

## MODEL SEBARAN SPASIAL KUALITAS AIR TANAH UNTUK AIR MINUM DI KECAMATAN JOMBANG KABUPATEN JOMBANG

Hari Siswoyo<sup>1\*</sup>, Donny Harisuseno<sup>2</sup>, Mohammad Taufiq<sup>3</sup>, Rifqi Fajar Azhar<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya  
Jl. M.T. Haryono 167, Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*e-mail: hari\_siswoyo@ub.ac.id

### Abstrak

Sebagian besar penduduk di wilayah Kecamatan Jombang menggunakan air tanah dari sumur gali maupun sumur bor untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari. Kualitas air dari sumur-sumur tersebut tidak selalu terkontrol dengan baik. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menilai kualitas air tanah untuk air minum dan memetakan pola sebarannya di lokasi penelitian. Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan dengan rancangan penelitian deskriptif. Nilai indeks kualitas air tanah untuk air minum ditentukan berdasarkan model indeks kualitas air untuk selanjutnya dipetakan sebarannya secara spasial di lokasi penelitian. Sebaran spasial kualitas air tanah untuk air minum di lokasi penelitian baik pada saat musim hujan maupun musim kemarau didominasi daerah dengan kualitas air tanah dalam kategori baik dan sangat baik. Model sebaran spasial kualitas air tanah dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai kelayakan kualitas air tanah untuk air minum di lokasi penelitian.

**Kata kunci:** air minum; air tanah; kualitas air; Kecamatan Jombang

### Abstract

Most of the population in the Jombang District area uses groundwater from dug wells and bor wells to meet their daily water needs. The quality of water from these wells was not always well controlled. The purpose of this research was to assess the quality of groundwater for drinking water and map its distribution patterns in the research location. The type of this research was development research with a descriptive research design. The groundwater quality index value for drinking water was determined based on the water quality index model and then mapped its distribution spatially in the study area. The spatial distribution of groundwater quality for drinking water in the study area, both during the rainy season and the dry season was dominated by areas with good and very good groundwater quality. The spatial distribution model of groundwater quality can be used as an indicator to assess the appropriateness of groundwater quality for drinking water in the research location.

**Keywords:** drinking water; groundwater; Jombang District; water quality

### PENDAHULUAN

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.: 492/MENKES/PER/IV/2010). Ketersediaan sumber daya air untuk air minum mutlak diperlukan guna memenuhi kebutuhan hidup manusia. Penyediaan air baku untuk air minum di wilayah Kabupaten Jombang telah diusahakan oleh Perusahaan

Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Jombang dengan jumlah pelanggan untuk kategori non-niaga rumah tangga secara keseluruhan mencapai 19.288 pelanggan (Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang, 2019<sup>a</sup>).

Kabupaten Jombang beribu kota di Kecamatan Jombang dengan luas wilayah kecamatan 36,4 km<sup>2</sup> yang meliputi 20 desa/kelurahan. Jumlah penduduk di Kecamatan Jombang (tahun 2018) sebanyak 148.269 jiwa dengan tingkat kepadatan

mencapai 4.073 jiwa per km<sup>2</sup>. Jenis sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup penduduk di wilayah Kecamatan Jombang meliputi: air dari PDAM digunakan sebanyak 12.489 rumah tangga, air dari sumur/perigi digunakan sebanyak 19.896 rumah tangga, dan air dari sumur pompa digunakan sebanyak 10.908 rumah tangga (Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang, 2019<sup>b</sup>).

Jumlah rumah tangga pengguna air sumur untuk memenuhi kebutuhan hidupnya yang lebih banyak dibandingkan pengguna air dari PDAM perlu mendapatkan perhatian serius. Hal ini tidak terlepas dari kondisi air sumur milik penduduk yang tidak selalu terkontrol kualitasnya, seperti halnya air dari PDAM. Sumber air yang digunakan sebagai air baku untuk air minum darimanapun asalnya sudah seharusnya tidak mengakibatkan gangguan bagi kesehatan manusia.

Persyaratan kualitas air minum agar tidak menimbulkan gangguan kesehatan telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.: 492/MENKES/PER/IV/2010. Persyaratan kualitas air minum yang tertuang dalam peraturan tersebut meliputi parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib terdiri atas parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan (2 parameter mikrobiologi dan 8 parameter kimia anorganik) dan parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan (6 parameter fisik dan 10 parameter kimiawi). Parameter tambahan meliputi parameter kimiawi (9 parameter bahan anorganik, 21 parameter bahan organik, 27 parameter pestisida, dan 14 parameter desinfektan dan hasil sampingannya) dan parameter radioaktifitas (2 parameter).

Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter secara keseluruhan seperti tertuang dalam peraturan di atas, guna mengidentifikasi tingkat kelayakan kualitas air untuk air minum yang ideal, seringkali dihadapkan pada keterbatasan sarana laboratorium. Laboratorium-laboratorium yang ada di daerah (di bawah naungan pemerintah daerah) belum tentu memiliki peralatan yang mampu untuk mengidentifikasi semua parameter tersebut

di atas. Hal ini menjadikan upaya identifikasi tingkat kelayakan air yang digunakan sebagai sumber air minum tidak dapat dilakukan dengan standar dan cara yang sama antara satu daerah dengan daerah lain. Kendala keterbatasan peralatan, menjadikan laboratorium-laboratorium tersebut hanya mampu melakukan pengujian parameter secara terbatas.

Salah satu solusi yang dapat diberikan sebagai alat untuk identifikasi kelayakan kualitas air untuk air minum, yang setidaknya dapat digunakan sebagai indikator dalam menentukan kelayakan kualitas air untuk air minum adalah model indeks kualitas air (*water quality index*). Indeks kualitas air merupakan suatu alat/metode yang dapat digunakan untuk mereduksi data-data parameter kualitas air dalam jumlah yang banyak dan menterjemahkannya menjadi satu nilai tunggal yang menyatakan kualitas air (Tomer, 2015). Nilai indeks kualitas air dapat dihitung berdasarkan hasil pengujian parameter terbatas sesuai dengan keberadaan peralatan yang dimiliki oleh tiap laboratorium.

Model indeks kualitas air untuk air minum telah banyak dikembangkan (Abbasi & Abbasi, 2012; Tomer, 2015; Gupta et al., 2017; Kachroud et al., 2019; Soumaila et al., 2019), salah satu diantaranya adalah model indeks kualitas air yang dikembangkan oleh Tiwari dan Mishra tahun 1985. Model tersebut telah digunakan dalam sejumlah penelitian di beberapa negara untuk menilai kualitas air tanah hingga menyusun pewilayahan kualitas air tanah, seperti Swarna Latha & Nageswara Rao (2010) di India, Sundara Kumar et al. (2015) di India, Harshan et al. (2016) di Sri Lanka, Priyanga et al. (2017) di India, dan Abdulhady et al. (2018) di Mesir. Di dalam hasil penelitian-penelitian tersebut, pada umumnya hanya diungkapkan sebaran spasial nilai indeks kualitas air tanah. Sejauh ini belum banyak peneliti yang mengintegrasikan pemetaan sebaran spasial indeks kualitas air tanah dengan pola aliran air tanah, yang dilakukan pada periode waktu/musim yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan dengan mengintegrasikan aspek kualitas air tanah dengan aspek aliran air tanah berdasarkan variasi waktu (musim). Tujuan dilakukannya

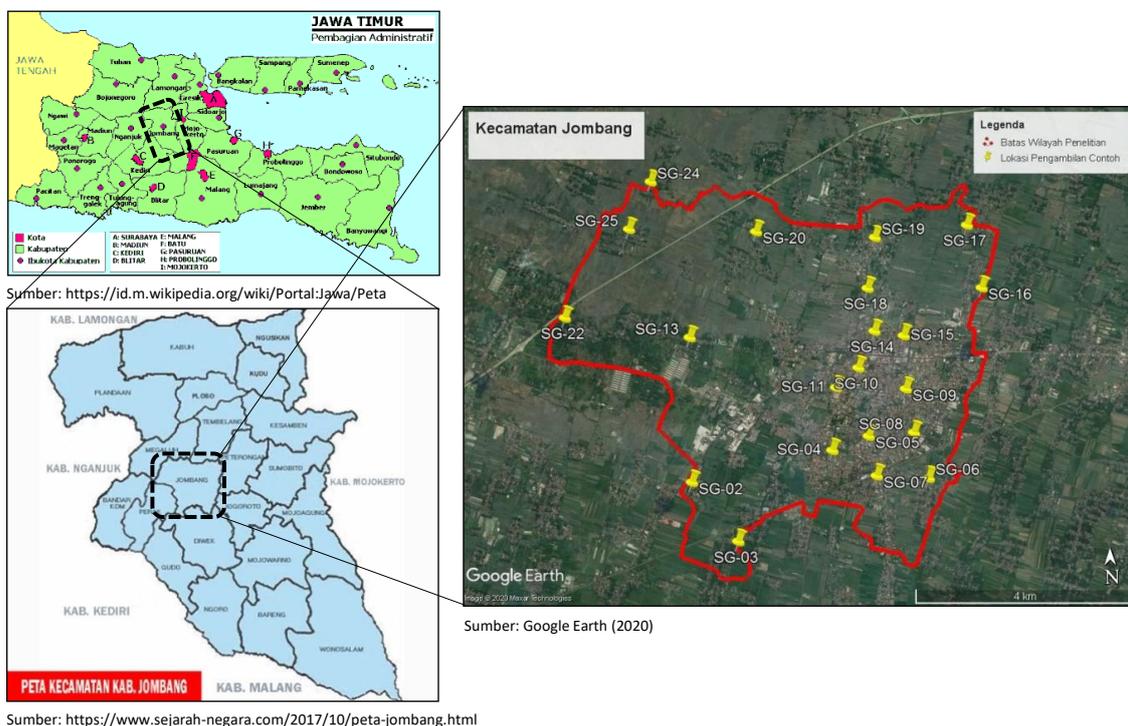
penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas air tanah dangkal dan kesesuaiannya sebagai sumber air baku untuk air minum dengan menggunakan model indeks kualitas air minum serta memetakan pola sebarannya di lokasi penelitian. Nilai indeks kualitas air tanah untuk air minum ditentukan berdasarkan hasil pengujian parameter secara terbatas terhadap contoh air tanah dari sumur gali milik penduduk. Dalam penelitian ini, dirancang sebuah model sebaran spasial kualitas air tanah dangkal berdasarkan variasi musim. Model ini diharapkan dapat digunakan sebagai indikator bagi penentu kebijakan maupun masyarakat untuk menilai

kelayakan kualitas air tanah dangkal untuk air minum pada suatu wilayah.

**METODE**

**Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian ini adalah di wilayah Kecamatan Jombang Kabupaten Jombang Provinsi Jawa Timur. Contoh penelitian ini adalah air tanah dangkal yang diambil dari 21 sumur gali milik penduduk yang tersebar di 20 desa/kelurahan yang ada di wilayah Kecamatan Jombang. Pengujian contoh air tanah dilakukan di UPT Laboratorium Kesehatan Daerah Dinas Kesehatan Kabupaten Jombang. Peta lokasi dan sebaran contoh penelitian ditunjukkan dalam Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Peta Lokasi dan Sebaran Contoh Penelitian

**Data, Alat, dan Bahan untuk Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000 dan koordinat posisi maupun elevasi muka air tanah. Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000 diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional meliputi Lembar 1508-334 (Jombang) dan Lembar 1508-343 (Mojoagung) digunakan sebagai peta dasar untuk penelitian. Koordinat posisi dan elevasi muka air tanah tiap contoh penelitian ditentukan

berdasarkan pengukuran secara langsung di lapangan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi GPS, meteran, tali yang dilengkapi pemberat, termometer model *Digital Thermometer TP 3001*, dan botol poli etilen. GPS digunakan untuk menentukan koordinat lokasi pengambilan contoh air tanah dan elevasi muka tanah. Meteran dan tali yang dilengkapi dengan pemberat untuk mengukur kedalaman muka air tanah pada tiap sumur gali. Termometer

model *Digital Thermometer TP 3001* untuk mengukur suhu air. Botol poli etilen volume 2 liter digunakan sebagai wadah tempat contoh air tanah.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh air tanah yang diambil dari sumur-sumur gali di lokasi penelitian. Jumlah contoh air tanah yang diteliti adalah sebanyak 21 contoh. Pengambilan contoh air tanah dilakukan 2 kali yaitu pada bulan Maret 2020 (mewakili kondisi musim hujan) dan bulan Agustus 2020 (mewakili kondisi musim kemarau).

### Prosedur Penelitian

Jenis penelitian ini berdasarkan tujuannya adalah penelitian pengembangan dengan rancangan penelitian korelasional. Penelitian ini mencakup substansi penentuan indeks kualitas air tanah untuk air minum dan penyusunan peta wilayahan sebaran kualitas air tanah untuk air minum. Koordinat lokasi dan elevasi muka tanah di tiap sumur gali ditentukan dengan menggunakan GPS. Kedalaman muka air tanah diukur dengan menggunakan tali yang dilengkapi pemberat, dimana setelah posisi tali mencapai muka air tanah selanjutnya tali tersebut diangkat dan panjangnya diukur dengan menggunakan meteran. Elevasi muka air tanah dihitung berdasarkan selisih nilai elevasi permukaan tanah dengan kedalaman muka air tanah (Siswoyo & Azhar, 2019).

Pengambilan contoh air tanah dilakukan dengan menggunakan wadah berupa botol yang terbuat dari bahan plastik poli etilen (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Parameter fisiko-kimia air tanah yang diamati meliputi: Nitrit (sebagai  $\text{NO}_2^-$ ), Nitrat (sebagai  $\text{NO}_3^-$ ), Fluorida (F), bau, total padatan terlarut (TDS), kekeruhan, rasa, suhu air, Besi (Fe), Kesadahan, Klorida (Cl), Mangan (Mn), pH, sisa Klor, dan  $\text{KMnO}_4$ . Parameter suhu air diukur secara langsung di lapangan dengan menggunakan alat termometer model *Digital Thermometer TP 3001*, sedangkan parameter-parameter lainnya dianalisis di laboratorium. Parameter-parameter seperti  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , F, Fe, dan Mn dianalisis dengan menggunakan Metode Spektrofotometri. Parameter TDS, kekeruhan, dan pH dianalisis dengan

menggunakan Metode Elektrometri. Parameter kesadahan dianalisis dengan menggunakan Metode Titrimetri. Parameter Klorida (Cl) dianalisis dengan menggunakan Metode Argentometri. Parameter sisa Klor dianalisis dengan menggunakan Metode Kalorimetri. Parameter  $\text{KMnO}_4$  dianalisis dengan menggunakan Metode Permanganometri.

Nilai indeks kualitas air (WQI) untuk air minum secara matematis dihitung berdasarkan tingkat kualitas air ( $q_i$ ) dan faktor pembobot ( $w_i$ ) berdasarkan persamaan-persamaan sebagai berikut (Abbasi & Abbasi, 2012):

Faktor pembobot ( $w_i$ ) dihitung berdasarkan persamaan :

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{V_{\text{standar}}}} \quad (1)$$

$$w_i = \frac{K}{V_{\text{standar}}} \quad (2)$$

Tingkat kualitas air ( $q_i$ ) dihitung berdasarkan persamaan :

$$q_i = \left( \frac{V_{\text{aktual}} - V_{\text{ideal}}}{V_{\text{standar}} - V_{\text{ideal}}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Nilai indeks kualitas air (WQI) dihitung berdasarkan persamaan :

$$\text{WQI} = \text{antilog} \left( \sum_{i=1}^n w_i \cdot \log_{10} q_i \right) \quad (4)$$

Kategori kualitas air tanah untuk air minum berdasarkan nilai indeks kualitas air (WQI) ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai WQI dan kategori kualitas air

WQI	Kategori
< 25	Sangat baik
26 – 50	Baik
51 – 75	Buruk
76 – 100	Sangat buruk
> 100	Tidak dapat digunakan untuk air minum

Sumber: Abdulhady et al. (2018), Tomer (2015)

Pemetaan sebaran spasial nilai indeks kualitas air tanah untuk air minum dan pola aliran air tanah di lokasi penelitian dilakukan dengan cara menginterpolasi data koordinat lokasi titik contoh yang dipetakan (elevasi muka air tanah dan WQI) untuk tiap titik contoh yang tidak beraturan ke dalam grid dengan jarak teratur. Pembuatan grid dilakukan dengan menggunakan Metode Kriging yaitu metode geostatistik untuk pembuatan grid guna menghasilkan peta yang menarik secara visual berdasarkan data yang tidak teratur (Golden Software,

2002; Siswoyo, 2018; Siswoyo & Azhar, 2019).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Karakteristik Fisiko-Kimia Contoh Air Tanah

Pengambilan contoh air tanah dilakukan pada 21 sumur gali milik penduduk yang merepresentasikan kondisi air tanah dangkal yang tersebar di seluruh wilayah Kecamatan Jombang Kabupaten Jombang. Pada saat dilakukannya

pengambilan contoh air, juga dilakukan pengukuran elevasi muka air tanah pada tiap-tiap sumur gali tersebut. Pengambilan contoh air tanah dilakukan sebanyak 2 kali yaitu pada bulan Maret 2020 untuk mewakili kondisi musim hujan (Oktober–April) dan pada bulan Agustus untuk mewakili kondisi musim kemarau (April–Oktober). Deskripsi lokasi pengambilan contoh beserta elevasi muka air tanah tiap sumur gali yang mewakili kedua kondisi musim tersebut ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Deskripsi Lokasi Pengambilan Contoh Air Tanah

No.	Kode Sumur	Desa/Kelurahan	Koordinat GPS		Elevasi m.a.t (m dpl)	
			LS	BT	Hujan	Kemarau
1	SG-02	Tunggorono	7°33'36,3"	112°12'15,2"	+ 47,34	+ 46,77
2	SG-03	Jabon	7°34'14,5"	112°12'39,8"	+ 48,95	+ 47,55
3	SG-04	Sengon	7°33'18,4"	112°13'38,3"	+ 42,95	+ 42,47
4	SG-05	Jombatan	7°33'15,3"	112°13'57,8"	+ 44,26	+ 43,72
5	SG-06	Plandi	7°33'35,6"	112°14'34,8"	+ 43,38	+ 41,50
6	SG-07	Kaliwungu	7°33'33,6"	112°14'00,8"	+ 46,65	+ 46,14
7	SG-08	Jelakombo	7°33'08,6"	112°14'27,6"	+ 43,87	+ 42,94
8	SG-09	Kepanjen	7°32'37,9"	112°14'23,1"	+ 42,03	+ 41,12
9	SG-10	Kepatihan	7°32'24,0"	112°13'52,0"	+ 41,45	+ 40,63
10	SG-11	Pulo Lor	7°32'41,8"	112°13'39,2"	+ 38,67	+ 38,35
11	SG-13	Denanyar	7°32'12,3"	112°12'14,1"	+ 45,95	+ 41,26
12	SG-14	Jombang	7°32'05,8"	112°14'01,5"	+ 39,10	+ 38,66
13	SG-15	Candi Mulyo	7°32'06,4"	112°14'27,9"	+ 38,76	+ 38,09
14	SG-16	Mojongapit	7°31'43,5"	112°15'07,7"	+ 37,30	+ 36,71
15	SG-17	Dapur Kejambon	7°30'50,0"	112°15'03,3"	+ 34,17	+ 33,27
16	SG-18	Sambong Dukuh	7°31'47,8"	112°13'53,8"	+ 38,18	+ 37,77
17	SG-19	Tambakrejo	7°31'11,5"	112°14'05,0"	+ 38,32	+ 37,99
18	SG-20	Plosogeneng	7°31'03,8"	112°12'55,7"	+ 37,03	+ 36,32
19	SG-22	Banjardowo	7°31'57,8"	112°10'58,0"	+ 41,51	+ 40,70
20	SG-24	Banjardowo	7°30'33,8"	112°11'46,5"	+ 33,91	+ 33,84
21	SG-25	Sumberjo	7°31'08,7"	112°11'32,3"	+ 33,95	+ 33,69

Keterangan : m.a.t. = muka air tanah

Secara umum, sesuai dengan kondisi musimnya, elevasi muka air tanah pada saat musim hujan lebih tinggi (muka air sumur lebih dangkal) daripada saat musim kemarau (muka air sumur lebih dalam). Elevasi muka air tanah yang telah diukur akan digunakan untuk menduga dan memetakan pola aliran air tanah di lokasi penelitian.

Parameter-parameter terukur yang diamati dalam contoh penelitian meliputi parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan yang merupakan parameter kimia an-organik dan parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan, baik parameter fisik maupun parameter kimiawi. Pengamatan dilakukan

secara terbatas terhadap parameter tertentu sesuai dengan keberadaan peralatan laboratorium yang digunakan untuk menguji contoh air yaitu UPT Laboratorium Kesehatan Daerah milik Dinas Kesehatan Kabupaten Jombang. Kandungan parameter kimia an-organik yang berhubungan langsung dengan kesehatan yang terdapat dalam seluruh contoh air tanah yang diuji berada di bawah kadar maksimum yang diizinkan berada dalam air yang dapat digunakan untuk air minum. Kandungan parameter Nitrit (sebagai  $\text{NO}_2^-$ ) < 3 mg/liter, kandungan parameter Nitrat (sebagai  $\text{NO}_3^-$ ) < 50 mg/liter, dan kandungan parameter

Fluorida (F) dalam contoh air tanah < 1,5 mg/liter (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.: 492/MENKES/PER/IV/2010). Kondisi tersebut terjadi pada contoh air yang diambil pada musim hujan maupun musim kemarau.

Parameter-parameter fisik yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan seperti bau, kekeruhan, dan rasa untuk seluruh contoh air tanah baik yang diambil dan dianalisis pada saat musim hujan maupun musim kemarau memenuhi kriteria persyaratan sebagai air minum. Seluruh contoh air tidak berbau dan tidak berasa, dengan tingkat kekeruhan < 5 NTU. Suhu air tanah dari sumur gali yang diukur secara langsung di lokasi penelitian pada saat musim hujan berkisar antara 27,1°C–28,8°C, sedangkan pada saat musim kemarau suhu air tanah berkisar antara 26,1°C–29,5°C. Suhu udara di wilayah Kabupaten Jombang pada bulan Maret 2020 berkisar antara 25°C–35°C, sedangkan pada bulan Agustus 2020 suhu udara berkisar antara 23°C–35°C (www.accuweather.com, 2020). Atas dasar nilai suhu terukur terhadap air tanah di lokasi penelitian dan rentang nilai minimum–maksimum suhu udara di Kabupaten Jombang dapat dinyatakan bahwa suhu air tanah di lokasi penelitian berada dalam rentang nilai suhu udara di Kabupaten Jombang. Apabila diambil nilai tengah dari suhu udara minimum dan maksimum, didapatkan nilai suhu udara pada bulan Maret 2020 sebesar 30°C dan nilai suhu udara pada bulan Agustus 2020 sebesar 29°C. Dengan demikian suhu air tanah dari seluruh sumur gali di lokasi penelitian memenuhi ketentuan suhu udara  $\pm 3^\circ\text{C}$  (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.: 492/MENKES/PER/IV/2010)

Nilai parameter TDS dalam contoh air tanah pada saat musim hujan seluruhnya berada di bawah kadar maksimum yang diizinkan sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.: 492/Menkes/Per/IV/2010 yaitu sebesar 500 mg/liter. Pada saat musim kemarau, terjadi peningkatan kandungan TDS dalam contoh air dimana

nilai tertinggi TDS contoh air di musim hujan 352 mg/liter meningkat menjadi 1.219 mg/liter di musim kemarau dan nilai terendah TDS contoh air di musim hujan 72 mg/liter meningkat menjadi 195 mg/liter di musim kemarau. Peningkatan nilai TDS dari musim hujan ke musim kemarau hingga melebihi nilai yang dipersyaratkan tidak terjadi pada seluruh contoh air tanah di lokasi penelitian, melainkan pada beberapa contoh saja. Contoh air tanah yang mengalami peningkatan kandungan TDS dari musim hujan ke musim kemarau hingga melebihi kadar maksimum yang diizinkan adalah contoh yang berasal dari sumur gali SG–14 (736 mg/liter), SG–18 (568 mg/liter), SG–19 (577 mg/liter), SG–22 (1.219 mg/liter), SG–24 (749 mg/liter), dan SG–25 (702 mg/liter). Tingginya nilai TDS dalam air tanah hingga melebihi kadar maksimum yang diizinkan pada 6 sumur gali tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti rembesan air permukaan dari saluran terbuka, kedekatannya dengan kawasan industri, limbah (rumah tangga maupun industri), limpasan permukaan, maupun pelapukan alami batuan sedimen (Ameen, 2019; Swarna Latha & Nageswara Rao, 2010). Tingginya kadar TDS tersebut juga dapat disebabkan oleh tingginya kadar Klorida (Cl) dan zat organik dalam air (Munfiah et al., 2013). Untuk menurunkan kadar TDS dalam air dapat dilakukan melalui sejumlah upaya seperti *reverse osmosis (RO)*, distilasi, ataupun *deionization* (Rianto, 2019).

Parameter-parameter kimia yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan seperti kesadahan dan Klorida (Cl) untuk seluruh contoh air tanah baik yang diambil dan dianalisis pada saat musim hujan maupun musim kemarau memenuhi kriteria persyaratan sebagai air minum. Tingkat kesadahan air seluruh contoh penelitian tidak ada yang melebihi 500 mg/liter, sedangkan kandungan Kloridanya di bawah 250 mg/liter. Kandungan Besi (Fe) dalam contoh air tanah secara umum berada di bawah kadar maksimum yang diizinkan (0,3 mg/liter) kecuali dalam contoh yang diambil dari sumur gali SG–05 dan SG–06 saat musim

hujan, serta sumur gali SG-10 saat musim kemarau. Kandungan Mangan (Mn) dalam contoh air tanah yang melebihi nilai yang diizinkan (0,4 mg/liter) pada saat musim hujan terdapat pada contoh yang diambil dari sumur gali SG-06, SG-07, SG-13, SG-16, dan SG-17 sedangkan pada saat musim kemarau terdapat pada contoh yang diambil dari sumur gali SG-07, SG-10, SG-14, SG-15, SG-19, SG-24, dan SG-25.

Nilai pH air tanah yang berada di luar rentang nilai pH air yang diizinkan untuk air minum (6,5 – 8,5), untuk contoh air tanah yang diambil dan dianalisis saat musim hujan ditemukan pada 6 lokasi sumur gali (SG-09, SG-11, SG-16, SG-17, dan SG-20) sedangkan untuk contoh air tanah yang diambil dan dianalisis saat musim kemarau hanya ditemukan pada satu lokasi yaitu SG-13. Kandungan  $KMnO_4$  dalam contoh air tanah yang diteliti secara umum berada di bawah kadar maksimum yang diizinkan untuk air minum (10 mg/liter) kecuali yang diamati pada contoh SG-22 saat musim hujan (10,10 mg/liter) dan contoh SG-14 saat musim kemarau (10,60 mg/liter).

### Indeks Kualitas Air Tanah untuk Air Minum

Nilai indeks kualitas air tanah untuk air minum dihitung berdasarkan 11 parameter terukur yaitu Nitrit ( $NO_2^-$ ), Nitrat ( $NO_3^-$ ), Fluorida (F), TDS, Kekeruhan, Besi (Fe), Kesadahan, Klorida (Cl), Mangan (Mn), pH, dan  $KMnO_4$ . Pemilihan 11 parameter dari 15 parameter yang diamati dilakukan atas dasar bahwa kesebelas parameter tersebut memiliki nilai batas secara numerik yang terukur. Sementara itu, parameter-parameter seperti bau, rasa, suhu, dan sisa Klor tidak memiliki batasan secara numerik berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.: 492/Menkes/Per/IV/2010 sehingga tidak dapat digunakan dalam pemodelan karena tidak dapat ditentukan nilai standarnya ( $v_s$ ) dalam pemodelan. Untuk

parameter-parameter yang berdasarkan pengujian laboratorium memiliki nilai di bawah limit deteksi peralatan di laboratorium, dalam pemodelan diberikan nilai limit parameter tersebut yang dapat terbaca oleh peralatan di laboratorium. Nilai standar tiap parameter yang digunakan dalam pemodelan adalah sebagai berikut:  $v_{s-Nitrit} = 3$  mg/l,  $v_{s-Nitrat} = 50$  mg/l,  $v_{s-Fluorida} = 1,5$  mg/l,  $v_{s-TDS} = 500$  mg/l,  $v_{s-Kekeruhan} = 5$  NTU,  $v_{s-Besi} = 0,3$  mg/l,  $v_{s-Kesadahan} = 500$  mg/l,  $v_{s-Klorida} = 250$  mg/l,  $v_{s-Mangan} = 0,4$  mg/l,  $v_{s-pH} = 8,5$ , dan  $v_{s-KMnO_4} = 10$  mg/l. Faktor pembobot tiap parameter yang dihitung berdasarkan persamaan (1) dan (2), adalah sebagai berikut:  $w_{Nitrit} = 0,0458$ ,  $w_{Nitrat} = 0,0027$ ,  $w_{Fluorida} = 0,0916$ ,  $w_{TDS} = 0,0003$ ,  $w_{Kekeruhan} = 0,0275$ ,  $w_{Besi} = 0,4579$ ,  $w_{Kesadahan} = 0,0003$ ,  $w_{Klorida} = 0,0005$ ,  $w_{Mangan} = 0,3435$ ,  $w_{pH} = 0,0162$ , dan  $w_{KMnO_4} = 0,0137$ . Nilai indeks kualitas air tanah untuk air minum (nilai WQI) di lokasi penelitian ditunjukkan dalam Tabel 3.

Berdasarkan analisis terhadap 21 contoh air tanah yang diambil dari sumur gali di 20 desa/kelurahan di Kecamatan Jombang pada saat musim hujan, terdapat 11 contoh dengan kualitas air sangat baik untuk air minum (nilai WQI < 25), 6 contoh dengan kualitas air baik (nilai WQI berkisar 26–50), 2 contoh dengan kualitas buruk (nilai WQI berkisar 51–75), dan 2 contoh dengan kualitas tidak dapat digunakan untuk air minum (nilai WQI > 100). Nilai indeks kualitas air tanah untuk air minum di lokasi penelitian pada saat musim hujan berkisar antara 7,45–129,14. Pada saat musim kemarau, terdapat 9 contoh dengan kualitas air sangat baik untuk air minum, 9 contoh dengan kualitas air baik, 2 contoh dengan kualitas buruk, dan 1 contoh dengan kualitas tidak dapat digunakan untuk air minum. Nilai indeks kualitas air tanah untuk air minum pada saat musim kemarau berkisar antara 6,83–102,24.

Tabel 3. Nilai indeks kualitas air (WQI) untuk air minum

No.	Kode Sumur	Musim Hujan		Musim Kemarau	
		WQI	Kategori	WQI	Kategori
1	SG-02	10,09	Sangat Baik	31,55	Baik

2	SG-03	7,45	Sangat Baik	13,86	Sangat Baik
3	SG-04	35,91	Baik	28,20	Baik
4	SG-05	110,33	Tidak dapat digunakan	42,48	Baik
5	SG-06	129,15	Tidak dapat digunakan	36,19	Baik
6	SG-07	44,98	Baik	36,54	Baik
7	SG-08	29,05	Baik	21,57	Sangat Baik
8	SG-09	10,28	Sangat Baik	12,25	Sangat Baik
9	SG-10	9,37	Sangat Baik	102,24	Tidak dapat digunakan
10	SG-11	8,35	Sangat Baik	29,61	Baik
11	SG-13	51,50	Buruk	6,92	Sangat Baik
12	SG-14	13,23	Sangat Baik	49,81	Baik
13	SG-15	13,76	Sangat Baik	53,38	Buruk
14	SG-16	39,40	Baik	13,22	Sangat Baik
15	SG-17	50,16	Buruk	21,18	Sangat Baik
16	SG-18	11,59	Sangat Baik	16,95	Sangat Baik
17	SG-19	26,36	Baik	29,10	Baik
18	SG-20	15,87	Sangat Baik	6,83	Sangat Baik
19	SG-22	10,77	Sangat Baik	7,63	Sangat Baik
20	SG-24	11,59	Sangat Baik	37,70	Baik
21	SG-25	26,36	Baik	62,76	Buruk

Air tanah dengan kategori kualitas air buruk maupun tidak dapat digunakan untuk air minum ditemukan pada contoh-contoh air tanah yang memiliki kandungan Besi (Fe) dan/atau Mangan (Mn) di atas kadar maksimum yang diizinkan. Kedua parameter tersebut memiliki faktor pembobot yang lebih besar dibandingkan parameter-parameter lainnya yang digunakan dalam pemodelan, dimana faktor pembobot untuk parameter Besi ( $w_{\text{Besi}} = 0,4579$ ) dan faktor pembobot untuk parameter Mangan ( $w_{\text{Mangan}} = 0,3435$ ). Parameter-parameter lainnya memiliki faktor pembobot yang relatif lebih kecil dibandingkan faktor pembobot kedua parameter tersebut, sehingga meskipun ada contoh air tanah yang mengandung parameter lain di atas nilai kandungan yang diizinkan, dalam perhitungan kumulatif contoh tersebut masih berada dalam kategori kualitas air yang baik.

Hasil penelitian ini identik dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sundara Kumar et al. (2015). Dalam penelitian tersebut, ditemukan nilai WQI > 100 (kategori kualitas air tidak dapat digunakan untuk air minum) dimiliki oleh contoh air tanah dengan kandungan Besi (Fe) di atas kadar maksimum yang diizinkan. Faktor pembobot untuk parameter Besi (Fe) yang dihitung dalam penelitian tersebut sebesar 0,7576844 dan merupakan parameter dengan bobot

terbesar yang digunakan dalam pemodelan.

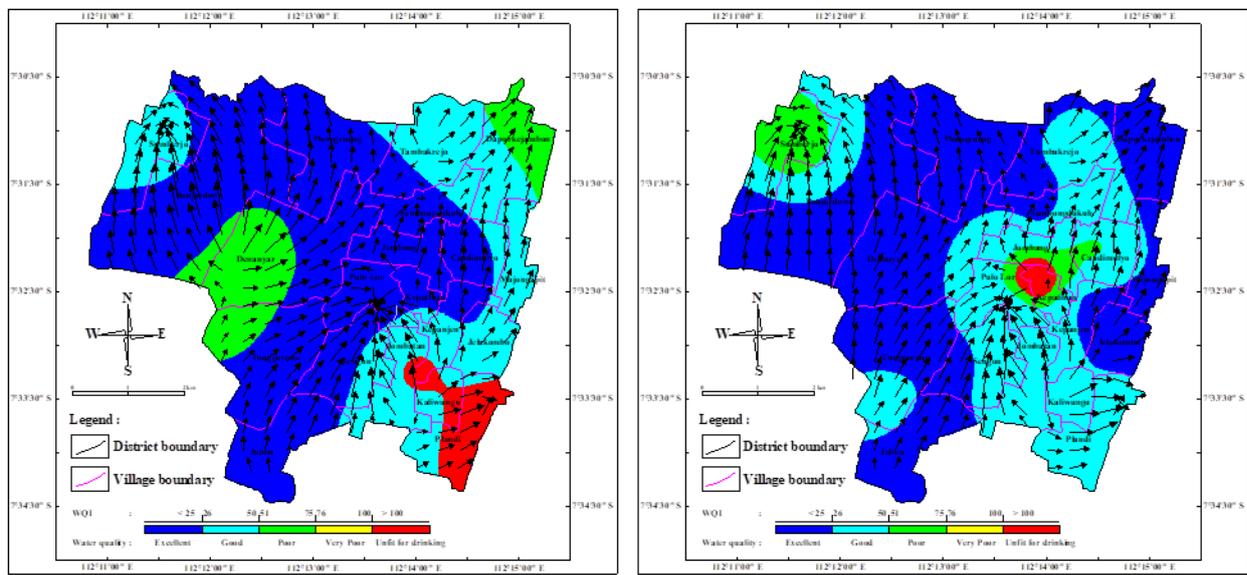
Tingginya kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam air merupakan kendala yang seringkali dihadapi dalam penggunaan air tanah yang berasal dari sumur gali dengan kedalaman  $\leq 15$  m. Kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) yang melebihi standar baku mutu umumnya berasal dari air permukaan, terutama influen dari air sungai yang sudah tercemar oleh logam berat dan masuk ke dalam air tanah (Nuryana et al., 2019). Faktor penyebab lainnya, adalah adanya kontak langsung antara air tanah tersebut dengan lapisan tanah yang mengandung Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Konsentrasi kedua zat tersebut dalam air tanah dapat menimbulkan rasa atau bau logam pada air tersebut. Semakin dalam keberadaan air tanah, semakin rendah kadar logam yang dimilikinya. Hal tersebut dimungkinkan karena adanya lapisan-lapisan batuan dan pasir (partikel-partikel halus) yang menghalangi teradsorpsinya kadar logam ke dalam lapisan tanah yang paling dalam, yang menjadikan proses filtrasi terhadap Besi (Fe) dan Mangan (Mn) berjalan secara alamiah, sehingga kandungan Fe dan Mn pada air tanah yang lebih dekat dengan permukaan tanah lebih besar jika dibandingkan dengan air tanah pada lapisan yang lebih dalam (Febrina & Ayuna, 2015).

Air yang mengandung bahan kimia seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), dan Kadmium (Cd) dapat memberikan dampak dalam bentuk kronis maupun akut. Zat-zat tersebut dalam jangka waktu pendek dapat mengakibatkan gangguan pada sistem pernapasan seperti lemas, batuk, sesak napas, *bronchopneumonia*, *edema* paru, *cyanosis*, serta *methemoglobinemia* (Sunarsih et al., 2018). Upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar Besi (Fe) dalam air, antara lain: penggunaan saringan keramik (Febrina & Ayuna, 2015), penggunaan adsorben serbuk gergaji kayu kamper (Mandasari & Purnomo, 2016), penerapan sistem aerasi dan filtrasi (Rasman & Saleh, 2016), penggunaan membran keramik (Sari & Purwoto, 2018), dan penggunaan cangkang kopi sebagai

adsorben (Adeko, 2018). Untuk menurunkan kandungan Mangan (Mn) dalam air dapat dilakukan melalui upaya penggunaan saringan keramik (Febrina & Ayuna, 2015), penggunaan membran keramik (Sari & Purwoto, 2018), dan penggunaan adsorben serbuk gergaji kayu kamper (Mandasari & Purnomo, 2016).

**Sebaran Spasial Kualitas Air Tanah untuk Air Minum**

Model sebaran spasial kualitas air tanah untuk air minum (nilai WQI dan pola aliran air tanah) yang merepresentasikan kesesuaian air tersebut untuk digunakan sebagai air minum di lokasi penelitian baik pada saat musim hujan maupun musim kemarau ditunjukkan dalam Gambar 2.



(A) Musim Hujan (Maret 2020) (B) Musim Kemarau (Agustus 2020)  
 Gambar 2. Sebaran spasial kualitas air tanah untuk air minum di lokasi penelitian

Berdasarkan hasil pemetaan sebaran spasial indeks kualitas air pada kedua gambar tersebut, dapat ditunjukkan bahwa secara umum kualitas air tanah dangkal di lokasi penelitian pada saat musim kemarau lebih baik dibandingkan pada saat musim hujan. Hal ini terkait dengan tidak adanya proses infiltrasi air hujan yang membawa polutan yang dapat mencemari air tanah. Kualitas air tanah pada saat musim kemarau lebih baik dibandingkan pada saat musim hujan yang ditunjukkan dalam penelitian ini identik dengan hasil penelitian Harshan et al. (2016) dimana kualitas air tanah pada saat

bulan-bulan kering lebih baik dibandingkan selama musim hujan.

Pola aliran air tanah yang digambarkan berdasarkan elevasi muka air tanah, pada saat musim hujan identik dengan pada saat musim kemarau. Elevasi muka air tanah yang lebih tinggi berada di bagian Selatan lokasi penelitian, semakin ke arah Utara elevasi muka air tanah semakin rendah. Arah aliran air tanah dangkal identik dengan elevasi muka air tanah. Secara umum pola aliran air tanah di lokasi penelitian mengalir dari bagian Selatan ke bagian Utara lokasi penelitian.

Berdasarkan pemetaan nilai indeks kualitas air tanah yang dilakukan terhadap contoh air yang diambil dan dianalisis pada saat musim hujan dapat dinyatakan bahwa wilayah dengan kualitas air tanah sangat baik mencakup luas 20,33 km<sup>2</sup>, wilayah dengan kualitas air tanah baik mencakup luas 10,88 km<sup>2</sup>, wilayah dengan kualitas air tanah buruk mencakup luas 3,69 km<sup>2</sup>, dan wilayah dengan kualitas air tanah tidak dapat digunakan untuk air minum mencakup luas 1,50 km<sup>2</sup>. Sementara itu, pada saat musim kemarau, wilayah dengan kualitas air tanah sangat baik mencakup luas 18,38 km<sup>2</sup>, wilayah dengan kualitas air tanah baik mencakup luas 14,98 km<sup>2</sup>, wilayah dengan kualitas air tanah buruk mencakup luas 2,68 km<sup>2</sup>, dan wilayah dengan kualitas air tanah tidak dapat digunakan untuk air minum mencakup luas 0,36 km<sup>2</sup>. Luas wilayah Kecamatan Jombang secara keseluruhan adalah 36,40 km<sup>2</sup>. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa pada saat musim hujan 85,74% dari wilayah Kecamatan Jombang memiliki potensi air tanah dengan kualitas baik hingga sangat baik, sedangkan pada saat musim kemarau 91,65% dari wilayah tersebut memiliki kualitas air tanah baik hingga sangat baik untuk air minum.

## SIMPULAN

Sebaran spasial kualitas air tanah untuk air minum di lokasi penelitian baik pada saat musim hujan maupun musim kemarau didominasi daerah dengan kualitas air tanah dalam kategori baik dan sangat baik. Model sebaran spasial kualitas air tanah dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai kelayakan kualitas air tanah untuk air minum di lokasi penelitian. Bagi masyarakat yang mengkonsumsi air tanah dengan kategori kualitas baik dan sangat baik hendaknya tetap dimasak terlebih dahulu, sedangkan untuk kualitas air di luar kedua kategori tersebut hendaknya perlu dilakukan pengolahan lanjutan agar dapat memenuhi kriteria air yang dapat digunakan untuk air minum sesuai dengan peraturan yang berlaku. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan solusi atas permasalahan kualitas air di beberapa lokasi pengambilan contoh yang tidak memenuhi standar yang berlaku.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada : (1) Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah membiayai kegiatan penelitian ini melalui Sumber Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak berdasarkan Surat Perjanjian Pelaksanaan Kegiatan Penelitian Nomor : 34/UN10.F07/PN/2020 tanggal 13 April 2020, (2) Kepala UPT Laboratorium Kesehatan Daerah, Dinas Kesehatan Kabupaten Jombang atas diperkenankannya tim peneliti untuk melakukan pengujian contoh penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, T. & Abbasi, S. A. (2012). *Water Quality Indices*. Amsterdam: Elsevier.
- Abdulhady, Y., Zaghlool, E., & Gedamy, Y. (2018). Assesment of the Groundwater Quality of the Quaternary Aquifer in Reclaimed areas at the Northwestern El-Minya Governorate – Egypt, using the Water Quality Index. *International Journal of Recent Scientific Research*, 9(1), 23033–23047. <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2018.0901.1385>
- Adeko, R. (2018). Pengaruh Cangkang Kopi sebagai Adsorben dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) pada Air Sumur Gali. *Journal of Nursing and Public Health*, 6(2), 85–88. <https://doi.org/10.37676/jnph.v6i2.641>
- Ameen, H. A. (2019). Spring water quality assessment using water quality index in villages of Barwari Bala, Duhok, Kurdistan Region, Iraq. *Applied Water Science* (2019), 9, 176. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1080-z>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang. (2019)<sup>a</sup>. *Kabupaten Jombang Dalam Angka 2019*. Jombang: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang. (2019)<sup>b</sup>. *Kecamatan Jombang Dalam Angka 2019*. Jombang: Badan Pusat Statistik Kabupaten Jombang.

- Badan Standardisasi Nasional. (2008). Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.58:2008 tentang Air dan Air Limbah - Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Febrina, L. & Ayuna, A. (2015). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 35–44. <https://doi.org/10.24853/jurtek.7.1.35-44>
- Golden Software. (2002). *Surfer–user’s guide, contouring and 3D surface mapping for scientists and engineers*. Colorado.
- Gupta, N., Pandey, P., & Hussain, J. (2017). Effect of physicochemical and biological parameters on the quality of river water of Narmada, Madhya Pradesh, India. *Water Science*, 31 (2017), 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.wsj.2017.03.002>
- Harshan, S., Thushyanthy, M., Gunatilake, J., Srivaratharasan, T., & Gunaalan, K. (2016). Assessment of water quality index of groundwater quality in Chunnakam and Jaffna Town, Sri Lanka. *Ving. Journal of Science*, 13 (1&2), 84–91. <https://doi.org/10.4038/vingnanam.v13i1-2.4126>
- <https://www.accuweather.com/id/id/jombang/203302/march-weather/203302?year=2020>
- <https://www.accuweather.com/id/id/jombang/203302/august-weather/203302?year=2020>
- Kachroud, M., Trolard, F., Kefi, M., Jebari, S., & Bourrié, G. (2019). Water Quality Indices: Challenges and Application Limits in the Literature. *Water* 2019, 11, 361. <https://doi.org/10.3390/w11020361>
- Mandasari, I. & Purnomo, A. (2016). Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), F11–F16. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i1.15113>
- Munfiah, S., Nurjazuli, & Setiani, O. (2013). Kualitas Fisik dan Kimia Air Sumur Gali dan Sumur Bor di Wilayah Kerja Puskesmas Guntur II Kabupaten Demak. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 12(2), 154–159. <https://doi.org/10.14710/jkli.12.2.154-159>
- Nuryana, S. D., Hidartan, Yuda N, H. F., & Cahyaningratri, P. R. (2019). Penyaringan Unsur-unsur Logam (Fe, Mn) Air Tanah Dangkal di Kelurahan Jembatan Lima, Tambora Jakarta Barat. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 1(3), 48–54. <https://doi.org/10.25105/jamin.v1i3.6044>
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.: 492/MENKES/PER/IV/2010, tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta: 2010.
- Priyanga, M., Srishadurya, P., & Anuradha, R. (2017). Analysis of Ground Water Quality in Ramanathapuram Municipality. *International Journal of ChemTech Research*, 10(8), 573–579. [http://www.sphinxnsai.com/A\(573-579\)V10N8CT](http://www.sphinxnsai.com/A(573-579)V10N8CT)
- Rasman & Saleh, M. (2016). Penurunan Kadar Besi (Fe) dengan Sistem Aerasi dan Filtrasi pada Air Sumur Gali (Eksperimen). *Higiene*, 2(3), 159–167. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/1826>
- Rianto, A. (2019). *Cara Menurunkan Kadar TDS Tinggi pada Air*. <https://www.isw.co.id/post/2019/10/16/cara-menurunkan-kadar-tds-tinggi-pada-air> (diakses 8 November 2020).
- Sari, M. & Purwoto, S. (2018). Penurunan Kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur Menggunakan Membran Keramik. *Wahana*, 70(1), 7–16. <https://doi.org/10.36456/wahana.v70i1.1562>

- Siswoyo, H. (2018). Identifikasi Tingkat Kerentanan Akuifer terhadap Pencemaran di Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang dengan Menggunakan Metode GOD. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 1(2), 1–6. <https://doi.org/10.24246/juses.v1i2p1-6>
- Siswoyo, H. & Azhar, R. F. (2019). Estimation of intrinsic vulnerability of shallow groundwater in Jombang District, Jombang Regency, East Java, Indonesia based on Aquifer Vulnerability Index. *Journal of Physics: Conf. Series 1307 (2019) 012008*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1307/1/012008>
- Soumaila, K. I., Niandou, A. S., Naimi, M., Mohamed, C., Schimmel, K., Luster-Teasley, S., & Sheick, N. N. (2019). A Systematic Review and Meta-Analysis of Water Quality Indices. *Journal of Agricultural Science and Technology, B* 9 (2019), 1–14. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2019.01.001>
- Sunarsih, E., Faisya, A. F., Windusari, Y., Trisnaini, I., Arista, D., Septiawati, D., Ardila, Y., Purba, I. G., & Garmini, R. (2018). Analisis Paparan Kadmium, Besi, dan Mangan pada Air terhadap Gangguan Kulit pada Masyarakat Desa Ibul Besar Kecamatan Indralaya Selatan Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 17(2), 68–73. <https://doi.org/10.14710/jkli.17.2.68-73>
- Sundara Kumar, K., Satish Kumar, Ch., Hari Prasad, K., & Rajesh, B. (2015). Assessment of Ground Water Quality using Water Quality Index. *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering*, 2(3), 103–108. <https://www.ijirae.com/volumes/Vol2/iss3/19.MRCE10085.pdf>
- Swarna Latha, P. & Nageswara Rao, K. (2010). Assessment and Spatial Distribution of Quality of Groundwater in Zone-II and III, Greater Visakhapatnam, India Using Water Quality Index (WQI) and GIS. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(2), 198–212. <http://www.ipublishing.co.in/jesvol1no12010/EIJES1019.pdf>
- Tomer, T. (2015). Water quality indices used for groundwater quality assessment. *International Journal of Research in Environmental Science and Technology*, 5(3), 76–80.