

**KARAKTERISTIK HIDROGEOKIMIA AIR MENGGUNAKAN
ANALISIS PERBANDINGAN DIAGRAM PIPER DAN DUROV DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG**

JURNAL TUGAS AKHIR

**SUCI OKTAVIA
NIM: 122.18.001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
BEKASI
JULI 2023**

**KARAKTERISTIK HIDROGEOKIMIA AIR MENGGUNAKAN
ANALISIS PERBANDINGAN DIAGRAM PIPER DAN DUROV DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG**

JURNAL TUGAS AKHIR

**SUCI OKTAVIA
NIM: 122.18.001**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Pertambangan



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG
BEKASI
JULI 2023**

**KARAKTERISTIK HIDROGEOKIMIA AIR MENGGUNAKAN
ANALISIS PERBANDINGAN DIAGRAM PIPER DAN DUROV DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG**

JURNAL TUGAS AKHIR

SUCI OKTAVIA

NIM: 122.18.001

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Pertambangan

Menyetujui,

Bekasi, 28 Juli 2023

Pembimbing



Friska Agustin, S.T., M.T.
NIDN 0403089006

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pertambangan



Rian Andriansyah, S.T., M.T.
NIDN 0416027901

**KARAKTERISTIK HIDROGEOKIMIA AIR
MENGUNAKAN ANALISIS PERBANDINGAN
DIAGRAM PIPER DAN DUROV DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI CIKAPUNDUNG**

Suci Oktavia

Pembimbing : *Friska Agustin, S.T., M.T.*

Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sains Bandung, Bekasi 17530

Email : *suci.oktavia.999@gmail.com*

Abstrak

Sungai Cikapundung merupakan salah satu sungai penting yang berperan untuk menyuplai air di Kota Bandung. Namun, dalam proses pengalirannya, air tersebut telah menerima berbagai macam bahan pencemar. Kualitas yang air yang buruk menyebabkan parameter fisik dan kimia air berubah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur yang terdapat pada air sungai. Pengujian kualitas air dilakukan menggunakan alat *inductively coupled plasma mass spectrometry* (ICP-MS). Berdasarkan analisis Diagram Piper dan Durov jenis air yang diperoleh lebih dominan pada tipe kalsium-bikarbonat ($\text{Ca} - \text{HCO}_3$). Kondisi ini menunjukkan bahwa air yang ditemukan merupakan airtanah dangkal maupun mata air. Jenis air bikarbonat (HCO_3) yang diindikasikan berasal dari pelapukan material batuan maupun mineral yang dekat dengan permukaan. Kehadiran kalsium (Ca) yang terkandung pada airtanah kemungkinan berasal dari adanya batuan yang mengandung mineral karbonat (CO_3), selain itu air terindikasi telah berinteraksi dengan batuan yang mengandung mineral silikat yang dapat mempengaruhi unsur Ca. Kedua pendekatan diagram tersebut memberikan informasi tentang proses evolusi yang terjadi di Sub-DAS Sungai Cikapundung. Sehingga, diketahui bahwa air di Sub-DAS Cikapundung telah mengalami pertukaran ion yang menyebabkan kualitas air menjadi tidak layak karena adanya tingkat pencemar yang diperoleh dari pembuangan limbah industri dan rumah tangga melebihi standar kelas Baku Mutu Air Sungai menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Kata kunci: Sub-DAS Sungai Cikapundung, ICP-MS, diagram piper, diagram durov, kualitas air.

**HYDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATER USING
COMPARATIVE ANALYSIS OF PIPER AND DUROV DIAGRAMS IN THE
CIKAPUNDUNG WATERSHED**

Suci Oktavia

Supervisor : Friska Agustin, S.T., M.T.

Mining Engineering Study Program, Bandung Institute of Science Technology, Bekasi
17530

Email : suci.oktavia.999@gmail.com

Abstract

Cikapundung River is one of the important rivers that supply water to Bandung City. However, in the process of flowing, the water has received various kinds of pollutants. Poor water quality causes the physical and chemical parameters of the water to change. This study aims to determine the elemental content contained in river water. Water quality testing was conducted using inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Based on the analysis of the Piper and Durov Diagram, the type of water obtained is more dominant in the calcium-bicarbonate type (Ca - HCO₃). This indicates that the water found is either shallow groundwater or spring water. The type of bicarbonate (HCO₃) water indicated comes from the weathering of rock material and minerals close to the surface. The presence of calcium (Ca) contained in the groundwater may come from the presence of rocks containing carbonate minerals (CO₃), besides that the water is indicated to have interacted with rocks containing silicate minerals that can affect the element Ca. Both diagrammatic approaches provide information about the evolutionary process that occurs in the Cikapundung River Sub-watershed. Thus, it is known that the water in the Cikapundung Sub-watershed has undergone ion exchange which causes the water quality to become unfit due to the presence of pollutant levels obtained from industrial and household waste disposal exceeding the standard class of River Water Quality Standard according to Government Regulation No. 22 of 2021 concerning Implementation of Environmental Protection and Management.

Key words: *Cikapundung River Sub-watershed, ICP-MS, piper diagram, durov diagram, water quality.*

1. PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai potensial di daerah Jawa Barat adalah Cikapundung. Cikapundung merupakan salah satu bagian dari Sub-DAS Citarum. Sub-DAS tersebut terletak pada Cekungan Bandung dengan luas 14.211 Ha (Maria dan Purwoarminta, 2017). Sungai Cikapundung melintasi Kota Bandung sepanjang 15,5 km, sekitar 68,2% dari panjang total merupakan daerah pemukiman padat penduduk yang dipenuhi bangunan (Putra, dkk., 2018).

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tidak lagi berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Peraturan Pemerintah No. 82, 2001). Pencemaran yang masuk ke dalam badan perairan dapat melalui atmosfer, tanah, limpasan dari lahan pertanian, limbah domestik, perkotaan, dan industri (Efendi, 2003).

Kualitas air dapat dipengaruhi oleh reaksi geokimia dibawah permukaan seperti pelapukan, pelarutan, presipitasi, pertukaran ion, dan berbagai proses biologi (Todd, 1980; Sakram, 2013). Data pengujian kualitas air digunakan untuk penentuan fasies hidrogeokimia melalui diagram Trilinier Piper dan Durov. Penggunaan diagram ini untuk menilai proses geokimia yang mengendalikan evolusi geokimia di dalam air pada lokasi penelitian (Davraz dan Batur, 2021).

Kebutuhan air bersih meningkat seiring dengan pertumbuhan kota (Susiloputri dan Farida, 2009). Air sungai yang berasal dari mata air biasanya memiliki kualitas yang sangat baik. Namun dalam proses pengalirannya, air tersebut akan menerima berbagai macam bahan pencemar yang berasal dari daerah sekitar sungai (Sofia, dkk., 2010). Sungai menjadi tempat penggelontoran kotoran dan pembuangan limbah maupun sampah yang disebabkan oleh aktivitas manusia menjadikan sungai terpapar bahan pencemar, sehingga penelitian mengenai uji kualitas air menjadi penting (Putra, dkk., 2018). Maka, perlu dilakukan analisis mengenai tingkat pencemaran badan perairan di Sub-DAS Cikapundung atau daerah penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sifat Fisik Air

Salah satu parameter yang harus diukur untuk menentukan kualitas air adalah parameter fisik. Uji kualitas air bertujuan untuk memprediksi sifat fisik air. Pengujian menggunakan alat multiparameter yang meliputi derajat keasaman, total padatan terlarut, daya hantar listrik, dan suhu. Pengukuran parameter fisika meliputi:

1. Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) didefinisikan sebagai logaritma negatif dari aktivitas konsentrasi ion hidrogen (H^+). Derajat keasaman berguna untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ di dalam air lindi. Semakin banyak konsentrasi ion H^+ , maka konsentrasi ion OH^- di dalam air lindi menjadi sedikit. Hal ini dapat menyebabkan nilai pH semakin rendah dan air lindi akan bersifat asam (Freeze dan Cherry, 1979; Syaputra, 2022).

Skala pH berkisar antara 0-14. Klasifikasi nilai pH adalah sebagai berikut:

- a. $0 < \text{pH} < 7$ menunjukkan keadaan asam

- b. $\text{pH} = 7$ menunjukkan keadaan netral
 c. $7 < \text{pH} < 14$ menunjukkan keadaan basa

2. Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut atau *total dissolved solid* (TDS) adalah jumlah ion atau padatan terlarut yang tertinggal ketika air teruapkan, atau jumlah konsentrasi garam yang terkandung di dalam air. TDS dapat diartikan sebagai padatan terlarut dalam air yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. TDS juga sangat dipengaruhi oleh derajat keasaman, apabila derajat keasaman turun, maka pelarutan logam (TDS) akan tinggi. TDS biasa dinyatakan dalam satuan ppm (Freeze dan Cherry, 1979; Syaputra, 2022). Berikut adalah klasifikasi nilai zat padatan terlarut untuk berbagai jenis air (Freeze dan Cherry, 1979):

Tabel 2.1 Klasifikasi total padatan terlarut (Freeze dan Cherry, 1979)

Kategori	TDS (mg/L)
Air tawar	0 - 1000
Air payau	1000 - 10000
Air garam	10000 - 100000

3. Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik (DHL) atau *electric conductivity* (EC) merupakan suatu ukuran kemampuan suatu zat untuk menghantarkan arus listrik, karena adanya mineral terlarut dalam air yang terionisasi. Semakin banyak air yang mengandung garam terlarut, akan menyebabkan nilai daya hantar listrik semakin tinggi dan mencerminkan jumlah padatan terlarut. Nilai EC dinyatakan dalam satuan mikro siemens persatuan panjang ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Davis dan De Wiest, 1967; Syaputra, 2022). Berikut adalah klasifikasi nilai daya hantar listrik untuk berbagai jenis air (Mandel, 1981):

Tabel 2.2 Klasifikasi daya hantar listrik (Mandel, 1981)

Jenis Air	DHL (μS)
Air destilasi	0,5 - 5
Air hujan	5 - 30
Air tanah segar	30 - 2000
Air laut	45000 - 55000
Air garam	> 90000

4. Suhu

Suhu air pada tempat dan waktu tertentu merupakan hasil dari bermacam proses yang terjadi di bawah dan di permukaan bumi. Suhu pada air lindian akan memiliki suhu yang lebih tinggi dari pada suhu pada air murni. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi suhu adalah penyerapan panas (*heat flux*), curah hujan (*prespiration*), aliran sungai (*Flux*) dan pola sirkulasi air. Suhu dinyatakan dalam satuan derajat celsius ($^{\circ}\text{C}$) (Freeze dan Cherry, 1979; Syaputra, 2022).

2.2. Sifat Kimia Air

Kandungan ion dalam sampel air seharusnya memiliki jumlah kation dan anion yang sama, baik yang berasal dari air alami maupun air lindian. Klasifikasi analisis kesetimbangan ion menggunakan persentase *charge balance error* (CBE). Umumnya nilai CBE yang diterima kurang dari 5% (Frazee, 1982; Zamorano, 2017; Syaputra, 2022), dan dalam kasus air lindian CBE yang diterima harus kurang dari 10% dengan tetap mempertahankan ion-ion yang menghasilkan kesetimbangan ion yang wajar, sehingga dapat diterima dengan baik (Nordstrom dkk, 1982; 2010; Syaputra, 2022).

Perhitungan CBE mempertimbangan ion major seperti *calcium* (Ca), *magnesium* (Mg), *sodium* (Na), *potassium* (K), *sulfate* (SO₄), *chloride* (Cl) serta ion-ion yang memiliki konsentrasi diatas 0,01 mg/L, dianggap berpengaruh terhadap kualitas air lindian seperti *aluminium* (Al), *mangan* (Mn), *iron* (Fe) dan *copper* (Cu). Kemudian perhitungan CBE dilakukan menggunakan persamaan 2.01 dengan terlebih dahulu mengubah satuan dari mg/l menjadi mEq/l menggunakan persamaan 2.02 dan persamaan 2.03.

$$\text{Charge Balance Error (CBE) (\%)} = \left(\frac{\sum \text{Kation} - \sum \text{Anion}}{\sum \text{Kation} + \sum \text{Anion}} \right) \times 100\% \quad (2.01)$$

$$\text{mEq/l} = \left(\frac{\text{miliigram ion}}{\text{berat ekuivalen}} \right) \quad (2.02)$$

$$\text{berat ekuivalen} = \left(\frac{\text{berat molekul}}{\text{valensi ion}} \right) \quad (2.03)$$

2.3. Fasies Hidrogeokimia Air

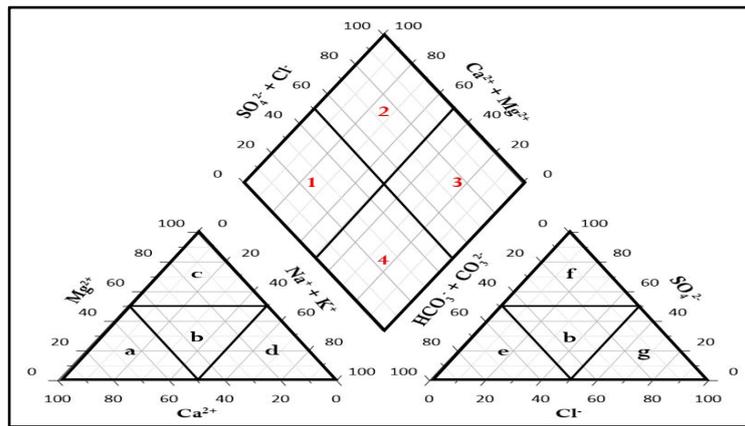
Klasifikasi hidrokimia air lindian atau fasies hidrokimia merupakan suatu fungsi kinetik dari batuan yang mencerminkan litologi, kinetika fluida dan pola aliran air di dalam suatu sistem. Fasies hidrokimia adalah karakter kimia dari larutan dalam sistem hidrologi (Back, 1966; Fetter, 1994; Syaputra, 2022). Fasies hidrokimia air mencerminkan proses kimia yang terjadi antara kimia mineral dan pola aliran air yang dipengaruhi oleh genetika dari suatu sistem yang terjadi secara alamiah (Rao, 1998; Syaputra, 2022). Kondisi hidrokimia air lindian biasanya dituangkan secara visual di dalam sebuah diagram. Dalam penentuan kondisi hidrokimia air lindian pada penelitian ini menerapkan dua metode yaitu Diagram Piper (Piper, 1944) dan Diagram Durov (Llyod, dkk., 1985).

1. Diagram Piper

Diagram piper adalah salah satu metode analisis yang efektif dalam studi mengenai sumber unsur penyusun terlarut dalam air lindian. Piper bertujuan mendeskripsikan secara visual perbedaan komposisi kimia ion mayor dalam sistem air lindian.

Kation (sisi kiri) yang terdiri dari a) *calcium* (Ca), b) Tidak ada yang dominan atau terjadi pencampuran, c) *magnesium* (Mg), serta d) *sodium potassium* atau *sodium* (Na) dan *calium* (K). Sedangkan anion (sisi kanan) yang terdiri dari e) *bicarbonate* (CO₃) dan *carbonate* (HCO₃), f) *sulfate* (SO₄), dan g) *chloride* (Cl).

Kedua diagram segitiga ini diproyeksikan ke dalam *diamond field* (Gambar 2.1), merupakan transformasi matrik anion (*sulfate* + *chloride* dan *carbonate* + *bicarbonate*) dan kation (*sodium* + *potassium* dan *calcium* + *magnesium*) (Piper, 1993; Rao, 1998; Syaputra, 2022).



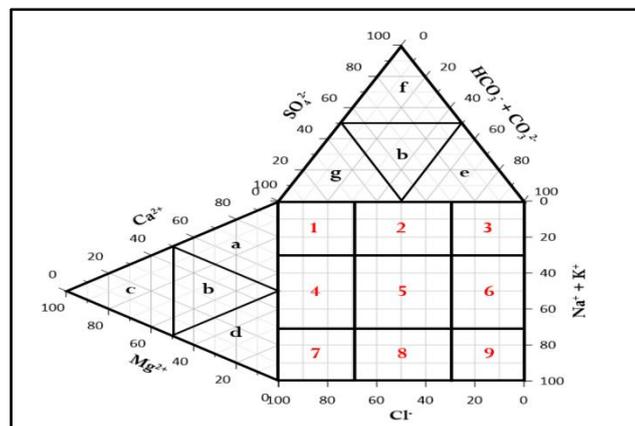
Gambar 2.1 Komponen diagram piper (Syaputra, 2022)

Tabel 2.3 Klasifikasi tipe air berdasarkan diagram piper (Piper, 1994; Rao, 1998; Syaputra, 2022)

No	Tipe air	Keterangan
1	Calcium – Bicarbonate (Ca – HCO ₃)	Kondisi air alamiah yang biasa ditemukan pada airtanah dangkal maupun mata air.
2	Calcium – Sulfate (Ca – Cl dan Ca – Mg – Cl)	Kondisi air yang telah mengalami penambahan unsur serta indikator adanya reaksi kimia dan biasanya ditemukan pada air asam tambang.
3	Sodium – Chloride (Na – Cl)	Kondisi air yang berasal dari air laut, air formasi dan aktivitas hidrotermal.
4	Sodium – Bicarbonate (Na – HCO ₃ dan Ca – HCO ₃)	Kondisi air yang dipengaruhi oleh kondisi air tanah dan banyak terjadi pertukaran ion.

2. Diagram Durov

Diagram durov mempunyai kelebihan dibandingkan diagram piper, terutama dalam visualisasi dan proses terjadinya air. Durov mengelompokkan air menjadi 9 tipe (Gambar 2.12) tergantung pada presentase kation dan anion yang dominan dalam unsur-unsur utama air. Kation maksimum 50% dan minimum 0%, sumbu X merupakan kation dan sumbu Y adalah anion.



Gambar 2.2 Komponen diagram durov (Syaputra, 2022)

Tabel 2.4 Klasifikasi tipe air berdasarkan diagram durov (Lloyd dan Hearhcoat, 1985; Ravikumar, 2015; Syaputra, 2022)

No	Tipe air	Keterangan
1	Dominan HCO ₃ dan Ca	Air tawar dengan <i>recharge</i> dari batugamping, batupasir dan kebanyakan akuifer.
2	Dominan HCO ₃ dan Mg atau HCO ₃ dan Ca atau Na	Air berasosiasi dengan dolomit (jika asosiasi dengan Mg), atau terjadi pertukaran ion yang penting (jika asosiasi dengan Na atau Ca).
3	Dominan HCO ₃ dan Na	Air yang terbentuk dari pertukaran ion, meskipun pembentukan CO ₂ pada kedalaman yang bisa menghasilkan HCO ₃ , dimana Na akan dominan sampai batas tertentu.
4	Dominan SO ₄ dan Ca atau anion diskriminan	Air yang mengalami recharge dari lava dan endapan gipsum. Dan indikasi pencampuran air atau peruraian sederhana.
5	Tidak ada kation dan anion dominan	Air mengalami pencampuran atau peruraian sederhana.
6	Dominan SO ₄ atau anion diskriminan dan Na dominan	Air yang jarang atau sulit dijumpai dan menunjukkan kemungkinan terjadi pencampuran atau pengaruh pembubaran yang tidak biasa.
7	Dominan Cl dan Ca	Air yang mengalami polusi semen di dalam sumur atau air mengalami pergantian ion kembali dari air Na – Cl.
8	Dominan Cl dan Na atau tidak ada kation yang dominan	Air tanah mengalami pertukaran ion kembali dari air Na – Cl.
9	Dominan Cl dan Na	Air tanah telah sampai pada titik akhir atau air payau (titik gradien air ke bawah melalui pelarutan)

3. METODE PENELITIAN

Jenis data yang digunakan oleh penulis untuk penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder untuk penelitian ini berasal dari peneliti sebelumnya. Sampel air diambil sebanyak 5 sampel di Sungai Cikapundung. Sampel disimpan di dalam botol 500ml tanpa penyaringan atau pengasaman.

Tabel 3.1 Data sekunder penelitian

KUALITAS AIR		SATUAN	SO-01	SO-02	SO-03	SO-04	SO-05
PARAMETER FISIK	pH		6,61	7,22	7,78	7,82	7,91
	TDS	mg/L	98,7	92,12	88,56	86,45	84,32
	DHL/EC	$\mu\text{m hos/cm}$	212	208	202	198	196
	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	24,86	24,9	24,98	25,5	26,52
KATION	Ca	mg/L	9,72	10,67	14,62	16,53	17,36
	Mg	mg/L	4,84	4,96	5,02	5,09	5,1
	Na	mg/L	7,53	8,23	8,34	9,12	9,35
	K	mg/L	3,82	4,42	4,54	6,08	6,59
	Cu	mg/L	0,22	0,24	0,24	0,26	0,27
	Fe	mg/L	0,1	0,34	0,56	0,49	0,66
ANION	Cl	mg/L	6,75	7,43	7,79	8,43	9,2
	SO ₄	mg/L	7,49	8,38	9,26	10,56	11,64
	F	mg/L	1,13	1,14	1,15	1,16	1,18
	HCO ₃	mg/L	48,47	56,13	55,84	54,85	53,67
	NO ₂	mg/L	1,68	2,72	2,76	2,86	3,41
	NO ₃	mg/L	8	8,97	11,99	13	13,29

Sampel diambil sebanyak 300 ml berdasarkan kenampakan wilayah dari kawasan padat hingga jarang penduduk, untuk melihat seberapa besar pengaruh dari aktivitas penduduk sekitar kawasan sungai terhadap kualitas air sungai yang dihasilkan. Sampel air dianggap sampel yang representatif untuk analisis pH serta dapat meninjau kandungan anion dan kation dalam air dari 5 tempat pengumpulan yang berbeda.

Sampel sebanyak 100 ml yang sudah diambil dari daerah aliran Sungai Cikapundung akan diuji secara fisik (pH, total padatan terlarut, daya hantar listrik, dan suhu) menggunakan multiparameter dan kimia untuk mengetahui kandungan pada kualitas airnya.

Sampel sebanyak 50 ml diukur sifat kimia airnya menggunakan ICP-MS. Pengukuran meliputi kandungan anion dan kation. Kemudian sampel disaring menggunakan *syringe filter* ukuran 0,22 μm . Penyaringan dilakukan agar sampel yang digunakan terhindar

dari partikel-partikel yang dapat menggagu proses pengukuran, serta dilakukan untuk mendapatkan keseimbangan ionik yang baik sesuai dengan kondisi air alami.

Pengujian menggunakan alat *inductively coupled plasma mass spectrometry* (ICP-MS). Uji ICP-MS digunakan untuk mengetahui kandungan unsur logam dan non-logam pada batuan. Prinsip kerja dari ICP-MS adalah atom diionisasi agar ion dapat dibelokkan menggunakan medan magnet. *Sequential extraction* ICP-MS merupakan uji yang dilakukan untuk memprediksi kemampuan pelarutan kandungan logam dan unsur yang mungkin terbentuk pada berbagai kondisi lingkungan dengan melakukan ekstraksi secara bertahap. Uji ini dilakukan untuk mengevaluasi perilaku *leaching* yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. ICP-MS menggabungkan sumber ICP (*inductively coupled plasma*) bersuhu tinggi dengan spektrometer massa (Syaputra, 2022).

Uji kualitas air bertujuan untuk memprediksi sifat fisik air. Pengujian menggunakan alat multiparameter yang meliputi derajat keasaman, total padatan terlarut, daya hantar listrik, dan suhu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Parameter Fisik Air

Hasil yang diperoleh pada uji sifat fisik air (Tabel 4.1) berdasarkan hasil analisis pengujian sampel air secara fisik diperoleh nilai pH, total padatan terlarut (TDS), daya hantar listrik (DHL), dan suhu di bawah ambang batas maksimum baku mutu kelas satu sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan hidup.

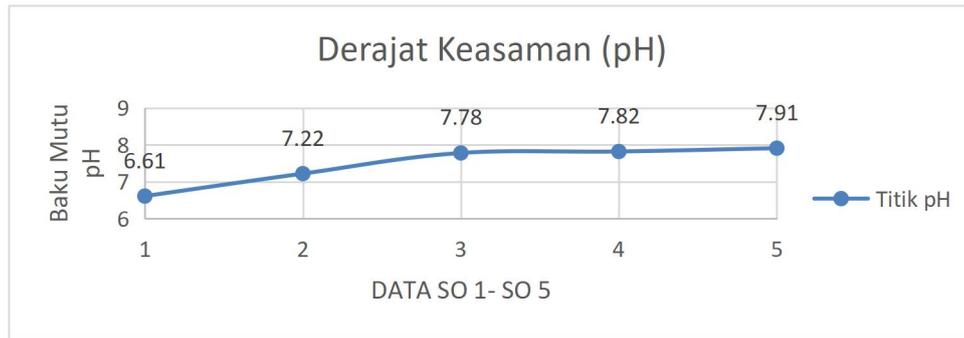
Tabel 4.1 Hasil uji sifat fisik air berdasarkan baku mutu PP No.22 Tahun 2021

KUALITAS AIR		PARAMETER FISIK			
		pH	TDS	DHL/EC	Suhu
SATUAN			mg/L	$\mu\text{m hos/cm}$	$^{\circ}\text{C}$
SO-01		6,61	98,7	212	24,86
SO-02		7,22	92,12	208	24,9
SO-03		7,78	88,56	202	24,98
SO-04		7,82	86,45	198	25,5
SO-05		7,91	84,32	196	26,52
Rata-rata		7,47	90,03	203,20	25,35
Baku Mutu Air	Kelas 1	6,0-9,0	1000	-	-
	Kelas 2	6,0-9,0	1000	-	-
	Kelas 3	6,0-9,0	1000	-	-
	Kelas 4	6,0-9,0	2000	-	-

Ada beberapa hasil uji parameter fisik air, diantaranya:

1. Parameter Derajat Keasaman

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan (Gambar 4.1), didapatkan derajat keasaman yang masih tergolong aman dengan rentang nilai diantara 6,61 hingga 7,91, kondisi yang relatif basa.

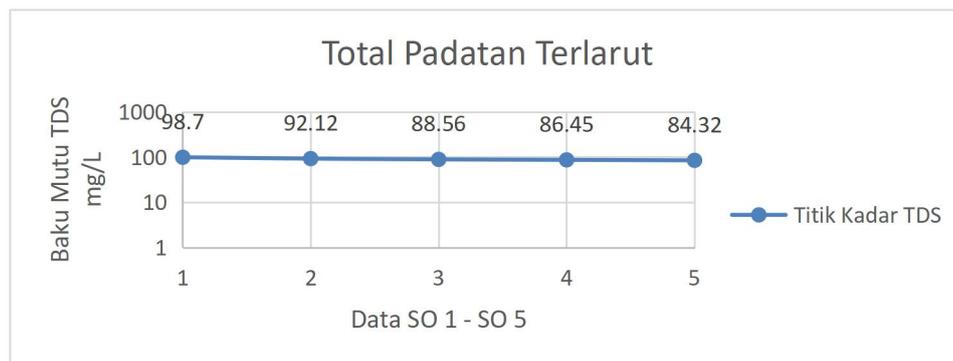


Gambar 4.1 Grafik pH

Dari hasil penelitian semakin tinggi nilai pH, maka semakin tinggi nilai alkalinitasnya dan kadar karbondioksida semakin rendah. Derajat keasaman mengalami peningkatan nilai dari kondisi hulu ke hilir, juga disebabkan oleh indikasi penambahan unsur basa seperti air bekas mandi, mencuci, atau limbah rumah tangga yang semakin besar menuju ke hilir (Supriatno dkk., 2022). Pada daerah penelitian memiliki pH basa, hal ini bisa terjadi karena adanya pengaruh dari ion bikarbonat (HCO_3) yang bersifat basa (Vismanatha, 2017; Lesmana, dkk., 2021). Semakin banyak ion bikarbonat (HCO_3) yang terkandung pada airtanah, maka akan menyebabkan pH dari airtanah tersebut semakin basa.

2. Parameter Total Padatan Terlarut

TDS yang diperoleh dari pengukuran di lapangan adalah berkisar diantara 84,32 hingga 98,70 mg/L. Hal ini mengindikasikan jenis airtanah pada daerah penelitian merupakan airtanah segar (Freeze and Cherry, 1979).

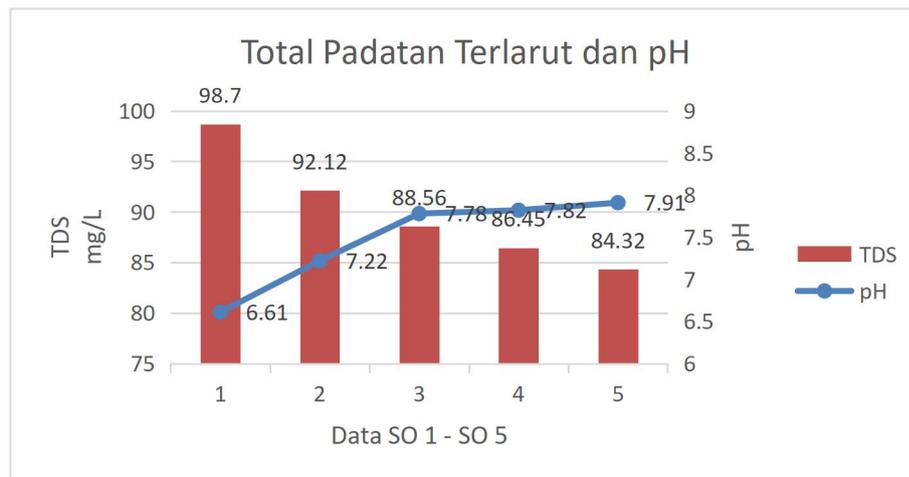


Gambar 4.2 Grafik TDS

Hubungan antara TDS dengan DHL dan pH:

a. TDS dan pH

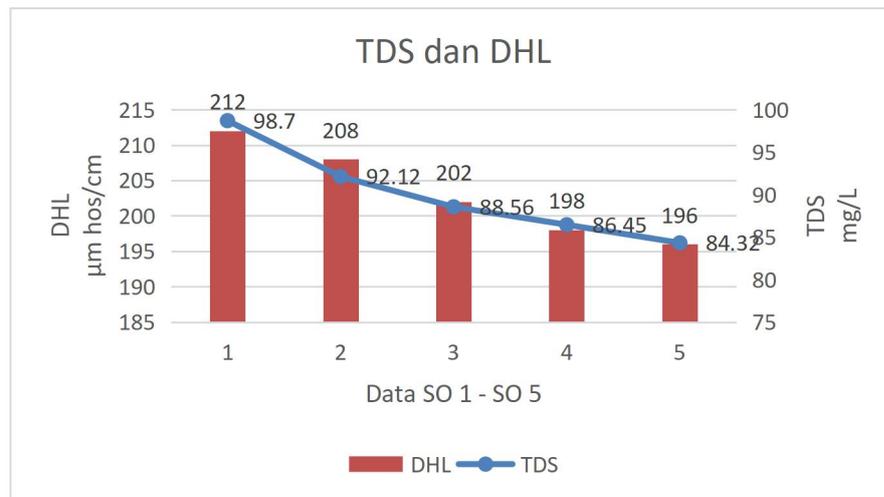
Total padatan terlarut (TDS) dapat mempengaruhi pH. Dilihat dari hubungan TDS dan pH (Gambar 4.3) didapatkan bahwa nilai TDS semakin turun sedangkan nilai pH semakin naik. Hal ini disebabkan oleh TDS yang tinggi mengandung kadar mineral yang juga tinggi sehingga mampu membuat pH semakin asam.



Gambar 4.3 Hubungan TDS dan pH

b. TDS dan DHL

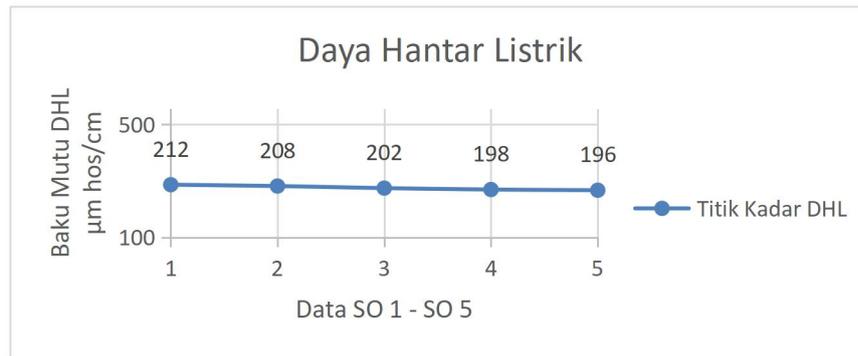
Nilai TDS dan DHL berbanding terbalik dengan faktor pencemaran airnya. Semakin tinggi pencemaran air maka semakin kecil nilai DHL dan TDS nya, sebaliknya semakin rendah pencemaran airnya maka semakin besar nilai TDS dan DHL nya. Nilai daya hantar listrik cenderung akan meningkat seiring dengan semakin tingginya nilai TDS yang terlarut di dalam air.



Gambar 4.4 Hubungan TDS dan DHL

3. Parameter Daya Hantar Listrik

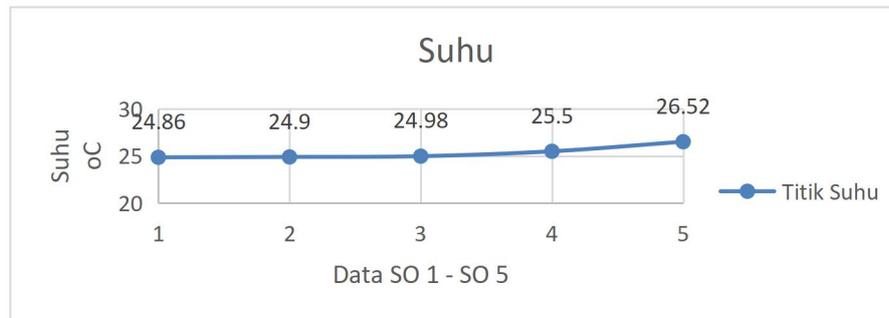
Daya hantar listrik (EC) adalah suatu kemampuan dari fluida atau air untuk dapat menghantarkan listrik atau menginduksikan listrik dari molekul ion. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkanlah variasi daya hantar listrik diantara 196 hingga 212 μm . Berdasarkan nilai DHL nya, jenis airtanah didaerah penelitian termasuk jenis airtanah segar (Mandel, 1981).



Gambar 4.5 Parameter daya hantar listrik

4. Parameter Suhu

Menurut Baku Mutu Air Sungai Lampiran Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 suhu normal yang ditetapkan adalah 25 °C. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkanlah variasi suhu berkisar antara 24,86 °C - 26,52 °C.



Gambar 4.6 Parameter Suhu

Namun, pada nilai suhu terukur di atas kadar maksimum baku mutu yaitu sebesar 26,52°C. Temperatur mempengaruhi karakteristik kimia dan biologi air.

4.2 Hasil Uji Parameter Kimia Air

Tabel 4.4 Hasil uji sifat kimia air

KUALITAS AIR		PARAMETER KIMIA											
		Na	Mg	K	Ca	Fe	Cu	F	NO ₃	NO ₂	Cl	SO ₄	HCO ₃
SATUAN		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
SO-01		7,53	4,84	3,82	9,72	0,1	0,22	1,13	8	1,68	6,75	7,49	48,47
SO-02		8,23	4,96	4,42	10,67	0,34	0,24	1,14	8,97	2,72	7,43	8,38	56,13
SO-03		8,34	5,02	4,54	14,62	0,56	0,24	1,15	11,99	2,76	7,79	9,26	55,84
SO-04		9,12	5,09	6,08	16,53	0,49	0,26	1,16	13	2,86	8,43	10,56	54,85
SO-05		9,35	5,1	6,59	17,36	0,66	0,27	1,18	13,29	3,41	9,2	11,64	53,67
Rata-rata		8,51	5,00	5,09	13,78	0,43	0,25	1,15	11,05	2,69	7,92	9,47	53,79
Kadar Maksimum	Kelas 1	-	-	-	-	0,3	0,02	1	-	-	300	300	-
	Kelas 2	-	-	-	-	-	0,02	1,5	-	-	300	300	-
	Kelas 3	-	-	-	-	-	0,02	1,5	-	-	300	300	-
	Kelas 4	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	600	400	-

Keterangan Baku Mutu Air Sungai:

■ = Memenuhi

■ = Tidak memenuhi

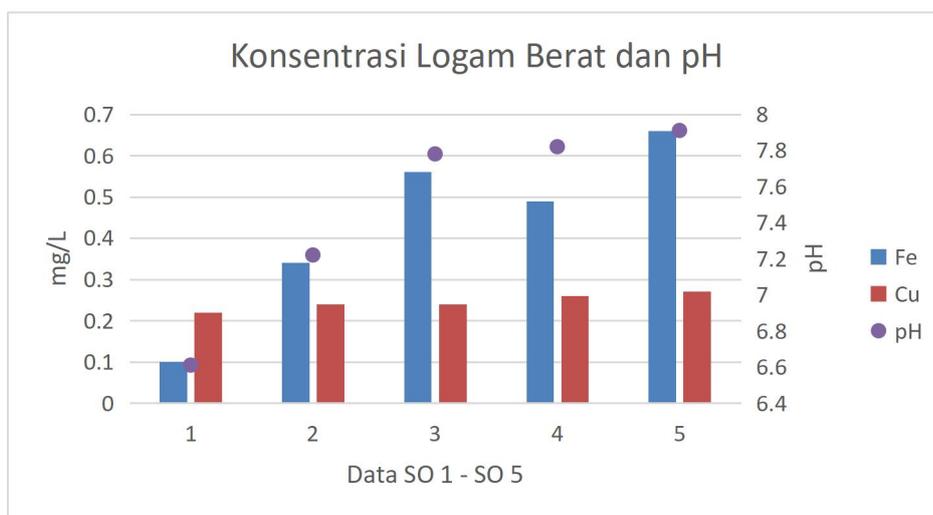
Terdapat beberapa parameter yang telah melebihi standar baku mutu, sehingga tidak memenuhi syarat di kelas satu dan dua, namun jika airtanah mendapatkan *treatment* khusus sesuai dengan tujuan penggunaannya maka bisa menjadi jadi bahan pertimbangan lanjutan.

Ada beberapa hasil uji parameter kimia air, diantaranya:

1. Konsentrasi Logam Berat

Logam berat adalah logam yang memiliki densitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan air (Fergusson, 1990; Syaputra, 2022). Logam berat dapat bersumber dari pelapukan batuan dan mineral atau deposisi atmosfer.

Konsentrasi logam berat terlarut yang relatif lebih tinggi didalam kandungan hasil air lindian pada penelitian ini meliputi *iron* (Fe) dan *copper* (Cu). Konsentrasi logam berat meningkat pada saat mendekati pH asam (<4,5).

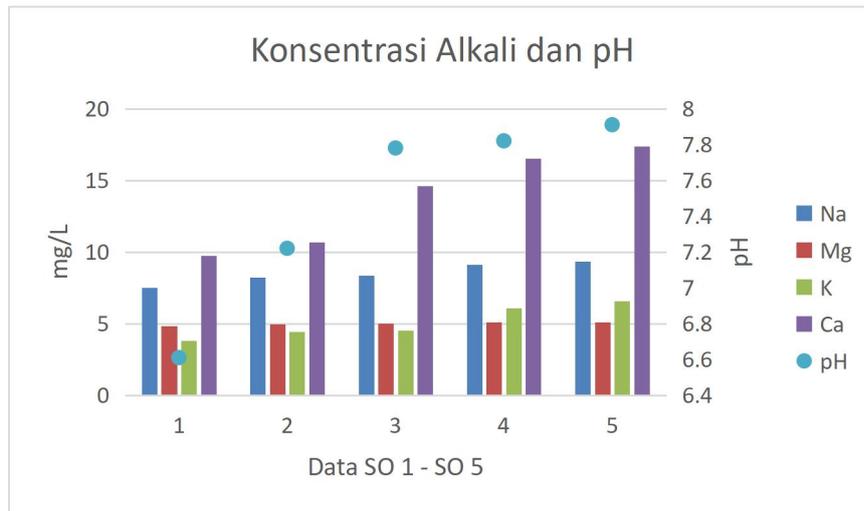


Gambar 4.7 Konsentrasi logam berat dan pH

Logam Fe berdasarkan pengukuran memiliki konsentrasi nilai 0,10 hingga 0,66 mg/L, logam Cu dengan konsentrasi nilai 0,22 hingga 0,27 mg/L. Logam berat apabila dijumpai dalam konsentrasi yang sangat rendah akan disebut sebagai logam renik. Menurut Baku Mutu Air Sungai Lampiran Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Tabel. 4.2) unsur logam berat *iron* (Fe) dan *copper* (Cu) tidak memenuhi standar baku mutu sudah tidak dianggap layak. Standar baku mutu kelas satu, kelas dua, dan apabila air tersebut dikonsumsi maka akan berbahaya. Keadaan pH basa juga bisa disebabkan oleh adanya aktivitas manusia di sekitar sungai. Pembuangan limbah domestik dan sampah rumah tangga menjadi salah satu penyebab air sungai memiliki pH yang basa, sehingga Sub-DAS Cikapundung memiliki toksisitas yang rendah.

2. Konsentrasi Logam Alkali

Logam alkali yang terkandung di dalam hasil air lindian pada penelitian ini meliputi sodium (Na), kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Konsentrasi logam alkali meningkat pada saat mendekati pH basa (>4,5).



Gambar 4.8 Konsentrasi alkali dan pH

4.3 Hasil Klasifikasi Fasies Hidrogeokimia

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil fasies hidrogeokimia sebagai berikut:

1. Charge Balance Error (CBE)

Sebelum melakukan analisis hidrogeokimia airtanah lebih lanjut, sebgai tahap awl harus melakuka evaluasi terhadap analisis laboratorium dengan menggunakan keseimbangan ion CBE. Ion CBE yang disarankan adalah <5%, nilai CBE yang mendekati nol menunjukkan bahwa kondisi kation dan anion yang terdapat dalam airtanah seimbang (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Persentase Charge Balance Error (CBE)

Perhitungan Charge Balance Error (CBE)								
KODE SAMPEL	KATION				ANION			CBE (%)
	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	
SO-01	0,49	0,40	0,33	0,10	0,19	0,16	0,79	-1,99
SO-02	0,53	0,41	0,36	0,11	0,21	0,17	0,92	-4,77
SO-03	0,73	0,41	0,36	0,12	0,22	0,19	0,92	0,02
SO-04	0,82	0,42	0,40	0,16	0,24	0,22	0,90	3,56
SO-05	0,87	0,42	0,41	0,17	0,26	0,24	0,88	4,24

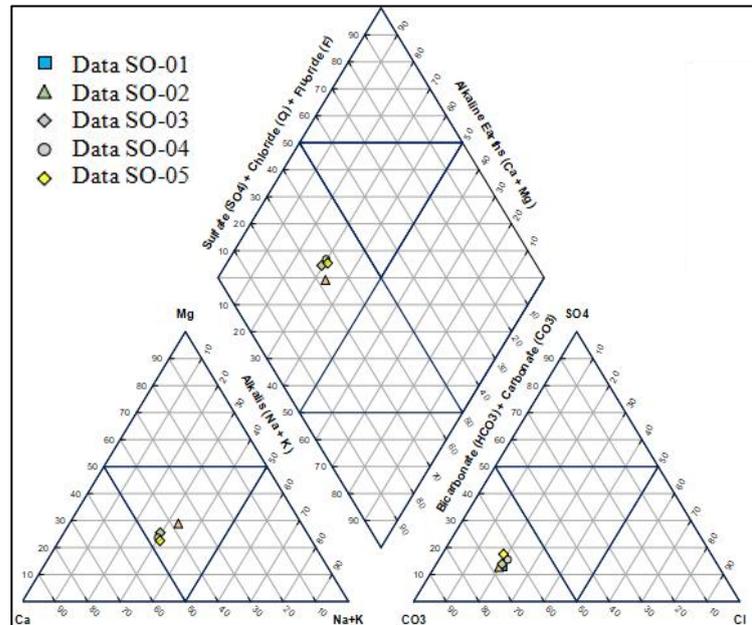
Keterangan : Semua nilai ion dalam satuan meq/l

Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan charge balance error (CBE) dari 5 sampel air sungai yang digunakan dalam penelitian ini memiliki CBE <5%, sehingga semua sampel dapat digunakan untuk analisis tahap selanjutnya karena tidak melebihi dari standar yang telah ditetapkan.

2. Diagram Piper

Hasil proyeksi plot data sampel (Gambar 4.9), komponen hidrokimia dari sampel air Sungai Cikapundung mengarah pada SO₄-Cl-F, dengan tipe air pertama (Tabel 3.3) yang diartikan bahwa kondisi air alamiah yang biasa ditemukan pada airtanah dangkal maupun mata air.

Berdasarkan analisis Diagram Piper, tipe air yang dihasilkan lebih dominan pada tipe *calcium-bicarbonat* ($\text{Ca} - \text{HCO}_3$). Kondisi ini menunjukkan bahwa air ditemukan pada airtanah dangkal maupun mata air. Selain itu, hasil plot ke 5 sampel pada segitiga anion menunjukkan bahwa air dari sampel tersebut merupakan air jenis HCO_3 atau jenis air bikarbonat yang diindikasikan berasal dari pelapukan material batuan maupun mineral yang dekat dengan permukaan.

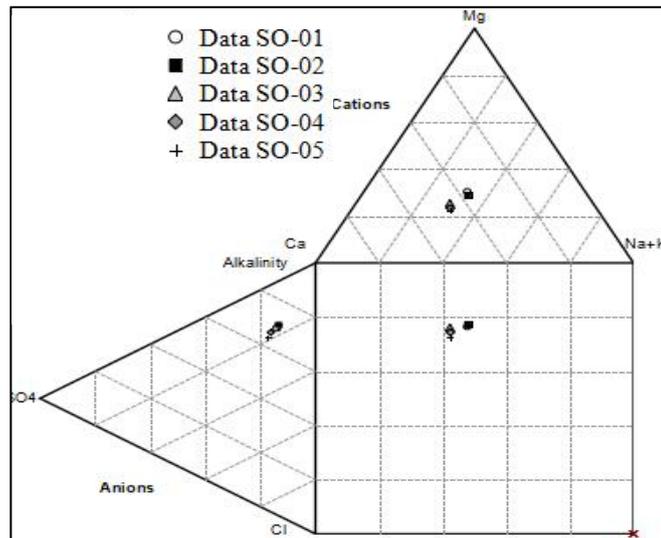


Gambar 4.9 Analisis diagram piper

Hasil dari data yang sudah di plot berupa data titik pertemuan yang jatuh pada zona yang mencirikan unsur dominan yang kemudian digunakan untuk penamaan fasies.

3. Diagram Durov

Diagram Durov digunakan untuk membantu menginterpretasi tren evolusi airtanah dan proses yang berlangsung di dalam sistem airtanah. Berdasarkan analisis Diagram Durov tipe air yang dihasilkan lebih dominan pada tipe *bicarbonat* (HCO_3) dan *calcium* (Ca) kondisi ini menunjukkan bahwa air mengalami pertukaran ion. Kehadiran HCO_3 berasal dari airtanah dangkal dan jenis airtanah mengindikasikan bahwa hidrogeologi daerah penelitian dipengaruhi oleh kondisi permukaan (Domenico, 1972). Kehadiran *calcium* (Ca) yang terkandung pada airtanah kemungkinan berasal dari adanya batuan yang mengandung mineral karbonat, selain itu bisa juga air berinteraksi dengan batuan yang mengandung mineral silikat yang dapat mempengaruhi unsur *calcium* (Ca). Unsur-unsur telah mengalami pertukaran ion, sehingga air dengan kualitas ini tidak layak untuk dikonsumsi.



Gambar 4.10 Analisis diagram durov

Pada diagram kation yang terletak dikiri bawah menyatakan sampel merupakan air bertipe *intermediate*. Pada diagram anion yang terletak diatas menyatakan sampel merupakan air bertipe HCO_3 atau jenis air bikarbonat.

Diagram Piper dan Durov pada Sub-DAS Cikapundung termasuk kedalam airtanah dangkal yang didominasi oleh unsur *bicarbonate* (HCO_3) dan *calcium* (Ca).

5. KESIMPULAN

Pencemaran yang terjadi secara terus menerus terjadi akan menyebabkan perubahan nilai parameter sifat fisik dan kimia kualitas air sungai Sub-DAS Sungai Cikapundung. Proses yang terjadi pada Sub-DAS Sungai Cikapundung mengalami pengenceran oleh air hujan yang memiliki intensitas yang cukup tinggi di Kota Bandung.

Berdasarkan hasil parameter fisik air Sub-DAS Sungai Cikapundung nilai TDS (*Total Dissolved Solid*) dan DHL (*Daya Hantar Listrik*) menandakan bahwa jenis airtanah di daerah penelitian termasuk ke dalam jenis airtanah segar. Titik lokasi penelitian memiliki pH basa yang diidentifikasi terjadi karena adanya pengaruh dari ion bikarbonat (HCO_3) yang bersifat basa.

Berdasarkan hasil parameter sifat kimia air Sub-DAS Sungai Cikapundung yang dihubungkan dengan Baku Mutu Air Sungai yang terdapat dalam lampiran Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, terdapat beberapa parameter unsur yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, sehingga dianggap sudah tidak layak untuk dikelas untuk keperluan 1 dan 2, kecuali ada pengolahan khusus atau secara lebih lanjut untuk penggunaan tersebut.

Berdasarkan hasil hidrokimia air pada Sub-DAS Sungai Cikapundung air termasuk kedalam tipe yang didominasi oleh *calcium-bicarbonate* ($\text{Ca} - \text{HCO}_3^-$) berdasarkan diagram piper, yang merupakan air dangkal atau air alami. Air bikarbonat berasal dari hasil pelapukan material batuan maupun mineral yang berada dekat dengan permukaan. Tipe ini berdasarkan pengelompokan durov merupakan tipe yang intermediet yang terbentuk sebagai akibat pertukaran ion.

DAFTAR PUSTAKA

- Davraz, Aysen dan Batur, Burcu (2021). Hydrogeochemistry Characteristics of Groundwater and Health Risk Assesment in Yalvac-Gelendost Basin (Turkey). *Jurnal Applied Water Science* 11:67, 1-21.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Freeze, R.A. dan Cherry, J.A., (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Lloyd, J. A., Heathcote, J. A. (1985). *Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater*. An introduction. Oxford Uni. Press, New York, 296p.
- Mandel, S. Shiftan, S.L., (1981), *Groundwater Resources: Investigation and Development*. Academic Press, Inc., 282 hal.
- Maria, Rizka dan Purwoarminanta, Ananta (2017). Pengaruh Perubahan Lahan Terhadap Kapasitas Simpanan Airtanah di Sub DAS Cikapundung Bagian Hulu. *Jurnal Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan ke-10*, 91-99.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2001) (PP No 82 Tahun 2001) *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengelolaan Pencemaran Air*.
- Piper, A. M (1944). *A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses*. American Geophysical Union Transactions, 25, 914–928.
- Putra, Rendi Ermansyah., Rustini, Anggi., dan Badhurahman, Abie (2018). *Persebaran Kualitas Air di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cikapundung Hilir*. Water Quality Distribution in The Cikapundung Downstream Watershed.
- Sakram, G. Sundaraiah, R. Vishnu Bhoopathi and Praveen Raj Saxena. (2013). The impact of agricultural activity on the chemical quality of groundwater, Karanjavagu watershed, Medak district, Andhra Pradesh *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research Issue 3 Vol. 6, Nov.-Dec. 2013*.
- Sofia, Y., Tontowi, dan S. Rahayu (2010). Penelitian Pengolahan Air Sungai Yang Tercemar Oleh Bahan Organik. *Jurnal Sumber Daya Air*, 6. 145-160.
- Syaputra, R. (2022). *Identifikasi Pelapukan Batuan dalam Evolusi Pembentukan Air Asam Tambang pada Uji Kinetik Skala Laboratorium menggunakan Pendekatan Geokimia-Mineralogi-Tekstur: Studi Kasus Endapan High Sulphidation Epithermal*. Tesis Magister Rekayasa Pertambangan. ITB. Bandung