

Analisis Tipe Fasies Hidrokimia Air tanah Berdasarkan Kondisi Litologi desa Olele, Kecamatan Kabilabone, Kabupaten Bonebolango

Pratiansyah Karim¹, Nurfaika¹, Ahmad Zainuri¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Gorontalo
e-mail: tiankarim322@gmail.com

Abstract

This research was conducted in Olele Village, Kabila Bone District, Bone Bolango Regency, Gorontalo Province. The study aims to analyze the relationship between lithology and groundwater hydrochemistry and to determine the groundwater hydrochemical facies. The methods used include surface geological mapping, groundwater chemical analysis at the Chemistry Laboratory of Universitas Negeri Gorontalo, and determination of hydrochemical facies using the Piper trilinear diagram. The results of groundwater chemical analysis plotted on the Piper diagram indicate that the hydrochemical facies in the study area is dominated by the Na-Cl facies. This facies suggests the influence of seawater mixing or seawater intrusion into the coastal aquifer system. This condition is reinforced by reef limestone lithology, which has high porosity and permeability, allowing seawater to enter the shallow groundwater aquifer. Thus, reef limestone lithology plays an important role in controlling the aquifer system and influencing groundwater hydrochemical characteristics. Interaction between groundwater and the coastal environment causes groundwater to evolve toward the Na-Cl facies.

Keywords: Groundwater, Hydrochemical facies, Piper Diagram, Olele Village

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di Desa Olele, Kecamatan Kabila Bone, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Penelitian bertujuan menganalisis hubungan litologi dengan hidrokimia air tanah serta menentukan tipe fasies hidrokimia air tanah. Metode yang digunakan meliputi pemetaan geologi permukaan, analisis kimia air tanah di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Gorontalo, dan penentuan fasies hidrokimia menggunakan diagram trilinear Piper. Hasil analisis kimia air tanah yang diplot pada diagram Piper menunjukkan bahwa fasies hidrokimia air tanah di daerah penelitian didominasi oleh fasies Na-Cl. Fasies ini mengindikasikan adanya pengaruh pencampuran air laut atau intrusi air laut pada sistem akuifer pesisir. Kondisi tersebut diperkuat oleh litologi batugamping terumbu yang memiliki porositas dan permeabilitas tinggi sehingga memungkinkan masuknya air laut ke dalam akuifer dangkal. Dengan demikian, litologi batugamping terumbu berperan penting dalam mengontrol sistem akuifer dan mempengaruhi karakteristik hidrokimia air tanah. Interaksi air tanah dengan lingkungan pesisir menyebabkan air tanah berkembang menuju fasies Na-Cl.

Kata kunci: Air Tanah, Fasies Hidrokimia, Diagram Piper, Litologi, Desa Olele

1. PENDAHULUAN

Geologi adalah ilmu yang mempelajari tentang kebumihan, karena geologi merupakan studi yang mencakup berbagai aspek tentang bumi, termasuk sifat fisik, komposisi, sejarah, dan proses pembentukannya. Air tanah adalah segala bentuk aliran air hujan yang mengalir di bawah permukaan tanah sebagai akibat struktur perlapisan geologi, potensi kelembapan tanah, dan gaya gravitasi bumi. Air bawah permukaan tersebut biasa dikenal dengan air tanah (Asdak, 2002).

Desa Olele, Kecamatan Kabila Bone, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo, merupakan wilayah pesisir yang secara geologi tersusun oleh batuan karbonat berupa batugamping terumbu serta batuan vulkanik seperti breksi vulkanik dan dasit porfiri. Batugamping terumbu dikenal memiliki porositas dan permeabilitas yang relatif tinggi akibat adanya rekahan dan rongga pelarutan, sehingga berpotensi sebagai akuifer air tanah yang baik. Namun, karakteristik tersebut juga menjadikan akuifer karbonat rentan terhadap pencemaran, termasuk pengaruh intrusi air laut di wilayah pesisir. Pemanfaatan air tanah oleh masyarakat Desa Olele umumnya berasal dari sumur gali yang memanfaatkan akuifer dangkal. Akuifer dangkal memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap

perubahan kualitas air karena kedalamannya relatif dangkal dan berhubungan langsung dengan aktivitas di permukaan.

Fasies air tanah merupakan aspek penting dalam analisis kimia air tanah untuk mengidentifikasi jenis dan genesa air tanah berdasarkan sistem serta media keterdapatannya (Back, 1961). Fasies Mg–HCO₃ umumnya dipengaruhi oleh pelarutan batuan endapan laut yang kaya mineral karbonat seperti dolomit, kalsit, dan aragonit (Davis & DeWiest, 1966). Sementara itu, fasies Na–SO₄ dapat terbentuk akibat keberadaan senyawa sulfat yang berasal dari deposisi atmosfer maupun aktivitas manusia, seperti emisi kendaraan dan penggunaan deterjen (Pujindiyanti & Pratikno, 2010; Nipu, 2022). Kondisi ini mencerminkan pengaruh aktivitas pemanfaatan lahan terhadap pembentukan fasies air tanah yang bersifat anomali didaerah penelitian.

2. METODE

Metode yang digunakan untuk data geologi yaitu : a. Observasi dan deskripsi litologi melalui pemetaan geologi permukaan, struktur geologi, geomorfologi. b. Analisis petrografi untuk mengetahui karakteristik mineralogi c. Korelasi antara jenis litologi, dan tipe fasies hidrokimia. *Output* yang dihasilkan : Hubungan litologi dengan pengaruhnya terhadap pembentukan fasies hidrokimia.

Metode yang digunakan untuk data fasies hidrokimia air tanah : a. Pengukuran parameter daya hantar listrik (DHL), dan total zat padat terlarut (TDS) secara langsung di lapangan. b. Analisis parameter kimia air tanah berupa kation (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺) dan anion (Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻) melalui uji laboratorium. c. Konversi data kimia air tanah dari satuan mg/L menjadi *miliequivalent* per liter (meq/L). d. Plot data kation dan anion ke dalam diagram *trilinear Piper*. e. Interpretasi tipe fasies hidrokimia berdasarkan posisi sampel pada diagram Piper. *Output* yang dihasilkan : Penentuan tipe fasies hidrokimia air tanah yang mencerminkan proses hidrogeokimia dan asal-usul air tanah.

A. Analisis Petrografi

Analisis petrografi tujuannya untuk menentukan jenis nama batuan atau jenis mineral-mineral yang ada di dalam batuan tersebut berdasarkan klasifikasi (Fisher, 1966), Russel B. Travis (1955), dan klasifikasi Dunham (1962). Kegunaan analisis petrografi pada batuan sedimen juga untuk mengetahui proses porositas dan permeabilitas air tanah yang mengalir pada batuan.

B. Analisis Tipe Fasies Air Tanah

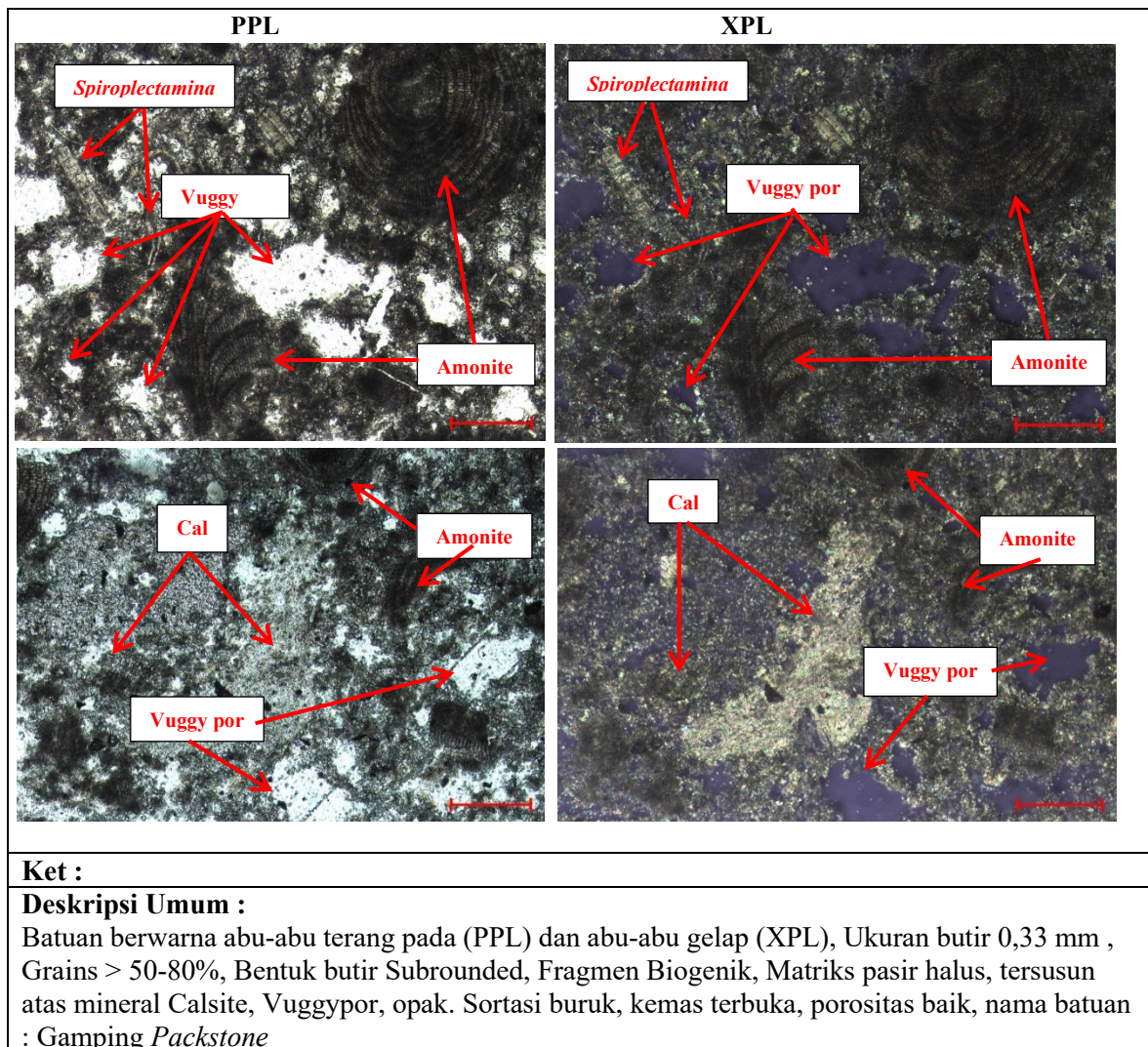
Tahap analisis fasies kimia air tanah dilakukan dengan menggunakan Metode Diagram Piper, dan data hasil laboratorium menggunakan satuan mg/l. Sampel air untuk analisis sifat kimia air tanah di analisis berdasarkan parameter kation dan anion berupa Na⁺, K⁺, Ca²⁺, dan Mg²⁺, Kemudian untuk anion nya yaitu Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻. Hasil data terkonversi kemudian di tempatkan pada diagram trilinear piper yang ada pada gambar 2.10 trilinear diagram piper (1944) menggunakan perangkat lunak yaitu Grapher. Pada tabel diagram piper terdapat dua segitiga sama sisi, yaitu segitiga sebelah kiri adalah kation yang terdiri dari Ca (kalsium), Mg (magnesium), Na+K dan segitiga yang di sebelah kanan merupakan anion yang terdiri dari Cl (klorida), SO₄ (Sulfat) dan HCO₃+CO₃.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Litologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian berada di Kecamatan Kabilabone, desa Olele. Pada lokasi penelitian, peneliti mendapatkan 3 satuan geologi, yaitu satuan batu gamping terumbu, breksi piroklastik, dan batuan dasit porfiri.

Gambar 1. Hasil Analisis Petrografi Batuan Gamping Packstone

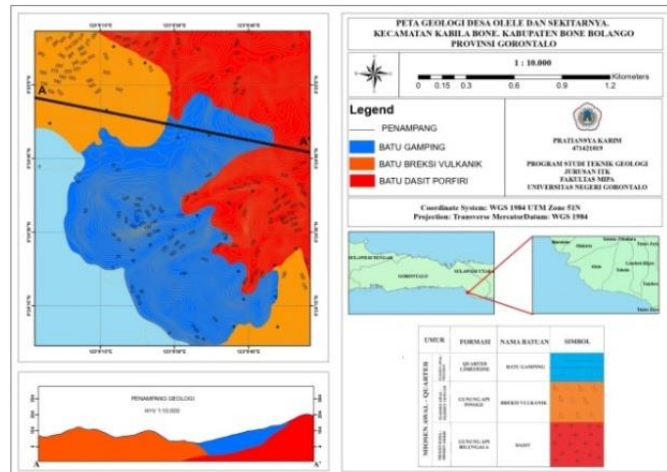


B. Hubungan Fasies Hidrokimia Air Tanah Dengan Litologi

Pada litologi batugamping terumbu, air tanah umumnya berkembang menjadi fasies Ca-HCO₃ karena dominasi proses pelarutan mineral karbonat seperti kalsit dan aragonit. Namun, dalam kondisi tertentu fasies Na-Cl dapat muncul pada akuifer karbonat, terutama apabila sistem akuifer tersebut berada di daerah pesisir atau dekat dengan sumber air laut. Pada kondisi tersebut, terjadi proses intrusi air laut atau pencampuran antara air tanah dan air laut yang menyebabkan peningkatan konsentrasi ion Na⁺ dan Cl⁻ dalam air tanah. Menurut William Back (1966), sistem akuifer karbonat yang berada di wilayah pesisir sering menunjukkan perubahan fasies dari Ca-HCO₃ menuju Na-Cl akibat proses pencampuran dengan air laut dan pertukaran ion pada material akuifer.

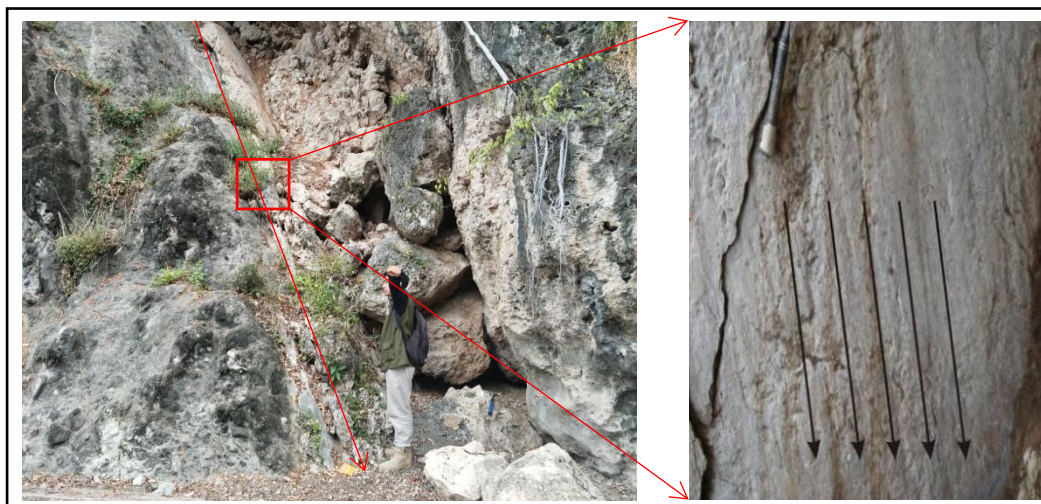
Pada litologi breksi vulkanik, hubungan dengan fasies Na-Cl dapat dijelaskan melalui proses pelapukan mineral silikat yang terkandung dalam fragmen batuan vulkanik. Breksi vulkanik umumnya mengandung mineral seperti plagioklas, piroksen, dan mineral mafik lainnya yang dapat mengalami alterasi atau pelapukan kimia. Proses pelapukan tersebut dapat melepaskan ion natrium (Na⁺) ke dalam air tanah. Menurut John D. Hem (1985), pelapukan mineral silikat terutama feldspar dapat menghasilkan ion Na⁺ yang kemudian meningkatkan kandungan natrium dalam air tanah. Apabila sumber klorida tersedia, misalnya dari pengaruh air laut atau fluida hidrotermal, maka air tanah dapat berkembang menjadi fasies Na-Cl.

Pada litologi dasit porfiri, hubungan dengan fasies Na–Cl terutama berkaitan dengan keberadaan mineral plagioklas feldspar yang kaya natrium dalam batuan tersebut. Dasit porfiri merupakan batuan vulkanik menengah yang sering mengandung fenokris plagioklas dalam matriks halus. Proses pelapukan kimia terhadap mineral plagioklas dapat menghasilkan ion Na^+ yang terlarut dalam air tanah. Menurut Carel A. J. Appelo dan Dieke Postma (2005), pelapukan mineral feldspar merupakan salah satu sumber utama ion natrium dalam sistem air tanah yang berkembang pada batuan vulkanik. Jika proses tersebut berlangsung bersamaan dengan adanya sumber klorida, baik dari intrusi air laut maupun dari fluida geokimia lainnya, maka komposisi air tanah dapat berkembang menuju fasies Na–Cl.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

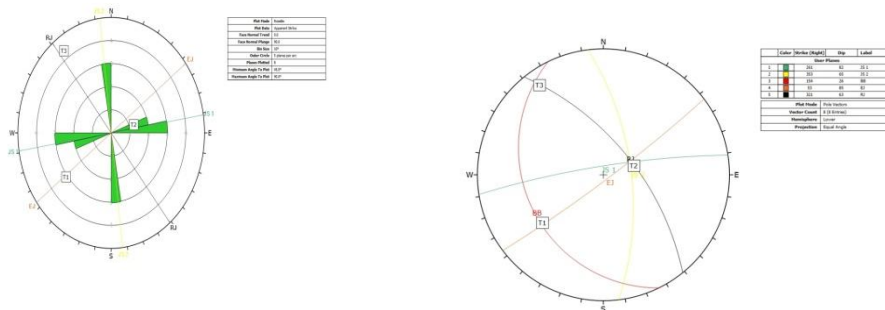
C. Struktur Geologi Daerah Penelitian



Gambar 3 Struktur Sesar turun didaerah Penelitian

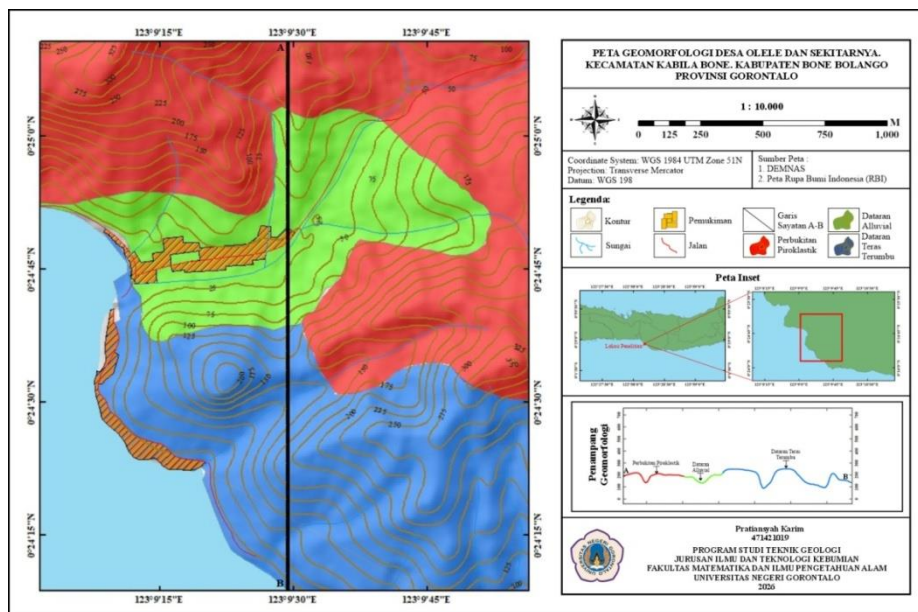
Pengamatan struktur geologi didaerah penelitian secara umum bercermin pada struktur geologi regional Kotamobagu (Apani dan Bachri 1997). Keberadaan sesar didaerah penelitian menyebabkan penyebaran struktur geologi yang cukup kompleks pada daerah penelitian, serta pelapukan batuan yang dapat menyebabkan terjadinya pergerakan massa batuan. Struktur geologi didaerah penelitian menjumpai struktur sesar turun, sesar ini terletak pada stasiun STA.T7, dengan membentuk kontak tegas

relatif utara – selatan pada satuan Breksi Piroklastik dan Gamping Terumbu. Data bidang sesar yang ditemukan pada daerah penelitian yaitu N 198° E/75°. *Slinkenside* 69°, N 270°E, dan *pitch* 83°. Struktur sesar ini merupakan sesar normal dengan penamaan *Normal Slip* (Rickard, 1972), dan diinterpretasikan terjadi akibat pembebanan batuan yang ada didaerah penelitian.



Gambar 4 Hasil Analisis Kekar Daerah Penelitian

D. Geomorfologi Daerah Penelitian



Gambar 4 Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian memiliki 3 satuan bentuk muka bumi, berupa satuan dataran alluvial, satuan perbukitan piroklastik, satuan dataran terumbu karang. Daerah penelitian memiliki dominan morfologi laut dangkal, dan pegunungan yang tertutupi oleh vegetasi yang sangat lebat, ketinggian pada daerah penelitian yaitu 0 – 965,7 mdpl. Satuan dataran alluvial memiliki ciri khusus pola kontur relatif renggang, dengan ketinggian sekitar 5 – 30 mdpl morfologi dataran rendah, litologi penyusun satuan ini yaitu aluvial dengan material lepas berukuran pasir halus. Pola aliran sungai pada satuan ini menunjukkan pola khusus, sungai pada satuan ini memiliki lembah berbentuk U. Dataran aluvial ini membatasi dua perbukitan piroklastik, dan sebagian wilayahnya menjadi pemukiman masyarakat sekitar. Satuan perbukitan piroklastik dicirikan pola kontur yang relatif rapat, memiliki ketinggian sekitar 100 – 215 mdpl. Relief perbukitan berlereng curam – sangat curam 25° - 60°.

Litologi penyusun satuan ini berupa breksi piroklastik yang merupakan produk hasil aktivitas gunung api. Pola aliran sungai pada satuan ini adalah dendritik. Sungai-sungai pada satuan ini umumnya memiliki lembah berbentuk “V”. Proses endogen yang mempengaruhi pembentukan satuan ini adalah aktivitas gunungapi. Proses eksogen yang mempengaruhi satuan ini berupa pelapukan serta erosi vertikal yang terlihat pada singkapan di pantai. Satuan Dataran Teras terumbu dicirikan pada kontur yang relatif renggang. Satuan ini memiliki ketinggian sekitar 0 – 50 mdpl dan memiliki relief berupa pedataran membentuk morfologi dataran – perbukitan rendah. Litologi penyusun satuan ini yaitu batu gamping terumbu. Satuan ini berbatasan langsung dengan laut teluk tomini, dan sebagian wilayahnya telah menjadi pemukiman warga sekitar. Satuan ini menempati bagian memanjang pada bagian selatan daerah penelitian (pantai). Analisis pola aliran pada daerah penelitian berdasarkan klasifikasi Twidale (2004), mengarah pada pola aliran dendritik, Pola aliran ini menunjukkan pola aliran yang membentuk sungai mengairi Desa Olele. Informasi ini menunjukkan litologi penyusun Desa Olele mayoritasnya homogen.

E. Data Sumur Gali

Secara astronomis daerah penelitian terletak pada koordinat 0°24'46.94573” N - dan 123°9'19.65874” E. Daerah penelitian berada di Desa Olele Kabupaten Gorontalo Provinsi Gorontalo. Berikut merupakan tabel data pengukuran sumur daerah penelitian. (Tabel 1).

Tabel 1 Data Pengukuran Sumur Gali Daerah Penelitian

No	Kode sumur	LATITUDE (E)	LONGITUDE (N)	ELEVASI (m)	Kedalaman sumur (m)	Muka air tanah	Warna Air	KET.
1.	Sumur 1	123°09'13,2”	0°24'45.5”	10,82	3,20	7,62	Jernih	Tidak bau
2.	Sumur 2	123°09'14.2”	0°24'41.6”	17,28	5,10	12,18	Jernih	Tidak bau
3.	Sumur 3	123°09'14.0”	0°24'43.8”	10,78	7	3,78	Jernih	Tidak bau
4.	Sumur 4	123°09'14.6”	0°24'44.6”	9,40	3,85	5,55	Jernih	Tidak bau
5.	Sumur 5	123°09'14,9”	0°24'45.9”	6,15	4	5,4	Jernih	Tidak bau
6.	Sumur 6	123°09'16.1”	0°24'46.8”	11,51	7	4,51	Jernih	Tidak bau
7.	Sumur 7	123°09'16.8”	0°24'44.8”	20,11	4,15	15,96	Jernih	Tidak bau
8.	Sumur 8	123°09'19.2”	0°24'44.9”	21,03	6,9	14,13	Jernih	Tidak bau
9.	Sumur 9	123°09'20.1”	0°24'45.5”	30	7,5	22,5	Jernih	Tidak bau
10.	Sumur 10	123°09'22.1”	0°24'45.5”	40	7	33	Buram	Tidak bau
11.	Sumur 11	123°09'21.8”	0°24'47.1”	30	5,9	24,1	Jernih	Tidak bau
12.	Sumur 12	123°09'24.5”	0°24'45.6”	30	8	22,2	Jernih	Tidak bau
13.	Sumur 13	123°09'26.5”	0°24'45.8”	30	4,40	25,6	Buram	Tidak bau

Dalam penelitian ini, sampel air tanah yang di peroleh dari sumur gali sebanyak 13 titik sumur, dan analisis secara keseluruhan parameter kimia nya hanya di ambil 4 titik sumur gali, yang mewakili (sumur 1,2,3, dan 10) untuk menentukan tipe fasies air tanah daerah penelitian. Parameter jarak merupakan jarak horizontal antara masing-masing sumur dengan titik acuan yang ditentukan, yang dihitung berdasarkan koordinat geografis (lintang dan bujur). Perhitungan jarak dilakukan menggunakan pendekatan spasial dengan asumsi jarak datar karena skala lokasi yang relatif kecil (<1 km). Nilai jarak ini digunakan sebagai dasar dalam analisis gradien hidraulik dan arah aliran air tanah. Identifikasi muka air tanah di lakukan untuk mendapatkan elevasi sumur dan ketinggian muka air tanah. 80% air tanah pada tabel di atas memiliki air yang berwarna jernih, 20% buram, dan 100% sumur air tanah tidak memiliki bau amis atau busuk sama sekali. Kedalaman pada sumur yang paling tinggi dalam adalah 8 meter, dan paling rendah 3,20 meter.

F. Kimia Air Tanah

Analisis kualitas air tanah dilakukan di laboratorium kimia – Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Gorontalo untuk melihat unsur atau senyawa yang terdapat didalam airtanah. Terdapat 4 sampel yang mewakili persebaran air tanah didaerah Olele. Berdasarkan hasil analisis kimia air tanah didapatkan nilai dari kation Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} , dan Anion Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} .

Tabel 2 Hasil analisis kimia air tanah

No	Kode Sampel	Hasil Analisis Anion dan Kation (mg/l)							
		Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
1	TPS 1	284,00	126,0	854	480	574,75	13,36	176,352	- 0,0371
2	TPS 2	141,81	95,34	902	576	229,9	14,56	152,304	- 0,0371
3	TPS 3	422,00	67,48	390	480	275,88	38,16	178,366	0,0283
4	TPS 10	71,10	66,93	292	672	229,9	50,29	150,30	0,2950

Berdasarkan ambang batas baku mutu kualitas air tanah berdasarkan sifat kimia yang diperbolehkan menurut Permenkes RI No.492 Tahun 2010 dan Permenkes No.416 Tahun 1990 terdapat beberapa unsur yang disyaratkan dalam penentuan kualitas air tanah yaitu unsur Na^+ dengan kandungan kimia yang diperbolehkan 200 mg/l, kandungan maksimal unsur SO_4 yang diperbolehkan 250 mg/l, kandungan unsur HCO_3^- maksimal yang diperbolehkan 500mg/l, kandungan Cl^- yang diperbolehkan maksimal 250mg/l, dan unsur Mg, Ca, K, CO_3^{2-} menurut permenkes tidak dipersyaratkan dalam baku mutu kualitas air bersih.

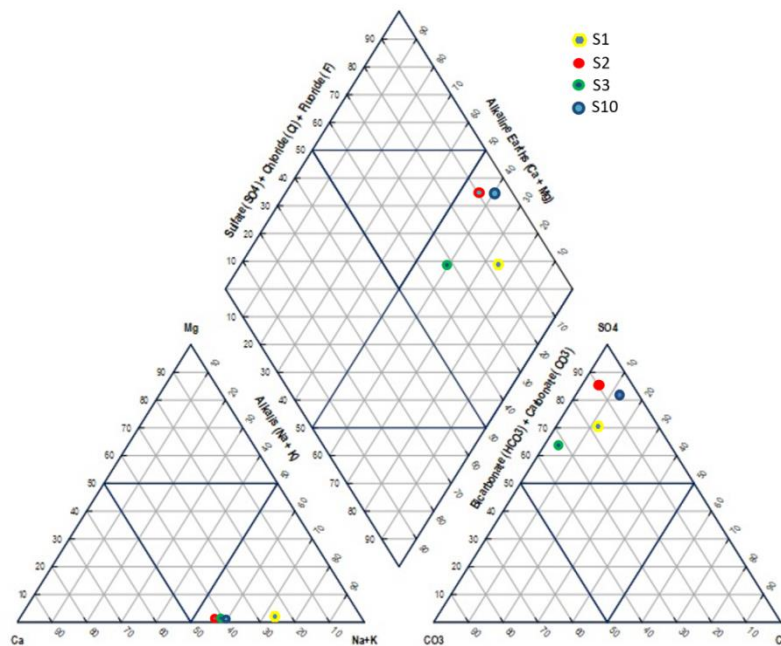
Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kandungan Na^+ di daerah penelitian terdapat semua TPS 1, TPS 2, TPS 3 dan TPS 10 dinyatakan layak memenuhi syarat berdasarkan Permenkes No.416 Tahun 1990, berkisar antara 229,9 mg/l – 574,75 mg/l. Kandungan HCO_3^- hanya terdapat dua sampel yang memenuhi syarat, sampel TPS 3 sama TPS 10 yaitu berkisar 390 mg/l – 292 mg/l. Kandungan Cl^- pada daerah penelitian terdapat dua sampel yang memenuhi syarat yaitu TPS 2, dan TPS 10, berkisar antara 141,81 - 141,81 mg/l masih tergolong layak. Kandungan SO_4 tersebut semuanya masih tergolong aman dan layak diperbolehkan. Air tanah didominasi oleh ion Ca^{2+} , Na^+ , dan HCO_3^- . Dominasi Ca^{2+} dan HCO_3^- mengindikasikan pelarutan mineral karbonat (kalsit/aragonit) pada batugamping. Reaksi utama pelarutan karbonat dapat dinyatakan sebagai: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+}$

+ 2HCO_3^- . Keberadaan Na^+ dapat disebabkan oleh proses pertukaran ion (cation exchange) maupun indikasi awal pencampuran air asin pada daerah pesisir. Sedangkan ion Cl^- dapat menjadi indikator konservatif dalam mendeteksi pengaruh intrusi air laut apabila nilainya meningkat signifikan.

Dari data-data diatas selanjutnya di konversi dari satuan mg/l ke satuan milliequivalen per liter (meq/l) untuk bisa digunakan pada analisis tipe fasies kimia air tanah. Hasil dari konversi tersebut juga di gunakan untuk penentuan tipe fasies kimia air tanah menggunakan diagram trilinear piper.

G. Tipe Fasies Air Tanah Berdasarkan Pengelompokan

Berikut ini adalah hasil plottingan penentuan fasies kimia air tanah dengan menggunakan metode diagram trilinear piper dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Hasil Diagram Trilinear Piper Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil 4 plotting diagram piper diatas, keseluruhan sampel masuk pada tipe (Na – Cl) *sodium chloride*. Fasies Na – Cl (sodium–chloride) pada air tanah menunjukkan dominasi ion natrium (Na^+) dan klorida (Cl^-). Fasies ini sering berkaitan dengan pengaruh air laut, pelarutan mineral evaporit, atau evolusi kimia air tanah akibat interaksi air – batuan. Menurut Freeze & Cherry (1979), fasies Na – Cl biasanya berkembang pada sistem akuifer yang dipengaruhi intrusi air laut atau interaksi intensif antara air tanah dengan batuan. Davis dan DeWiest (1966) juga menyatakan bahwa komposisi Na–Cl dapat berasal dari pelarutan mineral halit atau pengaruh lingkungan laut.

A. Hubungan Fasies Hidrokimia air tanah dengan litologi

Pada litologi batugamping terumbu, air tanah umumnya berkembang menjadi fasies Ca– HCO_3 karena dominasi proses pelarutan mineral karbonat seperti kalsit dan aragonit. Namun, dalam kondisi tertentu fasies Na–Cl dapat muncul pada akuifer karbonat, terutama apabila sistem akuifer tersebut berada di daerah pesisir atau dekat dengan sumber air laut. Pada kondisi tersebut, terjadi proses intrusi air laut atau pencampuran antara air tanah dan air laut yang menyebabkan peningkatan konsentrasi ion

Na⁺ dan Cl⁻ dalam air tanah. Menurut William Back (1966), sistem akuifer karbonat yang berada di wilayah pesisir sering menunjukkan perubahan fasies dari Ca-HCO₃ menuju Na-Cl akibat proses pencampuran dengan air laut dan pertukaran ion pada material akuifer.

Pada litologi breksi vulkanik, hubungan dengan fasies Na-Cl dapat dijelaskan melalui proses pelapukan mineral silikat yang terkandung dalam fragmen batuan vulkanik. Breksi vulkanik umumnya mengandung mineral seperti plagioklas, piroksen, dan mineral mafik lainnya yang dapat mengalami alterasi atau pelapukan kimia. Proses pelapukan tersebut dapat melepaskan ion natrium (Na⁺) ke dalam air tanah. Menurut John D. Hem (1985), pelapukan mineral silikat terutama feldspar dapat menghasilkan ion Na⁺ yang kemudian meningkatkan kandungan natrium dalam air tanah. Apabila sumber klorida tersedia, misalnya dari pengaruh air laut atau fluida hidrotermal, maka air tanah dapat berkembang menjadi fasies Na-Cl.

Pada litologi dasit porfiri, hubungan dengan fasies Na-Cl terutama berkaitan dengan keberadaan mineral plagioklas feldspar yang kaya natrium dalam batuan tersebut. Dasit porfiri merupakan batuan vulkanik menengah yang sering mengandung fenokris plagioklas dalam matriks halus. Proses pelapukan kimia terhadap mineral plagioklas dapat menghasilkan ion Na⁺ yang terlarut dalam air tanah. Menurut Carel A. J. Appelo dan Dieke Postma (2005), pelapukan mineral feldspar merupakan salah satu sumber utama ion natrium dalam sistem air tanah yang berkembang pada batuan vulkanik. Jika proses tersebut berlangsung bersamaan dengan adanya sumber klorida, baik dari intrusi air laut maupun dari fluida geokimia lainnya, maka komposisi air tanah dapat berkembang menuju fasies Na-Cl.

H. KESIMPULAN

Daerah penelitian di Desa Olele tersusun oleh tiga satuan batuan utama, yaitu batugamping packstone, breksi vulkanik (piroklastik), dan dasit porfiri. Hasil analisis kimia air tanah pada titik-titik pengambilan sampel menunjukkan komposisi ion mayor yang didominasi oleh Na⁺ dan Cl⁻, dengan kontribusi Ca²⁺ serta HCO₃⁻ yang masih nyata. Geomorfologi daerah penelitian memiliki 3 satuan bentuk muka bumi, berupa satuan dataran alluvial, satuan perbukitan piroklastik, satuan dataran terumbu karang. Daerah penelitian memiliki dominan morfologi laut dangkal, dan pegunungan yang tertutupi oleh vegetasi yang sangat lebat, ketinggian pada daerah penelitian yaitu 0 – 965,7 mdpl.

DAFTAR PUSTAKA

- Akakuru, O., et al. (2021). Hydrochemical evolution of groundwater in coastal aquifers. *Journal of Hydrology*.
- Apandi, T., & Bachri, S. (1997). Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi Skala 1:250.000. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2005). *Geochemistry, Groundwater and Pollution* (2nd ed.). Rotterdam: A.A. Balkema.
- Bambang Prastistho, Puji Praktiknyo, Achmad Rodhi, C.Prasetyadi, M. Ridwan \massora, Yulian Kurnia Munandar (2018). “Hubungan Struktur Geologi dan sistem akuifer tanah”. *Teknologi dan Pendidikan Tinggi* ISBN 978-602-5534-11-9.
- Arun Kumar, K., et al. (2021). Groundwater potential assessment using geospatial techniques. *Environmental Earth Sciences*.
- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Aziz, S. (2000). *Hidrogeologi Dasar*. Jakarta: Penerbit Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Back, W. (1961). *Techniques for mapping of hydrochemical facies*. U.S. Geological Survey Professional Paper.

- Bemmelen, R. W. van. (1949). *The Geology of Indonesia*. The Hague: Government Printing Office.
- Muhammad Amin Sunarhadi (2017) "Geomorfologi Dasar Dinamika Permukaan Bumi dan Dampaknya Terhadap Manusia di berbagai Lingkungan Bentang Lahan" ISBN: 978-602-361-072-3 Hal-258.
- Brahmantyo, B. (2009). *Klasifikasi Bentang Alam Indonesia*. Bandung: ITB Press.
- Burayu, W. (2022). Groundwater potential mapping using GIS techniques. *Hydrogeology Journal*.
- Chebotarev, I. I. (1955). Metamorphism of natural waters in the crust of weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*.
- Domenico, P. A., & Schwartz, F. W. (1998). *Physical and Chemical Hydrogeology* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Drever, J. I. (1997). *The Geochemistry of Natural Waters*. New Jersey: Prentice Hall.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fetter, C. W. (1994). *Applied Hydrogeology* (3rd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. New Jersey: Prentice Hall.
- Gilang, R., et al. (2019). Hydrochemical characteristics of groundwater in coastal aquifers. *Journal of Environmental Hydrology*.
- Hem, J. D. (1985). *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. U.S. Geological Survey.
- Hiscock, K. M. (2005). *Hydrogeology: Principles and Practice*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Kindie, M., et al. (2018). Groundwater potential evaluation using GIS-based techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*.
- Mattes, W. (1982). Hydrochemical data processing methods. *Hydrogeology Journal*.
- Permana, A., & Eraku, S. (2017). Stratigrafi dan lingkungan pengendapan batugamping terumbu di Gorontalo. *Jurnal Geologi Indonesia*.
- Piper, A. M. (1944). A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Transactions American Geophysical Union*.
- Ramesh, K., & Jagadeeswari, P. (2013). Hydrochemical characterization of groundwater using Piper diagram. *Environmental Earth Sciences*.
- Ray, R. K., et al. (1989). Groundwater resources and aquifer characteristics. *Hydrogeology Journal*.
- Sajil Kumar, P. J., et al. (2022). Groundwater quality assessment and hydrochemical analysis. *Environmental Research*.
- Santosa, S. (2010). *Hidrogeologi dan Kualitas Air Tanah*. Yogyakarta: UGM Press.
- Simandjuntak, T. O. (1992). Tectonic evolution of Sulawesi region. *Indonesian Journal of Geology*.
- Suharyadi. (1984). *Hidrologi dan Pengelolaan Air Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sutrisno, T. (2002). *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sutrisno, T. (2010). *Teknologi Penyediaan Air Bersih dan Sanitasi*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Terzer, S., et al. (2013). *Global groundwater resources assessment*. UNESCO Report.
- Thannoun, R. (2013). Automatic extraction of drainage networks using GIS techniques. *Journal of Geoscience*.
- Thapa, R., et al. (2017). GIS-based groundwater potential mapping. *Environmental Earth Sciences*.
- Todd, D. K. (1980). *Groundwater Hydrology* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.

Yildirim, A. (2021). Identification of groundwater potential zones using GIS and multi-criteria decision techniques. *International Journal of Geo-Information*.