalaman kisaran 1,5 – 13,6 meter. Lapisan tufa teridentifikasi di kedalaman kisaran 2,18 – 28,4 meter. Lapisan tuff pasiran teridentifikasi di kedalaman kisaran 3,5 – 50 meter. Lapisan tuff batuapung teridentifikasi di kedalaman kisaran 2,14 – 50 meter. Lapisan tuff breksi teridentifikasi di kedalaman kisaran 3,64 – 8,85 meter.

3.2 Debit Potensial

Dengan titik pengukuran geolistrik yang tersebar dari bagian utara hingga Selatan dari Lokasi penelitian maka dilakukan pendugaan arah aliran dengan memperhatikan elevasi dan menghubungkan antar akuifer menjadi 2 lintasan yaitu lintasan 1 dengan (12587) dan lintasan 2 (1346). Berdasarkan lintasan tersebut terbentuk kemiringan hidrolik untuk perhitungan debit menggunakan persamaan Darcy. Dalam gambar 2 menunjukkan lintasan terkait arah aliran untuk perhitungan debit.



Gambar 2. Peta pendugaan arah aliran

Tabel 6. Hasil Perhitungan Kemiringan Hidrolik Lintasan 1

Titik Geolistrik (<i>Geoelectric Points</i>)	K	Tinggi Potensial (<i>High Potential</i>)	Beda Tinggi Potensial (<i>Differential Potential Height</i>)	Tebal Akuifer (<i>Aquifer Thickness</i>)	Tebal Rata-rata Akuifer (<i>Average Aquifer Thickness</i>)	Jarak Antar Titik (<i>Distance Between Points</i>)	Kemiringan Hidrolik (<i>Hydraulic Slope</i>)	Luas Akuifer (<i>Aquifer Area</i>)
		m/hari (<i>m/day</i>)	m	m	m	m	m	I
TGL 1	12	478	0	2.54	0	0	0	0
TGL 2	0.2	478	0	1.36	1.95	1251	0	2439.45
TGL 5	0.2	456	22	3.2	2.28	2415	0.00911	5506.2
TGL 8	0.2	441	15	2.33	2.765	1930	0.00777	5336.45
TGL 7	0.2	430	11	7.69	5.01	365	0.03014	1828.65

Untuk mendukung perhitungan metode Darcy maka dibutuhkan nilai kemiringan hidrolik dan luas akuifer yang ditunjukkan pada tabel 6. Kemiringan hidrolik pada lintasan 1 bernilai 0 – 0,03014 yang sesuai dengan beda tinggi potensial serta jarak. Sedangkan luas akuifer didapatkan melalui tebal rata-rata akuifer dan jarak antar titik. Dari perhitungan tersebut, luas akuifer terbesar pada lintasan 1 sebesar 5506,20 m² dan terkecil sebesar 1828,65 m².

Tabel 7. Hasil Debit Potensi Pada Lintasan 1

Titik Geolistrik (<i>Geoelectric Points</i>)	K	Kemiringan Hidrolik (<i>Hydraulic Slope</i>)	Luas Akuifer (<i>Aquifer Area</i>)	Potensi Debit (<i>Potential Discharge</i>)	Potensi Debit (<i>Potential Discharge</i>)
		m/hari (<i>m/day</i>)	I	m ²	m ³ /hari (<i>m³/day</i>)
TGL 1	12	0	0	0	0
TGL 2	0.2	0	2439.45	0	0
TGL 5	0.2	0.00911	5506.2	10.032	0.116
TGL 8	0.2	0.00777	5336.45	8.295	0.096
TGL 7	0.2	0.03014	1828.65	11.022	0.128
Total Debit Lintasan 1				29.349	0.340

Dari hasil perhitungan kemiringan hidrolik dan luas akuifer pada tabel 6, kemudian dianalisis menggunakan persamaan Darcy sehingga mendapatkan nilai potensial debit masing-

masing titik pada lintasan seperti dalam tabel 7. Nilai debit potensial tersebut dikumulatikan sehingga mendapat nilai sebesar 0,340 l/detik.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Kemiringan Hidrolik Lintasan 2

Titik Geolistrik (<i>Geoelectric Points</i>)	K	Tinggi Potensial	Beda Tinggi Potensial	Tebal Akuifer	Tebal Rata-rata Akuifer	Jarak Antar Titik	Kemiringan Hidraulik	Luas Akuifer
		(<i>High Potential</i>)	(<i>Differential Potential Height</i>)	(<i>Aquifer Thickness</i>)	(<i>Average Aquifer Thickness</i>)	(<i>Distance Between Points</i>)	(<i>Hydraulic Slope</i>)	(<i>Aquifer Area</i>)
		m/hari (<i>m/day</i>)	m	m	m	m	m	I
TGL 1	12	478	0	2.54	0	0	0	0
TGL 3	1.4	452	26	5.21	3.875	2240	0.0116	8680
TGL 4	12	445	7	0.5	2.855	658	0.0106	1878.59
TGL 6	12	423	22	2.03	1.265	2170	0.0101	2745.05

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel 8, diketahui bahwa pada lintasan 2 menghasilkan nilai kemiringan hidrolik sebesar 0 – 0,0116 dan luas akuifer sebesar 8680 m² untuk TGL 3, 1878,59 m² untuk TGL 2, dan 2745,05 m² untuk TGL 6.

Tabel 9. Hasil Debit Potensi Pada Lintasan 2

Titik Geolistrik (<i>Geoelectric Points</i>)	K	Kemiringan Hidrolik	Luas Akuifer	Potensi Debit	Potensi Debit
		(<i>Hydraulic Slope</i>)	(<i>Aquifer Area</i>)	(<i>Potential Discharge</i>)	(<i>Potential Discharge</i>)
		m/hari (<i>m/day</i>)	I	m ²	m ³ /hari (<i>m³/day</i>)
TGL 1	12	0	0	0	0
TGL 3	1.4	0.0116	8680	141.05	1.633
TGL 4	12	0.0106	1878.59	239.82	2.776
TGL 6	12	0.0101	2745.05	333.96	3.865
Total Debit Lintasan 2				714.83	8.273

Dari hasil perhitungan yang terdapat dalam tabel 9, kemudian mendapatkan nilai potensial debit masing-masing titik pada lintasan. Nilai debit potensial tersebut dikumulatikan sehingga mendapat nilai sebesar 8,273 l/detik.

3.3 Kualitas Air

Kualitas air tanah pada Sub DAS Kasin didapat dari sampel air tanah yang diambil dari sumur gali yang tersebar pada Lokasi penelitian sesuai tabel . Pengujian terhadap sampel air dilakukan untuk mendapatkan berbagai parameter dimulai dari parameter fisika, kimia, hingga biologi. Pengujian dilakukan langsung di tempat dan juga di laboratorium. Adapun metode yang digunakan dalam pengujian sebagai berikut.

Tabel 10. Pengujian Parameter Kualitas Air

Parameter yang di Uji <i>(Tested Parameters)</i>	Alat atau metode yang digunakan <i>(Tools or Methods)</i>	Tempat Pengujian <i>(Testing Site)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Suhu • pH • Daya Hantar Listrik (DHL) • Kekeruhan • <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) 	Horiba U-50 <i>Water Quality Checker</i>	Lokasi Sumur Gali
NO ₃ (Nitrat)	Horiba LAQUAtwin NO ₃ <i>Ion Meter</i>	Lokasi Sumur Gali
NH ₃ (Amonia)	Hydrion Am-40 <i>Ammonia Test Paper</i>	Lokasi Sumur Gali
<i>Total Suspended Solids</i> (TSS)	Gravimetri	Laboratorium Tanah dan Air Tanah Fakultas Teknik
<ul style="list-style-type: none"> • Cl (Klorida) • HCO₃ (Bikarbonat) • SO₄ (Sulfat) 	Titrasi	Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA)
<ul style="list-style-type: none"> • Ca (Kalsium) • Fe (Besi) • K (Kalium) • Mg (Magnesium) • Mn (Mangan) • Na (Natrium) 	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA)
Total Coliform	<i>Total Plate Count</i>	Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian

Dari pengukuran menggunakan berbagai metode tersebut kemudian hasil yang didapatkan direkapitulasi dalam tabel 11 dan 12.

Tabel 11. Hasil Pengujian Kualitas Air (1)

Kode Sumur (Well Code)	Suhu (Temperature)	pH	DHL	Kekeruhan (Turbidity)	TDS	TSS	Ca	Cl	Fe
	°C		µs/cm	NTU	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
SM 1	28.24	7.29	825	0	528	90	3.547	27.481	0.000
SM 2	27.97	6.58	698	0	447	160	0.500	50.842	0.529
SM 3	27.61	6.3	594	0	380	170	0.688	35.088	0.441
SM 4	28.4	7.5	566	0	363	90	0.688	18.080	0.0
SM 5	29.03	7.49	494	0	321	40	0.484	13.017	0.0
SM 6	29.39	7.04	548	0	351	170	0.578	32.224	0.44
SM 7	28.88	7.01	728	0	466	90	0.578	31.820	0.000
SM 8	28.88	6.75	664	0	425	0	0.594	33.656	0.61
SM 9	28.72	6.58	535	0	343	180	0.531	40.817	0.29
SM 10	30.19	7.24	459	0	298	70	0.359	13.740	0

Dalam tabel 11 ditunjukkan hasil 9 parameter yakni Suhu, pH, Daya hantar Listrik (DHL), Kekeruhan, *Total Dissolved Solids* (TDS), Total Suspended Solid (TSS), Kalsium (Ca), Klorida (Cl), dan Besi (Fe) dengan menggunakan pengujian berdasarkan tabel 10. Jika dibandingkan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Dapat dilihat bahwa suhu, pH, dan Kekeruhan dalam setiap sumur masih sesuai dengan baku mutu air. Sedangkan pada parameter TDS hanya 1 sumur yang memenuhi baku mutu dengan nilai 298 mg/L. Parameter lainnya masih bernilai tinggi yang tentu membuat air sumur tidak memenuhi baku mutu.

Tabel 12. Hasil Pengujian Kualitas Air (2)

Kode Sumur (Well Code)	HCO ₃ mg/L	K mg/L	Mg mg/L	Mn mg/L	Na mg/L	NH ₃ mg/L	NO ₃ mg/L	SO ₄ mg/L	Total Coliform (Total Coliform)
SM 1	68.107	8.479	1.396	0.242	1.302	10	37	0.788	0
SM 2	59.438	3.096	0.681	0.242	2.127	19	10	6.212	0
SM 3	84.204	4.798	1.559	0.338	1.764	14	10	18.485	0
SM 4	55.724	4.691	0.726	0.097	0.993	7.5	31	4.394	0
SM 5	61.915	2.521	0.662	0.193	0.494	10	16	1.515	0
SM 6	56.962	3.362	0.615	0.145	0.922	24	10	4.697	0
SM 7	64.392	3.149	1.076	0.097	0.706	7.5	17	11.212	0
SM 8	95.349	2.532	0.288	0.193	1.258	11	10	5.152	0
SM 9	69.345	2.202	0.786	0.145	1.17	21	10	4.545	0
SM 10	38.387	1.830	0.490	0.145	0.533	7.5	44	2.727	0

Pada tabel 12 menunjukkan 9 dari 18 parameter lainnya yang diujikan. Berdasarkan hasil pengujian menghasilkan nilai HCO₃ direntang 38.387 - 95.349 mg/L, Kandungan Kalium (K) sebesar 1.830 - 8.479 mg/L, Magnesium (Mg) bernilai 0.288 - 1.559 mg/L, Mangan (Mn) sebesar 0.097 - 0.338 mg/L, kemudian nilai Natrium (Na) dari 0.494 – 2.127 mg/L, Amonia (NH₃) bernilai 7.5 – 21 mg/L, Nitrat (NO₃) sebesar 10 – 44 mg/L, Sulfat dengan rentang nilai 0.788 – 18.485 mg/L, dan semua sumur menunjukkan tidak adanya bakteri *Total Coliform*. Beberapa nilai dalam tabel 12 tidak dapat dibandingkan dengan baku mutu air minum, namun dapat memengaruhi karakteristik air tanah jika terdapat nilai yang tinggi. Hal tersebut tentu dapat membuat air tanah tersebut tidak layak dikonsumsi.

3.4 Metode Indeks Pencemaran

Indeks Pencemaran (IP) digunakan untuk mengevaluasi tingkat pencemaran air tanah dengan mengacu pada nilai konsentrasi parameter tertentu yang diukur (Ci) dan standar baku mutu yang telah ditetapkan (Lij). Dari perhitungan menggunakan metode ini akan menggambarkan pencemaran dari parameter pada air tanah yang telah di uji. Dengan menggunakan persamaan Indeks Pencemaran didapatkan hasil keseluruhan perhitungan setiap titik pada lokasi penelitian dengan status berdasarkan tabel 13.

Tabel 13. Hasil Indeks Pencemaran dan Status

Rekapitulasi Status (<i>Status Recapitulation</i>)		
Kode Sumur (<i>Well Code</i>)	Nilai PiJ (<i>PiJ Value</i>)	Status (<i>Status</i>)
SM 1	3.84	Tercemar Ringan
SM 2	4.84	Tercemar Ringan
SM 3	4.37	Tercemar Ringan
SM 4	3.32	Tercemar Ringan
SM 5	3.76	Tercemar Ringan
SM 6	5.15	Tercemar Sedang
SM 7	3.31	Tercemar Ringan
SM 8	4.01	Tercemar Ringan
SM 9	4.92	Tercemar Ringan
SM 10	3.36	Tercemar Ringan

Dengan menggunakan beberapa parameter, didapatkan nilai PiJ pada SM 1 hingga SM 10 bernilai mulai dari 3,31 – 5,15 yang ditunjukkan dalam tabel 13. Dalam tabel tersebut juga menyatakan bahwa status mutu air tergolong tercemar ringan hingga sedang.

3.5 Metode *Water Quality Index* (WQI)

Metode *Water Quality Index* (WQI) digunakan untuk menganalisis kualitas air tanah dalam kaitannya dengan kelayakan sebagai sumber air minum. WQI dalam penelitian ini menggunakan parameter air minum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Dari hasil kualitas air digunakan parameter yang menghasilkan status mutu air seperti pada tabel 14.

Tabel 14. Hasil Rekapitulasi Status WQI

Rekapitulasi Status		
<i>(Status Recapitulation)</i>		
Kode Sumur <i>(Well Code)</i>	Nilai WQI <i>(WQI Value)</i>	Status <i>(Status)</i>
SM 1	178.202	Tidak layak untuk Air Minum
SM 2	283.055	Tidak layak untuk Air Minum
SM 3	314.933	Tidak layak untuk Air Minum
SM 4	81.073	Sangat Buruk
SM 5	146.867	Tidak layak untuk Air Minum
SM 6	223.455	Tidak layak untuk Air Minum
SM 7	80.814	Sangat Buruk
SM 8	244.674	Tidak layak untuk Air Minum
SM 9	192.527	Tidak layak untuk Air Minum
SM 10	110.842	Tidak layak untuk Air Minum

Berdasarkan hasil analisis kualitas air menggunakan metode WQI yang ditunjukkan dalam tabel 14, didapatkan bahwa nilai WQI pada setiap sumur sebesar 80,814 hingga 244,674. Dengan angka tersebut Status mutu air pada sumur di lokasi penelitian termasuk sangat buruk hingga tidak layak untuk menjadi air minum.

4. Kesimpulan

Kawasan Sub DAS Kasin merupakan salah satu wilayah yang dialiri oleh Sungai Kasin di Kota Malang. Dimana Kota Malang termasuk kota dengan pertumbuhan penduduk yang pesat. Hal tersebut selaras dengan perubahan tata guna lahan yang dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas air tanah terutama air tanah dangkal yang berhubungan langsung dengan permukaan. Dalam penelitian ini dilakukan analisis debit potensial untuk memperkirakan kuantitas air tanah dangkal serta terhadap kualitas airnya. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan geolistrik yang dilakukan, lokasi Penelitian termasuk pada formasi Tuff Malang (Qvtm) dan memiliki rentang nilai resistivitas dihasilkan 3,4 Ω m hingga 389 Ω m dengan lapisan batuan yang terdiri dari top soil, lempung, tufa, tuf pasiran, tuf batuapung, dan tuf breksi. Hal tersebut mempengaruhi debit potensial yang telah dihitung menggunakan persamaan darcy yaitu dengan rentang 0,340 – 8,273 l/detik. Untuk air tanah dangkal debit tersebut tergolong tinggi. Selain memperhatikan kuantitas dari air tanah dangkal yang berada di Sub DAS Kasin diperlukan juga pertimbangan dari segi kualitas yang dalam penelitian ini dilakukan pengujian, perhitungan indeks pencemaran, dan metode *Water Quality Index* (WQI). Dilakukan pengujian terhadap 18 parameter. Dari hasil tersebut beberapa menjadi parameter dalam penentuan indeks pencemaran yang menghasilkan 1 dari 10 sumur gali tercemar sedang sedangkan yang lainnya tercemar ringan. Untuk metode WQI dihasilkan 2 dari 10 air sumur yang diuji tergolong sangat buruk dan sisanya tidak layak untuk air

minum. Dengan begitu, air tanah dangkal pada Sub DAS Kasin memiliki potensi yang besar namun harus diolah terlebih dahulu dikarenakan kualitasnya yang tergolong tercemar dan beberapa dapat dikatakan tidak layak untuk air minum.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Kecamatan di Kota Malang, 2023*. <https://malangkota.bps.go.id/id/statistics-table/3/V1ZSbFRUY3ITbFpEYTNsVWNGcDZjek53YkhsNFFUMDkjMw==/penduduk--laju-pertumbuhan-penduduk--distribusi-persentase-penduduk--kepadatan-penduduk--rasio-jenis-kelamin-penduduk--menurut-kecamatan-di-kota-malang--2023.html?year=2023>
- Bisri, M. (2012). *Studi Tentang Pendugaan Air Tanah, Sumur Air Tanah dan Upaya Dalam Konservasi Air Tanah* (Universitas Brawijaya Press, Ed.; 1 ed., Vol. 1). Universitas Brawijaya Press.
- Pangestu, B. A., Asmaranto, R., & Yuliani, E. (2022). Studi Potensi Air Tanah dan Karakteristik Hidrokimia Di Desa Pelem, Kecamatan Bungkal, Kabupaten Ponorogo. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 2(2), 209–221.
- Ram, A., Tiwari, S. K., Pandey, H. K., Chaurasia, A. K., Singh, S., & Singh, Y. V. (2021). Groundwater quality assessment using water quality index (WQI) under GIS framework. *Applied Water Science*, 11(2).
- Rubaiyn, A., Okto, A., Jahidin, La Ode Sahiddin, La ode Andimbara, & Asfar, S. (2023). Analysis of Groundwater Quality In Areas Surrounding Mining Sites In Kolaka Regency. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 5(01), 1–13.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3 ed.). Wiley.