

Analisis Kualitas Air Sumur Gali di Lokasi Rencana Gedung X Kelurahan Arfai, Kabupaten Manokwari, Papua Barat

Analysis of Water Quality of Dug Wells at the Planned Location of Building X, Arfai Village, Manokwari Regency, West Papua

David Victor Mamengko¹, Agnes Dyah Novitasari Lestari², Sabarita Sinuraya³, Pribowo Angling Kusumo⁴, Sri Haryono⁵, Dewi Eviane^{6*)}

¹Jurusan Geologi, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua, Manokwari, Indonesia

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Manokwari, Indonesia

³Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Manokwari, Indonesia

⁴Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Universitas Papua, Manokwari, Indonesia

⁵Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Proklamasi 45, Yogyakarta, Indonesia

⁶Program Studi Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Institut Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

***) Corresponding author:** dewieeviane@ity.ac.id

ABSTRAK

Article history:

Received: 8 July 2026

Revised: 22 July 2026

Accepted: 23 July 2026

Available online: 23 July 2026

Kata kunci:

Kualitas air tanah
baku mutu
Papua Barat

Kualitas air tanah merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan rona awal suatu kawasan sebelum pembangunan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal kualitas air tanah di sekitar lokasi rencana pembangunan Gedung X di kawasan Arfai, Manokwari, berdasarkan parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi. Sampel air tanah diambil dari dua sumur yang berada di sekitar lokasi kegiatan, yaitu sumur kantor Badan Pengawasan Keuangan dan Pembangunan dan kantor Departemen Agama. Sampel dianalisis menggunakan metode pengujian kualitas air yang berlaku dan dibandingkan dengan baku mutu air sungai kelas 2 pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI dan baku mutu air minum pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Pada parameter fisika, suhu air antara 29,8–30,0°C, daya hantar listrik sebesar 332–580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, serta konsentrasi TDS, TSS, dan kekeruhan yang relatif rendah. Pada parameter kimia, terukur pH netral hingga sedikit basa (7,16–7,66), BOD <2 mg/L, COD <3 mg/L, dan DO sebesar 4,3–5,1 mg/L, yang

mengindikasikan rendahnya beban bahan organik. Konsentrasi sulfat, nutrien, fluorida, dan logam terlarut relatif rendah, sedangkan minyak dan lemak serta deterjen total tidak menunjukkan indikasi masukan pencemar yang signifikan. Parameter mikrobiologi berupa *fecal coliform* dan *total coliform* juga berada pada konsentrasi sangat rendah atau di bawah batas deteksi. Secara keseluruhan, kualitas air tanah pada kedua titik pengamatan masih berada dalam kondisi baik dan belum menunjukkan tekanan antropogenik yang berarti.

ABSTRACT

Keywords:

Groundwater quality
quality standards
West Papua

Groundwater quality is an important parameter for determining the initial character of an area before infrastructure development. This study aims to determine the initial condition of groundwater quality around the planned construction site of Building X in the Arfai Village, Manokwari, based on physical, chemical, and microbiological parameters. Groundwater samples were taken from two wells located near the activity site, namely the Financial and Development Supervisory Board well and the Religion Governmental Office office well. The samples were analyzed using applicable water quality testing methods and compared with the class 2 river water quality standards in Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021 Appendix VI and the drinking water quality standards in Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 2 of 2023. For physical parameters, the water temperature was between 29.8–30.0°C, electrical conductivity was 332–580 µS/cm, and the concentrations of TDS, TSS, and turbidity were relatively low. Chemical parameters measured were neutral to slightly alkaline pH (7.16–7.66), BOD <2 mg/L, COD <3 mg/L, and DO of 4.3–5.1 mg/L, indicating low organic matter load. Concentrations of sulfate, nutrients, fluoride, and dissolved metals were relatively low, while oil and grease and total detergent did not indicate significant pollutant input. Microbiological parameters such as fecal coliform and total coliform were also at very low concentrations or below the detection limit. Overall, groundwater quality at both observation points remained in good condition and did not show significant anthropogenic pressure.

© 2026 The Author(s). Published by ITY

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



PENDAHULUAN

Provinsi Papua Barat merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang tengah mengalami perkembangan pembangunan. Kawasan Kelurahan Arfai, di Kota Manokwari merupakan lokasi baru kawasan kantor pemerintahan yang mengalami pertumbuhan, baik sektor ekonomi, sosial masyarakat, maupun pemerintahan. Perkembangan aktivitas di kawasan ini perlu didukung oleh penyediaan fasilitas publik yang memadai, salah satunya melalui pembangunan Gedung X. Gedung X dalam perencanaannya akan difungsikan sebagai ruang pertemuan skala besar dengan daya tampung hingga 1.000 orang yang akan dibangun berdekatan dengan kantor KPPN (BPKP Provinsi Papua Barat) dan kantor Agama (Depag). Proyeksi kapasitas operasional gedung yang besar tersebut secara langsung akan meningkatkan permintaan terhadap infrastruktur dasar, terutama sistem penyediaan air bersih. Air merupakan komponen fundamental dalam lingkungan yang memiliki peranan krusial dalam mendukung kelangsungan hidup flora, fauna, serta manusia. Bagi aktivitas domestik maupun fasilitas publik, air bersih dibutuhkan untuk berbagai kebutuhan esensial seperti konsumsi, sanitasi, hingga pemeliharaan gedung.

Pemenuhan kebutuhan air untuk menunjang aktivitas pembangunan dan domestik masyarakat di Kelurahan Arfai masih sangat bergantung pada pemanfaatan air tanah. Berdasarkan karakteristik hidrologisnya, sumber daya air tanah ini dapat dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu air sumur dalam dan air sumur dangkal. Sumur gali, yang umumnya memiliki kedalaman sekitar 7-10 m dari permukaan tanah, merupakan jenis konstruksi yang paling banyak dimanfaatkan oleh masyarakat dan sektor rumah tangga untuk memenuhi kebutuhan air minum (Prabowo et al., 2021). Karakteristik hidrologis juga berpengaruh terhadap kualitas air tanah. Kedalaman dan umur sumur mempengaruhi kualitas air. Kedalaman sumur memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap kualitas air dibandingkan umur sumur. Kendati demikian, karena bersumber dari akuifer dangkal yang dekat dengan permukaan tanah, air dari sumur gali sangat rentan terhadap kontaminasi akibat aktivitas antropogenik di sekitarnya. Sebaliknya dengan penggunaan teknologi sumur bor. Sumur ini mampu menjangkau lapisan air tanah yang lebih dalam melalui proses pengeboran, sehingga air yang dihasilkan cenderung lebih terlindung dari risiko pencemaran permukaan (Ningrum, 2018).

Sumur gali ataupun sumur bor di Papua Barat memiliki berbagai macam kualitas air. Pada penelitian kualitas air sumur gali di dekat SPBU Rendani, Kelurahan Wosi, Kecamatan Manokwari Barat, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat yang berupa parameter fisika yaitu *Total Dissolved Solid* (TDS), suhu, dan kekeruhan, dan parameter kimia yang terdiri dari sulfat, nitrat, besi, mangan, dan pH diketahui memenuhi standar baku mutu, sedangkan parameter kimia seperti nitrit dan kromium(VI) dan parameter biologi berupa *total coliform* tidak memenuhi standar baku mutu sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut untuk dikonsumsi (Mamengko et al., 2023). Penelitian lain tentang kualitas air sumur gali di Pulau Doom, Sorong menunjukkan parameter fisika yang berupa pH, TDS, *conductivity*, salinitas, *turbidity* dan suhu tidak memenuhi standar baku mutu (Rahmatullah et al., 2025).

Penelitian terkait kualitas air sumur bor di Malaingkei, Kota Sorong, Papua Barat Daya menunjukkan parameter fisika seperti warna, bau, TDS, konduktivitas, salinitas dan parameter kimia seperti pH secara umum masih memenuhi baku mutu (Arbiatun et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian mengenai kualitas air tanah di Papua Barat telah dilakukan, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada kualitas air di kawasan permukiman yang telah berkembang atau wilayah yang telah mengalami aktivitas antropogenik, seperti kawasan sekitar SPBU (Mamengko et al., 2023), permukiman pesisir, maupun lingkungan perkotaan (Lestari et al., 2025), sedangkan pada penelitian ini dilakukan di sekitar area dengan aktivitas antropogenik rendah. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kualitas air tanah pada kawasan rencana pembangunan Gedung X di Kelurahan Arfai, Kota Manokwari, melalui analisis parameter fisika dan kimia yang mengacu pada baku mutu air bersih yang berlaku di Indonesia. Informasi yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi acuan dalam program pemantauan lingkungan jangka panjang, mendukung proses pengambilan keputusan pada tahap pembangunan dan operasional gedung, serta memberikan kontribusi ilmiah terhadap kajian pengelolaan sumber daya air tanah di wilayah yang sedang mengalami perkembangan pembangunan.

BAHAN DAN METODE

Metode

Sampel air sumur gali dikumpulkan pada tanggal 27 November 2025 dari dua lokasi, yaitu sumur di kawasan Kantor KPPN (BPKP Provinsi Papua Barat) yang selanjutnya disebut Sumur 1 dan sumur di Kantor Kementerian Agama di Kelurahan Arfai sebagai Sumur 2, Kota Manokwari, Provinsi Papua Barat. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu memilih sumur yang berada di sekitar kawasan rencana pembangunan Gedung X dan mewakili sumber air tanah yang dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Pengambilan sampel dilaksanakan pada musim penghujan untuk memperoleh gambaran kualitas air tanah pada saat kondisi akuifer menerima imbuhan (*recharge*) yang tinggi dan ketersediaan air relatif optimal.

Pengambilan sampel air dilakukan mengacu pada prosedur standar pengambilan sampel air untuk analisis kualitas air. Sebelum pengambilan sampel, air sumur dialirkan selama beberapa menit untuk menghilangkan air yang telah lama berada di dalam pipa atau wadah penampungan sehingga sampel yang diperoleh lebih merepresentasikan kondisi air tanah di dalam akuifer. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel yang telah dibersihkan dan disesuaikan dengan jenis parameter yang akan dianalisis. Seluruh sampel diberi label, disimpan dalam *cool box* pada suhu sekitar 4°C, dan segera dikirim ke laboratorium untuk meminimalkan perubahan karakteristik fisika, kimia, maupun mikrobiologi selama proses transportasi. Pengambilan, pengawetan, dan pengangkutan sampel air mengacu pada

SNI 8995:2021 tentang Pengambilan Contoh Air Tanah, sesuai dengan jenis sumber air yang diteliti.

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif melalui pengujian laboratorium terhadap sampel air tanah. Analisis dilakukan di PT RND Teknologi Indonesia, laboratorium yang telah terakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN) berdasarkan standar ISO/IEC 17025:2017. Parameter yang dianalisis meliputi karakteristik fisika, kimia, dan mikrobiologi, sedangkan baku mutu kualitas air mengacu pada baku mutu air sungai kelas 2 sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI serta baku mutu air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Penggunaan kedua acuan tersebut dimaksudkan untuk mengevaluasi kualitas air tanah tidak hanya dari aspek kelayakan lingkungan sebagai sumber daya air, tetapi juga dari aspek potensi pemanfaatannya sebagai sumber air baku yang memenuhi persyaratan kesehatan bagi masyarakat. Metode analisis yang digunakan untuk setiap parameter disajikan pada Tabel 1.

Alat

Peralatan pengambilan sampel yang digunakan adalah botol polietilen, pH meter, kotak pendingin, kantong plastik, DO meter, TDS meter, dan refraktometer genggam. Peralatan penghancuran dan analisis adalah seperangkat alat refluks, kertas saring Whatman 41, oven, dan Spektrofotometer Serapan Atom.

Bahan

Bahan yang digunakan adalah sampel air, sedimen, asam nitrat (HNO_3), dan asam perklorat (HClO_4).

Tabel 1. Parameter dan Metode Analisis Air

No	Parameter	Metode Analisis	Metode	Alat
A	FISIKA			
1	Suhu*)	°C		termometer
2	DHL*)	$\mu\text{S}/\text{cm}$		conductivity meter
3	TDS	SNI 06-6989.27-2005	TDS langsung	
4	TSS	SNI 06-6989.3-2004	gravimetri	
5	Kekeruhan	SNI 06-6989.25-2005	-	turbidimeter (nephelometer)
B	KIMIA			
6	pH*)	SNI 06-6989.11-2004	-	pH meter
7	BOD	SNI 6989.72:2009	Inkubasi 5 hari	
8	COD	SNI 6989.73:2009	Oksidasi kimia	
9	DO*)	SNI 6989.14:2009		DO meter
10	Sulfat	SNI 6989.20:2009	Spektrometri	
11	Nitrat	SNI 6989.79:2011	Spektrometri	
12	Nitrit	SNI 6989.9:2004	Spektrometri	

No	Parameter	Metode Analisis	Metode	Alat
13	Amonia	SNI 6989.30:2005	Spektrometri	
14	Fosfat	SNI 06-6989.31-2005	Spektrometri	
15	Fluorida	SNI 06-6989.29-2005	Spektrometri	
16	Sulfida	APHA 4500-S ²⁻ F	Spektrometri	
17	Besi (Fe)	SNI 6989.4:2009	Spektrometri	
18	Mangan (Mn)	SNI 6989.5:2009	Spektrometri	
19	Kobalt (Co)	-	-	Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)
20	Tembaga (Cu)			AAS
21	Cr(VI)	SNI 6989.71:2009		
22	Minyak & Lemak	SNI 6989.10:2011	Ekstraksi	
23	Detergen	SNI 06-6989.51-2005	Spektrometri	
C MIKROBIOLOGI				
24	Fecal Coliform	SNI 01-2332.1-2006	Most Probable Number (MPN)	
25	Total Coliform	SNI 01-2332.1-2006	Most Probable Number (MPN)	

Keterangan: * Baku mutu air sungai kelas 2 PP nomor 22 tahun 2021

** Baku mutu air minum Permenkes nomor 2 tahun 2023

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis kualitas air Sumur 1 dan Sumur 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kualitas Air

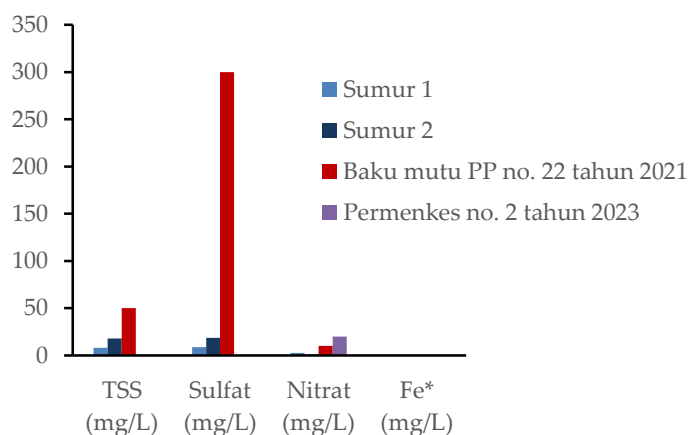
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu air*	Baku mutu air minum**	Sumur 1	Sumur 2
A FISIKA						
1	Suhu*)	°C	Deviasi ±3		30,0	29,8
2	DHL*)	µS/cm	-		580	332
3	TDS	mg/L	1000	<300	291	169
4	TSS	mg/L	50		8	18
5	Kekeruhan	NTU	-	<3	4,94	12,6
B KIMIA						
6	pH*)	-	6-9	6,5-8,5	7,16	7,66
7	BOD	mg/L	3		<2	<2
8	COD	mg/L	25		<3	<3
9	DO*)	mg/L	≥4		8,3	7,7
10	Sulfat	mg/L	300		8,8	18,7

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu air*	Baku mutu air minum**	Sumur 1	Sumur 2
11	Nitrat	mg/L	10	20	2,74	1,06
12	Nitrit	mg/L	0,06	3	<0,02	<0,02
13	Amonia	mg/L	0,2	1,5	<0,03	<0,03
14	Fosfat	mg/L	0,2	0,2	<0,02	<0,02
15	Fluorida	mg/L	1,5		<0,06	<0,06
16	Sulfida	mg/L	0,002		<0,001	<0,001
17	Besi (Fe)	mg/L	-	0,2	0,032	0,073
18	Mangan (Mn)	mg/L	-	0,1	<0,01	<0,01
19	Kobalt (Co)	mg/L	0,2		<0,04	<0,04
20	Tembaga (Cu)	mg/L	0,02		<0,007	<0,007
21	Cr(VI)	mg/L	0,05	0,01	<0,03	<0,03
22	Minyak & Lemak	mg/L	1		<0,8	<0,8
23	Detergen	mg/L	0,2		<0,08	<0,08
C MIKROBIOLOGI						
24	Fecal Coliform	MPN/100 mL	1000		<1	<1
25	Total Coliform	MPN/100 mL	5000	0	<1	2

Keterangan: * Baku mutu air sungai kelas 2 PP nomor 22 tahun 2021

** Baku mutu air minum Permenkes nomor 2 tahun 2023

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata parameter fisika, kimia dan biologi kualitas air di Sumur 1 dan Sumur 2 masih berada di bawah baku mutu air sungai kelas 2 PP RI nomor 22 tahun 2021 lampiran VI dan berada di bawah baku mutu air minum Permenkes nomor 2 tahun 2023. Gambar 1 menunjukkan grafik konsentrasi beberapa parameter kualitas air tanah yang dapat dideteksi secara kuantitatif disertai baku mutu air sungai kelas 2 PP RI nomor 22 tahun 2021 lampiran VI dan baku mutu air minum Permenkes nomor 2 tahun 2023.



Keterangan: * nilai Fe < 0,1 mg/L dan baku mutu Permenkes no. 2 tahun 2023 adalah 0.2 mg/L

Gambar 1. Hasil pengukuran TSS, konsentrasi sulfat, nitrat, dan Fe

Parameter Fisika

Tabel 2 menunjukkan suhu air tanah pada kedua titik pengamatan di sekitar lokasi rencana pembangunan gedung X masih berada dalam kisaran baku mutu yang dipersyaratkan dan tidak menunjukkan adanya anomali suhu. Suhu sebesar 29,8–30,0°C mengindikasikan bahwa kondisi suhu akuifer masih berada pada kondisi alami serta belum dipengaruhi oleh aktivitas antropogenik yang menghasilkan beban panas. Kondisi tersebut sejalan dengan penelitian Hilman et al. (2023) yang menyatakan bahwa suhu air tanah pada kawasan dengan tekanan lingkungan yang rendah cenderung stabil dan mencerminkan kondisi hidrogeologi alami. Variasi suhu air tanah umumnya dipengaruhi oleh kedalaman akuifer dan kondisi geologi, sedangkan peningkatan suhu yang signifikan biasanya berkaitan dengan aktivitas manusia di permukaan. Suhu merupakan salah satu parameter fisik penting yang memengaruhi proses hidrogeokimia dan kelarutan mineral dalam air tanah (Bounab et al., 2022).

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai daya hantar listrik (DHL) air tanah pada Sumur 1 dan Sumur 2 masing-masing sebesar 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan 332 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kandungan ion terlarut masih tergolong rendah hingga sedang sehingga belum mengindikasikan adanya pencemaran anorganik. Walaupun PP nomor 22 tahun 2021 tidak menetapkan baku mutu DHL secara spesifik, parameter ini memiliki hubungan yang erat dengan konsentrasi total padatan terlarut (TDS). Nilai DHL di bawah 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ umumnya mencerminkan tingkat mineralisasi yang masih rendah hingga sedang (Hilman et al., 2023). Selain itu, Prayitno et al. (2023) melaporkan bahwa peningkatan nilai DHL umumnya dipengaruhi oleh pelarutan mineral, kondisi geologi, serta aktivitas domestik di sekitar akuifer. Temuan tersebut juga didukung oleh Bounab et al. (2022) menjelaskan bahwa variasi DHL berkaitan erat dengan komposisi ion utama hasil interaksi air dengan batuan penyusun akuifer.

Nilai TDS pada kedua lokasi masih berada jauh di bawah baku mutu sebesar 1.000 mg/L sebagaimana ditetapkan dalam PP nomor 22 tahun 2021 lampiran VI. Kondisi ini menunjukkan bahwa air tanah di sekitar lokasi penelitian belum mengalami peningkatan kandungan zat terlarut akibat aktivitas domestik maupun sumber pencemar lainnya. Rendahnya nilai TDS menunjukkan bahwa proses pelarutan mineral masih berlangsung secara alami dan belum dipengaruhi secara signifikan oleh aktivitas antropogenik (Prayitno et al., 2023). Nilai TDS dipengaruhi oleh proses hidrogeokimia, karakteristik litologi, serta waktu kontak air dengan media batuan (Bounab et al., 2022).

Nilai TSS yang relatif rendah menunjukkan bahwa air tanah pada kedua lokasi memiliki kandungan partikel tersuspensi yang minimal sehingga kondisi fisiknya masih tergolong baik. Rendahnya konsentrasi TSS mengindikasikan bahwa proses filtrasi alami oleh lapisan tanah dan akuifer masih berlangsung secara efektif. Air tanah dengan TSS rendah umumnya berasal dari akuifer yang masih terlindungi dengan baik sehingga tidak banyak menerima masukan sedimen dari permukaan (Hilman et al., 2023). Selain itu, Prayitno et al. (2023) menjelaskan bahwa peningkatan TSS biasanya disebabkan oleh kerusakan konstruksi sumur, infiltrasi air permukaan, maupun gangguan pada lapisan akuifer.

Nilai kekeruhan pada kedua lokasi masih berada pada kategori rendah hingga sedang sehingga menunjukkan bahwa kualitas fisik air tanah masih baik. Variasi kekeruhan antar sumur diperkirakan dipengaruhi oleh perbedaan konstruksi sumur, kondisi pelindung sumur, serta karakteristik material penyusun akuifer. Penelitian Afriyani et al. (2024) menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan yang rendah umumnya dijumpai pada sumur dengan sistem perlindungan yang baik dan kondisi akuifer yang masih stabil. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Wijayanti et al. (2025) yang melaporkan bahwa peningkatan kekeruhan sering berkaitan dengan masuknya partikel halus akibat aktivitas antropogenik serta berhubungan dengan perubahan parameter kualitas air lainnya seperti TDS dan kandungan logam. Perbedaan nilai kekeruhan antara sumur kantor Depag dan kantor BPKP dapat dikaitkan dengan perbedaan konstruksi sumur, kondisi pelindung mulut sumur, serta variasi lokal material akuifer. Sumur dengan konstruksi yang lebih kedap dan sistem penyaringan yang baik cenderung menghasilkan air dengan tingkat kekeruhan yang lebih rendah.

Parameter Kimia

Hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas kimia air tanah pada dua titik pengamatan di sekitar lokasi rencana pembangunan Gedung X secara umum masih berada dalam kondisi baik berdasarkan PP nomor 22 tahun 2021 lampiran VI dan Permenkes nomor 2 tahun 2023. Nilai pH air tanah pada Sumur 1 dan Sumur 2 masing-masing sebesar 7,16 dan 7,66, yang menunjukkan kondisi netral hingga sedikit basa. Kisaran tersebut mengindikasikan bahwa sistem air tanah relatif stabil secara geokimia. Variasi pH dan karakteristik kimia air tanah dipengaruhi oleh interaksi air-batuan, pelapukan dan pelarutan mineral penyusun akuifer, pertukaran ion, kondisi hidrogeologi yang menentukan waktu interaksi air dengan media geologi, serta masukan bahan terlarut dari aktivitas antropogenik di permukaan (Manu et al., 2023; Qian et al., 2023). Perbedaan pH yang relatif kecil antara kedua lokasi lebih mungkin mencerminkan heterogenitas hidrogeologi lokal dibandingkan pengaruh pencemaran antropogenik.

Kondisi bahan organik dalam air tanah dievaluasi berdasarkan parameter *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), dan *dissolved oxygen* (DO). Nilai BOD pada kedua lokasi <2 mg/L dan COD <3 mg/L menunjukkan rendahnya kandungan bahan organik yang dapat terdegradasi secara biologis maupun senyawa yang dapat dioksidasi secara kimia. Pada sisi lain, nilai DO sebesar 4,3–5,1 mg/L menunjukkan bahwa air tanah masih memiliki kandungan oksigen terlarut yang relatif memadai. Kombinasi BOD dan COD yang rendah serta DO yang relatif tinggi menunjukkan bahwa air tanah di sekitar lokasi penelitian belum mengalami tekanan pencemaran organik yang berarti berdasarkan parameter yang dianalisis. Pada sistem air tanah, rendahnya konsentrasi bahan organik dapat berkaitan dengan proses filtrasi selama infiltrasi melalui zona tidak jenuh, degradasi bahan organik oleh mikroorganisme, dan terbatasnya sumber pencemar di sekitar sumur. Sebaliknya, masuknya limbah domestik, kebocoran sistem sanitasi, limbah peternakan, dan sumber bahan organik lainnya dapat meningkatkan kebutuhan oksigen biologis dan kimia serta menurunkan konsentrasi oksigen terlarut. Penelitian Abdullahi et al. (2021) menunjukkan bahwa perairan yang menerima tekanan limbah

peternakan memiliki nilai BOD dan COD lebih tinggi dibandingkan kondisi yang dijumpai pada lokasi penelitian ini. Hasil tersebut memperkuat interpretasi bahwa rendahnya BOD dan COD di sekitar Gedung X mencerminkan terbatasnya beban bahan organik dari aktivitas antropogenik. Studi kualitas air di Indonesia juga menunjukkan bahwa perubahan BOD, COD, dan DO merupakan indikator penting dalam mengidentifikasi tekanan pencemaran akibat aktivitas manusia, terutama pada wilayah dengan intensitas penggunaan lahan yang tinggi (Istomi et al., 2025). Meskipun demikian, hasil pengukuran dua titik sumur hanya menggambarkan kondisi kualitas air tanah pada saat pengambilan sampel. Variasi musiman, perubahan penggunaan lahan, dan peningkatan aktivitas pembangunan dapat memengaruhi dinamika bahan organik dan kondisi redoks akuifer. Oleh karena itu, pemantauan BOD, COD, dan DO secara periodik diperlukan untuk mendeteksi perubahan kualitas air tanah setelah pembangunan dan pengoperasian Gedung X.

Pada parameter sulfat, konsentrasi sulfat sebesar 6,7–9,8 mg/L menunjukkan kandungan sulfat yang relatif rendah. Sulfat dalam air tanah dapat berasal dari pelarutan mineral yang mengandung sulfur, oksidasi mineral sulfida, deposisi atmosfer, maupun masukan antropogenik. Rendahnya konsentrasi sulfat pada kedua titik menunjukkan bahwa proses pelarutan mineral sulfur berlangsung secara terbatas dan belum terdapat indikasi masukan antropogenik yang signifikan berdasarkan parameter tersebut.

Konsentrasi nitrat pada Sumur 1 sebesar 2,1 mg/L dan pada Sumur 2 <1 mg/L, sedangkan nitrit <0,02 mg/L dan amonia <0,02 mg/L. Rendahnya konsentrasi ketiga spesies nitrogen tersebut menunjukkan bahwa air tanah belum menerima masukan nitrogen antropogenik dalam jumlah besar. Nitrat merupakan salah satu indikator yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh aktivitas manusia terhadap kualitas air tanah karena mobilitasnya relatif tinggi dalam lingkungan oksidatif. Sumber utama peningkatan nitrat meliputi kebocoran tangki septik, penggunaan pupuk, limbah peternakan, dan infiltrasi air limbah domestik. Sebaliknya, amonia lebih dominan pada lingkungan yang menerima masukan bahan organik segar atau berada dalam kondisi reduktif, sedangkan nitrit merupakan senyawa antara dalam transformasi nitrogen. Rendahnya nitrat, nitrit, dan amonia yang disertai DO relatif tinggi menunjukkan bahwa sistem air tanah di sekitar Gedung X belum mengalami tekanan pencemaran nitrogen yang berarti. Namun, rendahnya nitrit tidak secara langsung dapat digunakan untuk menyimpulkan bahwa proses nitrifikasi berlangsung secara sempurna karena konsentrasi senyawa nitrogen dipengaruhi oleh sumber nitrogen, kondisi redoks, aktivitas mikroorganisme, waktu tinggal air, dan karakteristik hidrogeologi. Penelitian hidrogeokimia menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat dalam air tanah merupakan hasil interaksi antara sumber antropogenik dan proses alami yang berlangsung sepanjang jalur aliran air tanah. Peningkatan aktivitas pertanian, sistem sanitasi yang tidak memadai, dan limbah peternakan dapat meningkatkan konsentrasi nitrat secara signifikan. Penelitian (Mathialagan et al., 2017) pada akuifer dangkal di kawasan tropis Kelantan menunjukkan bahwa sebagian besar air tanah memiliki konsentrasi nitrat dan fluorida rendah hingga sedang, sedangkan

peningkatan nitrat terutama berkaitan dengan penggunaan pupuk, pembuangan limbah domestik, dan pengelolaan limbah peternakan yang kurang baik.

Konsentrasi fosfat pada kedua sumur juga sangat rendah. Rendahnya mobilitas fosfat dalam air tanah dapat dikaitkan dengan proses adsorpsi dan presipitasi pada mineral Fe, Al, dan Ca di dalam tanah dan batuan. Proses tersebut menyebabkan sebagian besar fosfat tertahan pada zona tanah sehingga transportasinya menuju akuifer relatif terbatas. Dengan demikian, rendahnya fosfat bersama dengan rendahnya senyawa nitrogen memberikan indikasi bahwa masukan nutrisi antropogenik ke dalam sistem air tanah masih terbatas. Meskipun kondisi awal menunjukkan kualitas yang baik, peningkatan aktivitas manusia setelah pembangunan Gedung X berpotensi meningkatkan beban nutrisi melalui air limbah domestik, perubahan sistem drainase, dan perubahan penggunaan lahan. Oleh karena itu, nitrat, amonia, dan fosfat merupakan parameter penting untuk dimasukkan dalam program pemantauan kualitas air tanah.

Konsentrasi fluorida pada kedua titik berada di bawah batas deteksi metode analisis, yang menunjukkan rendahnya kandungan fluorida terlarut pada saat pengambilan sampel. Konsentrasi fluorida dalam air tanah pada umumnya dikontrol oleh komposisi mineral akuifer, interaksi air–batuan, pH, konsentrasi kalsium, waktu tinggal air, dan kondisi iklim. Rendahnya fluorida pada lokasi penelitian dapat dikaitkan dengan terbatasnya pelarutan mineral pembawa fluor dan kemungkinan pengaruh curah hujan tinggi yang meningkatkan pengenceran serta memperpendek waktu interaksi air dengan batuan. Namun, diperlukan analisis mineralogi dan hidrogeokimia yang lebih komprehensif untuk memastikan mekanisme yang mengontrol konsentrasi fluorida di kawasan Arfai. Penelitian pada akuifer dangkal di wilayah tropis Kelantan menunjukkan bahwa sebagian besar sampel air tanah memiliki konsentrasi fluorida rendah hingga sedang. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada lingkungan tropis dengan curah hujan tinggi, konsentrasi fluorida dapat tetap rendah apabila batuan penyusun akuifer tidak kaya mineral pembawa (Mathialagan et al., 2017). Secara lebih luas, distribusi fluorida dalam air tanah dikontrol oleh proses pelarutan mineral, presipitasi, pertukaran ion, kondisi pH, dan karakteristik hidrogeokimia akuifer. Penelitian (Veskovi et al., 2024)) menunjukkan bahwa interaksi air–batuan dan proses hidrogeokimia merupakan faktor utama yang mengontrol konsentrasi fluorida dan nitrat dalam air tanah.

Konsentrasi Fe pada Sumur 1 dan Sumur 2 masing-masing sebesar 0,032 dan 0,073 mg/L, sedangkan Mn, Co, Cu, dan Cr(VI) berada di bawah batas deteksi metode analisis. Secara keseluruhan, hasil tersebut menunjukkan rendahnya konsentrasi logam terlarut pada kedua titik pengamatan. Kandungan logam dalam air tanah dipengaruhi oleh komposisi batuan penyusun akuifer, pH, potensial redoks, kandungan bahan organik, dan aktivitas antropogenik. Fe dan Mn merupakan unsur yang secara alami terdapat dalam mineral tanah dan batuan, sehingga keberadaannya dalam air tanah tidak selalu menunjukkan pencemaran. Mobilitas kedua unsur tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi redoks. Pada lingkungan reduktif, reduksi oksida Fe(III) dan Mn(IV) dapat meningkatkan konsentrasi Fe(II) dan Mn(II) terlarut. Sebaliknya, kondisi yang lebih oksidatif mendukung pembentukan oksida dan

hidroksida yang memiliki kelarutan lebih rendah. Rendahnya Fe dan Mn pada lokasi penelitian konsisten dengan nilai DO yang masih relatif tinggi serta rendahnya sulfida, BOD, dan COD. Kombinasi parameter tersebut menunjukkan bahwa kondisi akuifer belum berkembang menjadi lingkungan reduktif kuat.

Konsentrasi Co, Cu, dan Cr(VI) yang berada di bawah batas deteksi menunjukkan belum adanya indikasi masukan logam tersebut dalam jumlah terukur. Hal ini sesuai dengan karakteristik penggunaan lahan sekitar lokasi yang didominasi aktivitas perkantoran dan tidak terdapat kegiatan industri atau pertambangan pada lokasi pengamatan yang menjadi sumber langsung pencemaran logam. Distribusi logam dalam air tanah merupakan hasil interaksi kompleks antara sumber geogenik, aktivitas manusia, kondisi pH, potensial redoks, adsorpsi pada mineral, dan proses presipitasi. Studi kualitas air menunjukkan bahwa peningkatan tekanan antropogenik dapat menyebabkan perubahan simultan pada pH, bahan organik, nutrisi, dan konsentrasi logam sehingga evaluasi kualitas air perlu dilakukan menggunakan pendekatan multiparameter (Istomi et al., 2025).

Konsentrasi minyak dan lemak serta deterjen total (MBAS) pada kedua titik berada pada konsentrasi yang sangat rendah atau di bawah batas deteksi metode analisis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada saat pengambilan sampel belum terdapat indikasi masukan hidrokarbon dan surfaktan sintetis dalam jumlah signifikan ke dalam air tanah. Minyak dan lemak dalam air tanah dapat berasal dari kebocoran bahan bakar, aktivitas perbengkelan, limpasan kawasan parkir, dan pembuangan limbah berminyak. Sementara itu, MBAS dapat digunakan sebagai indikator masuknya surfaktan anionik yang umumnya berasal dari air limbah domestik. Rendahnya kedua parameter tersebut konsisten dengan rendahnya BOD, COD, nitrat, amonia, dan fosfat, sehingga secara keseluruhan menunjukkan terbatasnya tekanan pencemaran domestik dan hidrokarbon pada lokasi penelitian. Meskipun demikian, pembangunan dan pengoperasian Gedung X berpotensi meningkatkan aktivitas kendaraan, volume air limbah domestik, perubahan tutupan lahan, dan limpasan permukaan. Perubahan tersebut dapat meningkatkan risiko masuknya hidrokarbon, surfaktan, bahan organik, dan nutrisi ke dalam sistem air tanah apabila tidak didukung pengelolaan drainase dan air limbah yang memadai.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa air tanah pada kedua titik pengamatan memiliki kondisi kimia yang relatif baik berdasarkan parameter yang diuji. Kondisi tersebut ditunjukkan oleh pH netral hingga sedikit basa, rendahnya BOD dan COD, DO yang relatif memadai, rendahnya konsentrasi sulfat, sulfida, dan nutrisi, fluorida yang berada di bawah batas deteksi, rendahnya konsentrasi Fe, serta tidak terdeteksinya Mn, Co, Cu, dan Cr(VI) dalam konsentrasi yang signifikan. Minyak dan lemak serta MBAS yang sangat rendah juga menunjukkan terbatasnya pengaruh aktivitas domestik dan hidrokarbon terhadap air tanah. Hubungan antarparameter menunjukkan pola yang konsisten. Rendahnya BOD dan COD disertai DO relatif tinggi menunjukkan terbatasnya beban bahan organik dan kondisi akuifer yang cenderung oksidatif hingga semi-oksidatif. Kondisi tersebut konsisten dengan rendahnya sulfida serta Fe dan Mn terlarut. Rendahnya nitrat, nitrit, amonia, fosfat,

dan MBAS juga menunjukkan bahwa infiltrasi limbah domestik belum memberikan tekanan signifikan terhadap kualitas air tanah.

Meskipun kualitas air tanah saat ini relatif baik, hasil penelitian ini hanya menggambarkan kondisi rona awal pada dua titik pengamatan dan pada satu periode sampling. Oleh karena itu, hasil tersebut belum dapat digunakan untuk menggambarkan variasi spasial dan temporal kualitas air tanah pada seluruh kawasan Arfai. Pemantauan berkala diperlukan selama tahap konstruksi dan operasional gedung X, terutama terhadap parameter pH, DHL, TDS, BOD, COD, DO, nitrat, amonia, fosfat, Fe, Mn, minyak dan lemak, serta MBAS. Pemantauan tersebut diperlukan untuk mendeteksi perubahan kualitas air tanah secara dini dan mengevaluasi efektivitas pengelolaan air limbah, drainase, sanitasi, serta limpasan permukaan di kawasan gedung X.

Parameter Mikrobiologi

Mengacu pada PP RI nomor 22 tahun 2021 lampiran VI, baku mutu fecal coliform untuk air adalah ≤ 100 MPN/100 mL dan pada baku mutu air minum Permenkes nomor 2 tahun 2023 adalah 0. Hasil pengukuran fecal coliform air tanah sumur kantor BPKP dan sumur kantor Depag < 1 MPN/100 mL yang menunjukkan masih memenuhi baku mutu lingkungan dan berada jauh di bawah ambang batas yang diperkenankan. Rendahnya jumlah *fecal coliform* pada kedua lokasi sampel menunjukkan bahwa sistem sanitasi di kawasan perkantoran Arfai berfungsi dengan baik, serta tidak terdapat kebocoran *septic tank* atau infiltrasi limbah domestik ke dalam air tanah. Kondisi ini sejalan dengan hasil pengukuran parameter kimia dan fisik lainnya, seperti BOD, COD, *detergen*, nitrat, dan fosfat, yang juga menunjukkan nilai rendah. Secara hidrogeologi, kondisi tanah dan lapisan akuifer di kawasan sekitar Gedung X berperan sebagai media penyaring alami yang efektif, sehingga mampu menahan mikroorganisme patogen sebelum mencapai lapisan air tanah.

Nilai *total coliform* pada kedua lokasi pengambilan sampel berada di bawah batas deteksi metode analisis, sehingga mengindikasikan kondisi air tanah yang bersih secara mikrobiologis. Rendahnya jumlah *total coliform* pada kedua lokasi sampel menunjukkan bahwa air tanah di kawasan perkantoran Arfai memiliki tingkat sanitasi lingkungan yang baik dan tidak mengalami kontaminasi biologis yang signifikan. Kondisi ini mencerminkan bahwa sistem sanitasi, pengelolaan limbah domestik, dan perlindungan sumur air tanah di sekitar Gedung X telah berfungsi secara efektif. Hasil ini juga konsisten dengan temuan pada parameter fecal coliform yang menunjukkan nilai sangat rendah, serta didukung oleh hasil parameter kimia dan fisik lainnya (BOD, COD, *detergen*, nitrat, fosfat) yang berada dalam kisaran aman. Secara ilmiah, kombinasi hasil tersebut mengindikasikan bahwa tidak terdapat infiltrasi limbah domestik maupun air permukaan tercemar ke dalam sistem air tanah.

Hasil analisis kualitas air di Sumur 1 dan Sumur 2 yang berada di sekitar lokasi rencana pembangunan Gedung X sejalan dengan berbagai kajian kualitas air tanah di wilayah Manokwari, termasuk studi kualitas lingkungan di sekitar SPBU Rendani. Hasil kajian melaporkan bahwa pada kawasan perkantoran dan fasilitas publik masih

berada dalam kondisi sanitasi yang baik, beberapa parameter fisika, kimia dan biologi dalam air tanah umumnya masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas air tanah berdasarkan parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi pada Sumur 1 dan Sumur 2 di sekitar lokasi rencana pembangunan Gedung X secara umum masih berada dalam kondisi baik, dibawah baku mutu PP RI nomor 22 tahun 2021 lampiran VI untuk mutu air sungai kelas 2 dan baku mutu air minum Permenkes nomor 2 tahun 2023. Kondisi tersebut ditunjukkan oleh karakteristik fisik air yang relatif stabil, rendahnya kandungan bahan organik dan nutrien, kondisi akuifer yang cenderung oksidatif hingga semi-oksidatif, rendahnya konsentrasi logam terlarut, serta tidak adanya indikasi signifikan pencemaran hidrokarbon, surfaktan, dan kontaminasi mikrobiologis. Hubungan antarparameter menunjukkan bahwa kualitas air tanah pada kedua titik pengamatan masih didominasi oleh proses hidrogeokimia alami dan belum menunjukkan tekanan antropogenik yang berarti pada saat pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, A. B., Siregar, A. R., Pakiding, W., & Mahyuddin. (2021). The analysis of BOD (Biological Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) contents in the water of around laying chicken farm *IOP Coference. Series: Earth and Environmental Science*, 788. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/788/1/012155>
- Afriyani, M. P., Muttakin, M., Defandi, M., Azis, D., Afriza, R., & Ruliani, R. (2024). Phretic groundwater uality analysis based on physical and chemical parameters in Kuta Raja sub district. *Forum Geografi*, 38(2), 178–188.
- Arbiatun, F., Way, J. R., & Towansiba, I. R. (2024). Analisis kualitas air sumur bor dengan variasi waktu pengambilan sampel di Jalan pendidikan, Malaingked, Kecamatan Sorong Manoi, Kota Sorong, Papua Barat Daya. *Casuarina: Environmental Engineering Journal*, 1(2), 28–34.
- Bounab, S., Khemmoudj, K., & Sedrati, N. (2022). Assessment and physicochemical characterization of groundwater quality for irrigation and drinking purposes in Bazer Sakhra (eastern area of Algeria). *Journal of Ecological Engineering*, 23(8), 119–132.
- Hilman, Z., Widiatama, A. J., Awfa, D., Alfarishi, B., Depri, & Prayogo, W. (2023). Groundwater quality analysis based on physical properties of the Gunungtiga and surrounding areas. *International Journal of Natural Science and Engineering*, 7(2), 152–161.
- Lestari, A. D. N., Mamengko, D. V., & Kusumo, P. A. (2025). Evaluasi Kualitas Air Limbah, Udara Ambien, dan Kebisingan di Lingkungan Hotel X dan Y di Manokwari. *Environmental Insight Journal*, 1(1), 1-10.
- Mamengko, D. V., Raharjo, S., Kusuma, P. A., & Lestari, A. D. N. (2023). Kualitas air sumur dekat SPBU Rendani Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat. *Jurnal Natural*, 19(2), 109–116.

- Manu, E., Lucia, M. De, & Kuhn, M. (2023). Water – rock interactions driving groundwater composition in the pra basin (Ghana) identified by combinatorial inverse geochemical modelling. *Minerals*, 13(899), 1–19.
- Mathialagan, K. R. P., Khan, A. M. M., & Mansor, H. E. (2017). Distribution pattern of nitrate and fluoride in shallow domestic groundwater wells in northern parts of Kelantan, Malaysia. *Sci. Int.(Lahore)*, 29(1), 99–104.
- Ningrum, S. O. (2018). Analisis kualitas badan air dan kualitas air sumur di sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1–12.
- Prabowo, R., Bambang, A. N., & Sudarno. (2021). Water quality index of well water in the converted agricultural land. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(4), 560–570. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i4.31790>
- Prayitno, M. A., Marwoto, P., Priyatmoko, S., & Nugroho, D. E. (2023). Analysis of groundwater quality in rental flats use physical and chemical parameters. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 9179–9184. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.3452>
- Qian, Y., Hou, Q., Wang, C., Zhen, S., Yue, C., Cui, X., & Guo, C. (2023). Hydrogeochemical characteristics and groundwater quality in phreatic and confined aquifers of the Hebei plain, China. *Water*, 15(3071), 1–16.
- Rahmatullah, A., Nurbia, & Abubakar, E. (2025). Pengujian kualitas air sumur di daerah pesisir dan daratan provinsi Papua Barat Daya. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 13(1), 118–123.
- Rosid Istomi, A., Suharso, Buhani, Tugiyono, Satria, H., Artika, E., & Zulaicha, A. S. (2025). Results in chemistry study of water pollution parameters in the dry and rainy seasons on the pollution index of the Mesuji River, Lampung, Indonesia. *Results in Chemistry*, 13, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101906>
- Veskovi, J., Sentic, M., & Onjia, A. (2024). Hydrogeochemical facies and health hazards of fluoride and nitrate in groundwater of a lithium ore deposit basin. *Metals*, 14(1062), 1–23.
- Wijayanti, Y., Kusumadewi, R. A., Wijaya, N. A., Safitri, L., & Kristanti, R. A. (2025). Assessing groundwater quality in north Jakarta: A statistical approach. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(1), 1–14.