

KONTROL GEOLOGI TERHADAP PERUBAHAN KIMIA AIR TANAH PADA SISTEM AKUIFER VULKANIK DI LERENG TIMUR GUNUNG CIREMAI JAWA BARAT

GEOLOGICAL CONTROL ON CHANGE GROUNDWATER
CHEMISTRY AT VOLCANIC AQUIFER SYSTEM
IN THE EASTERN SLOPES OF MOUNT CIREMAI WEST JAVA

Jumhari^{*1,2}, M Sapari Dwi Hadian^{1,3}, Zufaldi Zakaria¹, Hendarmawan¹

*Email: jumharis2@yahoo.co.id

¹Program Pascasarjana, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

²Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Kuningan

³Pusat Studi Sumber Daya Air, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

Abstrak—Gunung Ciremai adalah gunung berapi Strato dengan tingkat curah hujan yang tinggi di bagian barat pulau Jawa. Hal ini menjadikan Gunung Ciremai sebagai sumber air tanah di daerah sekitarnya sehingga membutuhkan keseimbangan antara pengisian dan pembuangan untuk keberlanjutan air tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kontrol geologis terhadap perubahan kimia dalam air tanah sebagai dasar untuk menentukan langkah-langkah keberlanjutan air tanah. Adapun metode yang dilakukan adalah pemetaan geologi, pengamatan mata air, pengujian laboratorium dan menganalisis dengan diagram piper, diagram durov dan diagram Gibbs. Hasilnya menunjukkan terdapat 4 zona perubahan kimia airtanah yang dikontrol geologi diantaranya Zone 1 memiliki nilai EC dan TDS yang rendah dengan fasies kimia air tanah Ca-HCO₃. Zone 2 memiliki nilai EC dan TDS yang rendah dengan fasies kimia air tanah Ca-Na + K - HCO₃-Cl. Zona 3 memiliki nilai EC dan TDS yang tinggi dengan sumber ion Ca dan Mg yang seimbang. Zone 4 memiliki nilai EC dan TDS yang sangat tinggi dengan fasies kimia air tanah Na + K Cl. Perubahan kimia air tanah daerah penelitian dipengaruhi mengontrol perubahan kimia air tanah adalah jenis litologi dan morfologi, sedangkan pada daerah tenggara dan selatan proses yang paling dominan mengontrol adalah struktur geologi. Proses lain yang berpengaruh di daerah penelitian adalah aktivitas panas bumi dan interaksi air dengan batuan sedimen tua.

Katakunci—Ciremai, kontrol geologi, mata air, kimia air tanah.

Abstract—Mount Ciremai is a Strato volcano with a high level of rainfall in the western part of the island of Java. This makes Mount Ciremai a source of ground water in the surrounding area which requires a balance between filling and use for the sustainability of groundwater. The purpose of this study is to determine geological control of chemical changes in groundwater as a basis for determining steps for sustainability of groundwater. The method used is geological mapping, springs observation, laboratory examination and analysis with piper diagrams, durov diagrams and Gibbs diagrams. The results show that there are 4 zones of geologically controlled groundwater chemical changes among them, Zone 1 having low EC and TDS values with Ca-HCO₃ groundwater chemical facies. Zone 2 has low EC and TDS values with Ca-Na + K - HCO₃-Cl groundwater chemical facies. Zone 3 has a high EC and TDS value with a balanced source of Ca and Mg ions. Zone 4 has a very high EC and TDS value with Na + K Cl groundwater chemical facies. Chemical changes in groundwater in the study area were influenced by controlling the chemical changes in groundwater by lithology and morphology, whereas in the southeast and south regions the most dominant processes controlling were geological structures. Another influential process in the study area is geothermal activity and the interaction of water with old sedimentary rocks.

Keywords—Ciremai, geological control, springs, groundwater chemistry.

I. PENDAHULUAN

Gunung Ciremai adalah gunung tertinggi di Jawa Barat yang memiliki ketinggian 3.078 mdpl yang pernah meletus, sehingga dimasukkan ke dalam jenis gunung api "A" [1]. Lokasi penelitian adalah Lereng Timur Gunung Ciremai termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Kuningan, sementara lereng barat termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Majalengka. Puncaknya terletak pada koordinat $6^{\circ} 53' 30''$ BT dan $108^{\circ} 24' 30''$ LS dengan diameter dari puncak ke kaki kurang lebih 10 km. Pilihan wilayah studi di lereng timur Gunung Ciremai disebabkan oleh variasi karakteristik geologi dan fenomena gunung berapi kerucut (*stratovolcano*) yang umumnya merupakan batuan produk vulkanik.

Data dari Dinas Sumber Daya Air dan Pertambangan [2] menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata Gunung Ciremai adalah 4.203.075 mm/tahun. Curah hujan yang sangat tinggi berpotensi menjadi akuifer produktif di endapan vulkanik yang kemudian muncul sebagai mata air di kaki gunung [3]. Keadaan ini menjadikan Gunung Ciremai sebagai sumber air yang sangat penting bagi masyarakat sekitar, sehingga perlu mempelajari kondisi air tanah sebagai bahan input bagi pemangku kepentingan untuk melakukan pengelolaan air tanah yang lebih baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang air tanah di daerah penelitian telah dilakukan, [4] dengan pendekatan analisis cluster pada parameter kimia air tanah untuk mengetahui sistem hidrogeologis. [5] membagi sistem hidrogeologi berdasarkan pendekatan kimia air tanah juga. Namun, penelitian sebelumnya belum membahas kontrol geologis yang komprehensif dari perubahan kimia dalam air tanah.

Faktor hidrogeologi Gunung Ciremai yang mempengaruhi variasi distribusi, pola debit air dan debit air tanah yaitu perubahan sudut kemiringan mengendalikan hidrolis airtanah, distribusi terbesar di zona 500-650 mdpl. Kisaran elevasi 100-1250 mdpl adalah daerah debit, sedangkan elevasi berkisar antara 1250-3100 mdpl adalah daerah resapan. Distribusi deposit vulkanik membentuk ciri morfologi pegunungan dan lembah yang mengendalikan pola aliran air tanah, zona fraktur mengontrol tingkat debit mata air di medan vulkanik. Sistem fraktur terjadi pada Laharic Breccia, fraktur membentang secara berurutan ke

distribusi batuan, yang juga mengendalikan aliran airtanah yang terisolasi; pada aliran lahar. Proses pelapukan sangat intensif, menghasilkan tanah residu tebal dan laju infiltrasi akhir yang tinggi, yang sangat potensial untuk disimpan dan disusupi oleh air hujan dan air permukaan [6]. Perubahan komposisi mineral utama menjadi material tanah dimana perubahan mineral utama seperti plagioklas menjadi mineral lempung dan perubahan yang terjadi pada bagian luar mineral utama. Pada zona pelapukan, mineral oksidasi dan lempung mulai berkembang, sehingga komposisi mineral utama dan mineral sekunder utama hampir seimbang [7].

Tiga zona mata air Gunung Ciremai: Zona 1: 100-250 mdpl, akuifer lahar dengan besar dan terus-menerus antar-boulder void membentuk mikro-kanal dengan permeabilitas 1,26-2,53 cm / menit, Zona 2: 250-650 mdpl, akuifer aliran lava dengan permeabilitas 0,5-1,2 cm/menit (mata air tertinggi konsentrasi), dan Zona 3: 650-1250 mdpl, breksi piroklastik dengan void inter-boulder yang besar dan kontinu. membentuk kanal mikro dengan permeabilitas 1,5 cm/menit. Peta potensiometri regional menunjukkan aliran radial, dengan dua arah utama: SW-NE dengan 0,4 gradien di Daerah Linggarjati dan NW-SE dengan 0,3 gradien di Daerah Cibulan aliran airtanah sejajar dengan orientasi punggungan. Sedangkan analisis kimia menunjukkan tiga jenis: mesothermic, konduktivitas rendah, bikarbonat; hipotermia, rendah konduktivitas, bikarbonat; dan hipertermik, konduktivitas tinggi, NaK-bikarbonat. Tipe 1 dan tipe 2 serupa dengan air hujan, dengan sistem pembuangan kembali lokal (3 bulan waktu tinggal). Tipe 3 dipengaruhi oleh luas Pengayaan Na dan K dari gas vulkanik. Air ini adalah sistem pembuangan kembali non-lokal. sistem debit isi ulang dikendalikan oleh tiga faktor. Faktor pertama: perubahan distribusi batuan menyebabkan distribusi mata air terbesar di Zona 2 (250-650 mdpl). Ketinggian lebih rendah dari 1250 mdpl adalah daerah debit, sedangkan lebih tinggi dari 1250 mdpl adalah daerah resapan. Faktor kedua: zona rekahan mengontrol tingkat debit mata air. Faktor ketiga: proses pelapukan sangat intensif, sehingga menghasilkan tanah residu tebal dan laju infiltrasi akhir yang tinggi, yang memberikan potensi tinggi untuk disimpan dan disusupi oleh air hujan dan air permukaan [4].

Hidrogeokimia Gunung Ciremai terbagi menjadi tiga kelompok. Cluster 1 (112 mata air) dibedakan dengan suhu normal, TDS rendah, EC,

dan bikarbonat tinggi konsentrasi. Cluster 2 (lima mata air) memiliki suhu sedang, TDS, EC, dan konsentrasi tinggi dari klorida Cluster 3 (dua pegas) menunjukkan suhu tinggi, anomali tinggi TDS, EC, dan konsentrasi klorida Tiga sistem hidrogeologi digambarkan berdasarkan 3 kelompok berturut-turut. Sistem pertama dikembangkan dalam akuifer tanpa batas terbuka, dengan dominasi bikarbonat tinggi (4,2 me/L) meteorik air. Sistem kedua didominasi oleh proses pencampuran, antara air tanah yang tidak terkendali akuifer dan air tanah panas dari akuifer yang lebih dalam. Sistem ke 3 terutama didominasi oleh air tanah mengalir dari formasi yang dalam. Aliran airtanah dalam yang dalam juga membawa partikel lumpur. Memiliki TDS anomali tinggi (> 1000 mg L), EC (515 IS/cm), dan klorida (99 me/L) dari interaksi antara air tanah dengan formasi tanah liat, ditafsirkan sebagai Formasi Kaliwangu [3].

Menurut Chebotarev dalam [8] kondisi hidrokimia merupakan cerminan panjang pendeknya waktu tinggal (*residence time*) dalam akifer. Semakin lama waktu tinggal berarti semakin lama air tanah bersirkulasi di dalam akifer dan berinteraksi dengan komposisi kimia batuan. Akibatnya konsentrasi padatan terlarut atau disebut *total dissolved solids* akan meningkat hingga mencapai kondisi kesetimbangan. Hidrokimia air tanah merupakan hasil dari interaksi antara air dengan air, air dengan komposisi batuan serta air dengan udara [9].

Berdasarkan tinjauan diatas maka Penentuan kontrol geologi terhadap perubahan kimia air tanah sebagai dasar untuk menentukan langkah-langkah keberlanjutan air tanah perlu diteliti.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dirancang dalam empat fase, diantaranya :

1. *Desk study literatur* untuk menyiapkan data sekunder, kondisi regional, peta tematik, peta topografi, peta geologi, peta hidrogeologis, dan analisis studi sebelumnya.
2. Pengamatan Lapangan dengan melakukan pemetaan geologi dengan metode *Compas and Traverse* meliputi morfologi (jenis bentuk lahan dan tingkat kemiringan lereng) jenis litologi yang berkembang, dan struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian. Kemudian mengumpulkan data dan mengukur mata air, mengukur debit mata air dan sifat fisik-kimia air tanah termasuk suhu udara (Tu), suhu air (Ta),

Konduktivitas Listrik (DHL), Total Padatan Terlarut (TDS), dan pH.

3. Pengujian laboratorium, dilaboratorium Hidrologi- P3TIR-BATAN untuk menentukan parameter Ca-Mg-Na-K-HCO₃-Cl-SO₄.
4. Analisis dan interpretasi : analisis komposisi kimia air tanah dilakukan dengan metode analisis diantaranya Diagram Piper, Diagram Durov, dan Diagram Gibbs.
5. Langkah-langkah untuk menganalisis fasies kimia air tanah yaitu :

- Hasil analisis kimia air tanah, konsentrasi ion dalam satuan mg/L dikonversi ke dalam satuan meq/L dengan membagi nilai mg/L dengan nilai jumlah ekivalen masing-masing unsur
 - Data konsentrasi kation-anion dalam satuan meq/L kemudian dilakukan validasi dengan persamaan kesetimbangan ion, data valid apabila *error balance* tidak melebihi 5%. Persen error dihitung dengan persamaan (1).
- $$CBE \% = \frac{\text{Jumlah Kation} - \text{Jumlah Anion}}{\text{Jumlah Kation} + \text{Jumlah Anion}} \quad (1)$$
- CBE = Charge Balance Error
- Data hasil konversi yang sudah di validasi kemudian diplotkan kedalam diagram piper.

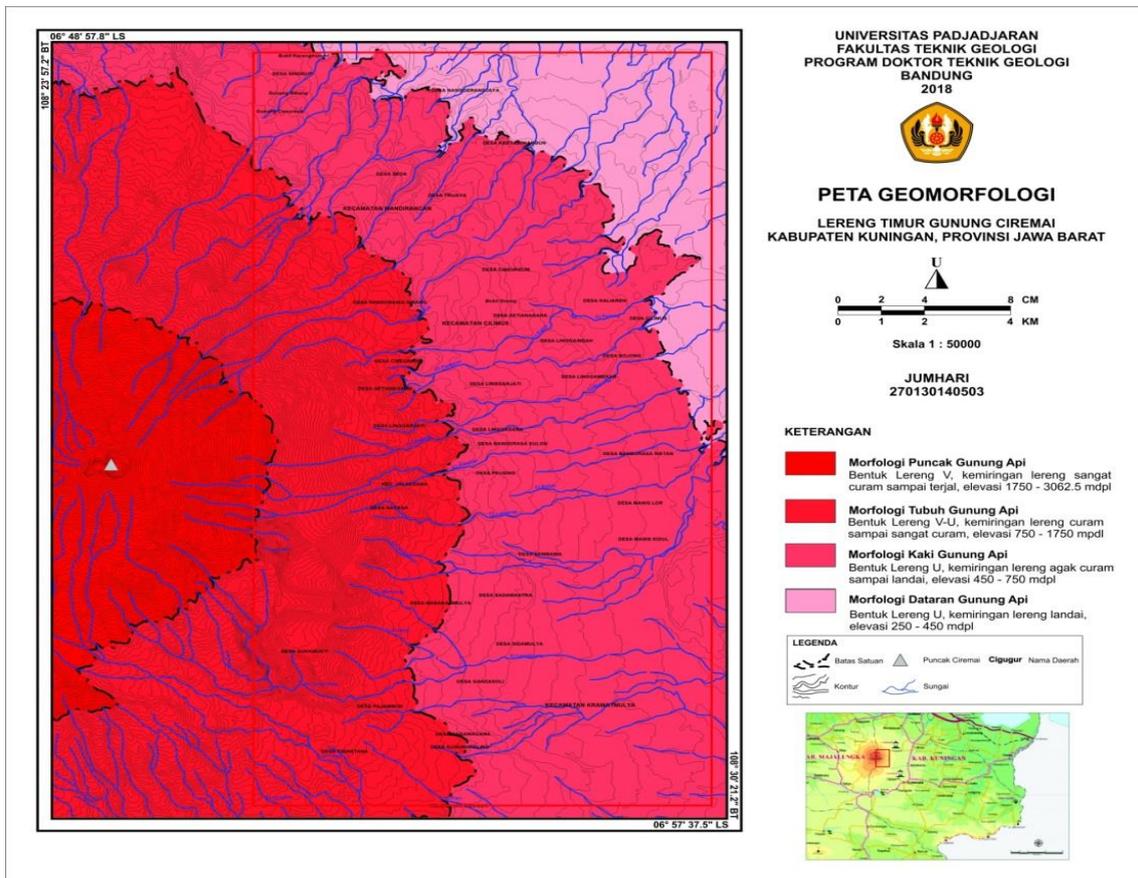
Semua data geologi dan kimia air tanah hasil penelitian dikompilasi untuk menentukan zonasi kontrol geologi terhadap sifat fisik dan kimia air tanah.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

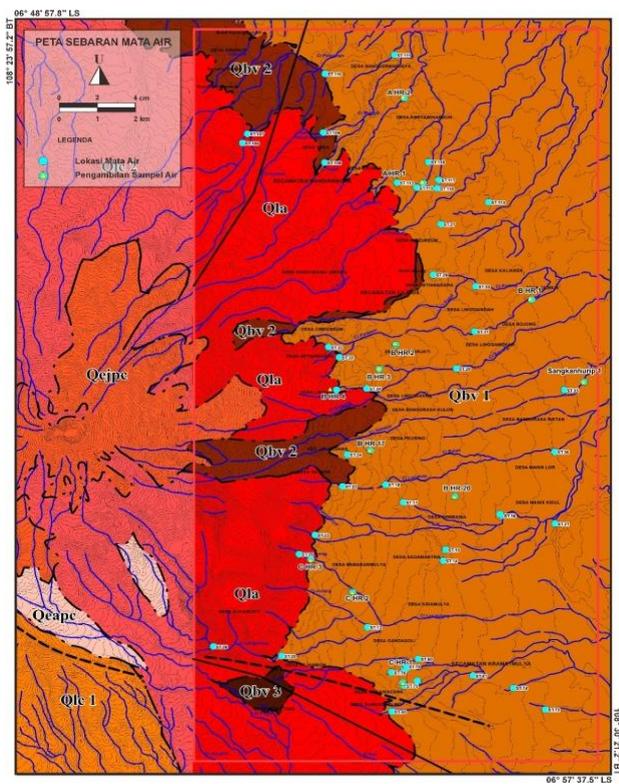
A. Geologi

Morfologi Lereng Timur Gunung Ciremai dibagi menjadi 4 bagian yaitu puncak gunung api, tubuh gunung api, kaki gunung api dan lereng gunung api. Masing-masing bentuk morfologi berpengaruh terhadap aliran air tanah. Aliran air sungai yang mengalir di daerah penelitian memiliki pola aliran sungai radial, aliran sungainya secara umum menjauhi Gunung Ciremai, dapat dilihat pada Gambar-1.

Peta geologi vulkanik daerah penelitian disajikan pada Gambar-2 modifikasi dari [10]. Secara litostratigrafi dengan menggunakan tata nama satuan litostratigrafi tidak resmi dapat dirinci Satuan Lava Andesit (Qla), Satuan Breksi Vulkanik 1 / Dominasi Matriks (Qbv 1), Satuan Breksi Vulkanik 2 / Dominasi Komponen (Qbv 2), Satuan Breksi Vulkanik 3 / Hitam (Qbv 3).



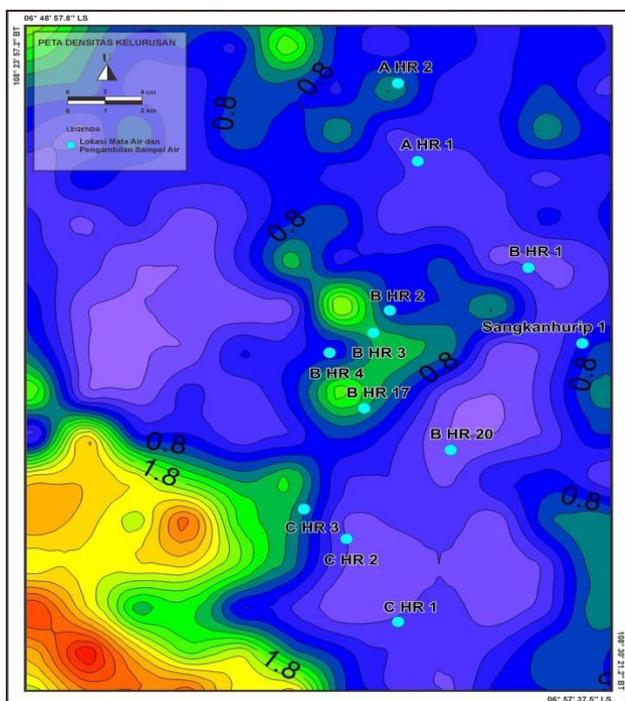
Gambar-1. Peta Geomorfologi Daerah Penelitian



Gambar-2. Peta geologi dan sebaran mata air.

Hasil pengamatan lapangan menunjukkan Satuan Lava Andesit (Qla) tersebar di bagian barat beranggotakan lava andesitik dan kontak lava andesit dengan breksi vulkanik, ketebalan bervariasi, dari 0,5 m hingga 3 m, warna abu-abu sampai abu-abu kecokelatan, granularitas porfiritik, kemas *equigranular*, terkekarkan, Breksi vulkanik ditemukan pada kontak di bawah lava, komponen andesitik, kemas tertutup, matriks tuf, Formasi Hasil Gunungapi Muda Lava [12]. Satuan Breksi Vulkanik 1 / Dominasi Matriks (Qbv 1) tersebar di bagian tengah sampai timur, beranggotakan breksi vulkanik didominasi matriks, ketebalan 0,5 m hingga 4 m, Breksi Vulkanik dengan matriks >50%, terpilah buruk, kemas terbuka, relatif lunak, komponen andesitik warna keabuan mengandung mineral plagioklas sedikit kuarsa, Matriks tuf vitrik warna kecokelatan tersusun mineral gelas, diendapkan relatif paling awal, umur paling tua, Formasi Hasil Gunungapi Muda Tak Teruraikan [11]. Satuan Breksi Vulkanik 2 / Dominasi Komponen (Qbv 2) tersebar di bagian barat sampai tengah, beranggotakan Breksi Vulkanik didominasi komponen, ketebalan bervariasi dari 0,5 m hingga 7

m, Breksi vulkanik matriks <50%, terpilah buruk, kemas tertutup, relatif keras, komponen andesitik warna keabuan, mineral plagioklas dengan sedikit kuarsa, Matriks tuf vitrik warna kecoklatan tersusun mineral gelas. Matriks breksi berupa tuf 49% fragmen gelas, 32% fragmen batuan, dan 19% fragmen kristal, Vitrik Tuf [12], diendapkan relatif lebih tua dari satuan lava, Formasi Hasil Gunungapi Muda Tak Teruraikan [11]. Satuan Breksi Vulkanik 3 / Hitam (Qbv 3), breksi vulkanik hitam, warna hitam sampai coklat kemerahan, dominasi komponen batuan beku basaltis dan matriks tuf, beku basaltis warna hitam sampai coklat kemerahan, bentuk kristal subhedral, hipokristalin, granularitas afanitik, kemas inequigranular, matriks tuf warna coklat sampai coklat kehitaman, butir tuf halus, kemas terbuka, pemilahan baik, kekerasan lunak.



Gambar-3. Peta Densitas Kelurusan Morfologi (lineament density)

Struktur geologi yang berkembang didasarkan analisis kelurusan peta DEM SRTM (digital

elevation model shuttle radar topography mission) dengan dua sudut pencahayaan. Pola kelurusan lembahan dan punggung arah dominan kelurusan yaitu barat laut - tenggara. Kelurusan morfologi berarah barat laut - tenggara di daerah lereng bagian tenggara sebagai indikasi struktur geologi patahan atau struktur regional, lereng bagian barat daya arah kelurusan timurlaut – baratdaya diinterpretasikan hasil aktivitas vulkanisme, bagian tenggara intensitas kelurusan lebih rapat dibandingkan daerah lainnya mengindikasikan intensitas deformasi tinggi pada batuan. Indikasi struktur geologi sesar berkembang memiliki arah barat laut - tenggara, hasil analisa perhitungan densitas kelurusan morfologi menunjukkan nilai densitas rendah 0–1 /km² dan nilai densitas tinggi 2–4 /km²[13]. Zona densitas tinggi di bagian tenggara, zona densitas rendah di bagian timur sebagian pada timur laut, zona densitas sedang di bagian timur laut. Peta Densitas Kelurusan Morfologi (lineament density) dapat dilihat pada Gambar-3.

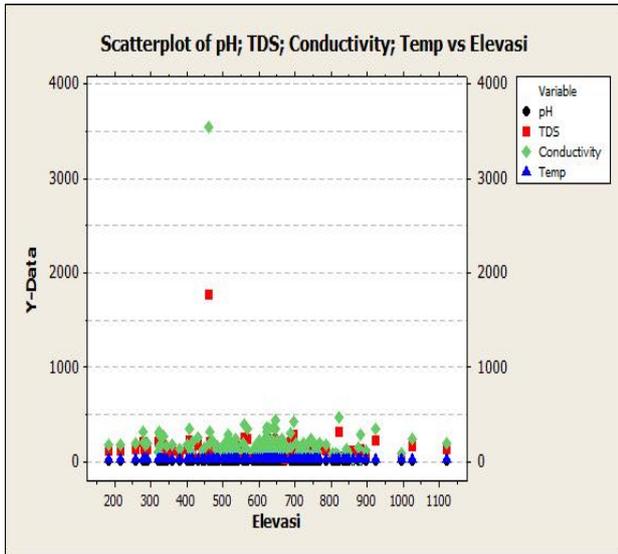
B. Hidrogeologi

Berdasarkan Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar II Cirebon dan Lembar V Bandung [14], [15], skala 1 : 250.000, daerah penelitian terdiri dari akuifer (bercelah atau sarang) pada daerah air tanah langka atau tak berarti yang terletak pada daerah puncak, akuifer (bercelah atau sarang) dengan produktivitas rendah, setempat berarti yang terletak pada daerah dataran sebelah timur lereng Gunung, akuifer dengan aliran melalui celahan dan ruang antar butir, setempat akuifer produktif dengan keterusan sangat beragam terletak pada lereng gunung, Akuifer dengan aliran melalui celahan dan ruang antar butir dengan produktivitas sedang dan penyebaran luas dengan keterusan sangat beragam terletak pada lereng gunung. Sebaran mata air dapat dilihat pada Gambar-2. Hasil observasi di daerah Lereng Timur Gunung Ciremai berhasil mengidentifikasi 119 mata air.

Tabel-1. Rekapitulasi mata air di lokasi penelitian.

Elevasi	Jumlah	pH	TDS	Conductivity	Temperatur	Debit
Mdpl	Mata air		(mg/L)	(µg/S)	(Celcius)	L/detik
200-400	18	6,4-7,14	91-214	104-322	22,6-27,7	1,05-261,7
400-600	37	6,36-8,02	53,5- 259	81-391	21,6-29	0,11-209,67
600-800	50	6,17-7,82	16,7- 281	74,1-425	20,2-25,9	0,16- 145
800-1000	12	6,55-7,81	32-313	17,2-473	19,7-25,7	0,54-563,73
1000-1200	2	7,08-7,8	131-159	198-238	18,2-18,6	0-21,99

Hasil pengukuran sifat fisika mata air menunjukkan nilai kisaran suhu 19,7-36.1 °C, pH 6.1-8, TDS 40-1770 mg/L dan EC 76.8-3550 µg/S. Rekapitulasi mata air dan sifat fisik air tanah dapat dilihat Tabel-1. Grafik hubungan elevasi terhadap fisika mata air ditunjukkan Gambar-4.



Gambar-4. Grafik hubungan elevasi terhadap fisika mata air.

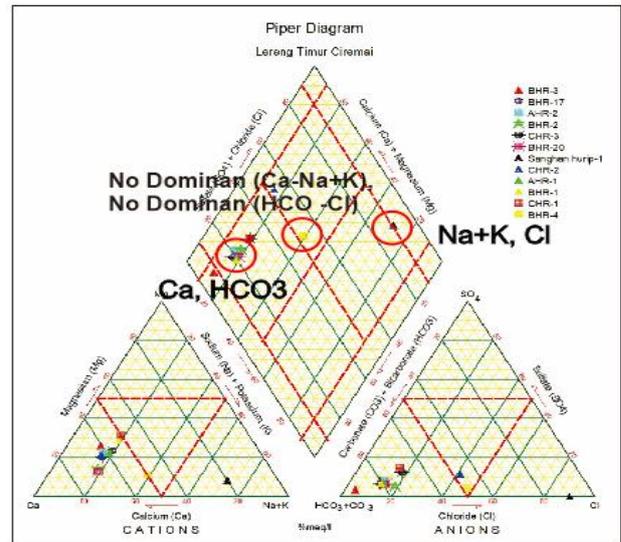
C. Fasies Air Tanah

Untuk mengetahui kandungan kimia air tanah di daerah penelitian, dilakukan analisis kimia air tanah pada 12 sampel mata air. Analisis kimia air tanah ini difokuskan pada unsur utama yang terdiri dari Kalsium, Magnesium, Natrium, Kalium, Klorida, Sulfat dan Bikarbonat.

1) Fasies Kimia Air Tanah

Untuk mengetahui fasies air tanah di daerah penelitian, hasil analisis kimia air tanah yaitu konsentrasi ion dalam satuan mg/l dikonversi ke dalam satuan meq/l, dapat dilihat pada Tabel 2. Data hasil konversi yang sudah di validasi kemudian diplotkan kedalam diagram piper [16], dapat dilihat pada Gambar-5.

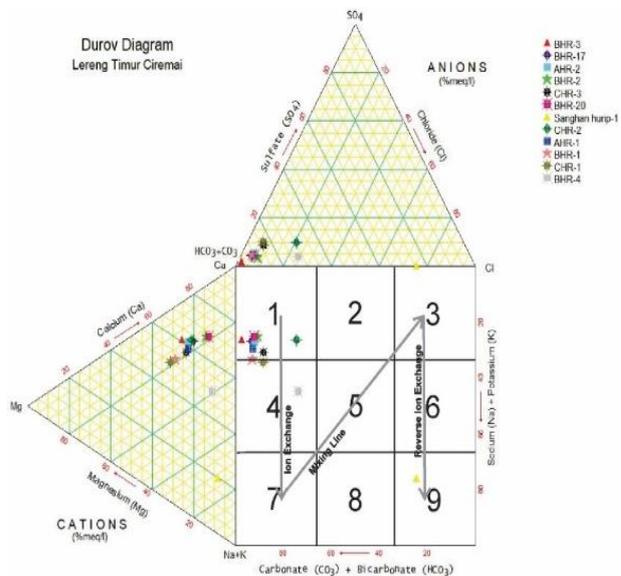
Berdasarkan hasil analisa menggunakan diagram piper, fasies kimia air tanah pada daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 5, yaitu : Fasies Ca, HCO₃ (Kalsium Bikarbonat): BHR-1, AHR-1, BHR-20, CHR-3, BHR-2, AHR-2, BHR-17, BHR-3. Fasies Ca, HCO₃-Cl (Kalsium, Bikarbonat-Klorida): CHR-2. Fasies Ca-Na+K, HCO₃-Cl (Kalsium-Natrium+Kalium, Bikarbonat-Klorida): BHR-4. Fasies Ca-Mg, HCO₃ (Kalsium-Magnesium, Bikarbonat): CHR-1. Fasies Na+K, Cl (Natrium+Kalium, Klorida): Sangkanhurip-1.



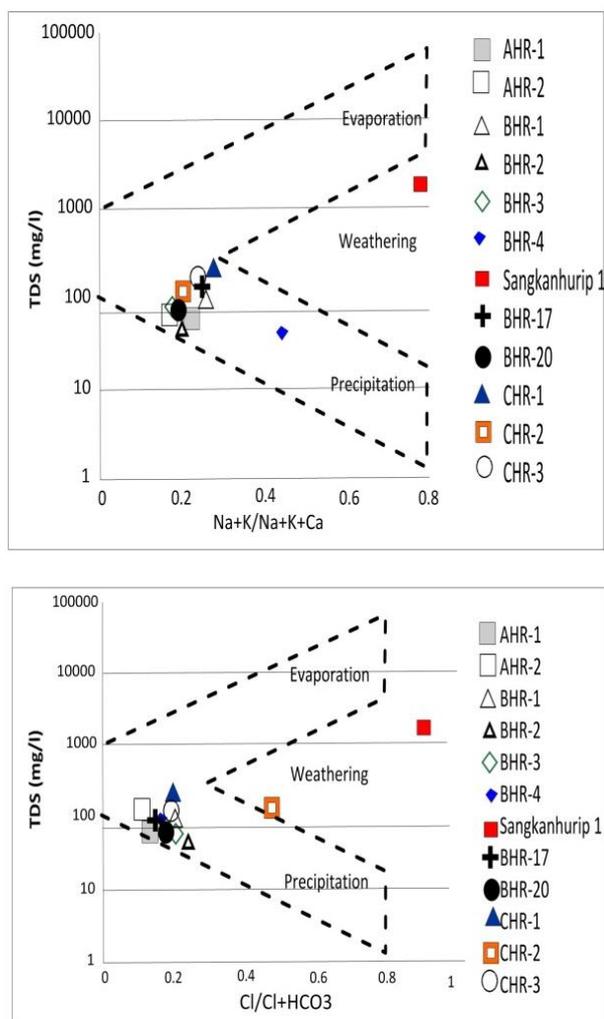
Gambar-5. Diagram Piper.

2) Diagram Durov

Dari hasil plotting data kimia air tanah pada Diagram Durov, diketahui bahwa mayoritas data pada daerah penelitian jatuh pada bidang 1, 4 dan 9, dapat dilihat pada Gambar-6. Berdasarkan klasifikasi [17], hal ini mengindikasikan bahwa air tanah yang jatuh pada bidang 1 mengalami proses pertukaran ion dan ion yang dominan terlibat adalah ion Ca²⁺ dan HCO₃⁻ sedangkan pada bidang 4 ion kation berimbang yaitu Ca²⁺ dan Mg²⁺ sehingga dimungkinkan interikasi air tanah dengan batuan lebih lama. Air tanah yang jatuh pada bidang 9 mengalami proses pertukaran ion terbalik hasil aktivitas panas bumi dengan munculnya ion dominan Na+K+ dan Cl⁻ seperti pada Gambar-6.



Gambar-6. Diagram Durov.



Gambar-7. Diagram Gibbs.

3) Diagram Gibbs

Dari hasil *plotting* data kimia air tanah pada Diagram Gibbs [18], dapat dilihat pada Gambar-7, diketahui bahwa pada data di daerah penelitian menunjukkan 3 jenis kelompok air tanah. Kelompok 1 adalah jenis air tanah pencampuran. Air tanah pada awalnya berada pada zona presipitasi yang merupakan air tanah lokal bersirkulasi pendek kemudian bergerak menuju zona pelapukan yang memiliki tingkat interaksi dengan batuan cukup tinggi. Kelompok 2 adalah jenis air tanah dominasi presipitasi (BHR 4). Artinya, air tanah pada kelompok ini masih dipengaruhi oleh kondisi permukaan. Kondisi ini membuktikan bahwa air tanah pada zona ini merupakan air tanah lokal yang memiliki sirkulasi pendek. Kelompok 3 adalah jenis air tanah dominasi evaporasi (Sangkanhurip-1). Artinya, air tanah pada kelompok ini dipengaruhi oleh kondisi aktivitas panas bumi.

D. Kontrol Geologi terhadap Sifat Fisik dan Kimia Air Tanah

Pada Gambar-8, Gambar-9, dan Gambar-10, profil penampang bagian utara, tengah dan selatan daerah penelitian terlihat perubahan kimia air tanah dari mulai fasies kimia air tipe Ca-HCO₃, fasies kimia air tipe Ca-Na+K – HCO₃-Cl, CaMg HCO₃ dan fasies kimia tipe Na-K, Cl seiring dengan perubahan morfologi, jenis batuan dan stuktur yang berkembang.

Berdasarkan hasil kompilasi analisis geologi dan hidrogeologi, maka daerah penelitian dapat terbagi menjadi beberapa zona yaitu Zona 1, Zona 2, Zona 3 dan Zona 4 seperti Tabel-3. Peta zonasi sistem akuifer vulkanik terhadap fasies air tanah dapat dilihat pada Gambar-11.

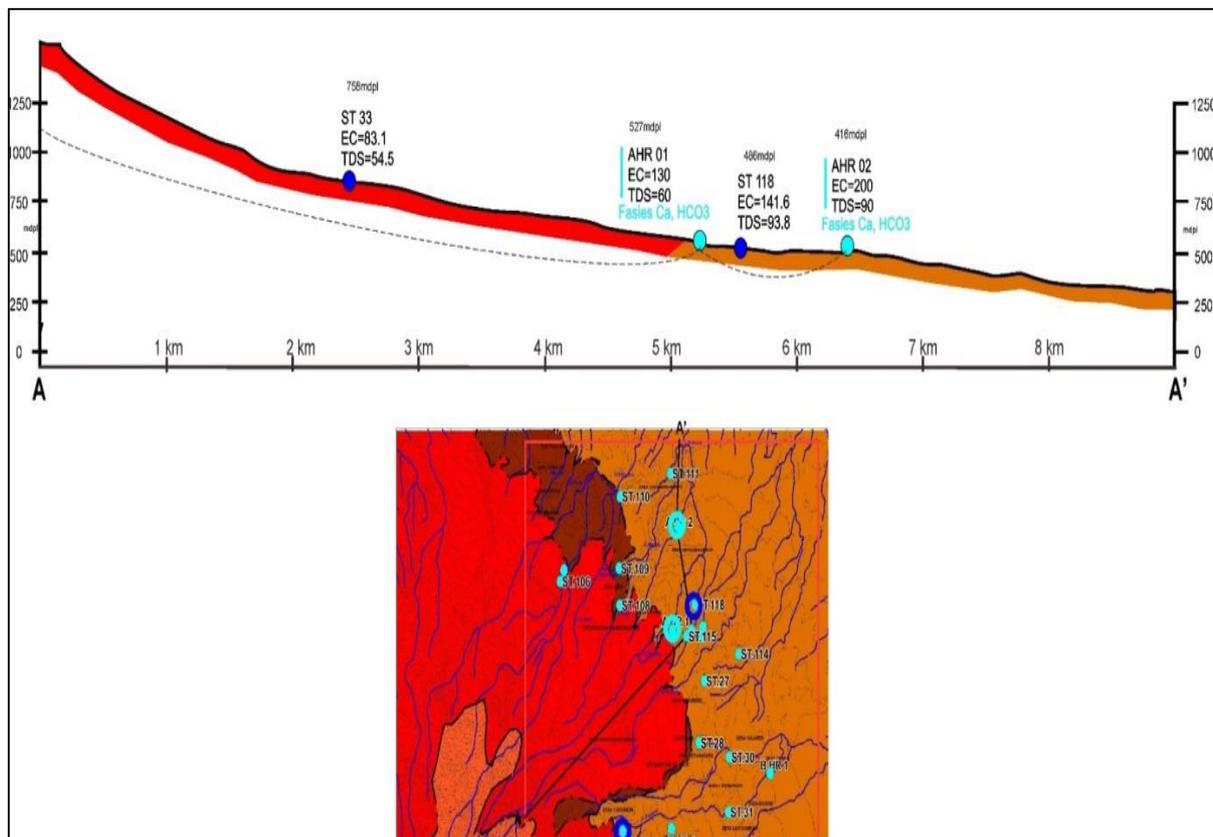
Zona 1 memiliki nilai EC dan TDS yang rendah dengan fasies kimia air tipe Ca-HCO₃. Pertimbangan penentuan zona ini dilihat dari morfologi lereng dan kaki gunung api dengan kemiringan lereng agak curam sampai landai, litologi yang cenderung homogen dan sebarannya luas yaitu Satuan Breksi Vulkanik 1 dan nilai densitas kelurusan rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa kontrol geologi yang ada mempengaruhi munculnya kondisi kimia air tanah pada zona 1. Zona 2 memiliki nilai EC dan TDS yang rendah dengan fasies kimia air tipe Ca-Na+K – HCO₃-Cl. Pertimbangan penentuan zona ini dilihat dari morfologi lereng gunung api dengan kemiringan lereng curam, persebaran litologi Satuan Lava yang merupakan batas antara morfologi lereng dengan kaki gunung api dan nilai densitas kelurusan rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa munculnya fasies kimia air yang ada pada Zona 2 disebabkan interaksi air dengan batuan yang cepat karena mata air ini berada pada kontrol geologi litologi berupa Satuan Lava yang merupakan sistem akuifer rekahan. Zona 3 berada pada lereng sampai kaki gunung api dengan kemiringan lereng agak curam-curam. Pertimbangan penentuan zona ini dilihat dari litologi yang dijumpai dipermukaan dominasi Satuan Breksi Vulkanik 1 dan Satuan Lava dan nilai densitas kelurusan tinggi didukung dengan adanya deformasi batuan yang terlihat dari kelurusan morfologi dan munculnya struktur geologi berupa sesar berarah tenggara-barat laut. Hal ini mempengaruhi nilai EC dan TDS yang cenderung tinggi. Munculnya sumber pengayaan ion Ca dan Mg yang berimbang mengindikasikan bahwa interaksi air tanah dengan batuan sudah lama atau daerah resapan sudah jauh dari kemunculan mata air tersebut. Zona 4 terdapat pada mata air Sangkanhurip 1 yang merupakan mata

air panas memiliki nilai EC 3550 TDS 1770 dengan fasies kimia tipe Na-K, Cl. Suhu diperkirakan berasal dari aktivitas panas bumi di bawah permukaan yang mengalir melalui kekar atau rekahan yang diindikasikan akibat dari adanya kontrol struktur geologi berupa sesar, sedangkan

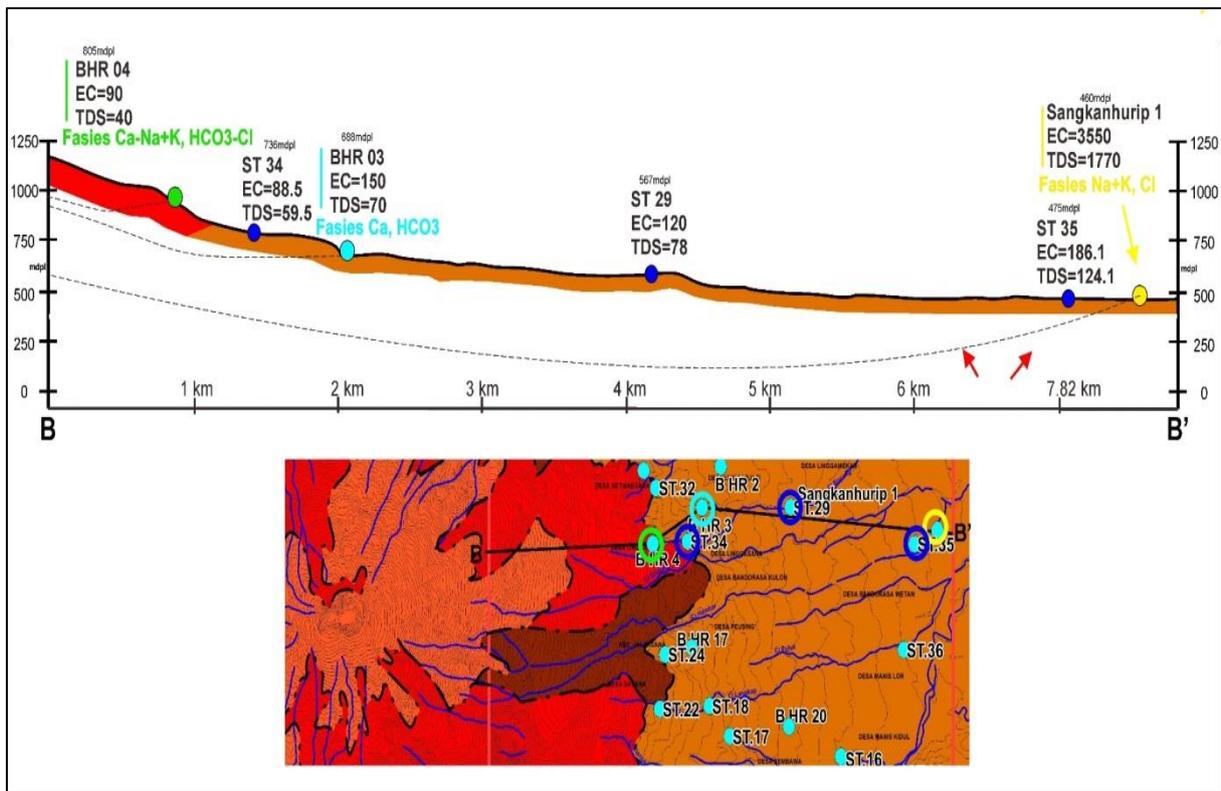
komposisi kimia Cl yang tinggi diperkirakan sebagai akibat dari kontrol interaksi dengan batuan sedimen. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan lokasi mata air yang berada dekat dengan Formasi Ciherang dan Formasi Halang yang merupakan batuan sedimen tua.

Tabel-2.Data konsentrasi ion air tanah hasil analisis laboratorium.

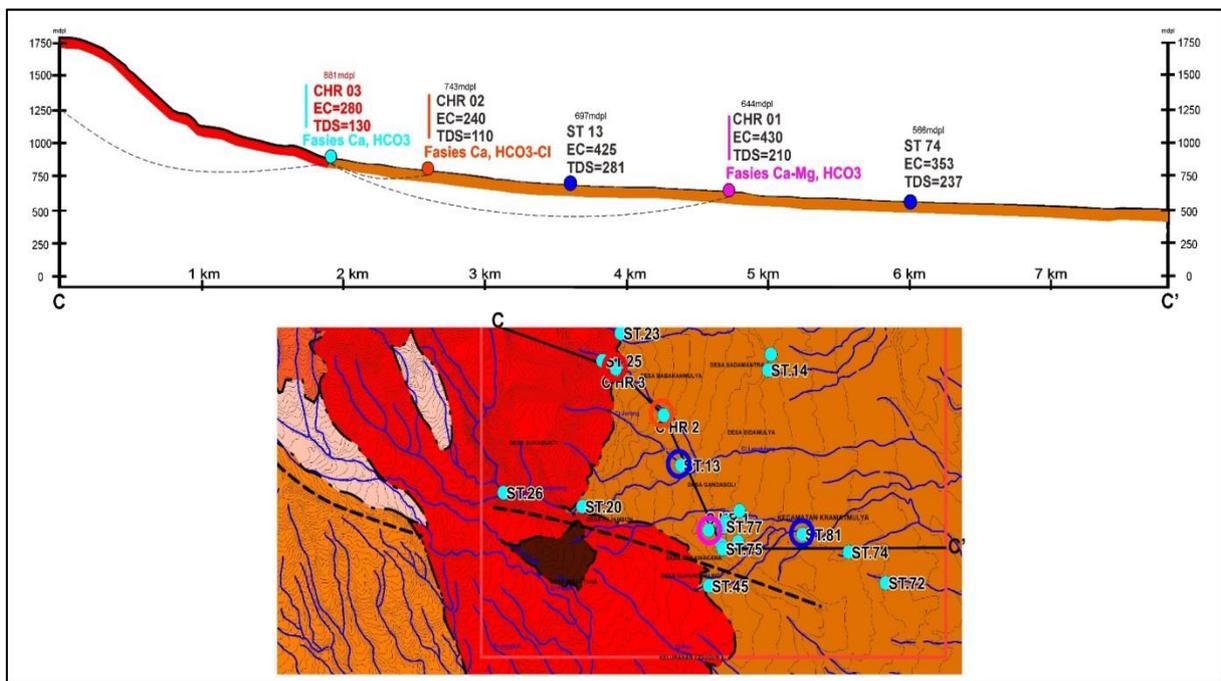
No	Kode Contoh	Na (meq/l)	K (meq/l)	Ca (meq/l)	Mg (meq/l)	Cl (meq/l)	HCO3 (meq/l)	SO4 (meq/l)	ChargeBalance Error (CBE) (%)
1	BHR-3	0,27	0,04	1,39	0,59	0,08	1,81	0,07	7,427505645
2	BHR-17	0,17	0,05	0,83	0,27	0,14	0,89	0,07	9,067099004
3	AHR-2	0,37	0,07	1,69	0,62	0,31	1,77	0,18	9,578545598
4	BHR-2	0,18	0,08	0,96	0,20	0,23	0,93	0,06	7,518604615
5	CHR-3	0,24	0,08	0,97	0,40	0,25	0,98	0,17	9,115851841
6	BHR-20	0,19	0,06	0,92	0,17	0,17	0,88	0,07	8,903826402
7	Sanghan hurip-1	20,41	1,86	6,19	2,61	25,76	2,81	0,05	4,110235298
8	CHR-2	0,22	0,07	1,13	0,38	0,75	0,86	0,21	1,056910435
9	AHR-1	0,22	0,07	0,92	0,35	0,18	1,08	0,10	6,902191554
10	BHR-1	0,39	0,12	1,38	0,77	0,28	1,78	0,15	9,236480829
11	CHR-1	0,45	0,10	1,48	0,93	0,41	1,76	0,37	7,655246640
12	BHR-4	0,70	0,12	1,04	0,23	0,86	0,87	0,08	7,219178213



Gambar-8.Profil penampang hidrogeologi lintasan utara.



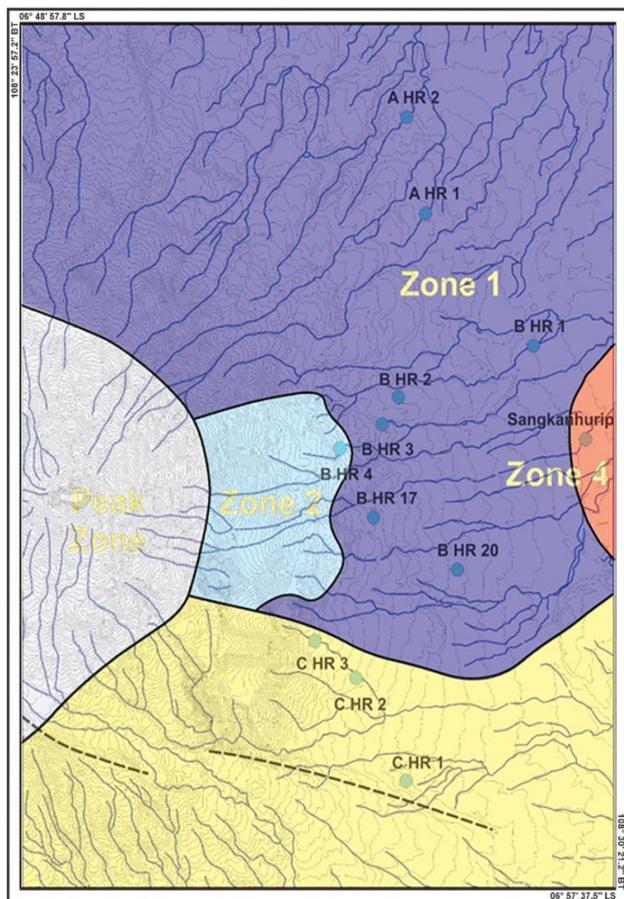
Gambar-9. Profil penampang hidrogeologi lintasan tengah.



Gambar-10. Profil penampang hidrogeologi lintasan selatan.

Tabel-3.Matriks zonasi kontrol geologi terhadap air tanah lereng timur Gunung Ciremai.

Zona	Morfologi (Van Zuidam, 1985)	Litologi Permukaan	Struktur Geologi (Densitas Kelurusan)	Sifat Fisik Airtanah (EC & TDS)	Sifat Kimia Airtanah (Piper, 1944)
Zona 1	Termasuk Morfologi Lereng dan Kaki Gunung Api, ketinggian 450-1750 mdpl dengan kemiringan lereng agak curam-landai (2°-8°)	Sebaran Luas (Tersusun oleh Satuan Breksi Vulkanik 1 & 2 dan Satuan Lava)	Densitas kelurusan rendah, tidak adanya struktur geologi yang berkembang	Nilai EC dan TDS rendah. EC <200 dan TDS <150	Fasies Ca, HCO ₃
Zona 2	Termasuk Morfologi Lereng Gunung Api dengan ketinggian 750-1750 mdpl dan kemiringan lereng curam (8°-16°)	Sebaran Sempit (Tersusun oleh Satuan Breksi Vulkanik 1 & 2 serta Satuan lava)	Densitas kelurusan rendah, tidak adanya struktur geologi yang berkembang	Nilai EC dan TDS rendah. EC dan TDS <100	Fasies No Dominan (Ca-Na+K), No Dominan (HCO ₃ -Cl)
Zona 3	Termasuk Morfologi Lereng dan Kaki Gunung Api, ketinggian 450-1750 mdpl dengan kemiringan lereng agak curam-curam (4°-16°)	Tersusun oleh Satuan Lava dan Breksi Vulkanik 1 & 3	Densitas kelurusan tinggi, terdapat struktur geologi berupa sesar berarah tenggara-barat laut.	Nilai EC dan TDS tinggi. EC dan TDS >200	Fasies Ca, No Dominan (HCO ₃ -Cl) dan Fasies No Dominan (Ca-Mg), HCO ₃
Zona 4	Termasuk Morfologi Dataran Gunung Api dengan ketinggian 250-450 mdpl dan kemiringan lereng landai (2°-4°)	Tersusun oleh Satuan Breksi Vulkanik 1, namun kemungkinan terdapat batuan sedimen tua dibawahnya	Densitas kelurusan rendah, namun kemungkinan terdapat sistem rekahan bawah permukaan	Nilai EC dan TDS sangat tinggi. EC dan TDS >1500	Fasies Na+K, Cl



Gambar-11. Peta zonasi sistem akuifer vulkanik terhadap fasies air tanah

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah dikemukakan pada pembahasan, perubahan kimia air tanah daerah penelitian dipengaruhi oleh kontrol geologi yang berkembang. Pada daerah timur dan utara proses yang paling dominan mengontrol perubahan kimia air tanah adalah jenis litologi dan morfologi, sedangkan pada daerah tenggara dan selatan proses yang paling dominan mengontrol adalah struktur geologi. Proses lain yang berpengaruh di daerah penelitian adalah aktivitas panas bumi.

B. Saran

Untuk memperjelas dan memvalidasi daerah resapan dari lereng timur Gunung Ciremai perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang isotop mataair, sehingga keberadaan daerah resapan dapat ditentukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bupati dan Pemerintah Daerah Kabupaten Kuningan dan semua pihak yang telah mendukung serta memberikan izin akses data dan informasi mengenai bahasan tentang penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muslih I, dkk. Zonasi Taman Nasional Gunung Ciremai Kabupaten Kuningan Dan Majalengka Provinsi Jawa Barat, Kuningan. 2012.
- [2] Dinas Sumber Daya Air dan Pertambangan. Data Curah Hujan daerah Gunung Ciremai. 2015.
- [3] Irawan D, Puradimaja D, Notosiswoyo S, Soemintadiredja P. Hydrogeochemistry of volcanic hydrogeology based on cluster analysis of Mount Ciremai, West Java, Indonesia. *Journal of Hydrology*. 2009; 376(1): 221-234. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.07.033>
- [4] Irawan D.E. Model Hidrogeologi Berdasarkan Analisis Perubahan Sifat Fisik - Kimia Air Tanah Pada Sistem Akifer Endapan Gunungapi Studi Kasus: Zona Mataair Gunung Ciremai, Jawa Barat. Disertasi Doktor. Tidak dipublikasikan. Bandung: Institut Teknologi Bandung. 2009.
- [5] Palam Y. Geokimia Air Tanah Lereng Timur Gunung Ciremai, Kabupaten Kuningan, Propinsi Jawa Barat. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. 2014.
- [6] Irawan D, Puradimaja D. *The hydrogeology of the Volcanic Spring Belt, East Slope of Gunung Ciremai, West Java, Indonesia*. Intenational Association of Engineering Geologists Congress. 2006.
- [7] Permanajati I. Kajian Petrografi pada Zona Pelapukan Breksi Piroklastik Terhadap Longsoran Gunung Pawinihan Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. *Dinamika Rekayasa*. 2018; 14(1): 9-16.
- [8] Subba Rao N. Groundwater quality from a part of Prakasam District, Andhra Pradesh, India. *Applied Water Science*. 2018; 8(30). <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0665-2>
- [9] Sabba N, Umar R. Hydrogeochemical assessment of oradabad city, an important industrial town of Uttar Pradesh, India. *Sustainable Water Resources Management*. 2016; 2(3): 217-236. DOI 10.1007/s40899-016-0053-8
- [10] Situmorang, T. Peta Geologi Ciremei skala 1 : 50.000. Bandung: Direktorat Vulkanologi. 1995
- [11] Djuri. Peta Geologi 1 : 100.000 Lembar Arjawinangun 1309-I. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1995.
- [12] Schmidt R. Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments: Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology*. 1981; 9(1): 41-43.
- [13] Setiawan T, Juanda D, Brahmantyo B, dan Irawan E. Analisis Kelurusan Morfologi untuk Interpretasi Sistem Hidrogeologi Kars Cijulang, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. Prosiding PIT IAGI ke-37. Bandung. 2008
- [14] Soetrisno S. Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar II Cirebon skala 1 : 250.000. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan. 1983.
- [15] Soetrisno S. Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar V Bandung skala 1 : 250.000, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung. 1983.
- [16] Piper AM. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Transactions - American Geophysical Union*. 1944; 25(6): 914-928.
- [17] Lloyd JA & Heathcote JA. *Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater An introduction*. New York: Oxford Uni Press. 1985: 296.
- [18] Gibbs, R.J. 1970. Mechanism Controlling World Water Chemistry. *Science*. 1970; 170: 1088-1090.

