

Analisis Tingkat Pencemaran Airtanah Akibat Limbah *Vinasse* berdasarkan Metode Indeks Pencemaran di Padukuhan Mrisi, Kalurahan Tirtonirmolo, Kapanewon Kasihan Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Evi Erinda¹⁾, Ika Wahyuning Widiarti²⁾, Nandra Eko Nugroho³⁾, Muammar Goemaruzzaman⁴⁾, and Aditya Pandu Wicaksono⁵⁾

^{1,2,3,4,5)}Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta/ Jurusan Teknik Lingkungan

^{a)}Corresponding author: ika.widiarti@upnyk.ac.id

^{b)}evierinda159@gmail.com

ABSTRAK

Limbah yang dihasilkan dari produksi alkohol disebut limbah cair *vinasse*. Karakteristik limbah *vinasse* memiliki suhu yang tinggi (80°C), memiliki pH asam (2-4,5), berwarna kehitaman, bau menyengat, dan bersifat korosif. Dalam memproduksi 1 L Alkohol menghasilkan 15 L limbah cair *vinasse*. Sebagian limbah ini diolah sebagai pupuk cair, namun sebagian lagi masih belum terkelola dan dibuang ke lingkungan dan berakhir di Anak Kali Bedog. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat pencemaran airtanah dengan Metode Indeks Pencemaran. Metode pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Purposive Sampling* berdasarkan pertimbangan jarak sumur dengan irigasi *vinasse* serta arah aliran airtanah. Sampel diambil dari 10 titik air sumur dan 1 titik air dari outlet irigasi *vinasse*. Metode analisis laboratorium dilakukan untuk mengetahui kualitas airtanah terhadap parameter pH, TDS, BOD, COD, dan Sulfida. Hasil analisis status mutu airtanah dengan Metode Indeks pencemaran, daerah penelitian memiliki 2 kelas pencemaran, yakni tercemar ringan dengan nilai IP 2,7332-3,3640 dan tercemar sedang dengan nilai IP 5,1088-5,7014.

Kata Kunci: *Vinasse*; *Purposive Sampling*; Status Mutu Air; Indeks Pencemaran; Pencemaran Airtanah

ABSTRACT

Waste resulting from alcohol production is called liquid vinasse. Characteristic of vinasse has a high temperature (80°C), has an acidic pH (2-4.5), blackish color, strong odor, and is corrosive. In producing 1 L of alcohol produces 15 L of liquid vinasse. Some of this waste is processed as liquid fertilizer, but the other part is still not managed and is thrown into the environment and ends up in Anak Kali Bedog. The aim of this research is to analyze the level of groundwater pollution using the Pollution Index Method for the parameters pH, TDS, BOD, COD and Sulfide. The sampling method used in this research is Purposive Sampling based on consideration of the distance of the well to irrigation of vinasse and the direction of groundwater flow. Laboratory analysis methods are carried out to determine the quality of groundwater regarding the parameters pH, TDS, BOD, COD and Sulfide. Samples were taken from 10 well water points and 1 water point from an irrigation outlet vinasse. The results of groundwater quality status analysis using the pollution index method show that the research area has 2 pollution classes, namely lightly polluted with an IP value of 2.7332-3.3640 and moderately polluted with an IP value of 5.1088-5.7014.

Keywords: *Vinasse*; *Purposive Sampling*; *Water Quality Status*; *Pollution Indeks*; *Soil Water Pollution*

PENDAHULUAN

Alkohol merupakan larutan jernih yang bersifat volatil dan pelarut yang baik (Mursyidi, 2002). Seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi, alkohol digunakan sebagai bahan campuran dalam bidang medis, makanan, minuman, dan produk kosmetik (Zuhri dan Dona, 2021). Meningkatnya pertumbuhan penduduk dan permintaan kebutuhan alkohol akan berdampak terhadap meningkatnya produksi. Hal ini akan berdampak terhadap limbah yang dihasilkan dari proses produksi. *Vinasse* adalah limbah cair yang dihasilkan dari produksi alkohol (Soeprijanto dkk., 2010). Perbandingan produk alkohol dengan limbah *vinasse* yang dihasilkan adalah 1 liter produk alkohol menghasilkan 13 liter *vinasse* (Tiyas dan Arianto, 2017). Limbah *vinasse* dicirikan dengan suhu yang tinggi (80°C), memiliki pH asam (2-4,5), berwarna

kehitaman, bau menyengat, dan memiliki kandungan bahan organik yang sangat tinggi (Soeprijanto dkk., 2010).



Gambar 1. Anak Kali Bedog terdampak *Vinasse*

Sumber: Survei (2023)

Aliran irigasi *vinasse* dialirkan menuju bagian selatan dan barat hingga nantinya terakumulasi menuju kolam pengendapan kemudian diteruskan melalui pipa kecil menuju Anak Kali Bedog yang berada tepat di barat kolam pengendapan. Kolam pengendapan memiliki warna yang sangat gelap dan bau serta tertutupi oleh tumbuhan air berupa Eceng Gondok dan sampah. **Gambar 1.** menunjukkan badan Anak Kali Bedog yang tercemar oleh limbah *vinasse*. **Gambar A** menunjukkan pipa kecil berwarna putih pada bagian timur gambar yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah. Pipa ini merupakan pipa *outlet vinasse* dari kolam saluran irigasi *vinasse*. Pipa ini mengarah ke arah hulu sungai. **Gambar B** menunjukkan kenampakan fisik air Kali Bedog yang tidak tercemar oleh limbah *vinasse*. **Gambar C** menunjukkan sebaran limbah *vinasse* menuju arah hilir sungai karena dipengaruhi oleh arah aliran arus sungai. Warna sungai yang mengalami kontak dengan limbah *vinasse* berubah menjadi warna coklat kehitaman. Warna coklat tersebut dipengaruhi oleh bahan baku limbah *vinasse* yakni *molase* yang memiliki warna coklat pekat. Masuknya limbah *vinasse* ke badan air dapat mempengaruhi kualitas anak Kali Bedog akibat bahan pencemar yang terkandung di dalam limbah. Pencemaran limbah *vinasse* dapat menyebabkan terganggunya ekosistem perairan yang berdampak pada kematian biota air. Hal ini dapat menyebabkan kematian pada ikan dan biota air lainnya.

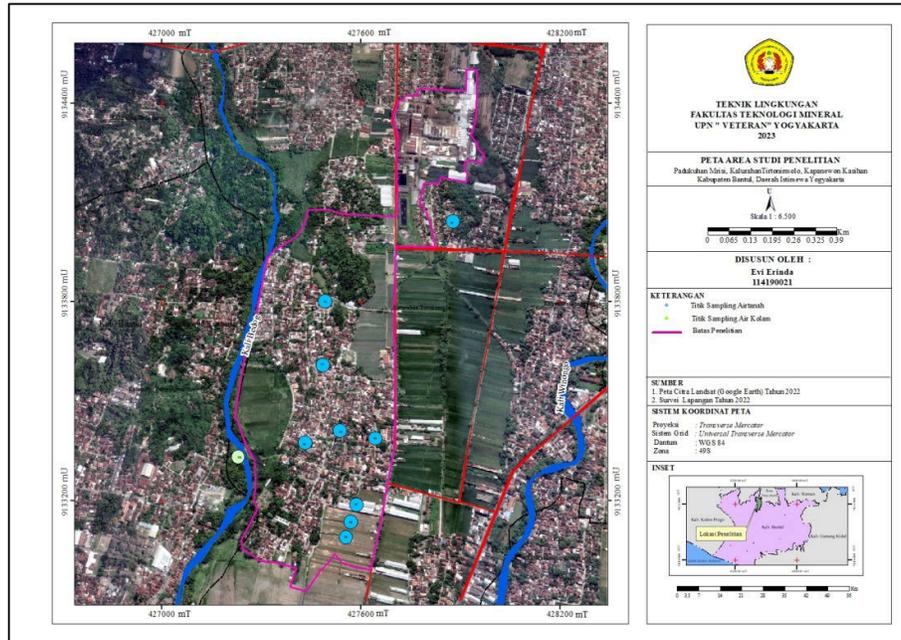
Petani padi menggunakan air dari saluran irigasi *vinasse* sebagai sumber pengairan dikarenakan tidak terdapat sumber irigasi lain. Penggunaan sumber pengairan dari irigasi *vinasse* sering menyebabkan kekeringan pada padi, terutama saat konsentrasi limbah sangat tinggi yang ditandai dengan bau yang semakin menyengat dan warna limbah yang semakin pekat.

Masyarakat yang terdampak dari pembuangan limbah *vinasse* ini adalah masyarakat yang tinggal di Padukuhan Mrisi. Sumber pemenuhan kebutuhan air berasal dari airtanah. Airtanah adalah air yang tersimpan di dalam lapisan pembawa air atau yang dikenal dengan istilah akuifer (Kristanto dkk., 2020). Kualitas airtanah tidak baik hingga tidak dapat digunakan untuk keperluan memasak. Kualitas airtanah ditandai dengan air sumur warga yang berwarna kecoklatan pada waktu tertentu (terutama saat konsentrasi pembuangan limbah *vinasse* tinggi). Air sumur yang diendapkan dalam waktu yang cukup lama maka akan timbul endapan berwarna hitam. Maka dari itu penting untuk dilakukan penelitian mengenai tingkat kualitas airtanah di akibat limbah *vinasse* di Padukuhan Mrisi, Kalurahan Tirtonirmolo, Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kualitas airtanah akibat limbah *vinasse* dengan metode indeks pencemaran.

METODE

Penelitian tentang Analisis Tingkat Pencemaran Airtanah Akibat Limbah *Vinasse*, dalam memperoleh data digunakan beberapa metode yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 3 metode, yakni metode purposive sampling, metode uji laboratorium, dan analisis deskriptif.

Area Studi



Peta 1. Daerah Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Padukuhan Mrisi, Kalurahan Tirtonirmolo, Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. **Peta 1.** Menyajikan daerah penelitian sekaligus titik pengambilan sampel. Sampel airtanah yang digunakan diambil dari 9 sumur dan 1 sampel berasal dari air kolam yang berada dibagian barat daerah penelitian. Sampel airtanah digunakan untuk mengetahui kualitas status air airtanah akibat adanya pengaruh limbah cair *vinasse*.

Metode Sampling Airtanah

Purposive sampling digunakan untuk mengambil sampel airtanah. *Purposive sampling* merupakan metode sampling dengan mempertimbangkan tujuan pengambilan sampel pada tiap-tiap titik. Pengambilan sampel dengan *Purposive Sampling* pada penelitian ini ditentukan berdasarkan arah aliran airtanah, jarak irigasi *vinasse* dengan lokasi sumur warga, dan dengan mempertimbangkan hasil survei sumur yang memiliki kualitas airtanah kurang baik. Jumlah titik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 titik yang terdiri dari 9 sampel airtanah dan 1 sampel air *outlet* irigasi *vinasse*.

Metode Analisis Laboratorium

Metode laboratorium adalah salah satu metode penting dalam penelitian untuk mengetahui tingkat pencemaran di lokasi penelitian. Metode laboratorium adalah melakukan pengujian sampel airtanah berdasarkan parameter yang diteliti. Tujuan analisis laboratorium adalah untuk mengetahui kualitas sampel berdasarkan parameter fisik dan kimia. Parameter yang akan diuji meliputi pH, TDS, BOD, COD, dan sulfida. Hasil uji kualitas air kemudian akan dianalisis kesesuaiannya terhadap baku mutu kualitas air terhadap Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2018 tentang Baku Mutu Air. Adapun nilai baku mutu kualitas air disajikan pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Baku Mutu Air Kelas I

No	Parameter	Baku Mutu	
		Nilai	Satuan
1	pH	6 – 8,5	-
2	BOD ₅	2	mg/L
3	COD	10	mg/L
4	TDS	1.000	mg/L
5	Sulfida	0,002	mg/L

Sumber: PERGUB DIY Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air

Metode Indeks Pencemaran

Indeks pencemaran (IP) merupakan metode penentuan status mutu air dengan tujuan dapat menentukan tingkat pencemaran terhadap kualitas air secara relatif yang ditentukan berdasarkan nilai masing-masing parameter pada baku mutu yang berlaku (Afrizal dkk., 2020). Indeks pencemaran dapat digunakan untuk dasar pengelolaan air dengan tujuan mengetahui apakah suatu sumber air memiliki kualitas yang baik atau tidak baik (Widiarti dan Muryani, 2018). Penentuan kualitas airtanah pada daerah penelitian menggunakan metode indeks pencemaran (IP). Parameter kualitas air yang diuji dan dianalisis adalah pH, TDS, BOD, COD, dan sulfida. Penentuan nilai indeks pencemaran dilakukan di setiap titik pengambilan sampel. Nilai indeks pencemaran dapat ditentukan dengan rumus:

$$IP_j = \sqrt{\frac{(\frac{C_i}{L_{ij}})M^2 + (\frac{C_i}{L_{ij}})R^2}{2}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- IP_j = Indeks pencemaran bagi peruntukan j
- C_i = Konsentrasi parameter kualitas air i
- L_{ij} = Konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku mutu peruntukan i
- M = Maksimum
- R = Rata-rata

Terdapat ketentuan yang harus diperhatikan dalam penentuan indeks pencemaran, yakni sebagai berikut:

- a. Untuk nilai (C_i/L_{ij}) < 1, maka perhitungan indeks pencemaran menggunakan (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran.
- b. Untuk nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran > 1, maka perhitungan indeks pencemaran menggunakan rumus:

$$(C_i/L_{ij})_{baru} = 1 + P/\log (C_i/L_{ij})_{hasil\ pengukuran} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai kualitas air dengan status mutu dapat dilihat pada **Tabel 2**. Tercemar atau tidak tercemarnya air dapat ditentukan berdasarkan nilai (C_i/L_{ij}). Apabila nilainya lebih besar dari 1 maka kualitas air dinyatakan tercemar (Purnamasari, 2017).

Tabel 2. Evaluasi Terhadap Nilai IP

No	Nilai IPJ	Keterangan
1	0 - 1	Memenuhi Baku Mutu
2	1 - 5	Tercemar Ringan

3	5 - 10	Tercemar Sedang
4	≥ 10	Tercemar Berat

Sumber : Afrizal dkk. (2020)

Metode Analisis Deskriptif

Metode analisis deskriptif adalah metode analisis data statistik yang bertujuan untuk memberikan gambaran terkait penelitian. Dalam penelitian ini, analisis deskriptif dilakukan berdasarkan hasil uji kualitas airtanah hasil uji laboratorium dan status mutu kualitas airtanah berdasarkan perhitungan indeks pencemaran. Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui pengaruh limbah *vinasse* terhadap menurunnya kualitas airtanah pada daerah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Kualitas Airtanah

Kualitas airtanah dan status mutu sangat penting untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran pada air. Pada penelitian ini, kualitas airtanah disajikan berdasarkan hasil uji laboratorium kualitas air sedangkan status mutu disajikan berdasarkan hasil olah data dengan indeks pencemaran.

Tabel 3. Hasil Pengujian Laboratorium Kualitas Airtanah terhadap Parameter pH, TDS, BOD, COD, dan Sulfida

No	Parameter	Baku Mutu (Kelas I)	Hasil Uji Laboratorium Sampel Airtanah									
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	AK
1	pH	6–8,5	6,9	6,6	7,8	6,7	6,7	6,5	6,9	6,7	7,1	6,8
2	TDS (mg/L)	1000	35	325	390	15	15	325	155	25	20	530
3	BOD (mg/L)	2	3,52	1,6	4,16	5,6	5,28	14,08	2,72	1,28	12,48	15,52
4	COD (mg/L)	10	9,4	6	9,8	3,7	1,7	6,7	7,5	8,3	5,2	26
5	Sulfida (mg/L)	0,002	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043	< 0,0043

Sumber: Hasil Uji Laboratorium (2023)

Keterangan :

 : Melebihi Baku Mutu

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian laboratorium untuk parameter pH pada 10 sampel memiliki nilai dengan rentang 6,5 – 7,8 sehingga masih memenuhi baku mutu. Nilai pH terendah berada pada S6 dengan nilai pH 6,5 sedangkan nilai pH tertinggi berada pada S8 dengan nilai 7,1. pH merupakan parameter penting dalam kualitas airtanah dengan penggunaan golongan 1 sebagai air minum. pH berpengaruh penting terhadap proses kimia dan biologi dalam air. pH asam dengan nilai yang berada dibawah 7 bersifat korosif dan berpengaruh tidak baik bagi kesehatan (Hasrianti dan Nurasia, 2016).

Parameter TDS paling kecil adalah 15 mg/L yang berada pada sampel S4 dan S5. Nilai TDS paling tinggi adalah 530 mg/L yang berada pada S9 yang merupakan sampel air kolam outlet irigasi *vinasse*. Beberapa faktor yang menyebabkan tingginya konsentrasi TDS adalah pelapukan batuan dan tanah, air limpasan hingga pengaruh antropogenik (Rinawati dkk., 2016). TDS juga dipengaruhi oleh adanya kandungan zat terlarut berupa mineral, garam, serta bahan kimia (Yolanda dkk., 2023). Beberapa ion anorganik utama yang mempengaruhi tinggi rendahnya TDS adalah Sulfat (SO₄), Klorida (Cl), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Sodium (Na) (Kareliasari, 2021). Pada penelitian ini, tingginya nilai TDS

dapat dipengaruhi oleh material penyusun batuan pada daerah penelitian, yakni batuan yang mengandung mineral karbonat (CaCO_3) yang berperan terhadap peningkatan ion kalsium (Ca). Faktor lain yang mempengaruhi TDS adalah limbah cair *vinasse* yang mengalir daerah penelitian. Limbah *vinasse* memiliki kandungan ion terlarut berupa Sulfat (SO_4) yang dihasilkan dari penambahan belerang (SO_2) dan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai bahan baku pembuatan alkohol. Nilai TDS dengan salinitas memiliki hubungan berbanding lurus. Semakin tinggi salinitas pada perairan, maka TDS akan meningkat yang menyebabkan meningkatnya akumulasi bahan organik terlarut serta dekomposisi bahan organik (Yolanda dkk., 2023). Hal ini dapat mempengaruhi tingkat kejernihan air dan meningkatkan kekeruhan sehingga berkurangnya penetrasi cahaya matahari yang berdampak pada rendahnya kelarutan oksigen (Damayanti, 2014).

Parameter BOD dan COD merupakan salah satu parameter penting dalam mengetahui tingkat pencemaran air. Tingginya nilai BOD dan COD mengindikasikan banyaknya bahan organik pada air. Tingginya bahan organik dipengaruhi oleh kandungan bahan baku pembuatan alkohol yang masih terikut di dalam limbah cair *vinasse* yang merupakan sumber pencemar di daerah penelitian. Nilai BOD dari hasil pengujian laboratorium berada dalam rentang 1,28 mg/L – 15,52 mg/L. Baku mutu air kelas 1 untuk parameter BOD adalah 2 mg/L. Nilai BOD terendah terdapat pada S8 dengan nilai 1,28 mg/L sedangkan konsentrasi BOD paling tinggi terdapat pada AK dengan nilai 15,52 mg/L. Terdapat 8 Konsentrasi BOD yang melebihi baku mutu terdapat pada S1 (3,52 mg/L), S3 (4,16 mg/L), S4 (5,6 mg/L), S5 (5,28 mg/L), S6 (14,08 mg/L), S7 (2,72 mg/L), S9 (12,48 mg/L), dan AK (15,52 mg/L). Tingginya konsentrasi BOD dari hasil uji airtanah dapat menyebabkan gangguan pencernaan akibat terinfeksi bakteri. Bakteri yang umumnya menginfeksi adalah *Escherichia coli*, *Coliform*, dan *Streptococcus faecali*. Namun pada kasus sumber pencemar berasal dari limbah *vinasse* maka bakteri yang berpotensi mencemari adalah bakteri dari hasil fermentasi alkohol. Jenis bakteri tersebut dapat menginfeksi lapisan epidermis kulit sehingga dapat menyebabkan iritasi kulit (Rachmawati, 2019).

Konsentrasi COD hasil pengujian laboratorium terhadap 10 sampel memiliki nilai 1,7 mg/L – 26 mg/L. Konsentrasi COD terendah terdapat pada S5 dengan konsentrasi 1,7 mg/L sedangkan konsentrasi COD terbesar terdapat pada AK dengan konsentrasi 26 mg/L. Konsentrasi baku mutu untuk kelas 1 adalah 10 mg/L. Sembilan sampel airtanah yang diuji memenuhi baku mutu, sedangkan untuk air sampel kolam melebihi batas baku mutu. Namun, meskipun sampel airtanah masih memenuhi baku mutu, konsentrasi COD pada S1 (9,4 mg/L) dan LP 16 (9,8 mg/L) memiliki nilai konsentrasi yang cukup tinggi dan hampir mendekati ambang batas baku mutu. Tingginya konsentrasi COD mengindikasikan potensi pencemaran air (Damayanti, 2014). Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik pada air limbah yang menyebabkan menurunnya kualitas airtanah.

Parameter sulfida merupakan salah satu parameter yang sangat penting dalam mengetahui kualitas airtanah akibat limbah cair *vinasse*. Sulfida dihasilkan dari berbagai proses dengan bahan baku utama adalah sulfur yang digunakan sebagai bahan campuran dalam tahapan awal produksi alkohol, yakni pada saat pencampuran *molase* dengan sulfur. Berdasarkan hasil uji laboratorium, konsentrasi sulfida pada kesepuluh sampel memiliki nilai $< 0,0043$ mg/L. Nilai baku mutu yang digunakan untuk kelas 1 adalah 0,002 mg/L. Konsentrasi sulfida yang dikeluarkan dari laboratorium BBTCLPP (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Yogyakarta memiliki keterbatasan dalam analisis kandungan sulfida. Laboratorium memiliki limit batas metode dalam analisis sulfida untuk nilai $> 0,0043$ mg/L. Maka dari itu, belum bisa diketahui secara pasti apakah sampel airtanah memenuhi persyaratan baku mutu atau tidak. Namun, untuk sampel air kolam memiliki potensi konsentrasi sulfida yang melebihi baku mutu dikarenakan kontak secara langsung dengan limbah *vinasse*. Ion sulfida pada umumnya memang jarang ditemukan di perairan yang bersifat normal tanpa adanya pengaruh antropogenik seperti adanya limbah *vinasse*. Ion sulfida dapat berafinitas dengan logam berat dan membentuk hidrogen sulfida (H_2S). Hidrogen sulfida memiliki bau yang busuk serta bersifat korosif dan toksik bagi makhluk hidup (Setiani dkk., 2015).

Evaluasi Status Mutu Airtanah dengan Indeks Pencemaran

Status mutu airtanah merupakan salah satu tujuan penting dalam penelitian ini. Penentuan status mutu airtanah dianalisis menggunakan metode indeks pencemaran. Status mutu airtanah bertujuan untuk mengetahui tingkat pencemaran airtanah akibat limbah *vinasse*. Parameter yang digunakan dalam penentuan status mutu airtanah berdasarkan indeks pencemaran adalah parameter fisik dan parameter kimia yang meliputi pH, TDS, BOD, COD, dan sulfida. Adapun hasil olah data status mutu airtanah berdasarkan indeks pencemaran disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Status Mutu Airtanah Berdasarkan Indeks Pencemaran

No	Parameter (mg/L)	Baku Mutu	Hasil Uji Laboratorium Sampel Airtanah									
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1	pH	6–8,5	6,9	6,6	7,8	6,7	6,7	6,5	6,9	6,7	7,1	6,8
2	TDS	1000	35	325	390	15	15	325	155	25	20	530
3	BOD	2	3,5 2	1,6	4,16	5,6	5,28	14,08	2,72	1,28	12,48	15,52
4	COD	10	9,4	6	9,8	3,7	1,7	6,7	7,5	8,3	5,2	26
5	Sulfida	0,002	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3	<0,004 3
Nilai Indeks Pencemaran			2,7 619	2,7619	2,8434	3,3640	3,2284	5,3969	2,7686	2,7332	5,1088	5,7014
Status Mutu Air			TR	TR	TR	TR	TR	TS	TR	TR	TS	TS

Keterangan :

 : Melebihi baku mutu

TR : Tercemar ringan

TS : Tercemar sedang

Hasil olah data menunjukkan nilai indeks pencemaran sampel airtanah daerah penelitian memiliki nilai 2,7619-5,7014. Nilai indeks pencemaran paling kecil terdapat pada S1 dan S10 dengan nilai 2,7619 sedangkan nilai indeks pencemaran paling besar terdapat pada S10 dengan nilai 5,7014. Berdasarkan hasil klasifikasi indeks pencemaran pada Tabel 4, terdapat 2 kelas status mutu airtanah pada daerah penelitian yakni tercemar kecil dan tercemar sedang. Kelas status mutu dengan kategori tercemar kecil terdapat pada titik pengamatan S1 (2,7619); S2 (2,7619); S3 (2,8434); S4 (3,3640); S5 (3,2284); S7 (2,7686); dan S8 (2,7332). Sedangkan kelas status mutu tercemar sedang terdapat pada titik pengamatan S7 (5,3969); S9 (5,1088); dan S10 (5,7014).

Tinggi rendahnya status mutu air dapat dilihat dari kesenjangan antara nilai hasil uji lab dengan nilai baku mutu. Semakin jauh selisih (melebihi baku mutu) antara konsentrasi kualitas air pada suatu parameter dengan nilai baku mutu maka nilai indeks pencemaran akan semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air pada suatu daerah penelitian memiliki kualitas yang kurang baik. Nilai indeks pencemaran paling tinggi berada pada S6, S9, dan S10 dengan nilai indeks pencemaran masing-masing secara urut adalah 1,9539; 1,822; dan 2,0225. Besarnya nilai indeks pencemaran pada titik pengamatan tersebut dikarenakan jarak antara sumur pemantauan dengan saluran irigasi limbah *vinasse* cukup dekat. Semakin tinggi nilai indeks pencemaran maka kelas tingkat pencemaran akan semakin tinggi yang menandakan badan air semakin tercemar. Tingginya nilai indeks pencemaran pada S10 (5,7014) dikarenakan sampel tersebut merupakan sampel air kolam yang kontak langsung dengan

limbah *vinasse*. Beberapa faktor yang mempengaruhi tercemarnya airtanah diantaranya sangat berkaitan dengan metode LeGrand, yang meliputi jarak sumber pencemar. Pada air kolam jarak sumber pencemar adalah 0 meter sehingga air kolam memiliki kandungan polutan yang lebih besar dibandingkan dengan sampel airtanah. Selain itu, kedalaman muka airtanah yang semakin rendah (dangkal) akan meningkatkan tingginya nilai indeks pencemaran sehingga kelas pencemaran akan semakin berat.

Kualitas airtanah sangat erat kaitannya dengan kondisi geofisik pada suatu daerah. Berdasarkan data hasil uji kualitas airtanah pada daerah penelitian, terdapat beberapa parameter yang nilainya hampir mendekati ambang baku mutu bahkan belum memenuhi baku mutu. Parameter yang melebihi baku mutu adalah BOD dan COD. Sumber dominan yang dapat menyebabkan tingginya nilai BOD dan COD adalah terkontaminasinya airtanah oleh limbah *vinasse*. Berdasarkan hasil data rona lingkungan yang diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan, daerah penelitian memiliki tipe iklim agak basah. Penelitian ini dilakukan pada musim penghujan. Aliran air hujan dapat mentransport limbah dari ke berbagai area sehingga berpengaruh terhadap luasan area yang tercemari oleh *vinasse*. Kondisi topografi yang landai dengan kemiringan lereng yang sangat kecil (datar–landai) memungkinkan aliran limpasan *vinasse* oleh air hujan tersebut mengalir secara vertikal sehingga area persebaran kontaminasi menjadi lebih sempit. Pada bentuk lahan dataran aluvial gunung api dengan material penyusun piroklastik yang bersifat impermeable menyebabkan aliran air yang membawa zat pencemar dari limbah *vinasse* susah untuk menginfiltrasi sehingga sukar untuk mengkontaminasi airtanah. Namun, *vinasse* dapat mengkontaminasi permukaan tanah. Analisis ini diperkuat lagi dengan data tekstur tanah dan jenis batuan. Pada tanah dengan tekstur geluh lempung pasir, umumnya memiliki kemampuan meloloskan air yang tidak terlalu baik sebab didominasi oleh lempung. Di bawah lapisan tanah tersusun atas material berupa Batu Gamping yang sudah agak lapuk. Gamping pada daerah penelitian memiliki memiliki tekstur halus. Berdasarkan pengamatan di lapangan, tekstur batu Batu Gamping pada daerah penelitian adalah lempung. Hal ini menunjukkan bahwa batuan tersebut nilai porositas sedang. Tekstur lempung ini menyebabkan air limbah *vinasse* sulit untuk masuk ke dalam airtanah. Adanya semen berupa karbonisasi belum dapat dianalisis pengaruhnya terhadap kualitas airtanah pada penelitian ini. Hal ini dikarenakan penelitian ini ditujukan khusus untuk mengetahui potensi pencemaran oleh limbah *vinasse*. Untuk mengetahui pengaruh karbonat pada gamping terhadap kualitas airtanah dapat dilanjutkan untuk penelitian selanjutnya dengan menambahkan parameter baru berupa Ca, Mg, dan SO₄ untuk mengetahui adanya ion-ion karbonat yang dapat menyebabkan kesadahan pada air. Kondisi geofisik memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap potensi pencemaran. Bahkan, dengan jarak sumber pencemar yang dekat serta kedalaman muka airtanah yang dangkal masih sulit bagi limbah *vinasse* untuk mengkontaminasi airtanah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, kualitas airtanah di Padukuhan Mrisi yang diambil dari 10 titik yang merepresentasikan daerah penelitian memiliki kualitas BOD dan Sulfida yang cukup tinggi dan melebihi baku mutu. Untuk parameter BOD yang tidak memenuhi baku mutu berada pada S1, S3, S4, S5, S6, S7, S9, dan S10. Parameter COD yang melebihi baku mutu berada pada S10 dengan nilai COD 26 mg/L. Berdasarkan hasil analisis status mutu airtanah dengan metode indeks pencemaran, daerah penelitian memiliki kelas 2 kelas pencemaran, yakni tercemar ringan pada S1, S2, S3, S4, dan S5 dengan nilai IP masing-masing adalah 2,7619; 2,7619; 2,8434; 3,3640; 3,2284; 2,7686; dan 2,7332. Sedangkan kelas pencemaran sedang berada pada S6, S9, dan S10 dengan nilai IP masing-masing adalah 5,3969; 5,1088, dan 5,7014.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, H., Geologi, F. T., Padjadjaran, U., dan Lahan, P. (2020). Zona Kontaminasi Airtanah dan Air Permukaan dengan Metoda Indeks Pencemaran di Lereng Gunung Manglayang Bagian Tenggara Wilayah Jatinangor dan Sekitarnya. *Padjadjaran Geoscience Journal.*, 4(5), 435–448.
- Damayanti, H. O. (2014). Tinjauan Kualitas dan Dampak Ekonomi Konsentrasi *Total Dissolved Solid* Air di Area Pertambakan Desa Bulumanis Kidul. *Jurnal Litbang*, 10(2), 103–113.

- Ika Wahyuning Widiarti, dan Eni Muryani. (2018). Kajian Kualitas Air Lindi terhadap Kualitas Air Tanah. *Jurnal Tanah Dan Air (Soil and Water Journal)* , 15(1), 1–9.
- Kareliasari, N. A. D. (2021). Analisis Suhu, pH, DHL, TDS, TSS, BOD, COD, dan Kadar Timbal Pada Air dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang. *Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.*
- Kristanto, W. A. D., Astuti, F. A., Nugroho, N. E., dan Febriyanti, S. V. (2020). Sebaran Daerah Silit Airtanah Berdasarkan Kondisi Geologi Daerah Perbukitan Kecamatan Prambanan, Sleman, Yogyakarta. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 12(1), 68–83.
- Mursyidi, A. (2002). Alkohol dalam Obat dan Kosmetika. *Tarjih*, 4(1), 26–36.
- Purnamasari, D. E. (2017). Penentuan Status Mutu Air Kali Wonokromo degan Metode Storet dan Indeks Pencemar. *Jurnal Standar Penentuan mutu Air*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rachmawati, H. (2019). Pengaruh Kondisi Fisik Sumur dan Penurunan Kualitas Air (BOD) terhadap Kejadian Penyakit (Studi Kasus Industri Soun di Desa Manjung Kecamatan Ngawen Kabupaten Klaten). *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 18(2), 19–22.
- Rinawati, Hidayat, D., Suprianto, R., dan Dewi, P. S. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (*Total Dissolve Solid* dan *Total Suspended Solid*) di Perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 36–46.
- Soeprijanto, Ismail, T., Lastuti, M. D., dan Niken, B. (2010). Pengelolaan *Vinasse* dari Air Limbah Industri Alkohol menjadi Biogas menggunakan Bioreaktor UASB. *Jurnal Purifikasi*, 11, 11–20.
- Tiyas, P. A., dan Arianto, F. P. (2017). Pemanfaatan Limbah Cair *Vinasse* Industri Bioetanol Menjadi Biogas Menggunakan Biodigester. *Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November. Fakultas Vokasi.*, 1–142.
- Yolanda, Y., Mawardin, A., Komarudin, N., dan Risqita, E. (2023). Hubungan Antara Suhu, Salinitas, pH, dan TDS di Sungai Brang Biji Sumbawa. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2), 522–530.
- Zuhri, M. Al, dan Dona, F. (2021). Penggunaan Alkohol untuk Kepentingan Medis Tinjauan Istihsan. *Journal of Law, Society, and Islamic Civilization*, 9(1), 40.