

ANALISIS KUALITAS AIR TANAH PADA AKIFER DANGKAL UNTUK KEBUTUHAN HIGIENE SANITASI DI DESA BUMI HARAPAN, KABUPATEN PENAJAM PASER UTARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

IMAM PRIYONO^{1*}, YOHANES STEFANUS SAMUEL WOWILING¹

1. Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Eksplorasi dan Produksi, Universitas Pertamina, Jl. Teuku Nyak Arief, RT.7/RW.8, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia
*email korespondensi: imam.priyono@universitaspertamina.ac.id

Sari - Desa Bumi Harapan merupakan desa terdekat dari pusat pengembangan Kawasan Ibu Kota Nusantara (K-IKN). Dalam prosesnya, akan semakin banyak terjadi perpindahan penduduk ke daerah ini. Semakin tinggi jumlah penduduk menyebabkan semakin tinggi juga jumlah pemakaian air. Oleh karena itu, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membahas mengenai kualitas air tanah untuk kebutuhan higiene sanitasi sebagai aspek penunjang kehidupan warga ibu kota yang baru. Metode yang digunakan adalah studi literatur serta pengambilan data primer yaitu pengukuran sampel air tanah pada 40 titik sumur gali milik warga dan pengambilan sampel air tanah pada perwakilan 4 titik sumur gali. Sampel air tanah dianalisis di Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) Kota Balikpapan sesuai dengan baku mutu air higiene sanitasi pada PERMENKES No. 32 Tahun 2017 dan hasil analisis parameter tersebut akan ditentukan kualitasnya melalui metode Indeks Pencemaran (IP) pada KEPMEN LH No. 115 Tahun 2003. Terdapat beberapa parameter yang nilainya tidak sesuai dengan baku mutu meliputi kekeruhan, pH (kondisi asam), besi (Fe^{2+}), mangan (Mn^{2+}), zat organik ($KMnO_4$), *total coliform*, dan *E. coli*. Analisis Indeks Pencemaran (IP) menunjukkan kualitas air tanah untuk kebutuhan higiene sanitasi pada daerah penelitian tergolong dalam cemar ringan. Litologi daerah penelitian dominan tersusun oleh satuan batu lempung yang merupakan bagian dari Formasi Pamaluan. Batu lempung tersebut membentuk sistem hidrogeologi tertutup sehingga membuat air tanah menjadi asam. Selain itu, batu lempung berkontribusi pada sedikit peningkatan kadar besi terlarut dalam air tanah serta membuat air tanah menjadi keruh pada musim penghujan. Lapisan tanah pada daerah penelitian mempunyai ciri keberadaan mineral Hematit (Fe_2O_3) dan Goetit ($FeO(OH)$) yang berkontribusi pada peningkatan kandungan besi terlarut di dalam air tanah. Pengolahan air tanah yang disarankan pada daerah penelitian meliputi penyaringan air sederhana kombinasi dengan kapur dan kaporit, penyaringan keramik, *Water treatment plant*, dan pembuatan saluran buangan.

Kata Kunci: Hidrogeologi, higiene sanitasi, Ibu Kota Nusantara, kualitas air tanah

Abstract - *Bumi Harapan Village is the village closest to the center of the Ibu Kota Nusantara (IKN) development area. In the process, more and more people will move and decide to settle in this area. The higher the number of residences is directly proportional to the higher the amount of groundwater use. Therefore, the objective of this research is to analyze groundwater quality for hygiene sanitation needs. The methods used were literature study and measuring forty water samples from residents' well and collect four groundwater samples that were representative of the area. The groundwater samples then were analyzed in the Balikpapan City Regional Health Laboratory (Labkesda) with quality standards of the hygiene sanitation purposes according to PERMENKES No. 32 Tahun 2017 and the result of the laboratory analysis is further used to determine the quality status using Pollution Index (PI) method according to KEPMEN LH No. 115 Tahun 2003. Parameters that exceed the quality standards are turbidity, pH (acid condition), iron (Fe^{2+}), manganese (Mn^{2+}), organic matter ($KMnO_4$), total coliform, and E. coli. Based on the Pollution Index (PI) method, the groundwater quality for hygiene sanitation needs in the research area is classified as lightly polluted. The lithology in the research area predominantly composed of clay-stone unit which is part of the Pamaluan Formation. Clay-stone creates a closed hydrogeological system that makes groundwater acidic. Apart from that, clay-stone also contributes to a slight increase in iron concentration in the ground-water and makes groundwater more turbid during the rainy season. The soil layer in the research area also has the characteristics of the presence of Hematite (Fe_2O_3) and Goethite ($FeO(OH)$) minerals which also have the influence of high dissolved iron content in groundwater. The recommended methods to be implemented in the research area to accommodate the parameters that exceed the quality standards are simple water filters combined with chalk and chlorine, ceramic filter, water treatment plants, and sewer construction.*

Key words: Groundwater quality, hydrogeology, hygiene sanitation, Nusantara Capital City

1. PENDAHULUAN

Ibu Kota Nusantara (IKN) merupakan suatu proyek pemindahan Ibu Kota Negara Kesatuan Republik Indonesia yang semula berlokasi di DKI Jakarta. Proyek pemindahan dan pengembangan IKN terletak di Provinsi Kalimantan Timur yang meliputi beberapa kota dan kabupaten yaitu Kota Balikpapan, Kabupaten Kutai Kartanegara, dan Kabupaten Penajam Paser Utara. IKN memiliki total luas ± 256.142 ha yang salah satunya terdiri dari Kawasan Ibu Kota Nusantara (K-IKN) yang berperan sebagai pusat dari seluruh kegiatan di IKN dan memiliki luas ± 56.180 ha (Undang Undang Nomor 3 Tahun 2022 Tentang Ibu Kota Negara, 2022).

Sebagai ibu kota yang baru, tentunya perlu didukung oleh beberapa aspek untuk dapat menjamin kelancaran aktivitas kehidupan sehari-hari nantinya. Salah satu aspek tersebut adalah ketersediaan dan kualitas air bersih. Air merupakan unsur yang sangat penting dalam menunjang kehidupan karena dapat dipastikan hampir seluruh kegiatan manusia membutuhkan air sebagai bagian dari aktivitas tersebut. Wilayah Kalimantan Timur khususnya di Kawasan Ibu Kota Nusantara (K-IKN) kepadatan penduduknya tidak sepadat penduduk DKI Jakarta saat ini, sehingga perlu dilakukan kajian ulang mengenai sumber daya air untuk daerah yang nantinya direncanakan sebagai pusat aktivitas dan diprediksi penduduknya akan bertambah.

Oleh sebab itu penelitian mengenai analisis kualitas air tanah pada akuifer dangkal untuk kebutuhan hygiene sanitasi dan juga pengaruh kondisi geologi terhadap kualitas air tanah tersebut di wilayah Desa Bumi Harapan, Kabupaten Penajam Paser Utara dilakukan. Desa Bumi Harapan merupakan desa terdekat dari pusat pengembangan IKN dan masuk dalam K-IKN sehingga diharapkan mampu merepresentasikan kondisi sumber daya air tanah pada kawasan ini dan sekitarnya. Hasil dari penelitian kali ini diharapkan nantinya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam regulasi

pemanfaatan dan teknik pengolahan sumber daya air pada K-IKN sehingga rencana pengembangan berkelanjutan dari ibu kota yang baru dapat tercapai.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi daerah penelitian

Lokasi penelitian berada pada Peta Geologi Lembar Samarinda dan tersusun dari satu unit stratigrafi yaitu Formasi Pamaluan yang berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal (Supriatna dkk., 1995). Secara lebih mendetail berdasarkan data geolistrik yang diambil dari lima titik pengukuran pada lokasi penelitian, teridentifikasi beberapa strata litologi yaitu lapisan tanah (*topsoil*), lempung pasir (*silt*), lempung (*clay*), dan juga pasir serta pasir lempungan (*sand*) pada interval kedalaman yang berbeda-beda. Batu lempung serta lempung pasir merupakan batuan yang mendominasi dan memiliki ketebalan paling tebal pada daerah penelitian (Saputra, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ohta dkk. (1993), lapisan tanah di sekitar daerah penelitian teridentifikasi memiliki kandungan mineral gipsit ($\text{Al}(\text{OH})_3$), goetit ($\text{FeO}(\text{OH})$), dan hematit (Fe_2O_3) (Ohta dkk., 1993).

2.2. Air tanah

Air tanah adalah air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah (Undang-Undang No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air). Menurut definisi lain, air tanah adalah air yang bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akuifer (Herlambang, 1996). Terdapat dua sumber utama air tanah yaitu air meteorik atau air hujan dan air permukaan seperti danau, sungai, reservoir dan sebagainya yang meresap melalui pori-pori tanah yang selanjutnya mencapai permukaan air tanah (Arsyad, 2017).

2.3. Standar kualitas air tanah

Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk air keperluan higiene sanitasi telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Tertuang dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017. Standar baku mutu kesehatan lingkungan merupakan spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media lingkungan yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat.

Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk air keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, kimia, dan biologi. Air untuk Keperluan higiene sanitasi merupakan air yang digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu air untuk keperluan higiene sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum (Bab II Poin A PERMENKES No. 32 Tahun 2017).

2.4. Metode indeks pencemaran

Kualitas suatu badan air dapat ditentukan melalui pengukuran parameter fisik, kimia, dan biologi. Namun, dalam penentuan kualitas tersebut semua nilai parameter harus saling berkaitan tidak berdiri secara masing-masing, maka semua hasil pengukuran parameter tersebut harus dapat disatukan dalam nilai tunggal yang mewakili. Metode indeks pencemaran merupakan metode yang berbasis indeks digunakan untuk membantu pengambilan keputusan dalam menggeneralisasi kualitas suatu badan air dari beberapa parameter yang dianalisis sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air (Tabel 1). Parameter yang dapat dihitung melalui metode indeks pencemaran hanyalah parameter yang memiliki standar baku mutu berupa angka dan bukan nol (0). Indeks yang digunakan dalam metode ini adalah indeks maksimum (I_M) yang menunjukkan parameter dominan penyebab terjadinya pencemaran serta

indeks rata-rata (I_R) yang menunjukkan tingkat pencemaran rata-rata dari keseluruhan parameter (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2003).

Rumus yang digunakan dalam menghitung indeks pencemaran (IP) adalah sebagai berikut:

$$PI_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_M^2 + \left(\frac{C_i}{L_{ij}}\right)_R^2}{2}} \quad (1)$$

Keterangan:

PI_j : Indeks pencemaran

C_i : Konsentrasi hasil uji parameter (hasil pengukuran)

L_{ij} : Standar baku mutu

(C_i/L_{ij})_M : Nilai C_i/L_{ij} maksimum

(C_i/L_{ij})_R : Nilai C_i/L_{ij} rata-rata

Tabel 1 Skor Indeks Pencemaran (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2003)

No.	Skor Indeks Pencemaran (PI _j)	Deskripsi
1.	$0 \leq PI_j \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu (kondisi baik)
2.	$1 < PI_j \leq 5,0$	Cemar ringan
3.	$5 < PI_j \leq 10$	Cemar sedang
4.	$PI_j > 10$	Cemar berat

Berikut merupakan tahapan-tahapan dalam menentukan nilai PI_j (Index pencemaran):

1. Hitung harga C_{ij} (C_i/L_{ij}) untuk tiap parameter pada setiap lokasi pengambilan data, jika nilai C_{ij} ≤ 1, maka nilai tersebut dapat digunakan untuk penentuan C_{ij} maksimum dan rata-rata

$$C_{ij} = \frac{C_i}{L_{ij}} \quad (2)$$

2. Prosedur dalam penghitungan (C_i/L_{ij})_{baru} didasarkan pada kondisi parameter berikut:

- a) Jika nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran yang meningkat, misalnya kandungan oksigen dalam air. Tentukan nilai teoritik

b) atau nilai maksimum C_{im} (Untuk kandungan oksigen, maka C_{im} merupakan nilai jenuh). Dalam kasus ini nilai C_i/Lij hasil pengukuran digantikan oleh nilai C_i/Lij hasil perhitungan, yaitu:

$$\begin{aligned} (C_i/Lij)_{baru} \\ = \frac{C_{im} - C_{i(hasil\ pengukuran)}}{C_{im} - L_{ij}} \end{aligned} \quad (3)$$

c) Jika nilai baku mutu memiliki rentang
3. Untuk $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata

$$\begin{aligned} (C_i/Lij)_{baru} \\ = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{[(L_{ij})_{minimum} - (L_{ij})_{rata-rata}]} \end{aligned} \quad (4)$$

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

$$\begin{aligned} (C_i/Lij)_{baru} \\ = \frac{[C_i - (L_{ij})_{rata-rata}]}{[(L_{ij})_{maksimum} - (L_{ij})_{rata-rata}]} \end{aligned} \quad (5)$$

d) Jika nilai (C_i/Lij) lebih besar dari satu ($C_{ij} > 1,0$)

$$(C_{ij}/Lij)_{baru} = 1 + P. \log(C_{ij}/Lij)_{hasil\ pengukuran} \quad (6)$$

P adalah konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai 5)

3. Penentuan nilai maksimum dan nilai rata-rata dari keseluruhan C_i/Lij dari masing-masing titik pengukuran sampel ($(C_i/Lij)_M$ dan $(C_i/Lij)_R$)
4. Penentuan nilai indeks pencemaran (PI_j) menggunakan rumus (1)

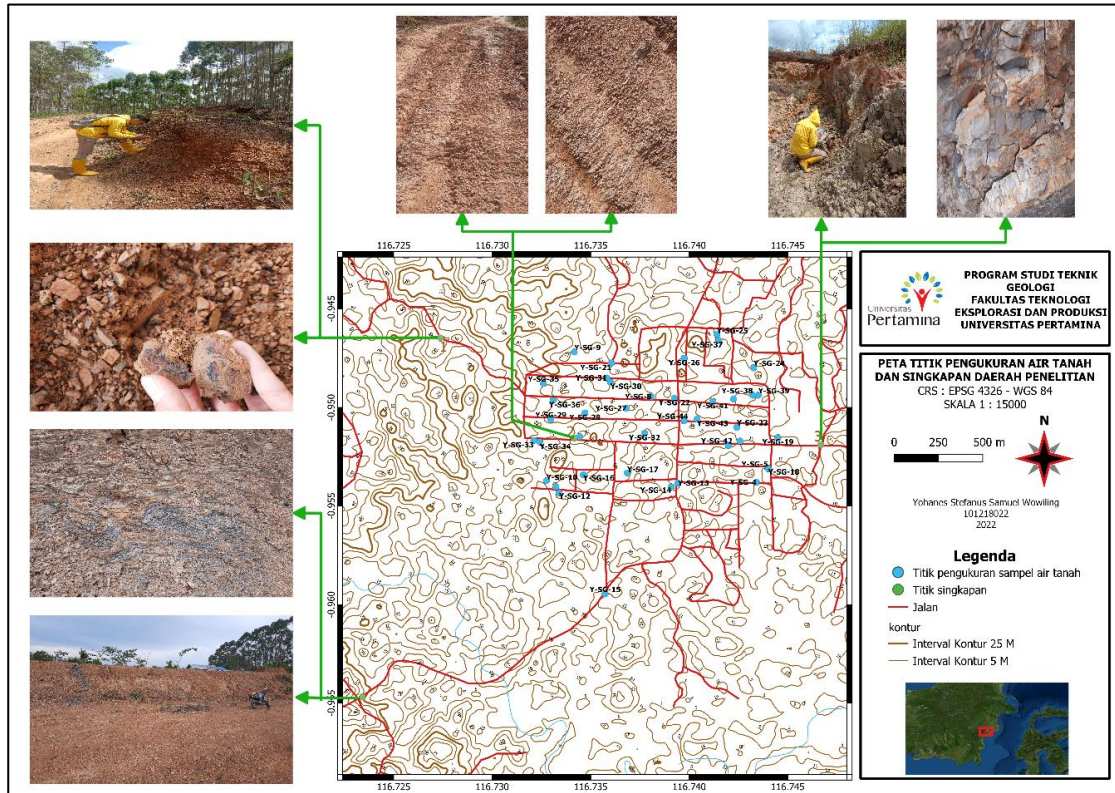
3. METODE

3.1. Studi literatur (data sekunder)

Studi pustaka dilakukan pada tahapan ini yang bertujuan sebagai data pelengkap atau data sekunder terkait dengan kondisi geologi regional, geologi lokasi penelitian, data berkaitan dengan hidrogeologi, peta DEM (*Digital Elevation Model*) untuk kemiringan lereng dan kontur.

3.2. Pengambilan data (data primer)

Pengambilan data primer meliputi observasi singkapan, pengukuran sampel air tanah pada 40 titik sumur gali milik warga (Gambar 1), dan juga pengambilan sampel air tanah pada empat titik yang merepresentasikan keempat puluh titik tersebut yang kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kandungan air tanah untuk kelayakan keperluan higiene sanitasi dan juga untuk mengetahui jumlah kandungan kation dan anion utama (Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , dan SO_4^{2-}) yang digunakan dalam validasi karakteristik air tanah (Gambar 1). Pengujian kelayakan higiene sanitasi di lakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Balikpapan sedangkan pengujian kandungan anion dan kation utama dilakukan di Laboratorium Succofindo Kota Balikpapan. Setiap pengukuran sampel air tanah dilakukan pengeplotan koordinat, elevasi, pengukuran kedalaman muka air tanah, pH, TDS, konduktivitas listrik, dan suhu. Pengambilan sampel air tanah dilakukan melalui pendekatan kualitatif berdasarkan parameter fisik seperti warna, bau, rasa, dan wawancara warga pemilik sumur gali serta pendekatan kuantitatif berdasarkan parameter pH dan *Total Dissolved Solid* (TDS).



Gambar 1 Titik pengambilan dan pengukuran sampel air tanah serta foto singkapan

3.3. Analisis Dan Pengolahan Data

Kandungan dan kualitas air tanah yang telah dianalisis dan ditentukan dihubungkan dengan kondisi geologi dan penggunaan lahan di daerah sekitar. Pada tahapan ini dilakukan pembuatan peta kontur muka air tanah untuk membantu menggeneralisasi ketinggian muka air tanah dan pola aliran air tanah sekitar dengan tujuan untuk membantu interpretasi kualitas air tanah di daerah penelitian.

4. HASIL

4.1. Hasil pengukuran lapangan

Kondisi air tanah pada akifer dangkal di daerah penelitian mempunyai kecenderungan bersifat asam (pH <7) serta memiliki kandungan TDS yang rendah. konduktivitas listrik cenderung memiliki pola dua kali lipat dari hasil pengujian kandungan TDS. Rata-rata ketinggian muka air tanah pada lokasi penelitian saat pengukuran dilakukan memiliki kedalaman yang tidak terlalu dalam yaitu

sekitar 0,3 - 2,9 meter dari permukaan. Suhu air tanah pada daerah penelitian memiliki rentang 26,8 °C - 37,3 °C. Pengukuran suhu tersebut dilakukan pada saat pagi sampai dengan sore hari sehingga suhu air tanah pada lokasi yang sama dapat berbeda-beda mengikuti posisi matahari. Suhu udara pada siang hari tercatat sekitar 31 °C dan masih dapat berubah-ubah mengikuti cuaca. Kondisi cuaca pada daerah penelitian saat siang hari berkisar pada 31 °C yang menyebabkan suhu air tanah cukup meningkat. Suhu air tanah termasuk pada zona mesothermal karena masih dominan terpengaruh oleh temperatur permukaan.

4.2. Pengukuran parameter kualitas higiene sanitasi

Dari total 40 titik pengukuran air tanah, diambil 4 perwakilan titik yang digunakan untuk analisis kualitas higiene sanitasi yaitu sumur gali dengan kode Y-SG-4, Y-SG-5, Y-SG-9, dan Y-SG-12 (Error! Reference source not found.2). Pada

sumur gali dengan kode Y-SG-5 terdapat dua sumur yang saling berdekatan di mana masing-masing memiliki kedalaman muka air tanah yang berbeda, pada sumur gali A (Gambar 2 B) kedalaman muka air tanahnya adalah 0,8 meter dari permukaan tanah sedangkan pada sumur gali B (**Error! Reference source not found.** B) kedalaman muka air tanahnya sebesar 0,65 meter dari permukaan tanah. Titik sumur gali merupakan area bekas rawa-rawa yang telah ditimbun untuk keperluan pembangunan rumah tinggal.



Gambar 2 Sumur gali Y-SG-4 (A), Y-SG-5 (B), Y-SG-9 (C), Y-SG-12 (D)

Penentuan penggunaan sampel pada 4 titik tersebut dilakukan berdasarkan letak sumur dan juga anomali dari beberapa parameter yang diukur secara langsung di lapangan seperti pH, suhu, dan *Total Dissolved Solid (TDS)*. Ketiga parameter tersebut dilakukan dua kali pengujian yaitu secara langsung di lapangan dan di laboratorium. Ketika terdapat perbedaan nilai hasil uji pH, suhu, dan *Total Dissolved Solid (TDS)*, maka yang digunakan

sebagai acuan adalah hasil uji di lapangan karena dilakukan langsung pada kondisi air tanah yang sebenarnya.

Hasil pengukuran kekeruhan, pH, Fe, Mn dan zat organik untuk keempat sampel dapat dilihat di Tabel 2. Sedangkan hasil pemeriksaan parameter biologi dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan parameter biologi

	<i>Total coliform</i>	<i>Escherichia coli</i>
Satuan	CFU/100 ml	
Standar baku mutu	50	0
Y-SG-4	TNTC	2
Y-SG-5	147	0
Y-SG-9	TNTC	20
Y-SG-12	TNTC	10

4.3. Fasies air tanah

Penentuan fasies air tanah dilakukan pada titik yang sama dengan pengukuran parameter higiene sanitasi. Berdasarkan input hasil pengukuran kation dan anion utama (**Error! Reference source not found.**) pada Diagram Trilinear Piper (1944), dapat teridentifikasi beberapa jenis fasies air tanah yang masing-masing memiliki karakteristik kandungan anion kation dominannya. Fasies air tanah pada lokasi penelitian meliputi 3 fasies yaitu Mg-HCO₃, Mg-Cl-SO₄-HCO₃, dan Na-K-Cl. Fasies Mg-HCO₃ meliputi Y-SG-9 dan Y-SG-12, fasies Mg-Cl-SO₄-HCO₃ adalah Y-SG-5, dan fasies Na-K-Cl adalah Y-SG-4.

Tabel 2 Hasil pengukuran kekeruhan, pH, Fe, Mn dan zat organik.

Kode Sampel	Kekeruhan (NTU)		pH			Fe (mg/L)		Mn (mg/L)		Zat Organik (mg/L)	
	Hasil	Standar baku mutu	Lapangan	Laboratorium	Standar baku mutu	Hasil	Standar baku mutu	Hasil	Standar baku mutu	Hasil	Standar baku mutu
Y-SG-4	29,8	25	3,39	4,2	6,5-8,5	4,29	1	-	0,5	-	10
Y-SG-5	289,2		3,11	2,5		1,91		0,62		-	
Y-SG-9	28		7,11	5,1		1,79		0,65		12,01	
Y-SG-12	55		5,15	4,2		2,14		-		12,64	

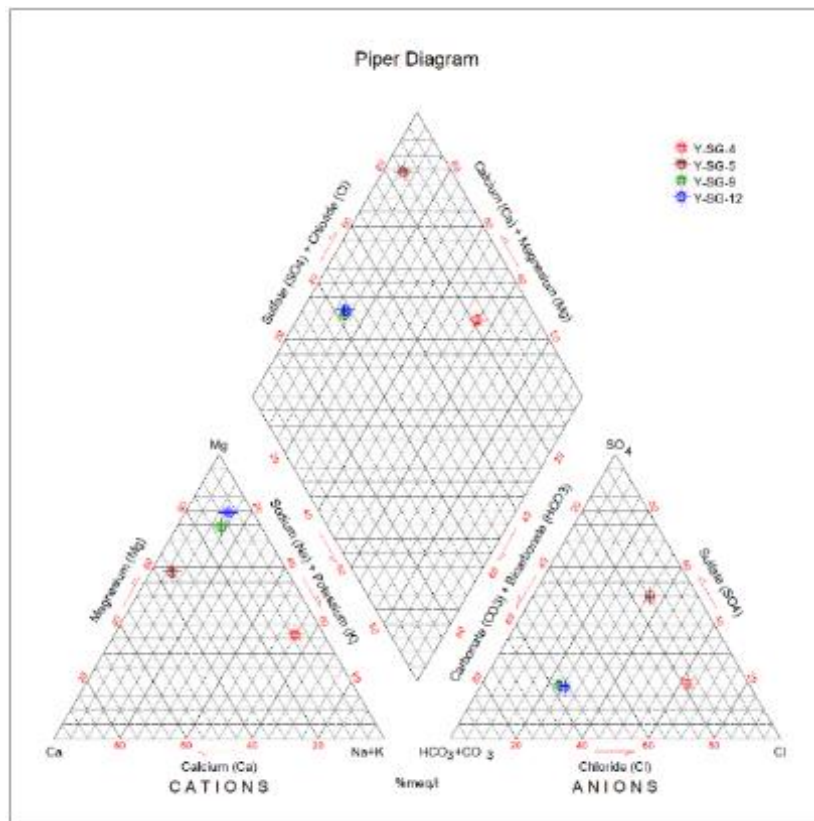
4.4. Muka air tanah daerah penelitian

ketinggian muka air tanah pada bagian barat dan utara wilayah penelitian cenderung lebih tinggi dan mulai menurun secara bertahap seiring mengarah ke timur dan selatan. Pada bagian tengah daerah penelitian juga teridentifikasi memiliki elevasi muka air tanah yang rendah. Pola aliran air tanah akan mengikuti *head* muka airtanah dari kontur tersebut yang mana akan mengalir dari tekanan yang lebih tinggi ke tekanan yang lebih rendah sehingga dapat digambarkan bahwa aliran air tanah akan mengalir dari barat dan utara serta akan terakumulasi pada sisi timur, selatan, dan tengah

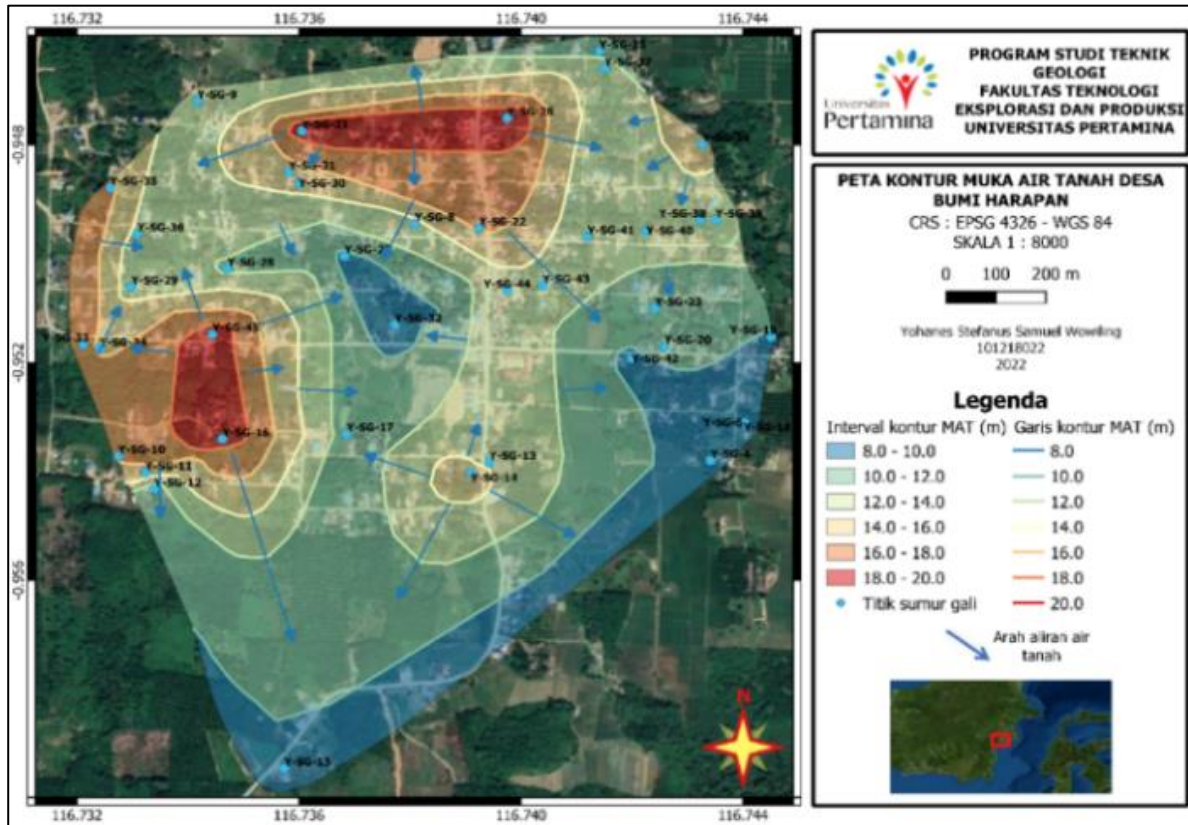
daerah penelitian yang memiliki elevasi yang lebih rendah (Gambar 4).

4.5. Tata guna lahan daerah penelitian

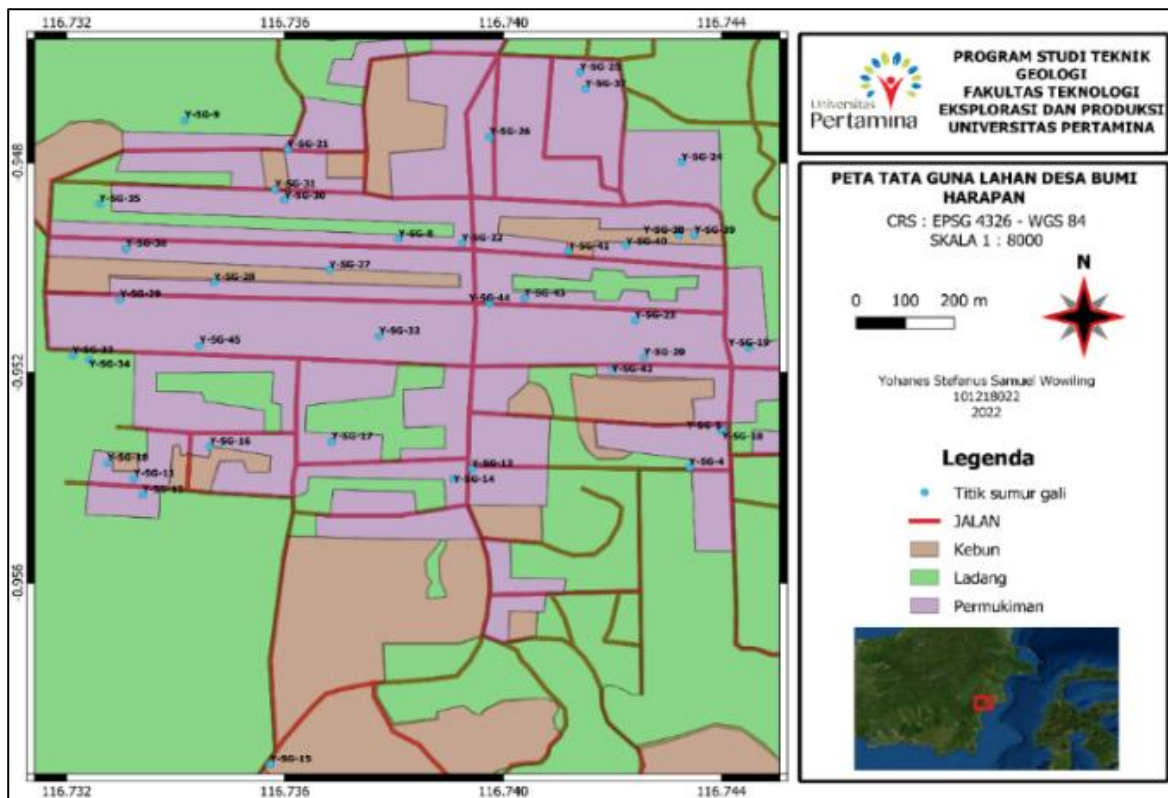
Daerah penelitian mayoritas terdiri dari lahan yang digunakan untuk tujuan agraria seperti bersawah dan berkebun yang merupakan sumber mata pencaharian utama bagi warga sekitar area penelitian. Disekitar area permukiman juga terdapat lahan kosong diantara rumah warga yang dimanfaatkan untuk tujuan peruntukan lahan tersebut (Gambar 5).



Gambar 3 Hasil plot Diagram Piper.



Gambar 4 Ketinggian muka air tanah daerah penelitian.



Gambar 5 Tata guna lahan daerah penelitian.

5. ANALISIS

5.1. Analisis parameter higiene sanitasi

Pada semua titik sampel yang diuji (Y-SG-4, Y-SG-5, Y-SG-9, dan Y-SG-12), melebihi ambang batas semua titik sampel melebihi ambang batas meliputi parameter kekeruhan, pH, kandungan besi, dan juga *total coliform*. Selanjutnya, terdapat parameter lain dimana melebihi ambang batas yang menjadi karakteristik masing-masing sampel meliputi parameter kandungan mangan, zat organik (KMnO₄), dan *E. coli*.

5.2. Kekeruhan

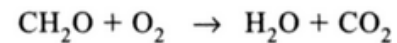
Air tanah keruh pada daerah penelitian disebabkan oleh beberapa faktor yaitu lingkungan sekitar sumur yang dipenuhi oleh vegetasi dan juga struktur permukaan sumur yang tidak tertutup rapat sehingga memungkinkan terjadinya kontaminasi dari permukaan seperti masuknya sampah organik dan anorganik serta beberapa partikel kontaminan permukaan lainnya seperti limbah domestik. Struktur dalam sumur yang tidak diberi pelapis atau *casing* menyebabkan lapisan tanah sekeliling sumur dapat menjadi sumber kontaminan yang membuat air tanah menjadi keruh. Selain itu ketika musim hujan air dapat bersifat lebih keruh dikarenakan faktor litologi dimana terdapat kandungan mineral atau material lempung yang larut di dalam air mengingat daerah penelitian dominan tersusun atas satuan batuan lempung. Hasil uji sampel Y-SG-5 sebesar 289,2 NTU (Tabel 2) tidak valid karena jika dibandingkan dengan hasil uji sampel yang lain dengan tingkat kekeruhan yang menyerupai, terlihat secara visual tidak terlalu berbeda. Dapat disebabkan oleh kalibrasi alat laboratorium dan juga faktor pengambilan sampel.

5.3. Derajat keasaman (pH)

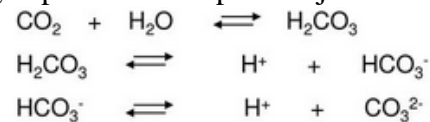
Sumber resapan air tanah pada lokasi penelitian sebagian besar adalah melalui hujan yang turun, sementara pengukuran pH air hujan pada daerah penelitian sendiri didapatkan sebesar 6,3. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi proses yang menyebabkan pH air tanah menjadi turun (di bawah

pH air hujan), sehingga lingkungan air tanah di lokasi penelitian berada dalam kondisi yang asam. Dalam analisis, nilai pH yang dijadikan sebagai acuan adalah nilai yang diukur langsung di lapangan karena lebih menggambarkan kondisi air tanah yang sebenarnya. Hasil laboratorium yang didapatkan digunakan sebagai referensi pembandingan.

Kondisi pH air tanah (Tabel 2) yang turun cukup ekstrim pada wilayah penelitian kemungkinan dipengaruhi salah satunya oleh vegetasi seperti perkebunan, hutan produksi, sawah, dan juga vegetasi liar yang tumbuh. Banyaknya vegetasi tersebut berbanding lurus dengan tingginya reaksi alami/respirasi tumbuhan di dalam tanah yang menghasilkan karbon dioksida (CO₂) seperti berikut:



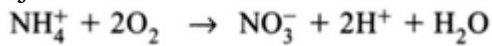
Ketika CO₂ terserap dan bereaksi dengan air tanah (H₂O) maka akan membentuk produk asam karbonat yang mana asam karbonat tersebut dapat terpecah kembali di dalam air dan melepaskan ion H⁺ yang dapat membuat pH menjadi turun (asam).



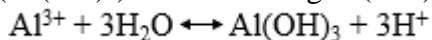
Banyaknya vegetasi tersebut juga kemungkinan menimbulkan penumpukan sampah organik yang lama-kelamaan terdekomposisi menghasilkan produk yang salah satunya adalah CO₂ yang kembali akan terserap ke dalam air tanah dan membuat pH menjadi turun. Beberapa titik di daerah penelitian dulunya merupakan rawa-rawa yang ditimbun dengan tanah urugan untuk dibangun tempat tinggal sehingga kemungkinan terdapatnya material organik di bawah permukaan yang tertimbun dan mengalami dekomposisi cukup banyak sehingga sangat berpengaruh dalam penurunan pH air tanah.

Turunnya pH kemungkinan juga disebabkan oleh aktivitas untuk berkebun dan bertani masyarakat. pemberian pupuk yang mengandung amonium (NH₄⁺) dapat menurunkan pH karena ketika

amonium bereaksi dengan udara, maka akan menghasilkan produk ion H⁺ yang akan menyerap ke dalam tanah dan larut dalam air tanah sehingga pH menjadi turun.



Selain itu komponen penyusun batuan sekitar juga mungkin dapat menurunkan pH air. Berdasarkan data geolistrik yang diakusisi teridentifikasi wilayah penelitian disusun oleh batuan lempung yang cukup tebal. Lapisan tempat terdapatnya air tanah yang disusun oleh batu lempung tersebut akan membentuk sistem hidrogeologi tertutup sehingga akan lebih bersifat oksidatif yang menyebabkan kondisi air tanah menjadi asam. Batu lempung tersebut juga teridentifikasi memiliki kandungan mineral klorit, ilit, dan kaolinit. Salah satu komponen penyusun ketiga mineral tersebut adalah Al³⁺. Ketika batuan lempung mengalami proses pencucian oleh air tanah dalam kondisi asam, maka ion Al³⁺ akan larut dalam air dan bereaksi menarik ion OH⁻ pada air sehingga menghasilkan produk padatan (Al(OH)₃) dan ion hidrogen (3H⁺).

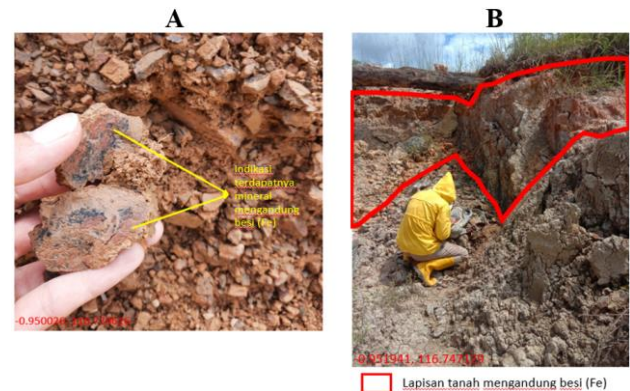


Dihasilkannya ion hidrogen tersebut menyebabkan kondisi air tanah semakin asam (pH turun).

5.4. Besi (Fe)

Kadar besi yang tinggi pada wilayah penelitian (Tabel 2) dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti lapisan tanah penutup (*topsoil*), jenis batuan penyusun wilayah penelitian, dan aktivitas masyarakat. Pada beberapa titik di sekitar daerah penelitian, warna lapisan tanah ataupun batuan yang lapuk pada permukaan menunjukkan adanya kecenderungan berwarna coklat kemerahan sampai dengan kuning (Gambar 6), yang mengindikasikan kehadiran mineral besi seperti hematit (Fe₂O₃) berwarna kemerahan dan goetit (FeO(OH)) berwarna kekuningan. Fe yang kontak dengan air tanah atau air permukaan dapat larut dan meresap ke dalam tanah, sehingga menyebabkan kandungan besi dalam air tanah dapat meningkat.

Mineral klorit (Mg.Fe)₅Al(AlSiO₃O₁₀)(OH) yang terkandung dalam batulempung dapat mengalami proses pencucian dan meningkatkan kandungan besi meskipun dalam jumlah kecil akibat ion Fe dari mineral klorit telah larut dalam air tanah. Selain itu pemberian pupuk mengandung Fe oleh petani di lokasi sekitar titik sampel kemungkinan juga dapat meningkatkan kandungan Fe.



Gambar 6 Lapisan tanah lokasi penelitian.

5.5. Mangan (Mn)

Terdapat dua dari total empat sampel yang memiliki nilai kandungan mangan melebihi baku mutu, yaitu pada titik sampel Y-SG-5 dan Y-SG-9 (Tabel 2). Kandungan mangan pada air tanah pada daerah penelitian kemungkinan dipengaruhi oleh aktivitas permukaan, terutama aktivitas pertanian, yaitu penggunaan pupuk yang mengandung mangan. Selain itu kandungan mangan juga dapat berasal dari aktivitas peternakan yang umum dilakukan penduduk sekitar. Pemberian pakan yang dilakukan pada tempat yang tidak tertutup atau tidak khusus bahkan beberapa langsung diatas tanah yang dilakukan oleh penduduk memungkinkan untuk dapat mencemari tanah sekitar ataupun larut terbawa air permukaan sehingga mempengaruhi kandungan mangan pada sumur gali warga sekitar, terutama karena titik sampel Y-SG-5 dan Y-SG-9 pemilik rumah memiliki kandang ternak yang berlokasi di sekitar area sumur gali.

5.6. Zat organik (KMnO₄)

Titik sampel Y-SG-9 dan Y-SG- memiliki nilai kandungan zat organik melebihi baku mutu, . Tingginya zat organik pada air tanah di daerah penelitian kemungkinan diakibatkan oleh banyaknya limbah organik tumbuhan (daun dan ranting) yang masuk ke dalam sumur dalam posisi terbuka dan sanitasi warga yang buruk. Mayoritas warga pada daerah penelitian tidak memiliki sarana pencucian atau toilet yang layak hanya sekedar jamban yang jalur pembuangannya langsung ke tanah ataupun tampungan limbah air seperti kolam yang mana jamban tersebut letaknya tidak terlalu jauh dari sumur gali. Hal tersebut sangat berpengaruh pada pencemaran air tanah terutama melalui sumur gali. Limbah domestik warga tersebut dapat langsung menyerap ke dalam tanah maupun ketika terjadi hujan atau ketika ada aliran air di permukaan, limbah domestik warga tersebut dapat terbawa oleh aliran air sampai masuk ke sumur gali sehingga kontaminasi zat organik pada air tanah menjadi tinggi.

5.7. Total coliform dan *E.coli*

Kedua parameter tersebut saling berhubungan karena terdapat dalam satu grup yang sama. Nilai *total coliform* yang tinggi (Tabel 3) pada daerah penelitian disebabkan oleh banyaknya kontaminasi limbah organik seperti tanaman atau hewan yang mati pada lokasi penelitian terlebih disekitar area sumur gali yang semuanya dikelilingi oleh vegetasi sehingga dapat langsung mencemari. Nilai *E. coli* yang tinggi pada lokasi penelitian disebabkan oleh buruknya sanitasi warga sekitar seperti yang telah dijelaskan pada parameter sebelumnya yaitu tidak memadainya sarana sanitasi dan pembuangan warga dan juga terdapat ternak disekitar rumah yang

letaknya dekat dengan sumur gali yang dapat menyebabkan kontaminasi *E. coli* pada air tanah dapat menjadi tinggi.

5.8. Analisis Indeks Pencemaran (IP)

Terdapat beberapa parameter yang tidak dapat diwakilkan oleh metode indeks pencemaran seperti bau dan rasa karena satuan baku mutunya bukan merupakan angka dan parameter *E. coli* juga tidak dapat dianalisis dikarenakan satuan baku mutunya adalah nol (0). Pada parameter yang hasil ujinya berupa perkiraan seperti contohnya kurang dari (<) maka parameter tersebut diasumsikan kurang dari satu tingkat dari hasil uji tersebut. Seperti contohnya hasil pemeriksaan fluorida didapatkan hasil sebesar <0,10 mg/L, maka diasumsikan hasil yang dianalisis pada indeks pencemaran adalah 0,09 mg/L. Pada parameter *total coliform*, pemeriksaan dengan hasil *Too Numerous to Count (TNTC)* merupakan hasil dengan bacaan melebihi 200 CFU/100 ml, sehingga diasumsikan hasil yang dianalisis pada metode indeks pencemaran adalah sebesar 201 CFU/100 ml. Nilai pengukuran tingkat kekeruhan pada kode sampel Y-SG-5 tidak ikut dianalisis karena terdapat potensi kesalahan analisis pada uji laboratorium terhadap nilai tersebut yang dikhawatirkan akan berpengaruh pada keseluruhan analisis indeks pencemaran.

Nilai perbandingan hasil uji langsung dengan baku mutu (Ci/Lij) jika kurang dari sama dengan satu (≤ 1) maka dapat digunakan dalam perhitungan, jika tidak lebih dari satu (> 1) maka perlu dihitung nilai (Ci/Lij) baru. Hasil perhitungan nilai (Ci/Lij) baru, serta nilai maksimum (Ci/Lij)_M dan nilai rata-rata (Ci/Lij)_R dapat dilihat di Tabel 4. Sedangkan hasil rata-rata indeks pencemaran PI_j untuk masing-masing sampel dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4 Hasil perhitungan Ci/lij

No	Parameter	Satuan	Lij	Hasil Pengukuran (Ci)				Hasil Perhitungan (Ci/Lij)				Hasil Perhitungan (Ci/Lij)baru			
				Y-SG-4	Y-SG-5	Y-SG-9	Y-SG-12	Y-SG-4	Y-SG-5	Y-SG-9	Y-SG-12	Y-SG-4	Y-SG-5	Y-SG-9	Y-SG-12
FISIKA															
1	Kekeruhan	NTU	25	29.8	x	28	55	1.192	x	1.12	2.2	1.381	x	1.246	2.712
2	Warna	TCU	50	9.1	15.4	5.9	31.9	0.182	0.308	0.118	0.638	0.182	0.308	0.118	0.638
3	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	1000	43	115	139	28	0.043	0.115	0.139	0.028	0.043	0.115	0.139	0.028
4	Suhu	°C	Suhu udara ±3	28.4	31.7	28.4	28.4	0.86	0.23	0.86	0.86	0.86	0.23	0.86	0.86
5	Rasa		Tidak Berasa	Tidak Berasa	Tidak Berasa	Tidak Berasa	Tidak Berasa	x	x	x	x	x	x	x	x
6	Bau		Tidak Berbau	Tidak Berbau	Sedikit berbau	Sedikit berbau	Sedikit berbau	x	x	x	x	x	x	x	x
KIMIA															
1	pH		6.5-8.5	4.2	2.5	5.1	4.2	3.3	5	2.4	3.3	3.592	4.494	2.901	3.592
2	Besi	mg/l	1	4.29	1.91	1.79	2.14	4.29	1.91	1.79	2.14	4.162	2.405	2.264	2.652
3	Flourida	mg/l	1.5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
4	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	2	32	92	6	0.004	0.064	0.184	0.012	0.004	0.064	0.184	0.012
5	Mangan	mg/l	0.5	0.48	0.62	0.61	0.34	0.96	1.24	1.22	0.68	0.96	1.467	1.431	0.68
6	Nitrat. sebagai N	mg/l	10	2.7	1.2	1.8	3.7	0.27	0.12	0.18	0.37	0.27	0.12	0.18	0.37
7	Nitrit. sebagai N	mg/l	1	0.016	0.009	0.023	0.087	0.016	0.009	0.023	0.087	0.016	0.009	0.023	0.087
8	Sianida	mg/l	0.1	0.004	0.004	0.004	0.004	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
9	Nitrat	mg/l	10	0.025	0.025	0.025	0.025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
10	Nitrit	mg/l	1	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024	0.024
TAMBAHAN															
1	Kromium (Valensi 6)	mg/l	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
2	Seng	mg/l	15	0.04	0.08	0.02	0.04	0.002667	0.005333	0.001333	0.002667	0.00267	0.00533	0.00133	0.00267
3	Sulfat	mg/l	400	13.7	63	39.6	30.8	0.03425	0.1575	0.099	0.077	0.03425	0.1575	0.099	0.077
4	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10	8.22	6.32	12.01	12.64	0.822	0.632	1.201	1.264	0.822	0.632	1.397	1.508
BIOLOGI															
1	Total Coliform	CFU/100 ml	50	201	147	201	201	4.02	2.94	4.02	4.02	4.021	3.341	4.021	4.021
2	E. Coli	CFU/100 ml	0	2	0	20	10	x	x	x	x	x	x	x	x
Ci/Lij Maksimum												4.162	4.494	4.021	4.021
Ci/Lij Rata-rata												1.051921	0.770796	0.970592	1.089359
Pij												3.03	3.22	2.92	2.94
Plj rata-rata												3.0275			
Ci/Lij baru															
Ci/Lij >1															
Melebihi baku mutu															

Tabel 5 Rata-rata indeks pencemaran

No	Kode Sampel	Indeks Pencemaran (PIj)
1	Y-SG-4	3,03
2	Y-SG-5	3,22
3	Y-SG-9	2,92
4	Y-SG-12	2,94
Rata-rata indeks pencemaran		3,0275

Berdasarkan hasil perhitungan metode index pencemaran (PIj) dari keempat sampel yang telah dirata-ratakan, didapatkan hasil senilai **3,0275** (Tabel 5). Jika dibandingkan dengan klasifikasi skor indeks pencemaran berdasarkan KEPMEN LH No. 15 Tahun 2003, maka kualitas air tanah untuk kebutuhan higiene sanitasi pada wilayah Desa Bumi Harapan secara keseluruhan termasuk dalam kategori **cemar ringan** karena berada pada rentang indeks pencemaran 1 – 5.

Air tanah untuk kebutuhan higiene sanitasi yang termasuk dalam kategori cemar ringan tersebut masih berpeluang untuk tetap dapat digunakan namun dengan beberapa efek samping seperti bila terkena kulit atau mata maka terdapat kemungkinan akan menyebabkan iritasi dan gatal-gatal dan juga air tanah yang mengandung Besi dan mangan tinggi akan meninggalkan noda atau endapan berwarna kuning kecoklatan apabila air tersebut tidak dilap atau sudah kering pada media apapun dan dibiarkan dalam waktu yang lama pada suatu wadah. Air tanah yang memiliki pH rendah juga bersifat korosif apabila kontak dengan jenis logam tertentu sehingga cukup berbahaya. Namun, respon setiap manusia dan objek terhadap efek samping air tanah tersebut akan berbeda-beda sehingga tetap disarankan untuk melakukan pengolahan terlebih dahulu.

Masing-masing titik sampel memiliki karakteristik pencemaran dominanya berdasarkan nilai pencemaran maksimum ((Ci/Lij)_M) yang telah

diketahui Pada titik Y-SG-4 yang menjadi sumber pencemaran dominannya adalah kandungan besi, titik Y-SG-5 yang menjadi sumber pencemaran dominannya adalah pH, pada titik Y-SG-9 dan Y-SG-12 yang menjadi sumber pencemaran dominannya adalah kandungan *total coliform*. Sebelum dirata-ratakan, hasil indeks pencemaran dari keempat sampel sudah terlihat berada pada rentang cemar ringan yang berarti pencemaran air tanah pada Desa Bumi Harapan cukup merata disemua tempat namun dengan intensitas dan karakteristik pencemarannya masing-masing karena sangat dipengaruhi oleh aktivitas permukaan. Pada diagram fasies air tanah (**Error! Reference source not found.**), terlihat bahwa konsentrasi anion dan kation pada keempat titik sampel sangatlah beragam dengan lokasi titik sampel yang tidak terlalu jauh terutama titik sampel Y-SG-4 dan Y-SG-5, hal ini menandakan bahwa aktivitas pada permukaan sangatlah beragam atau terjadi perlakuan yang berbeda oleh masing-masing warga pemilik sumur gali tersebut sehingga kandungan anion dan kation dapat berbeda-beda pada masing-masing titik sumur gali. Oleh karena itu aktivitas warga sangat berpengaruh dalam kontribusinya terhadap pencemaran air tanah sekitar.

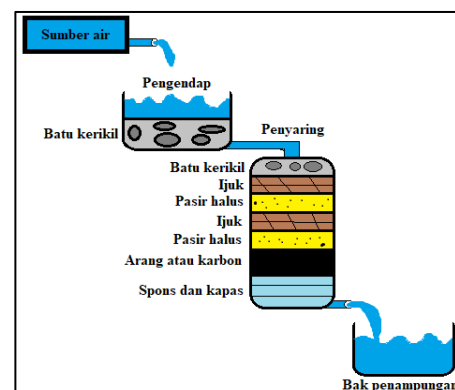
5.9. Pengolahan (*Treatment*) air tanah pada lokasi penelitian

Dalam menunjang kualitas air tanah yang layak untuk suatu tujuan peruntukan tertentu dalam hal ini adalah kebutuhan higiene sanitasi, perlu dilakukannya suatu *treatment*. Berdasarkan hasil analisis kualitas air tanah, Daerah Desa Bumi Harapan memiliki tingkat kualitas air tanah tercemar ringan untuk kebutuhan higiene sanitasi karena terdapat beberapa parameter yang melebihi ambang batas. Beberapa parameter tersebut antara lain kekeruhan, pH, besi, mangan, zat organik, *total coliform*, dan *E.coli*. Parameter-parameter tersebut tentunya harus dibuat menjadi sesuai dengan baku mutu. Berikut merupakan *treatment* yang disarankan untuk mengakomodasi baku mutu yang melebihi pada parameter tersebut:

a. Penyaringan air sederhana kombinasi dengan kapur (CaCO_3) dan kaporit

Penyaringan air sederhana merupakan langkah cukup praktis yang dapat dilakukan dan dibuat oleh masing-masing warga pemilik sumur—. Bahan-bahan pembuat saringan air sederhana tersebut mudah didapatkan di sekitar meliputi batu kerikil, pasir halus, ijuk, arang tempurung kelapa ataupun karbon dalam bentuk lain, kapur, kaporit, spons dan kapas, ember atau drum, paralon, dan keran air. Batu kerikil akan menyaring kotoran yang berukuran besar seperti lumut, daun, atau polutan besar lainnya. Ijuk dan arang berfungsi untuk menghilangkan aroma tidak sedap dan meratakan aliran air serta menyerap beberapa kandungan polutan. Pasir halus berfungsi untuk menahan endapan lumpur. Spons dan kapas berfungsi untuk menyaring partikel polutan yang lebih kecil. Kapur berfungsi untuk menetralkan pH air yang berada dalam kondisi asam (pH rendah) dan kaporit berfungsi untuk membunuh bakteri dan virus.

Air yang berasal dari sumur gali dialirkan menuju ke bak pengendap untuk mengendapkan dan menyaring beberapa partikel makro. Selanjutnya dari bak pengendap air dialirkan menuju media penyaring untuk disterilisasi dari beberapa kontaminan yang terkandung dalam air. Setelah itu, air dialirkan ke bak penampungan untuk diberikan *treatment* selanjutnya yaitu penambahan kapur (CaCO_3) untuk menetralkan pH dan kaporit untuk mensterilkan virus dan bakteri (Gambar 7).



Gambar 7 Skema penyaringan air sederhana

b. Saringan keramik

Metode saringan air keramik ini menggunakan material lempung halus yang dibentuk sedemikian rupa dan setelah itu dibakar. Selanjutnya material lempung yang telah dibentuk dilapisi oleh larutan perak nitrat. Saringan keramik efektif untuk menurunkan kandungan Fe dan Mn dalam air serta efektif untuk menetralkan zat organik dan membunuh kuman serta bakteri. Prinsip kerja saringan keramik adalah sama seperti penyaring air sederhana yaitu memfilter kotoran atau polutan berukuran lebih besar dari pori-pori yang terbentuk pada saringan keramik. Perak bereaksi dengan DNA bakteri dan virus, sehingga tidak dapat berkembang biak. Ukuran pori-pori yang sangat kecil memungkinkan untuk menyaring hampir semua jenis zat pengotor, bakteri, protozoa, dan telur cacing (Febrina & Ayuna, 2014).

c. Water Treatment Plant (WTP)

Disebut juga instalasi pengolahan air adalah sistem terpadu yang berfungsi untuk mengolah air yang terkontaminasi menjadi layak digunakan untuk tujuan tertentu seperti untuk kebutuhan sanitasi sehari-hari ataupun konsumsi sebagai air minum. Metode ini mahal dan kompleks, oleh sebab itu diperlukan peran pemerintah dalam pengolahannya. Pada umumnya instalasi pengolahan air terdiri dari lima proses yaitu koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan disinfeksi (Adika Tirta Daya, 2022).

d. Pembuatan saluran buangan yang layak

Masih tidak terdapatnya gorong-gorong atau kanal penyalur air dari limbah permukaan (*run off*) sehingga ketika terdapat volume atau aliran air berlebih di permukaan maka air akan bebas mengalir kemana saja sesuai jalur yang mudah dilalui dari elevasi tinggi ke elevasi rendah sehingga terdapat kemungkinan untuk terjadi pencemaran air tanah melalui sumur gali. Dibutuhkan suatu gorong-gorong atau kanal air yang layak untuk mengatasi hal tersebut dalam mengalirkan air limbah maupun air limbah ke jalur yang diperuntukan

karena berdasarkan peta kontur muka air tanah (**Error! Reference source not found.**), elevasi permukaan dan muka air tanah perbedaannya tidak terlalu signifikan. Struktur sumur gali juga perlu diperkuat pada bagian sisi sumur dan juga di beri penutup khusus di bagian permukaan sehingga meminimalkan masuknya polutan ke dalam sumur.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian kali ini adalah:

1. Kualitas air tanah untuk kebutuhan higiene sanitasi pada Desa Bumi Harapan sesuai dengan parameter dan baku mutu pada PERMENKES No. 32 Tahun 2017 serta metode indeks pencemaran pada KEPMEN LH No. 115 Tahun 2003 tergolong dalam kategori tercemar ringan. Penyebab tercemar ringan disebabkan oleh adanya beberapa parameter yang nilainya tidak sesuai dengan baku mutu yaitu kekeruhan, pH (kondisi asam), besi (Fe), mangan (Mn), zat organik (KMnO_4), *total coliform*, dan *E.coli*
2. Daerah penelitian dominan tersusun oleh satuan batu lempung anggota Formasi Pamaluan yang membentuk sistem hidrogeologi tertutup menyebabkan air tanah sulit untuk mengalir ketempat lain dan cenderung terakumulasi pada satu tempat tertentu sehingga membuat air tanah menjadi asam. Batu lempung juga berkontribusi dalam peningkatan kadar besi terlarut dalam air tanah dalam jumlah kecil, serta membuat air tanah menjadi keruh pada musim penghujan. Pada batu lempung teridentifikasi mineral lempung yang tersusun oleh aluminium (Al) dan besi (Fe). Kandungan aluminium berkontribusi membuat pH air tanah pada Desa Bumi Harapan menjadi semakin turun (asam) dan besi (Fe) berkontribusi pada sedikit peningkatan kadar besi terlarut dalam air tanah
3. Lapisan tanah di sekitar Desa Bumi Harapan mencirikan terdapatnya mineral hematit (Fe_2O_3) berwarna kemerahan dan mineral goetit ($\text{FeO}(\text{OH})$) berwarna kuning sampai dengan kecoklatan. Kandungan mineral tersebut

berkontribusi dalam peningkatan kadar besi terlarut dalam air tanah

4. Teknik pengolahan air tanah yang direkomendasikan dapat dilakukan di daerah penelitian meliputi pembuatan penyaringan air sederhana dengan kombinasi kapur dan kaporit, penyaringan keramik, instalasi pengolahan air serta pembuatan saluran buangan untuk menjaga kualitas air tanah secara tidak langsung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada berbagai pihak yang telah membantu jalannya penelitian ini baik dari tim dosen Teknik Geologi Universitas Pertamina, dosen pembimbing, pemerintah dan segenap warga Desa Bumi Harapan, beserta teman-teman sejawat dan berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Harapannya, penelitian ini dapat bermanfaat sebagai acuan dalam penentuan kebijakan atau regulasi pemanfaatan dan teknik pengolahan air tanah pada Kawasan Ibu Kota Nusantara (K-IKN).

DAFTAR PUSTAKA

- Adika Tirta Daya. (2022). *Water Treatment Plant*. <https://adikatirtadaya.co.id/wtp/>
- Arsyad, K. M. (2017). *Modul Geologi dan Hidrogeologi Pelatihan Perencanaan Air Tanah* (3rd ed.). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi.
- Febrina, L., & Ayuna, A. (2014). Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 36–44. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/download/369/341>
- Herlambang, A. (1996). Kualitas Air Tanah Dangkal di Kabupaten Bekasi. *Program Pascasarjana, IPB*.
- Permen ESDM No. 2 Tahun 2016 Tentang Cekungan Air Tanah di Indonesia, (2016).
- Undang Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara, (2022).
- PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum, Indonesia 1 (2017).
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2003). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. *Jakarta : Menteri Negara Lingkungan Hidup*, 1–15. <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Ohta, S., Effendi, S., Tanaka, N., Miura, S., Ohta, S., & Effendi, S. (1993). Ultisols of lowland Dipterocarp forest in East Kalimantan, Indonesia: III. Clay minerals, free oxides, and exchangeable cations. *Soil Science and Plant Nutrition*, 39(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/00380768.1993.10416969>
- Saputra, F. (2022). Pendugaan Lapisan Akuifer Menggunakan Metode Resistivitas Konfigurasi Schlumberger Di Wilayah Desa Bumi Harapan. *Institut Teknologi Kalimantan*.
- Supriatna, S., Sukardi, & Rustandi, E. (1995). Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi*.