

## Analisis Kesadahan Air Tanah Kelurahan Koya Tengah Distrik Muara Tami, Kota Jayapura Menggunakan Kajian Aspek Geokimia

<sup>1</sup>Lodwyk N. Krimadi, <sup>2</sup>Himawan, dan Merry Y. Wona<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Cenderawasih;

Email: lodwyk.krimadi@gmail.com

### ABSTRAK

Kesadahan (Hardness) merupakan salah satu air tanah yang dipengaruhi oleh masuknya ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang berasal dari sumber batuan gamping pada lingkungan pemukiman yang bereaksi dengan asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Berdasarkan survei dan studi komputasi geokimia kelurahan Koya Tengah, Distrik Muara Tami, Kota Jayapura terbentuk pada lapisan batuan Formasi Jayapura (lapisan batu gamping  $\text{CaCO}_3$ ) dan tanah alluvial hasil pengendapan material organik dan anorganik, sehingga melalui penelitian ini dilakukan pengujian kesadahan air tanah menggunakan metode titrasi kompleksimetri. Hasil analisis menunjukkan konsentrasi kesadahan sampel air 1 adalah 464 ppm dan 414 ppm sampel 2, kadar konsentrasi ini menunjukkan bahwasannya sampel air 1 dan 2 termasuk dalam kategori sadah sangat keras secara umum menurut beberapa literatur yaitu lebih dari 300 ppm. Kategori ini juga dapat dikonfirmasi melalui pH sampel 1 dan 2 yang cenderung bersifat basa dengan nilai yaitu 7,08 pada sampel 1 dan 7,44 sampel 2 dan nilai TDS sampel 1 adalah 315 ppm dan 290 ppm untuk sampel 2.

**Kata kunci:** Geokimia, Kesadahan, Air, pH, TDS

### ABSTRACT

Hardness is a type of groundwater that is influenced by the influx of  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  ions originating from limestone sources in the burial environment, which react with carbonic acid ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Based on surveys and geochemical computational studies of the Koya Tengah sub-district, Muara Tami District, Jayapura City, it is formed in the Jayapura Formation rock layers ( $\text{CaCO}_3$  limestone layers) and alluvial soil resulting from the deposition of organic and inorganic materials, so through this research groundwater hardness testing was carried out using the titration method. complexiometry. The analysis results show that the hardness concentration of water sample 1 is 464 ppm and 414 ppm for sample 2. This concentration level shows that water samples 1 and 2 are included in the very hard category in general, according to some literature, namely more than 300 ppm. This category can also be confirmed by the pH of samples 1 and 2, which tends to be alkaline with a value of 7.08 for sample 1 and 7.44 for sample 2, and the TDS value of sample 1 is 315 ppm and 290 ppm for sample 2.

**Keywords:** geochemical, Hardness, Water, pH, TDS

## Pendahuluan

Air merupakan bahan kimia dengan rumus molekul yang tersusun dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen yang berikatan secara kovalen. Diketahui bahwasannya, air merupakan bagian dari siklus kehidupan yang menopang segala bentuk aktivitas makhluk hidup terutama manusia baik dalam aktivitas rumah tangga, perindustrian, pertanian, dan juga perikanan.

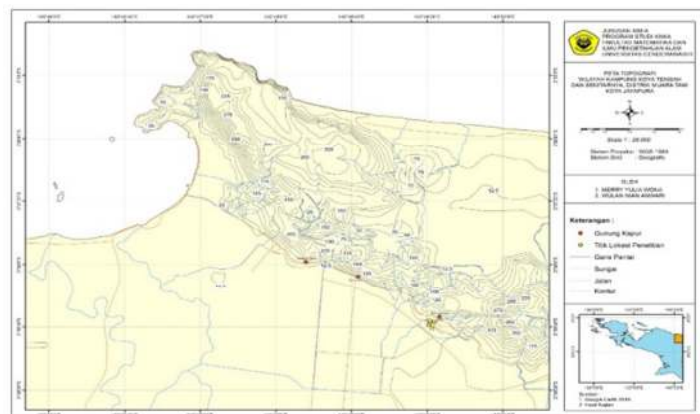
Permenkes RI No 492 (2010) menyatakan air yang baik dan layak digunakan adalah air yang memenuhi persyaratan baku mutu, baik persyaratan fisik maupun persyaratan kimia. Persyaratan baku mutu fisik yang wajib dipenuhi antara lain, tidak berwarna, tidak bersisa, tidak berbau, dan memiliki temperatur kamar, sedangkan baku mutu kimia yang wajib terpenuhi adalah pH, DO, dan Kesadahan. Semua air merupakan air yang terdapat baik di atas permukaan tanah ataupun yang berada di bawah permukaan tanah atau yang dikenal dengan air tanah (PermenESDM (2017)).

Air tanah merupakan air yang mengalir dan menempati bagian cekungan tanah mengikuti sifat fisiknya (PermenESDM. 2017). Kualitas air tanah diyakini mampu menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan geologi pada daerah di mana air tanah tersebut bersasal dan mampu melarutkan berbagai komponen atau zat kimia pada lingkungan tertentu. Beberapa penelitian telah mengkaji dan menemukan korelasi yang kuat antara kandungan bahan

kimia air tanah dipengaruhi oleh lingkungan pemendaman, Rawi N. M, dkk (2020) melakukan analisis kualitas air dan menemukan bahwa terdapat beberapa kandungan ion seperti ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{HCO}_3^-$  yang bersal dari hasil interaksi antara air dengan batuan di sekitar lingkungan air tersebut. Dyestiana D.C, dkk, (2023) juga melaporkan bahwasannya kondisi air Kekeruhan Tinggi dan Air Asam Tambang terkontaminasi dari sisa-sisa mineral seperti ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{HCO}_3^-$  hasil pertambangan yang menyebabkan kondisi air bersifat cukup asam dan basa. Salah satu permasalahan kondisi lingkungan air tanah yang sering dijumpai adalah tingkat kesadahan.

Kesadahan (Hardness) merupakan salah satu masalah yang sering dijumpai dan menyebabkan permasalahan pada lingkungan air khususnya air tanah. Penyebab kesadahan air tanah dipengaruhi oleh masuknya ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  yang diyakini kuat bersasal dari sumber batuan gamping pada lingkungan pemendaman. Pengujian kesadahan total air dapat dilakukan dengan menggunakan metode titrasi kompleksimetri.

Koya Tengah merupakan salah satu kampung yang beratministrasi pada Distrik Muara Tami Kota Jayapura, Provinsi Papua dengan kondisi geologi lingkungannya ditampilkan pada gambar 1, berikut ini.



Gambar 1. Peta Wilayah Penelitian Kelurahan Koya Tengah, Kota Jayapura-Papua

Berdasarkan peta wilayah (Gambar 1) Kelurahan Koya Tengah, Kota Jayapura-Papua

terletak pada wilayah yang relatif berupa dataran rendah sampai lembah, hal ini

tergambar jelas bahwa bagian barat dan selatan wilayah ini berada daerah yang relati memiliki dataran rendah dan bertanah dan rawa, sedangkan bagian timur dan utara tergambar jelas pada garis kontur yang membentang tersusun atas daerah perbukitan yang terbentuk dari batu gamping (bukit kapur). Hal ini juga bersesuaian dengan penelitian Maryanto S. dkk, (2020) yang menyatakan bahwa Batu gamping formasi jayapura juga tersebar merata di seluruh bagian daratan Jayapura.

Keberadaan batu gamping (gunung kapur) diperkirakan kuat dapat mempengaruhi tingkat kesadahan air tanah pada Kelurahan Koya Tengah. Susanti dan Meviana (2019) melaporkan melalui penelitiannya bahwa proses pelarutan ion  $\text{HCO}_3^-$  (Kesadahan Air) pada air sumber Mata Air Agung akan meningkat selama setahun jika lebih banyak terjadi musim kemarau, sedangkan pada musim penghujan konsentrasi ion  $\text{HCO}_3^-$  mengalami penurunan karenal terdapat lebih banyak debit air dibandingkan dengan jumlah ion  $\text{HCO}_3^-$  terlarut.

Berdasarkan urain di atas maka penelitian ini dilakukan pengujian dengan tujuan melihat korelasi antara aspek geokimia lingkungan serta pengaruhnya terhadap tingkat kesadahan air tanah Kelurahan Koya Tengah Distrik Muara Tami, Kota Jayapura-Papua.

## Metode

### Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian menggunakan metode survei lapangan dan komputasi geokimia serta eksperimen uji laboratorium tingkat kesadahan dan para meter pendukung (pH dan TDS) air tanah di Kelurahan Koya Tengah Distrik Muara Tami, Kota Jayapura-Papua.

### Pengambilan Sampel

Sampel Air tanah diambil dari air sumur warga Kelurahan Koya Tengah pada dua titik yan berbeda sebanyak 2 liter dari masing-masing titik pengambilan.

## Prosedur Kerja

### Pengukuran pH

Diambil 25 mL liter sampel air sumur Dimasukkan kedalam wadah kemudian celupkan elektroda pH meter yang sudah dikalibrasi pada wadah yang berisi sampel air sumur dan menekan tombol on pada alat dan menunggu hingga tampil nilai pada alat stabil dan dicatat nilai pH dari air tanah Kelurahan Koya Tengah yang didapat

### Pengukuran TDS

Diambil 25 mL sampel air sumur kemudian dimasukkan kedalam wadah dan celupkan elektroda alat TDS meter yang sudah dikalibrasi kedalam wadah yang berisi sampel air sumur kemudian ditekan tombol on pada alat dan ditunggu beberapa menit hingga nilai pada alat stabil dan tampak nilai TDS air tanah Kelurahan Koya Tengah yang didapat.

### Pengukuran Kesadahan

Dimasukan 25 mL sampel air ke dalam erlenmeyer kemudia menambahkan masing-masing 3 mL buffer  $\text{NH}_4\text{Cl-NH}_4\text{OH}$  (pH 10) dan 5 tetes EBT. Melakukan titrasi dengan menggunakan larutan EDTA 0,01 M sampai terjadi perubahan warna dari merah menjadi biru. Titrasi dilakukan secara triplo dan menghitung kesadahan air total yang dinyatakan dalam ppm  $\text{CaCO}_3$

Penentuan kesadahan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kesadahan Total} \\ = \frac{1000}{V_{cu}} \times V_{EDTA} \times [EDTA] \times 1000 \end{aligned}$$

Ket:  $V_{cu}$  = Volume larutan Sampel

$V_{EDTA}$  = Volume EDTA  
 $[EDTA]$  = Konsentrasi EDTA

## Hasil dan Pembahasan

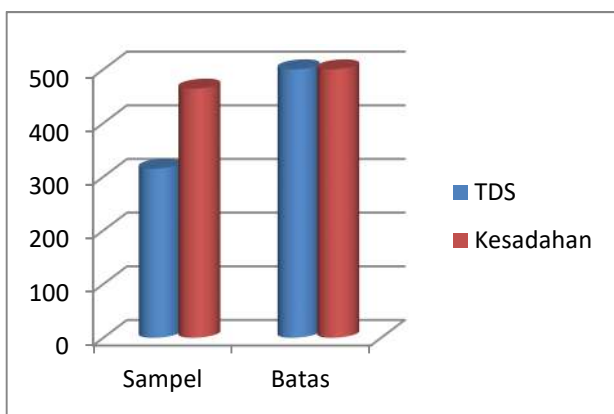
Air bersih dengan standar kualitas menurut Permenkes RI No 492 (2010) baku mutu air berkualitas baik adalah memiliki nilai *power of*

hydrogen (pH) 6-8, total dissolved solid (TDS) 500 ppm, dan tingkat kesadahan (*hardness*) adalah 500 ppm. Pada hasil pengukuran nilai pH, TDS, dan Kesadahan pada sampel air Kelurahan Koya Tengah Distrik Muara Tami pada kedua titik didapatkan hasil seperti ditampilkan pada tabel 1 berikut ini.

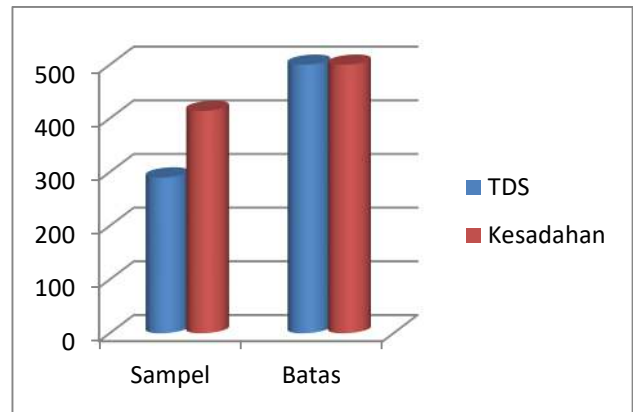
Tabel 1. Hasil pengujian nilai pH, TDS, dan Kesadahan Air tanah Kelurahan Koya Tengah

Parameter	Nilai		Satuan
	Sampel I	Sampel II	
pH	7,08	7,44	-
TDS	315	290	ppm
Kesadahan Total	464	414	ppm

Berdasarkan data analisis pada tabel 1 di atas dapat dilihat jelas bahwa nilai pH, TDS dan Kesadahan masing-masing sampel berturut-turut sampel 1 adalah 7,08, 315, 6,64 dan sampel 2 berturut-turut adalah 7,44, 290, dan 414. Hasil analisis TDS dan Kesadahan air dibandingkan dengan nilai ambang batas kualitas air bersih berdasarkan Permenkes RI No 492 (2010) dilihat pada gambar 2 dan 3 berikut ini.



Gambar 2. Grafik perbandingan nilai TDS dan Kesadahan Total sampel 1



Gambar 3. Grafik perbandingan nilai TDS dan Kesadahan Total sampel 2.

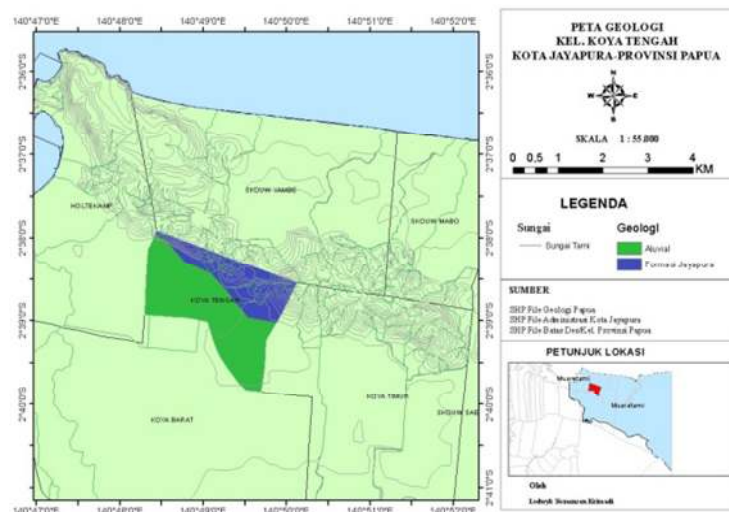
Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai kualitas air parameter pH dari kedua sampel sumur air berturut-turut adalah sampel 1 (7,08) dan sampel 2 (7,44), juga pada pengujian parameter TDS pada sampel air tanah 1 dan 2 berturut-turut adalah 315 ppm dan 290 ppm, sedangkan pengujian parameter kesadahan berturut-turut adalah 464 ppm (sampel 1) dan 414 ppm (sampel 2).

Tingkat kesadahan air tanah Kelurahan Koya Tengah dikategorikan masih berada pada batas aman jika dikonversikan batas maksimum tingkat kesadahan air yang diperbolehkan Permenkes RI No 492 (2010) adalah 500 ppm. Namun diketahui bahwasannya nilai kesadahan total sampel 1 dan 2 air tanah Kelurahan Koya Tengah termasuk ke dalam kategori sangat sadah atau dikelompokkan kedalam kategori air sadah sangat keras, yang mana air sadah dikelompokkan menjadi lunak (50 ppm), agak keras (50-150 ppm), keras (150-300 ppm), dan sangat keras (>300 ppm) (Sumantri A, 2010), School W. S (2018) juga menyatakan pengelompokan air sadah berdasarkan total kandungan  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  menjadi 4 diantaranya air lunak (0-60 ppm), sadah cukup keras (61-120 ppm), sadah keras (121-180 ppm), dan sadah sangat keras (>180 ppm), sehingga dapat dikategorikan konsentrasi total ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  pada air tanah Kelurahan Koya Tengah adalah tinggi.

Tingginya konsentrasi total ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  pada air tanah Kelurahan Koya Tengah sangat dipengaruhi kondisi geologi dan kondisi lingkungan. Diketahui bahwa letak geologi

kelurahan Koya Tengah berada pada Formasi Jayapura yang tersusun dari batuan beku berumur pra-tercier, terciar sampai kuartener dan tersusun dari tanah alluvial yang merupakan

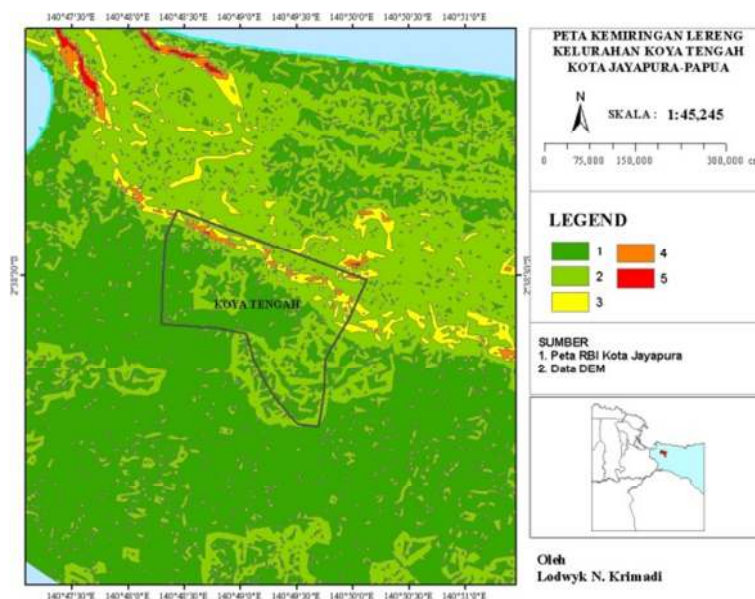
tanah hasil endapan material kimia tersuspensi dan terbawa aliran air kemudian terendapkan pada dataran rendah suatu wilayah (BMKG, 2023) (gambar 4.)



Gambar 4. Peta Geologi Kelurahan Koya Tengah, Distrik Muara Tami Kota Jayapura-Papua

Letak geologi dan proses kimia tersebut sangat besar pengaruhnya terhadap sifat kimia air tanah Kelurahan Koya Tengah, peristiwa ini bersesuaian dengan Santosa L. W, (2010) yang menyatakan bahwa struktur batuan penyusun akuifer sangat berpengaruh terhadap sifat kimia air tanah pada daerah tertentu. Faktor lain yang juga berpengaruh cukup besar adalah letak geografis Kelurahan Koya Tengah yang

berada pada dataran relatif lebih rendah dan berbatasan langsung pada gunung batu gamping dari Formasi Jayapura pada bagian utara ke barat kelurahan koya tengah seperti terlihat pada peta kemiringan lereng (gambar 5)



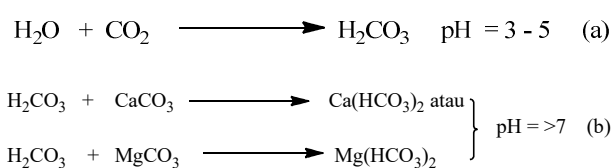
Gambar 5. Peta kemiringan lereng kelurahan koya tengah, Kota Jayapura-Papua

Tabel 2. Persentasi (%) Tingkat kemiringan lereng Kelurahan Koya Tengah, Kota Jayapura-Papua

Slope (%)	Gridcode	Kelompok Kemiringan
0-2	1	Datar
2-15	2	Landai
15-25	3	Agak Tinggi
25-40	4	Tinggi
>40	5	Sangat Tinggi

Didasarkan pada kondisi geografis dan letak geologi (gambar 5) Distrik Koya tengah lebih dominan terdiri dari dataran rendah sampai landai dengan kemiringan (*slope*) 0-15%, kondisi ini menjadikan Distrik Koya tengah sebagai daerah penampungan air yang sangat baik jika terjadi hujan ataupun banjir.

Aliran air dari gunung dengan vegetasi yang cukup padat pada utara Kelurahan Koya Tengah mampu melarutkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) hasil dekomposisi material organik oleh mikroorganisme sehingga berubah menjadi asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), selanjutnya merambat melalui gunung kapur (batu gamping) dan bereaksi dengan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) kemudian membentuk kalsium bikarbonat yang merupakan molekul penyebab kesadahan air



Gambar 6. Reaksi (a) Pembentukan Asam Karbonat; (b) Reaksi Pembentukan Kalsium Bikarbonat

Konsentrasi kesadahan sampel 1 dan 2 yang cukup tinggi juga dapat dikonfirmasi dengan terdeteksinya nilai *power of hydrogen* (pH) yang cenderung lebih dari tujuh (>7). Berdasarkan teori bahwa proses reaksi (gambar 6) terlihat jelas bahwa terjadi perubahan pH cukup tinggi dari asam (pH 3-5) yang bersal dari asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) hasil dekomposisi material organik dengan air, kemudian merambat atau mengalir melalui batuan kapur (CaCO<sub>3</sub>/MgCO<sub>3</sub>) (Formasi Jayapura) menuju

dataran Koya Tengah yang relatif datar-landai. Proses hidrogeologi yang terjadi kemudian mengubah sifat kimia air yang diprediksi awalnya bersifat asam menjadi basa dengan pH 7,08 sampel 1 dan sampel 2 pH 7,44.

Tingginya tingkat kesadahan air tanah Koya Tengah juga dapat dikonfirmasi kebenarannya atau dikorelasikan dengan tingginya nilai Total Dissolve Solid (TDS) antara sampel 1 dan sampel 2 berturut-turut 215 dan 290 ppm dari ambang batasnya 500 ppm (Permenkes RI No 492, 2010). Total padatan terlarut (TDS) menurut WHO (2003) merupakan akumulasi padatan hasil dekomposisi atau akumulasi material anorganik atau garam-garam mineral (kalsium, magnesium, kalium, natrium, bikarbonat, klorida, dan sulfat) juga sebagian kecil material organik tergantung kondisi geologi. Peristiwa tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesadahan air tanah Kelurahan Koya Tengah sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi, hal ini juga bersesuaian dengan lingkungan geologi Kelurahan Koya Tengah (gambar 4) terbentuk dari tanah alluvial yang merupakan tanah hasil endapan material anorganik dan juga material organik yang dibawa arus aliran sungai sehingga terendapkan pada daerah yang lebih rendah seperti Distrik Koya Tengah

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat korelasi yang cukup meyakinkan antara kondisi geokimia lingkungan terhadap tingkat kesadahan air tanah pada Kelurahan Koya Tengah, Distrik Muara Tami, Kota Jayapura.
2. Air tanah secara umum dikategorikan Kesadahan sangat keras dengan nilai sampel air 1 dan 2 berturut-turut 464 ppm dan 414 ppm
3. Air tanah cenderung bersifat basa dan nilai TDS berturut-turut 215 dan 290 ppm.

## Daftar Pustaka

- BMKG. 2023. "Ulasan Guncangan Tanah Akibat Gempa Jayapura Papua 9 Februari 2023".
- D.C. Dyestiana<sup>1</sup>, A. Badhurahman<sup>2</sup>, G.J. Kusuma<sup>3</sup>. 2023. "Analysis Of Turbidity Removal And Geochemical Factor From Mixing The High Turbidity Of Mine Water And Acid Mine Drainage" 7 (1): 5–12.
- Energi, Menteri, D A N Sumber, Daya Mineral, en Republik Indonesia. 2017. "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 2. 2017 ' Cekungan Air Tanah di Indonesia' Jakarta".
- "Kementrian Kesehatan RI. 2010. Permenkes RI No 492/MENKES/PER/IV/2010. Persyaratan Kualitas Air Minum."
- Maryanto, Sigit, Dian H Saputra, Sonia Rijani, en M Luthfi. 2020. "Sedimentologi Batugamping Formasi Jayapura di Sepanjang Lintasan Dewarebru , Mamei-Waibron , Jayapura" 21 (2): 77–84.
- Norhayati Mohd Rawi, Nursabrina Syahirah Hairudin, Norbert Simon\*, Lee Khai Ern & Norsyafina Roslan. 2020. "Hidrogeologi Dan Geokimia Air Bawah Tanah Di Daerah Tampin , Negeri Sembilan ", 49 (3): 493–502.
- Santosa, L. W. 2010. "Kajian Genesis Bentuklahan dan Pengaruhnya Terhadap Hidrostratigrafi Akuifer dan Hidrogeokimia Geoindikator Evolusi Sebagai Airtanah Bebas pada Bentanglahan Kuarter Kabupaten Kulon Progo Bagian Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta." *Universitas Gadjah Mada*.
- School, Water Science. 2018. "Hardness of Water". *Scince For A Changing World (USGS)*.
- Sumantri A. 2010. *Kesehatan Lingkungan, Edisi Keempat*. Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan. Kencana.
- Susanti, Nelya Eka, en Ika Meviana. 2019. "Nilai Laju Pelarutan Batu Gamping Pada Mataair Sumber Agung Di Kecamatan Sumbermanjing Wetan Kabupaten Malang" 4 (1): 51–58.
- WHO. 2003. "Total dissolved solids in Drinkingwater. Geneva Switzerland: World Health Organization."