

Kajian Sistem Sanitasi dan Analisis Keberadaan Bakteri Coliform pada Sumber Air Sumur di Kelurahan Bumiayu Kota Malang

Nihaya Nailatul Wardah^{1*}, Hartati Kartikaningsih¹, dan Maharani Pertiwi Koentjoro^{1,2}

¹Progran Magister Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan, Sekolah Pascasarjana Universitas Brawijaya, Indonesia; e-mail: nihayahnaila3@gmail.com

²Laboratorium Sains dan Teknologi Terpadu, Sekolah Pascasarjana Universitas Brawijaya, Indonesia

ABSTRAK

Kualitas air bersih dipengaruhi oleh kondisi sanitasi dan karakteristik lingkungan, sehingga diperlukan metode analisis yang mampu mengidentifikasi parameter dominan yang memengaruhi kualitas air. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi parameter kualitas air yang paling berpengaruh terhadap kondisi sanitasi dan kualitas sumber air bersih di Kelurahan Bumiayu, Kota Malang menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pengambilan sampel pada delapan sumur rumah tangga. Parameter kualitas air dianalisis mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Hasil observasi menunjukkan sebagian besar infrastruktur sanitasi belum memenuhi persyaratan higiene, dan seluruh sampel air tidak memenuhi baku mutu untuk higiene dan sanitasi. Analisis PCA mengidentifikasi dua komponen utama yang menjelaskan variasi kualitas air, dengan parameter bakteri coliform, *Escherichia coli*, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) sebagai faktor dominan. Korelasi yang kuat antara bakteri coliform dan *Escherichia coli* menunjukkan bahwa pencemaran mikrobiologis merupakan faktor utama yang memengaruhi kualitas air pada lokasi penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PCA efektif sebagai pendekatan untuk mengidentifikasi parameter prioritas dalam evaluasi kualitas air dan mendukung penyusunan strategi pengelolaan sanitasi serta pengendalian pencemaran.

Kata kunci: sanitasi, kualitas air, kontaminasi air sumur, bakteri coliform, *Principal Component Analysis* (PCA)

ABSTRACT

The availability of clean water is vital for the community because water is a source in various daily activities. Water must be protected from sources of disease, safe from contamination and must fulfil the principles of hygiene and sanitation. In densely populated and land-covered environments, clean water quality is often the cause of water quality deterioration. This study aims to assess which parameters affect the sanitation system and the quality of clean water sources in the Bumiayu Village area, Malang City using principal component analysis (PCA). The research method used descriptive quantitative. Sampling locations were carried out at 8 points of household locations that still use clean water sources from wells and measurement of water quality parameters based on the Minister of Health Regulation Number 2 of 2023. The results of observations showed that the condition of sanitation infrastructure at the research location did not meet hygiene requirements. The results of water quality analysis showed that all sample points did not meet the water requirements for hygiene and sanitation. PCA analysis showed a correlation between coliform bacteria and *Escherichia coli*. The two main components obtained from the PCA analysis results show that the presence of coliform bacteria, *Escherichia coli*, pH and total dissolved solids (TDS) are influential in determining water quality. The results of the study are expected to provide a critical evaluation of water quality measurements in an area based on sanitary condition parameters and provide a basis for pollution control measures that affect water quality.

Keywords: sanitation, water quality, groudwater contamination, coliform bacteria, Principal Component Analysis (PCA)

Citation: Wardah, N. N., Kartikaningsih, H., dan Koentjoro, M. P. (2026). Kajian Sistem Sanitasi dan Analisis Keberadaan Bakteri Coliform pada Sumber Air Sumur di Kelurahan Bumiayu Kota Malang. Jurnal Ilmu Lingkungan, 24(3), 534-541, doi:10.14710/jil.24.3.534-541

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk pada suatu wilayah menyebabkan dampak lingkungan yang nyata

terhadap ekosistem sekitarnya, sumber daya lahan pola wilayah dan kualitas hidup. Peningkatan jumlah penduduk menyebabkan perubahan konsumsi

masyarakat yang mempengaruhi daya dukung lingkungan antara lain perubahan iklim, kelangkaan air, deforestasi dan pencemaran air (Januari et al, 2024). Salah satu dampak yang menjadi perhatian adalah ketersediaan air bersih, karena menjadi isu global. Hal ini disebabkan penyediaan air bersih dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar dalam meningkatkan kualitas hidup (Maizunati dan Arifin, 2017). Ketersediaan air bersih menjadi hal vital bagi masyarakat karena air digunakan dalam berbagai kegiatan sehari-hari seperti mandi, memasak, mencuci dan bahkan sebagai sumber energi (Oktafiani, 2024). Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 tahun 2023, air yang digunakan dalam kegiatan sehari-hari harus sesuai dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan. Selanjutnya, air harus dalam keadaan terlindung dari pencemaran sumber penyakit, aman dari kontaminasi dan harus memenuhi prinsip higiene dan sanitasi.

Kota Malang menjadi salah satu penyumbang angka kekumuhan di Indonesia, di mana faktor sanitasi permukiman kumuh menjadi permasalahan yang belum dapat diselesaikan. Sanitasi meliputi sistem kloset yang tidak terhubung dengan *septic tank*, saluran pembuangan air limbah rumah tangga masih tercampur dengan drainase lingkungan disertai dan kondisi jaringan drainase yang berkualitas buruk (Hasan et al, 2018). Air limbah domestik dan air limbah hasil aktivitas manusia menjadi salah satu sumber permasalahan lingkungan kawasan permukiman di kota ini.

Air limbah domestik di Kota Malang belum seluruhnya bisa ditangani, dimana sebagian besar limbah domestik dibuang langsung ke selokan atau saluran air, yang selanjutnya mengalir ke badan air (Haribowo, 2019). Hasan et al (2018) melaporkan tingginya permasalahan sanitasi di Kota Malang disebabkan pembuangan air limbah rumah tangga yang bercampur dengan drainase lingkungan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Pengolahan limbah domestik yang tidak memadai selanjutnya menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama berdampak pada air tanah. Di kota Malang, 88,12% rumah tangga membuang tinja di *septic tank* dan 11,88 % dibuang langsung ke kolam, sawah dan sungai (BPS Malang, 2024). *Septic tank* sendiri memiliki kriteria khusus yang harus terpenuhi untuk mencegah adanya pencemaran lingkungan. SNI 2398:2017 memberikan panduan dalam penentuan bangunan dan periode pengurasan tangki *septic*. Kota Malang sebenarnya sudah menyediakan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja yang menyediakan jasa pengurasan *septic tank*, namun, dalam realisasinya banyak rumah yang tidak menguras *septic tank* sesuai ketentuan sehingga meningkatkan pencemaran air tanah akibat lumpur tinja.

Pencemaran air dapat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi, jenis tanah, kedalaman muka air tanah dan jarak sumur dengan lokasi sanitasi setempat. Dampak dari pencemaran ini berupa peningkatan kontaminan baik kimia maupun bakteriologi seperti *total dissolve*

solid (TDS) dan total *coliform* yang melebihi baku mutu (Devianto et al, 2019). *Escherichia coli* (*E. coli*) merupakan salah satu jenis spesies bakteri Gram negatif. Bakteri ini terdapat di dalam alat pencernaan manusia dan hewan. Keberadaannya di lingkungan mengindikasikan adanya pencemaran sumber air akibat tinja manusia. *E. coli* dapat berpindah dari kegiatan tangan ke mulut atau pemindahan pasif dari makanan atau minuman yang masuk ke dalam tubuh yang dapat menyebabkan gejala kholera, *gastroenteritis*, diare dan berbagai penyakit pencernaan lainnya (Kurniadi et al, 2013).

Kondisi sanitasi yang tidak memenuhi persyaratan, seperti septic tank yang tidak kedap, jarak septic tank yang terlalu dekat dengan sumur, dan kebocoran saluran air limbah domestik, dapat meningkatkan infiltrasi kontaminan fekal ke dalam air tanah. Kondisi tersebut menyebabkan meningkatnya keberadaan bakteri coliform, khususnya *Escherichia coli*, yang digunakan sebagai indikator pencemaran fekal dan kualitas mikrobiologi air. Keberadaan *E. coli* menunjukkan adanya potensi kontaminasi limbah domestik yang dapat meningkatkan risiko penyakit berbasis air (*waterborne diseases*) (WHO, 2022; UNICEF & WHO, 2023).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi parameter kualitas air yang paling berpengaruh terhadap kondisi sanitasi dan kualitas sumber air bersih di Kelurahan Bumiayu, Kota Malang menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). PCA dipilih karena mampu mentransformasikan sejumlah parameter kualitas air yang saling berkorelasi menjadi beberapa komponen utama yang dapat menjelaskan sebagian besar variasi data, sehingga memudahkan identifikasi faktor dominan yang memengaruhi kualitas air. Pendekatan ini juga memungkinkan penyederhanaan interpretasi data multivariat tanpa menghilangkan informasi penting, sehingga hubungan antara kondisi sanitasi dan parameter fisik, kimia, serta mikrobiologi dapat dianalisis secara lebih komprehensif. Kelurahan Bumiayu dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan kawasan permukiman padat yang masih memanfaatkan sumur sebagai sumber air bersih dan memiliki potensi pencemaran akibat kondisi sanitasi. Hasil penelitian diharapkan dapat mengidentifikasi parameter prioritas yang memengaruhi perubahan kualitas air sebagai dasar penyusunan strategi pengelolaan sanitasi dan pengendalian pencemaran.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Penentuan Lokasi dan Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Bumiayu Kota Malang. Alasan pengambilan lokasi ini karena masih banyak masyarakat di wilayah ini yang menggunakan sumber air sumur untuk kegiatan sehari-hari. Selain itu, berdasarkan pengamatan yang dilakukan di wilayah ini, kondisi sanitasi di beberapa lokasi belum memenuhi persyaratan kesehatan.

Lokasi sampling pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1, dimana sebanyak 8 titik lokasi

pengambilan sampel air. Sampel air yang diambil berasal dari sumber aliran keran menggunakan metode SNI 8995:2021 dan dilakukan pada pagi hari. Kondisi cuaca saat pengambilan pada musim penghujan.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Pengumpulan data dan informasi mengenai karakteristik sistem sanitasi yang ada pada lingkungan Kelurahan Bumiayu dilakukan pada bulan Maret 2025. Data yang dikumpulkan meliputi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air sumur diantaranya: Jenis sanitasi, kedalaman sumber air, jenis dinding sumur, jarak sumur dengan septic tank. Data diperoleh dengan metode dengan observasi dan wawancara langsung terhadap responden. Selanjutnya, tiap responden dilakukan pengambilan sampel air dan diuji berdasarkan parameter biologi dan fisika yang terdapat pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 tahun 2023 mengenai parameter air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Parameter yang diukur antara lain pH dan suhu (pH Meter, type OHAUS ST3100), kekeruhan (Turbidimeter LUTRON TU-2016), *total dissolve solid* (TDS) (LUTRON WA-2017SD), warna dan bau (uji organoleptik), *Total Coliform* dan *Escherichia coli* (metode analisa SM APHA.24 Ed., 9222J, 2023- metode CFU). Pengukuran menggunakan alat yang telah terkalibrasi secara rutin. Tiap parameter dilakukan sebanyak dua kali ulangan pada dua ulangan sampel.

2.2. Data Observasi

Data obesrvasi diperoleh dari observasi dan wawancara langsung terhadap responden. Data disajikan dalam bentuk tabel yang diproses di Ms Excel 2019. Kolom pada tabel terdiri dari faktor sanitasi yang dapat mempengaruhi kualitas air dan parameter kualitas air yang telah dianalisis. Data observasi disajikan pada Tabel 1.

2.3. Principal Component Analysis (PCA)

PCA merupakan teknik untuk mereduksi data dengan mengubah data yang memiliki banyakdimensi ke dimensi yang lebih sedikit dengan mempertahankan data yang paling berpengaruh dan

mereduksi data yang tidak diperukan (Bensoltane et.al; 2021). PCA diterapkan pada kumpulan data tanpa pengelompokan variabel. PCA mencari variabel baru yang dapat mewakili secara maksimum variabel asal (Nitasari et al. 2023). Tahapan PCA meliputi pengujian variabel yang ditentukan mengg menggunakan metode uji The Kaiser Meyer Olkin (KMO) dan Barlett test of Sphericity. Selanjutnya, perhitungan besar korelasi parsial melalui uji *Measure Sampling Adequacy* (MSA). Hasil yang diperoleh kemudian diproses Factoring yaitu menurunkan satu atau lebih faktor dari variabel-variabel yang diuji pada langkah sebelumnya. Foctor Loading kemudian diduga dengan penentuan jumlah faktor yang terbentuk dengan melihat nilai eigen yang lebih dari satu. Tahap berikutnya merupakan analisis skor faktor untuk mengukur yang paling representatif. Tahap akhir merupakan analisis model faktor yang diperoleh dari variabel bebas baru ($F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$) yang diregresikan dengan variabel tak bebas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis sampel air yang diperoleh dari tiap titik sampling di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1. Pemilihan titik sampel dilakukan berdasarkan pengamatan, dimana lokasi tersebut belum memenuhi persyaratan sanitasi dan penduduk yang tinggal di wilayah tersebut menggunakan air non-PDAM. Hasil analisis sampel menunjukkan air tidak memenuhi syarat air untuk higiene dan sanitasi sesuai parameter dari Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023., yaitu persyaratan keberadaan bakteri *coliform* seharusnya adalah 0 CFU/100mL.

Total coliform tertinggi terdapat pada sampel D sebanyak 198 CFU/100mL dan jumlah bakteri *Escherichia coli* sebanyak 54 CFU/100 mL. Fenomena ini terjadi karena diperkirakan dari kondisi sanitasi yang dipengaruhi jarak sumur dengan *septic tank*. Pada lokasi D, jarak antara septic tank dan sumber air berkisar pada 8 meter. Penelitian yang dilakukan oleh Sari dan Nurvaity (2020) menunjukkan hasil dimana jarak sumur berpengaruh terhadap kontaminasi air sumur melalui perembesan tanah. Jarak kurang dari 10 meter memungkinkan aliran limbah yang terbawa oleh air dalam tanah mengalir ke sumber air. Kondisi ini dapat diperparah dengan kondisi tanah yang memiliki poros tinggi, sehingga limbah dapat meresap dengan mudah dan menyebar secara luas.

Fenomena pada titik sampel E dan F menunjukkan *Total coliform* dan *Escherichia coli* yang tinggi. Pada titik ini, limbah domestik dibuang langsung ke badan air, yaitu sungai Brantas. Hal ini dilakukan karena lokasi ini tidak memiliki *septic tank*. Pembuangan langsung limbah domestik ke badan air menyebabkan sumber pencemar bagi sumber air di sekitarnya. Penelitian Syafrida et al. (2022) yang menyebutkan semakin dekat sumber pencemar dengan sumber air, maka semakin besar peluang kontaminasi bakteri *coliform* dan *Escherichia coli*.

Tabel 1. Data Observasi dan Analisis Sampel

Parameter	Sampel								Baku Mutu*
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Total Coliform (CFU/100mL)	184	118	129	198	195	176	124	192	0
<i>Escherichia coli</i> (CFU/100mL)	43	0	6	54	41	48	1	10	0
Suhu ©	25,2	24,8	24,8	24,9	24,8	25,3	24,8	24,7	suhu udara
Total Dissolve Solid (TDS) (mg/L)	308	335	324	374	354	264	282	217	<300
Kekeruhan (NTU)	0	0	0	0	0	0	0	0	<3
Warna	tidak berwarna	tidak berwarna	tidak berwarna	tidak berwarna	tidak berwarna	tidak berwarna	tidak berwarna	tidak berwarna	
Bau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau
pH	6,46	6,17	6,31	6,60	6,27	6,62	6,89	6,51	6,5-8,5
Jarak Sumur dengan septic tank (m)	>10	3	>10	8	tidak ada	tidak ada	12	tidak ada	10
dinding septic tank	plasteran	plasteran	plasteran	plasteran	tidak ada	tidak ada	plasteran	tidak ada	plasteran
Pengurasan	tidak pernah	1	tidak pernah	tidak pernah	tidak pernah	tidak pernah	tidak pernah	tidak pernah	per 3 tahun
kedalaman sumber air	17	14	15	17	20	10	15	16	-
Umur sumur (tahun)	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	>10	-

Sumber data hasil analisa

*Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023

Titik sampel B menunjukkan konsentrasi *Total coliform* dan *Escherichia coli* yang lebih rendah dibanding dengan titik sampel lain pada kondisi jarak sumber air dengan *septic tank* sebesar 3 meter. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil pada lokasi lain yang memiliki jarak lebih besar antara *septic tank* dan sumber air. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan masyarakat dengan rutin menguras *septic tank*, sehingga menurunkan peluang penyebaran bakteri coliform ke sumber air.

Hasil observasi menunjukkan sebanyak 3 (tiga) sampel memenuhi standar SNI 2398:2017, yaitu Tata cara perencanaan tangki septik dengan pengolahan lanjutan (sumur resapan, bidang resapan, up flow filter, kolam sanita). Sedangkan, sebanyak 2 (dua) sampel tidak memenuhi standar tersebut.

Data hasil analisis kualitas air yang diperoleh dari tiap lokasi selanjutnya dianalisa menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dengan aplikasi IBM SPSS Statistics 26. Parameter kekeruhan dikeluarkan dari parameter uji PCA, karena memiliki nilai 0 pada semua sampel. Apabila parameter kekeruhan dimasukkan akan menimbulkan analisis uji statistika menjadi eror. Hasil uji statistika deskriptif yang termasuk dalam rangkaian analisa PCA disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil uji deskriptif rata-rata parameter TDS, Total *Coliform* dan *Escherichia coli* tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Berdasarkan penelitian Yoneda

et al (2024), TDS, Total *Coliform* dan *Escherichia coli* merupakan parameter penilaian risiko kesehatan lingkungan. Selanjutnya, keberlangsungan kehidupan *Coliform* dan *Escherichia coli* di perairan ditentukan oleh intensitas cahaya matahari, keberadaan mikroba lain, suhu, pH dan TDS. Sehingga, nilai TDS pada penelitian ini kemungkinan besar berpengaruh terhadap keberadaan Total *Coliform* dan *Escherichia coli* di sumber air.

Tabel 2. Uji Statistika Deskriptif

Parameter	Mean	Standar Deviasi	Baku Mutu
pH	6,4788	0.23	6,5-8,5
Suhu	249,125	0.21	21-30
TDS (mg/L)	307,200	51	<300
Total Coliform (CFU/100mL)	164,500	34.6081	0
<i>Escherichia coli</i> (CFU/100mL)	216,260	21.26659	0

Sumber data hasil analisa SPSS

Hasil pengujian Bartlett dan Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) disajikan pada Tabel 3. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan variabel-variabel dalam data untuk analisis lebih lanjut.

Nilai signifikansi *Bartlett's Test of Sphericity* sebesar 0,086 (>0,05) menunjukkan bahwa matriks korelasi antarvariabel tidak berbeda secara signifikan dari matriks identitas. Hasil ini mengindikasikan bahwa hubungan antarvariabel masih relatif lemah sehingga data belum sepenuhnya memenuhi asumsi dasar untuk analisis *Principal Component Analysis* (PCA). Selain itu, nilai *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO)

sebesar 0,215 menunjukkan tingkat kecukupan sampel yang rendah (KMO < 0,50). Nilai tersebut dapat disebabkan oleh jumlah sampel yang terbatas, rendahnya korelasi antarvariabel, atau kombinasi keduanya, sehingga struktur komponen yang dihasilkan perlu diinterpretasikan secara hati-hati. (Rabbani, 2024).

Tabel 3. Hasil Uji KMO dan Bartlett

KMO and Bartlett's Test		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.215
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	16.495
	df	10
	Sig.	0.086

Sumber data hasil analisa SPSS

Selanjutnya, nilai Komunalitas variabel disajikan pada Tabel 4. Nilai Komunalitas menunjukkan seberapa baik suatu variabel dapat merepresentasikan faktor yang ditemukan. Nilai komunalitas variabel diatas 0,5 menunjukkan bahwa komponen tersebut mampu menjelaskan variabel-variabel dengan variansi diatas 50% (Nitasari et al, 2023). Pada hasil analisa tersebut parameter suhu tidak bisa menjelaskan variabel dengan variansi diatas 50%. Analisa korelasi juga dilakukan dalam rangkaian PCA. Tabel 5 menunjukkan hasil analisa korelasi antar parameter.

Tabel 4. Nilai Komunalitas Variabel

Communalities		
	Initial	Extraction
pH	1.000	0.638
Suhu	1.000	0.476
TDS	1.000	0.767
Total Coliform	1.000	0.757
<i>Escherichia coli</i>	1.000	0.967

Sumber data hasil analisa SPSS

Tabel 5. Korelasi

Korelasi					
	pH	Suhu	TDS	Total Coliform	<i>Escherichia coli</i>
pH	1	0.206	-0.392	0.063	-0.16
Suhu	0.206	1	-0.072	0.27	0.345
TDS	-0.392	-0.072	1	-0.013	0.518
Total Coliform	0.063	0.27	-0.013	1	0.801
<i>Escherichia coli</i>	-0.016	0.345	0.518	0.81	1

Sumber data hasil analisa SPSS

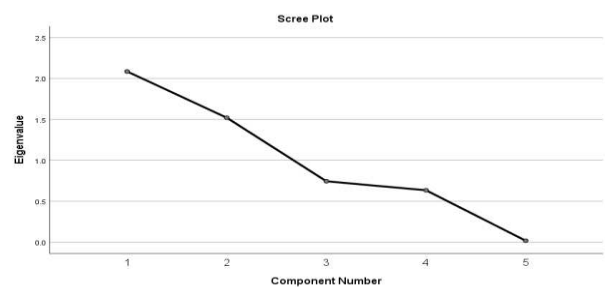
Hasil analisa korelasi selanjutnya menunjukkan hubungan Total Coliform tinggi dan *Escherichia coli* yang signifikan yaitu 0,801. Hasil ini mengindikasikan bahwa ketika nilai Total Coliform tinggi maka nilai *Escherichia coli* juga akan tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Odonkor dan Mahami (2020) yang

menyebutkan bahwa *Escherichia coli* hasil dari pencemaran feces dan limbah antropogenik pada lingkungan perairan menyumbang nilai total Koliform.

Nilai korelasi sebesar 0,801 menunjukkan hubungan yang kuat antara Total Coliform dan *Escherichia coli*, yang mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah bakteri coliform cenderung diikuti oleh peningkatan *E. coli*. Secara biologis, kondisi ini menunjukkan adanya kontaminasi fekal pada sumber air, yang umumnya berasal dari rembesan septic tank, limbah domestik, atau kotoran hewan di sekitar sumur. Menurut World Health Organization (WHO), *E. coli* merupakan indikator utama pencemaran fekal pada air minum, dan keberadaannya mengindikasikan potensi hadirnya mikroorganisme patogen lain yang dapat menyebabkan penyakit berbasis air (*waterborne diseases*), seperti diare, disentri, dan gastroenteritis. Oleh karena itu, korelasi yang tinggi antara Total Coliform dan *E. coli* menunjukkan bahwa kualitas mikrobiologi air sumur pada lokasi penelitian telah terpengaruh oleh kontaminasi fekal sehingga memerlukan perbaikan sistem sanitasi dan perlindungan sumber air untuk mengurangi risiko kesehatan masyarakat. (WHO, 2022).

Selanjutnya, untuk mengetahui faktor baru yang berpengaruh pada variabel lain dilakukan uji total variansi terdapat yang disajikan pada Tabel 6. Pengujian total variansi digunakan untuk menganalisis nilai eigen pada masing-masing komponen utama yang telah terbentuk dan menggambarkan variabel yang dianalisis (Nitasari et al. 2023).

Berdasarkan hasil analisa pada Tabel 6. Nilai eigen yang lebih 1 menunjukkan bahwa ada 2 (dua) komponen baru yang terbentuk pada penelitian ini dengan total variansi 72,111% dan sudah cukup mewakili variansi data secara keseluruhan. Selanjutnya dalam memudahkan penentuan banyaknya komponen utama juga dilakukan variansi scree plot. Scree plot adalah plot masing-masing komponen utama ke-k yang terbentuk dengan nilai eigen masing-masing. Hasil analisa scree plot dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Scree Plot Pembentukan Komponen
Sumber: Hasil Analisis SPSS

Tabel 6. Total Variansi

Component	Initial Eigenvalues			Total Variance Explained			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	2.085	41.708	41.708	2.085	41.708	41.708	2.048	40.956	40.956
2	1.520	30.404	72.111	1.520	30.404	72.111	1.558	31.155	72.111
3	0.744	14.873	86.984						
4	0.634	12.673	99.657						
5	0.017	0.343	100.000						

Extraction Method:Princial Component Analysis.

Sumber hasil analisa SPSS

Scree plot digunakan untuk menentukan jumlah komponen utama yang mampu menjelaskan variasi data berdasarkan nilai *eigenvalue*. Berdasarkan Gambar X, terjadi penurunan *eigenvalue* yang tajam dari komponen pertama ke komponen kedua, kemudian kurva mulai melandai pada komponen berikutnya. Pola ini menunjukkan bahwa dua komponen utama telah mampu menjelaskan sebagian besar variasi data, sedangkan komponen selanjutnya memberikan kontribusi yang relatif kecil. Oleh karena itu, interpretasi kualitas air difokuskan pada dua komponen utama sebagai representasi parameter yang paling berpengaruh terhadap variasi kualitas air (Hair et al., 2019).

Selanjutnya *loading factor* mengidentifikasi tiap komponen baru. Proses ini merujuk pada komponen yang telah dirotasi. Rotasi ini menggunakan metode Varimax. Hasil analisa *loading factor* yang telah dirotasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Matriks Komponen yang Dirotasi

	Rotated Component Matrix ^a	
	Component	
	1	2
pH	0.175	-0.780
Suhu	0.594	-0.350
TDS	0.226	0.846
Total Coliform	0.870	-0.017
<i>Escherichia coli</i>	0.925	0.334

Sumber data hasil analisa SPSS

Komponen pertama terdiri dari Total *Coliform* dan *Escherichia coli*. Penelitian Some et al (2021) menyebutkan bahwa keberadaan bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* dalam sumber air menandakan bahwa sumber air tersebut telah terkontaminasi oleh mikroorganisme. Kontaminasi sumber air oleh mikroorganisme dapat disebabkan karena adanya kontak sumber air dengan limbah domestik yang ada disekitar sumber air. Kontaminasi air oleh bakteri *Coliform* dan *Escherichia coli* dapat menyebabkan beragam penyakit seperti, diarek kolera dan tifus.

Komponen kedua terdiri dari pH dan TDS. Penelitian yang dilakukan oleh Dewangan (2023) menjelaskan bahwa pH menjadi parameter fundamental dalam menentukan kualitas air. pH dapat menentukan pertumbuhan organisme air. pH memiliki peran dalam keberdadaan partikel yang dapat meningkatkan kekeruhan pada air yang nantinya mempengaruhi intensitas cahaya ymag akan

diterima oleh sumbara air. pH juga berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme dalam air.

Total Dissolved Solids (TDS) merupakan jumlah padatan terlarut yang terdiri atas senyawa anorganik dan organik, seperti kalsium, magnesium, natrium, kalium, klorida, dan sulfat. Konsentrasi TDS dipengaruhi oleh faktor geogenik, seperti pelarutan mineral batuan dan tanah, serta aktivitas domestik, seperti rembesan septic tank, air limbah rumah tangga, dan limpasan permukiman. Peningkatan TDS umumnya diikuti oleh meningkatnya konduktivitas listrik karena bertambahnya konsentrasi ion terlarut, sedangkan hubungan dengan pH bergantung pada komposisi kimia penyusunnya. Pada kawasan permukiman, tingginya nilai TDS dapat mengindikasikan adanya pengaruh kontaminan domestik maupun proses geogenik yang berkontribusi terhadap penurunan kualitas air tanah (Islam et al., 2017; WHO, 2022). *Total Dissolved Solids* (TDS) merupakan total padatan terlarut yang terdiri atas senyawa anorganik dan organik, seperti ion kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), natrium (Na^+), kalium (K^+), bikarbonat (HCO_3^-), klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), serta sejumlah kecil bahan organik terlarut. Konsentrasi TDS dipengaruhi oleh faktor geogenik, seperti pelarutan mineral batuan dan tanah, maupun aktivitas antropogenik, terutama limbah domestik yang berasal dari rembesan septic tank, air limbah rumah tangga, deterjen, dan limpasan permukiman. Peningkatan TDS umumnya diikuti oleh meningkatnya konduktivitas listrik karena bertambahnya konsentrasi ion terlarut. Namun, hubungan antara TDS dan pH tidak bersifat linier karena bergantung pada komposisi kimia ion penyusunnya. Pada kawasan permukiman, tingginya TDS dapat mengindikasikan masuknya kontaminan dari aktivitas domestik atau proses geogenik yang berpotensi menurunkan kualitas air tanah. Oleh karena itu, TDS menjadi salah satu parameter penting dalam mengevaluasi tingkat pencemaran dan kelayakan sumber air bersih (Islam et al., 2017).

Kualitas sumber air diperngaruhi oleh lingkungan sekitar. Oleh karena itu sanitasi sangat berperan dalam mendukung baiknya kualitas sumber air terutama air yang akan digunakan dalam aktifitas sehari-hari. Sumber air mudah terkontaminasi oleh limbah domsestik ataupun sampah. Kontaminasi dapat terjadi adanya limpasan dan rembesan dari

limbah domestik yang selanjutnya akan masuk ke badan air baik berupa sungai ataupun sumber air lainnya (Syafarida et al, 2022).

Limbah domestik dalam lokasi penelitian dibuang langsung ke saluran darinase atau langsung ke badan air dalam hal ini adalah sungai. Pembuangan limbah domestik dan sampah rumah tangga ke dalam sungai dapat meningkatkan pencemaran air (Lonard, 2024). Pengelolaan limbah domestik masuk ke dalam cakupan sanitasi oleh karena itu sanitasi memiliki peran dalam terjadinya kontaminasi sumber air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak septic tank dengan sumber air berpengaruh terhadap kontaminasi bakteri *coliform* dan *Escherichia coli*. SN 2398:2017 menyebutkan bahwa standar jarak sumber air dengan *septic tank* minimal 10 m. Namun dalam praktiknya banyak yang tidak memenuhi syarat. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Achmad (2020) sumber air yang memiliki jarak kurang dari 10 m dengan *septic tank* positif mengandung bakteri *coliform* dan *Escherichia coli*. Pengurasan *septic tank* secara berkala juga menjadi alternatif dalam mengurangi kontaminasi bakteri *coliform* dan *Escherichia coli* pada sumber air.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh sampel air sumur di Kelurahan Bumiayu tidak memenuhi persyaratan kualitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Kondisi sistem sanitasi yang kurang memadai berhubungan dengan rendahnya kualitas air, terutama akibat kontaminasi bakteri *coliform* dan *Escherichia coli*. Analisis *Principal Component Analysis* (PCA) berhasil mengidentifikasi dua komponen utama yang menunjukkan bahwa bakteri *coliform*, *Escherichia coli*, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS) merupakan parameter dominan yang memengaruhi variasi kualitas air. Hasil ini menunjukkan bahwa PCA dapat digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan parameter prioritas dalam evaluasi kualitas air dan mendukung pengelolaan sanitasi perkotaan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah sampel yang relatif sedikit serta nilai *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) yang rendah, sehingga hasil PCA perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar dan cakupan wilayah yang lebih luas untuk meningkatkan representativitas analisis. Selain itu, diperlukan monitoring kualitas air tanah secara berkala serta perbaikan sistem sanitasi, khususnya pengelolaan septic tank dan perlindungan sumber air, sebagai upaya menekan risiko pencemaran mikrobiologis di kawasan permukiman.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, B. K., Jayadipraja, E. A., & Sunarsih, S. (2020). Hubungan sistem pengelolaan (Konstruksi) air limbah tangki septik dengan kandungan *Escherichia*

coli TERHADAP kualitas air sumur gali. *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama*, 9(1), 24-36.

Annisa Isni Oktafiani, Nursiwi Nugraheni. (2024). Mewujudkan Sustainable Development Goals (SDGS) Tentang Penyediaan Air Bersih dan Sanitasi. *Madani: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4), 192-197. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11127599>

Ashillah, A. H., Zakianis, Z., Kusnopranto, H., Fitratunnisa, E. P., Fauzia, S., Lestari, F., Shaw, R., & Adiwibowo, A. (2025). Linking Urban Sustainability and Water Quality: Spatial Analysis of Topographic, Sociodemographic, and Flood-Related Factors Affecting Well Water in Jakarta (2017-2019). *Sustainability*, 17(8), 3373. <https://doi.org/10.3390/su17083373>

Badan Pusat Statistik Malang, Persentase Rumah Tangga Menurut Tempat Pembuangan Akhir Tinja di Kota Malang (Persen) Malang : Badan Pusat Statistik

Devianto, L. A., Lusiana, N., & Ramdani, F. (2019). Analisis kerentanan pencemaran air tanah di Kota Batu menggunakan analisis multikriteria spasial dengan indeks DRASTIC. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 7(2), 90-104.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.

Haribowo, R., Megah, S., & Rosita, W. (2019). Efisiensi Sistem Multi Soil Layering Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Pada Daerah Perkotaan Padat Penduduk. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 10(1), 11-27.

Hasan, H. (2018). *Konsep Penanganan Sanitasi Permukiman Kumuh di Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang* (Doctoral dissertation, ITN Malang).

Islam, R., Faysal, S. M., Amin, R., Juliana, F. M., Islam, M. J., Alam, J., ... & Asaduzzaman, M. (2017). Assessment of pH and total dissolved substances (TDS) in the commercially available bottled drinking water. *IOSR Journal of Nursing and health Science*, 6(5), 35-40.

Januari, A. D., Rusdayanti, N., Kardian, S., & Shara, S. (2024). Urbanisasi Jakarta dan dampaknya terhadap sosial ekonomi dan lingkungan. *Sustainable Transportation and Urban Mobility*, 1(1).

Kurniadi, Y., Saam, Z., & Afandi, D. (2013). Faktor kontaminasi bakteri *E. coli* pada makanan jajanan dilingkungan kantin sekolah dasar wilayah Kecamatan Bangkinang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 7(1), 28-37.

Leonard, F. (2024). Identifikasi Risiko Pencemaran Air Limbah Domestik. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 2(1), 33-42.

Maizunati, N. A., & Arifin, M. Z. (2017). Pengaruh Perubahan Jumlah Penduduk Terhadap Kualitas Air di Indonesia. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 15(2), 207-215

Mohamed Amine, B., Zeghadnia, L., Nesrine, B., Matta, G., & Boranen, S. (2021). Drinking water quality assessment using Principal Component Analysis: Case study of the town of Souk Ahras, Algeria. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(6), 3069-3075.

Nitasari, A. N., Salsabila, F. N., Ramadhanty, D. T., Anggriawan, M. R., Amelia, D., Mardianto, M. F. F., & Ana, E. (2023). Reduksi Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Air Hujan dengan Metode

- Wardah, N. N., Kartikaningsih, H., dan Koentjoro, M. P. (2026). Kajian Sistem Sanitasi dan Analisis Keberadaan Bakteri Coliform pada Sumber Air Sumur di Kelurahan Bumiayu Kota Malang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 24(3), 534-541, doi:10.14710/jil.24.3.534-541
- Analisis Komponen Utama. *Zeta-Math Journal*, 8(1), 7-15.
- Odonkor ST, Mahami T. *Escherichia coli* as a Tool for Disease Risk Assessment of Drinking Water Sources. *Int J Microbiol.* 2020 Jun 15;2020:2534130. doi: 10.1155/2020/2534130. PMID: 32612658; PMCID: PMC7313150.
- Peraturan Menteri Kesehatan, 2023. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan
- Rabbani, D. D. (2024). Analisis Pengaruh Faktor pada Stunting di Jawa Timur Tahun 2021 Menggunakan Metode Principal Component Analysis (PCA). *Mutiara: Multidiciplinary Scientifict Journal*, 2(11).
- Sari, Y., & Situmorang, N. (2020). Pengaruh jarak kandang ternak terhadap total coliform pada air sumur gali di Desa Klambir. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 6(2), 186-195.
- SNI 8995:2021 : Metode Pengambilan Contoh Air untuk Pengujian Fisika dan Klmia
- SNI, 2017. SNI 2398:2017 : Tata Cara Perencanaan Tangki Septik dengan Pengolahan Lanjutan (Sumur Resapan, Bidang Resapan, Up Flow Filter, Kolam Sanita). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Some, S., Mondal, R., Mitra, D., Jain, D., Verma, D., & Das, S. (2021). Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment. *Energy Nexus*, 1, 100008.
- Syafarida, U. Y., Jati, D. R., & Sulastrri, A. (2022). Analisis Hubungan Konstruksi Sumur Gali dan Sanitasi Lingkungan Terhadap Jumlah Bakteri Coliform Dalam Air Sumur Gali (Studi Kasus: Desa PAL IX, Kecamatan Sungai Kakap). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 437-444.
- UNICEF, & World Health Organization. (2023). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: Special focus on gender*. New York: United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization.
- World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda*. Geneva: World Health Organization.
- Yoneda, I., Nishiyama, M., & Watanabe, T. (2024). Comparative experiment to select water quality parameters for modelling the survival of *Escherichia coli* in lakes. *Environmental Pollution*, 357, 124423.