



KARAKTERISTIK HIDROKIMIA AIR TANAH PADA BAGIAN TIMUR CEKUNGAN AIR TANAH BANDUNG – SOREANG : STUDI KASUS SEBAGIAN KECAMATAN CICALENGKA DAN KECAMATAN CIMANGGUNG, PROVINSI JAWA BARAT

Aldynanda Lesmana*¹, Boy Yoseph CSSSA¹, T. Yan Waliana Muda Iskandarsyah¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: aldynanda17001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Air Tanah Bandung – Soreang. Keberadaan dari daerah penelitian yang secara geologi tersusun atas lingkungan vulkanik dan merupakan salah satu kawasan industri dan padat pemukiman menjadikan topik ini menarik untuk dibahas. Tujuan daripada penelitian ini untuk mengetahui kondisi dan karakteristik hidrokimia air tanah daerah penelitian berdasarkan sifat fisik dan kimia air tanah serta kaitannya dengan kondisi geologi yang berkembang di daerah penelitian. Metode penelitian yang digunakan yaitu analisis sifat fisik dan kimia air tanah secara numerik dan grafis. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan sifat fisik air tanah memiliki nilai yang homogen. Nilai Daya Hantar Listrik (DHL) yang berkisar antara 45,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nilai *Total Dissolved Solid* (TDS) yang berkisar antara 30 mg/liter – 120 mg/liter, dan nilai *Potential Hydrogen* (pH) yang berkisar antara 5,5 – 7,5. Kemudian data sampel air yang diuji di laboratorium dianalisis kembali untuk mengetahui fasies kimia air menggunakan diagram. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa daerah penelitian memiliki 2 fasies kimia air tanah yaitu $\text{Ca}(\text{Mg})\text{HCO}_3$ dan $\text{Ca}(\text{Na})\text{HCO}_3$ yang didominasi oleh proses pertukaran ion (*Ion Exchange*) dan dibentuk oleh interaksi antara air dengan batuan atau material penyusun akuifer.

Kata Kunci : Air Tanah, Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia, Diagram, Fasies Air Tanah

ABSTRACT

The research area belongs to the Bandung – Soreang Groundwater Basin. The existence of the research area which is geologically composed of a volcanic environment and is an industrial and densely populated area makes this topic interesting to discuss. The purpose of this study was to determine the hydrochemical conditions and characteristics of groundwater in the research area based on the physical and chemical properties of groundwater and its relation to the geological conditions that developed in the research area. The research method used is the analysis of the physical and chemical properties of groundwater numerically and graphically. Based on the results of the study, it was found that the physical properties of groundwater have a homogeneous value. Electrical Conductivity (DHL) values ranging from 45.7 S/cm – 293 S/cm, Total Dissolved Solid (TDS) values ranging from 30 mg/liter – 120 mg/liter, and Potential Hydrogen (pH) values ranged from 5.5 to 7.5. Then the water sample data that was tested in the laboratory was re-analyzed to determine the water chemistry facies using diagrams. From the results of the study, it was found that the research area has 2 chemical facies of groundwater, namely $\text{Ca}(\text{Mg})\text{HCO}_3$ and $\text{Ca}(\text{Na})\text{HCO}_3$, which are dominated by ion exchange processes and formed by the interaction between water and rocks or aquifer constituent materials.

Keywords: Groundwater, Physical and Chemical Characteristics, Diagram, Groundwater Facies

PENDAHULUAN

Air tanah merupakan salah satu kekayaan sumberdaya yang perlu dilestarikan dan penting untuk memenuhi kebutuhan pokok hajat hidup orang banyak. Meningkatnya kebutuhan utama manusia akan ketersediaan air tanah dalam kehidupan sehari – hari menyebabkan keberadaan dari air tanah menjadi faktor penting. Meningat perannya yang penting, dibutuhkan proses pemanfaatan yang didasarkan pada keseimbangan dan kelestarian dari air tanah yang ada agar memenuhi persyaratan kualitas dan kuantitas yang selanjutnya dapat dimanfaatkan guna memenuhi kebutuhan makhluk hidup. Salah satu indikator penting dalam menentukan kualitas dari air tanah yaitu kandungan unsur kimia air tanah yang terkandung di dalamnya. Hal ini dikarenakan unsur kimia merupakan komponen utama penyusun air. Komposisi kimia air tanah itu sendiri dapat hilang, bertambah, atau berubah dipengaruhi oleh faktor – faktor seperti komposisi presipitasi, mineralogi akuifer, iklim, topografi dan aktivitas antropogenik (Kumar dan Riyazuddin, 2008; Chenini dan Khemiri, 2009).

Daerah penelitian termasuk ke dalam Cekungan Air Tanah Bandung – Soreang. Secara administratif, daerah ini mencakup seluruh wilayah Kota Bandung, Kota Cimahi, sebagian besar wilayah Kabupaten Bandung, dan sebagian kecil wilayah Kabupaten Sumedang. Secara geografis, daerah ini memiliki luas mencapai 1.716 km² terletak pada posisi sistem koordinat UTM (WGS 84) Zona 48 antara garis 91.98.400 – 92.46.565 m Utara – Selatan, dan 7.62.740 – 8.26.309 m Barat – Timur. (Harnandi & Herawan, 2009). Selanjutnya secara geologi, daerah penelitian termasuk ke dalam lingkungan vulkanik dan merupakan Kawasan industri dan padat pemukiman.

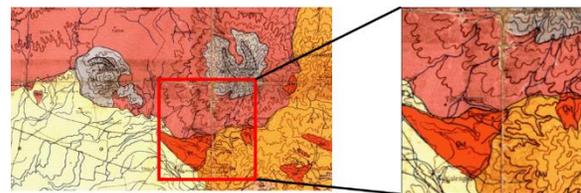
Meningat akan fungsional dari daerah penelitian yang sebagian besar dimanfaatkan

sebagai kawasan industri dan pemukiman, serta kebutuhan akan air semakin hari semakin meningkat, maka dibutuhkan penelitian untuk mengetahui kondisi dan karakteristik air tanah daerah penelitian.

Geologi Regional

Daerah penelitian merupakan bagian dari Zona Bandung dengan batuan penyusunnya berupa endapan aluvial dan vulkanik muda (kuarter) produk dari gunungapi di sekitarnya. Zona ini merupakan zona depresi antar pegunungan (*intermontane depressions*) dengan lebar sekitar 20-40 km, membentang dari Pelabuhan Ratu di sebelah Timur melewati Lembah Cimandiri, dataran tinggi Cianjur, Bandung, dan Garut, sampai Lembah Citanduy di sebelah Barat.

Daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Bandung (P.H. Silitonga (1973)) dan terbagi menjadi beberapa satuan geologi regional yang memiliki umur kuartar. Urutan stratigrafi batuan dari yang tertua ke yang termuda di daerah ini yaitu Hasil Gunungapi Tua Lava (Qvl) dan Hasil Gunungapi Tua tak Teruraikan (Qvu), kemudian selanjutnya Hasil Gunungapi Muda tak Teruraikan (Qyu) dan Lava (Qyl), dan yang terakhir yaitu Endapan Danau (Ql).

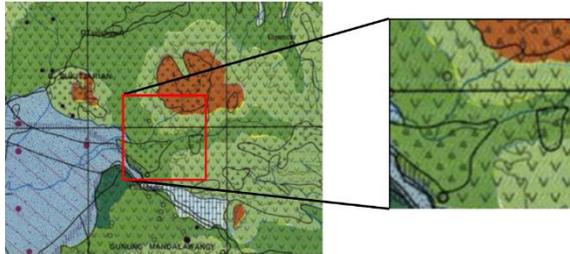


Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian berdasarkan Peta Geologi Regional (P.H. Silitonga (1973))

Hidrogeologi Regional

Daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Hidrogeologi Regional Lembar Bandung (Soetrisno S, 1983) skala 1:250.000. Karakteristik hidrogeologi daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok berdasarkan keterdapatan air tanah dan produktivitas akifernya, diantaranya Akifer

produktif dengan penyebaran luas, Akifer dengan produktifitas sedang dan penyebaran luas, Setempat akifer produktif, dan Daerah air tanah langka / tidak berarti.



Gambar 2. Lokasi Daerah Penelitian berdasarkan Peta Hidrogeologi Regional (Soetrisno S (1983))

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan melewati beberapa tahap, yaitu tahap persiapan, inventarisasi data, dan tahap pengolahan dan analisis data. Tahap persiapan dan inventarisasi data mencakup studi regional terkait objek penelitian, yaitu aspek geologi dan geomorfologi. Kemudian tahap pengolahan dan analisis data yang dilakukan menggunakan analisis data sekunder berupa data lapangan hasil penelitian yang di dalamnya termasuk data geologi, data sifat fisik air tanah (EC, TDS, pH, Temperatur) dari 24 titik pengamatan, dan data sifat kimia air tanah hasil analisis laboratorium (unsur mayor) dari 10 sampel air yang diuji. Data tersebut selanjutnya diolah dan dianalisis lebih lanjut menggunakan beberapa diagram diantaranya Diagram Piper, Diagram Stiff, Diagram Durov, dan Diagram Gibbs.

Sifat Fisik Air Tanah

Sifat fisik dari air tanah diantaranya yaitu Daya Hantar Listrik (EC), Nilai Keasaman (pH), Zat Padat Terlarut (TDS), dan Temperatur (°C). Semua sifat tersebut dapat diukur dengan alat ukur khusus dan dilakukan sesaat setelah sampel air tanah diambil agar tidak terjadi perubahan yang signifikan.

1. Daya Hantar Listrik (EC)

Daya Hantar Listrik (*Electric Conductivity*) merupakan gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Semakin banyak garam terlarut yang dapat terionisasi, maka semakin tinggi pula nilai DHL-nya. Daya Hantar Listrik dinyatakan dengan satuan mikroSiemens (μS). Berikut adalah klasifikasi nilai daya hantar listrik untuk berbagai jenis air (Mandel, 1981)

Jenis Air	Nilai DHL (μS)
Air Destilasi	0,5 – 5
Air Hujan	5 – 30
Air tanah segar	30 – 2000
Air laut	45000 – 55000
Air garam	> 90000 μS

Gambar 3. Tabel nilai DHL berbagai jenis air (Mandel, 1981)

2. Nilai Keasaman (pH)

Nilai pH merupakan nilai yang menggambarkan konsentrasi ion hidrogen pada air (Tebbut, 1992). Mackereth et al. (1989) berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Adapun klasifikasi nilai pH berdasarkan sifatnya yaitu :

$$\text{pH} = 7 \text{ (Netral)}$$

$$7 < \text{pH} < 14 \text{ (Basa)}$$

$$0 < \text{pH} < 7 \text{ (Asam)}$$

Nilai pH pada air tanah bergantung pada jenis endapan akuifernya. Air yang bersifat asam ($\text{pH} < 7$) biasanya terdapat pada daerah – daerah dengan endapan vulkanik. Sedangkan air yang bersifat basa ($\text{pH} > 7$) biasanya terdapat pada daerah – daerah dengan batuan ultramafik (Hem, 1985).

3. Zat Padat Terlarut (TDS)

Zat Padat Terlarut (*Total Dissolved Solid*) merupakan konsentrasi unsur mineral terlarut dalam air. Hal ini mengartikan bahwa besarnya nilai TDS menandakan adanya

unsur mineral terlarut. Unsur mineral terlarut umumnya terdiri dari karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, nitrat, magnesium, natrium, kalsium, dan kalium. Berikut adalah klasifikasi nilai zat padat terlarut untuk berbagai jenis air (Freeze and Cherry, 1979)

Kategori	Nilai TDS (mg/L)
Fresh water	0 – 1.000
Brackish water	1.000 – 10.000
Saline water	10.000 – 100.000

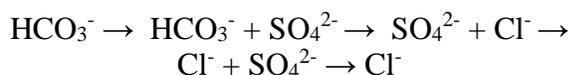
Gambar 4. Tabel nilai TDS berbagai jenis air (Freeze and Cherry, 1979)

4. Temperatur (°C)

Suhu air dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya yaitu musim, ketinggian, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran, dan kedalaman air (Effendi. H, 2003). Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga berpengaruh terhadap penurunan kelarutan gas dalam air (Haslam, 1995). Selain itu peningkatan suhu juga menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme di air.

Sifat Kimia Air Tanah

Unsur yang digunakan dalam penyajian data kimia adalah unsur mayor yang terkandung dalam air tanah terdiri dari ion-ion Ca, Mg, Na, K, Cl, SO₄ dan HCO₃. Selanjutnya berdasarkan kandungan kimia dalam air tanah dapat dibuat zona-zona kimia dari permukaan hingga air tanah yang paling dalam, dengan reaksi kimia sebagai berikut:



Pertama-tama pada sistem aliran air tanah dangkal air tanah akan didominasi oleh anion HCO₃⁻ dengan konsentrasi yang rendah. Setelah itu, pada sistem aliran air tanah menengah air tanah akan didominasi oleh ion sulfat. Selanjutnya pada sistem air tanah dibagian paling bawah air tanah akan

didominasi oleh ion Cl dengan konsentrasi yang cukup tinggi (Domenico, 1972).

Analisis Kimia Air Tanah

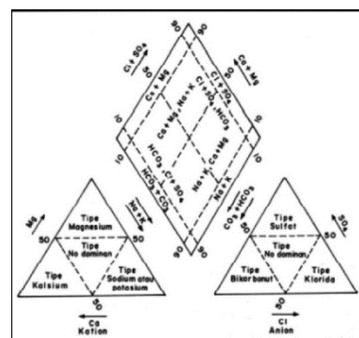
Analisis kimia air tanah dilakukan dengan menggunakan beberapa diagram diantaranya yaitu Diagram Piper, Diagram Stiff, Diagram Durov, dan Diagram Gibbs.

1. Diagram Piper

Pengolahan menggunakan diagram piper dilakukan dengan mengubah data Konsentrasi ion kimia utama airtanah yang diketahui dalam satuan mg/L ke dalam satuan meq/L, dengan membagi nilai mg/L dengan massa atom tiap unsur (Tabel 1). Data konsentrasi kation dan anion yang sudah dikonversi ke dalam satuan meq/L kemudian dilakukan validasi dengan persamaan kesetimbangan ion, jika *error balance* tidak lebih dari 10% (lebih baik jika *Error Balance* pada data kurang dari 5%) maka data valid. Persen eror dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{CBE\%} = \frac{\text{Jumlah kation} - \text{jumlah anion}}{\text{Jumlah kation} + \text{jumlah anion}}$$

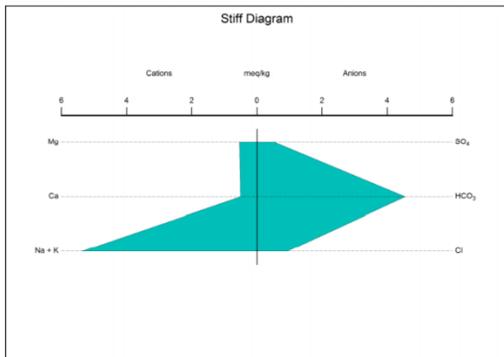
Data yang sudah dikonversi dan validasi lalu diplotkan ke dalam diagram Piper. Segitiga sebelah kiri merupakan data kation dan kanan merupakan data anion. Hasil dari plottingan berupa data titik pertemuan yang akan jatuh pada zona yang mencirikan unsur dominan yang kemudian digunakan untuk penamaan fasies.



Gambar 5. Diagram Trilinier Piper

2. Diagram Stiff

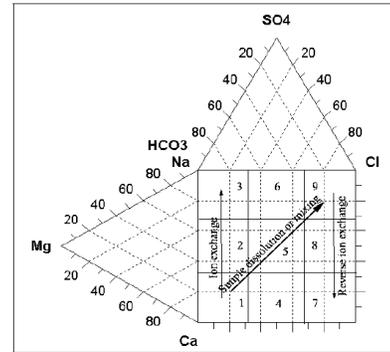
Diagram ini digunakan untuk menunjukkan unsur dominan yang terdapat dalam suatu sampel serta dapat mengetahui atau menghubungkan kualitas air tanah (Suharyadi, 1984). Metode ini menggunakan empat sumbu paralel horizontal dan satu sumbu vertikal yang dipakai dalam membandingkan komposisi kimia air berdasarkan arah alirannya.



Gambar 6. Diagram Stiff

3. Diagram Durov

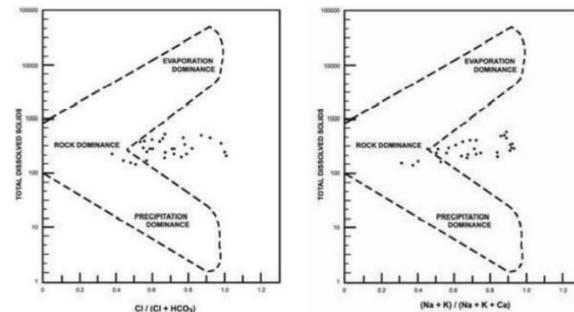
Diagram Durov didasarkan pada persentase miliekuivalen dari ion utama. Nilai kation dan anion diplot pada dua segitiga yang terpisah dan titik dari data diproyeksikan pada kotak yang berada di bawah segitiga. Segitiga sebelah kiri digunakan untuk menentukan kation yang terdiri dari Na, Ca, dan Mg. Sedangkan segitiga yang berada di atas, digunakan untuk menentukan anion yang terdiri dari Cl, SO₄, dan HCO₃. Diagram Durov dalam hidrokimia digunakan untuk membantu dalam menginterpretasi tren evolusi airtanah dan proses yang berlangsung di dalam sistem airtanah. Diagram ini, dapat mengindikasikan adanya pertukaran ion, pencampuran, dan pertukaran ion terbalik.



Gambar 7. Diagram Durov

4. Diagram Gibbs

Pada pengolahan data menggunakan diagram ini, nilai TDS dibandingkan dengan rasio berat $(Na^+)/ (Na^+ + Ca^{2+})$ pada kation serta TDS dengan $Cl^- / (Cl^- + HCO_3^-)$ pada anion, dimana semua ion dalam satuan mg/L. Ion akan berada pada sumbu x sedangkan TDS pada sumbu Y. Diagram Gibbs umumnya digunakan untuk mengetahui sumber utama kandungan kimia terlarut dalam air yang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu dominasi evaporasi, dominasi interaksi batuan, dan dominasi air hujan.

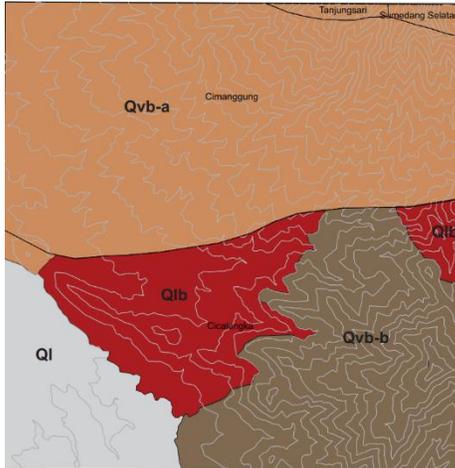


Gambar 8. Diagram Gibbs

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi

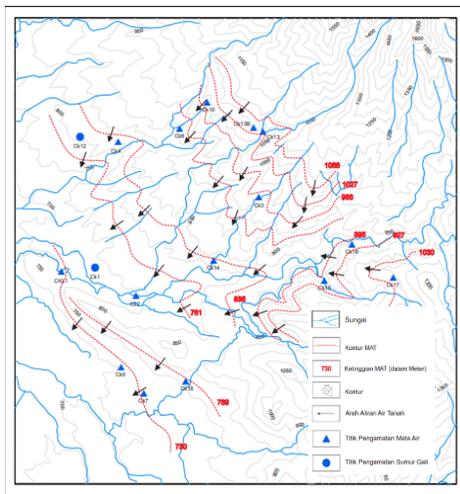
Berdasarkan data litologi lapangan yang telah dianalisis (Tabel 2), daerah penelitian tersusun atas 4 satuan batuan yaitu Satuan Lava Basaltik (Qlb), Satuan Breksi Vulkanik B (Qvb-b), Satuan Breksi Vulkanik A (Qvb-a), dan Satuan Endapan Danau (Ql)



Gambar 9. Peta Geologi Daerah Penelitian

Arah Aliran Air Tanah

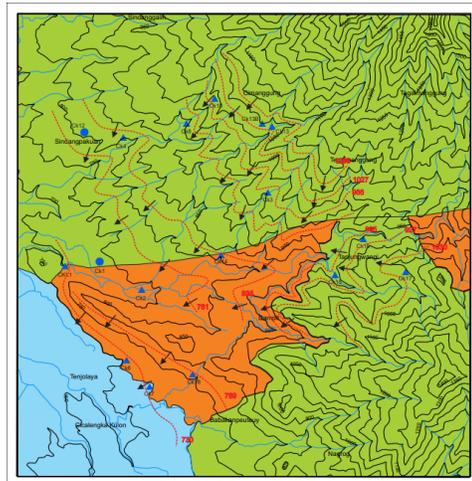
Berdasarkan data hasil analisis pengamatan muka air tanah di daerah penelitian yang diamati melalui 17 titik pengamatan yaitu berupa 2 sumur gali dan 15 mata air yang memiliki muka air tanah yang dangkal, didapatkan hasil bahwa muka air tanah pada daerah penelitian memiliki ketinggian berkisar antara 720 hingga 1068 m dari permukaan laut. Secara umum, pergerakan air tanah pada daerah penelitian berarah timur laut - barat daya.



Gambar 10. Peta Isofreatik Daerah Penelitian

Hidrogeologi

Berdasarkan data geologi di permukaan, yang kemudian dikorelasikan dengan hidrogeologi regional lembar Bandung (Soetrisno S (1983)), maka daerah penelitian dapat diinterpretasikan memiliki 3 satuan hidrogeologi berdasarkan keberadaan media penyusun akuifer yaitu Satuan Hidrogeologi Akuifer 1, Satuan Hidrogeologi Akuifer 2, dan Satuan Hidrogeologi Akuifer 3.



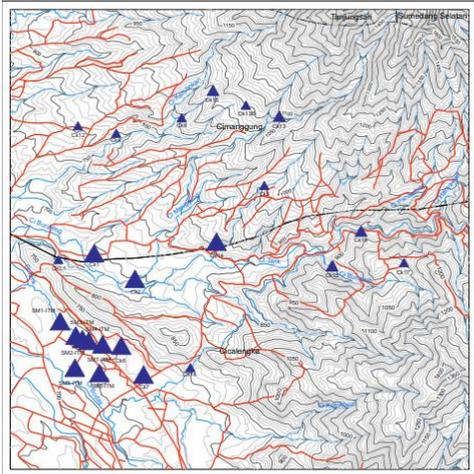
Simbol	Satuan Hidrogeologi	Litologi	Media Penyusun	Stratigrafi
	Akuifer 1	Tuff Pasiran, Tuff, Lempung Pasiran	Menyimpan dan mengalirkan air tanah melalui celah antar butir	Endapan Danau (Q)
	Akuifer 2	Breksi Vulkanik 1 (matriks tuff) Breksi Vulkanik 2 (matriks tuff lapili)	Menyimpan dan mengalirkan air tanah melalui celah antar butir	Satuan Breksi Vulkanik A (Qvb-a) & Satuan Breksi Vulkanik B (Qvb-b)
	Akuifer 3	Lava Basaltik	Menyimpan dan mengalirkan air tanah melalui media rekahan	Satuan Lava Basaltik (Qlb)

Gambar 11. Peta Hidrogeologi Daerah Penelitian

Sifat Fisik Air Tanah

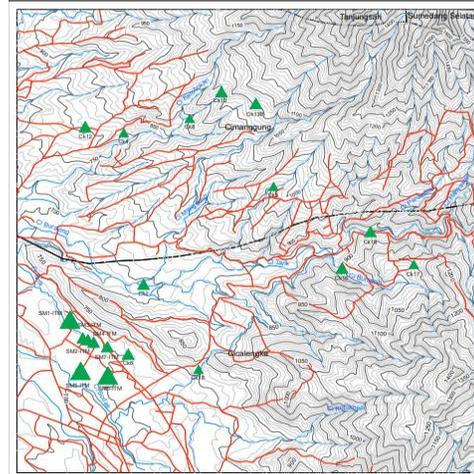
1. Daya Hantar Listrik (EC)

Nilai Daya Hantar Listrik pada daerah penelitian berkisar antara 45,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 293 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabel 3). Berdasarkan nilai Daya Hantar Listriknya, jenis air tanah di daerah penelitian termasuk jenis air tanah segar (Mandel, 1981)



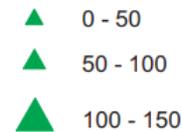
Gambar 12. Sebaran Data Daya Hantar Listrik (EC) Air Tanah

Nilai EC



Gambar 13. Sebaran Data Zat Padat Terlarut (TDS) Air Tanah

Nilai Tds (mg/L)



Berdasarkan peta sebaran data DHL air tanah pada daerah penelitian, dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi DHL semakin membesar pada bagian barat daya daerah penelitian. Faktor yang dapat mempengaruhi hal tersebut diidentifikasi karena adanya asosiasi dengan material penyusun akuifer atau litologi batuan sekitar. Kandungan DHL yang semakin tinggi pada air tanah menunjukkan bahwa air tanah tersebut berinteraksi dengan lingkungan vulkanik yang tersusun atas batuan beku, breksi vulkanik, maupun endapan lava (Taryana, 2015).

2. Zat Padat Terlarut (TDS)

Nilai Zat Padat Terlarut (TDS) pada daerah penelitian berkisar antara 30 mg/liter – 120 mg/liter. Hal ini mengindikasikan jenis air tanah pada daerah penelitian merupakan air tanah segar (Freeze and Cherry, 1979)

Berdasarkan peta sebaran data TDS air tanah pada daerah penelitian, dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi TDS juga semakin membesar pada bagian barat daya daerah penelitian. Bentuk topografi daerah penelitian yang memiliki elevasi yang tinggi pada bagian timur laut dan tenggara, lalu menurun ke arah barat daya menyebabkan adanya akumulasi air tanah pada bagian barat daya daerah penelitian. Hal ini menandakan air tanah pada daerah tersebut telah mengalami sirkulasi yang lebih jauh dan interaksi yang lebih lama dengan batuan sekitarnya. Ini kemudian menyebabkan kandungan DHL dan TDS pada bagian barat daya memiliki nilai konsentrasi yang lebih besar.

Nilai DHL dan TDS berbanding terbalik dengan elevasinya. Semakin tinggi elevasi maka semakin kecil nilai DHL dan TDS nya, sebaliknya semakin rendah elevasinya maka semakin besar nilai keduanya. Namun terlihat pada peta sebaran data, terdapat titik

pengamatan yang memiliki nilai DHL dan TDS tinggi pada elevasi yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan DHL dan TDS pada titik tersebut tidak dipengaruhi oleh elevasi, melainkan oleh faktor lain. Faktor tersebut diidentifikasi terjadi karena adanya pencemaran air.

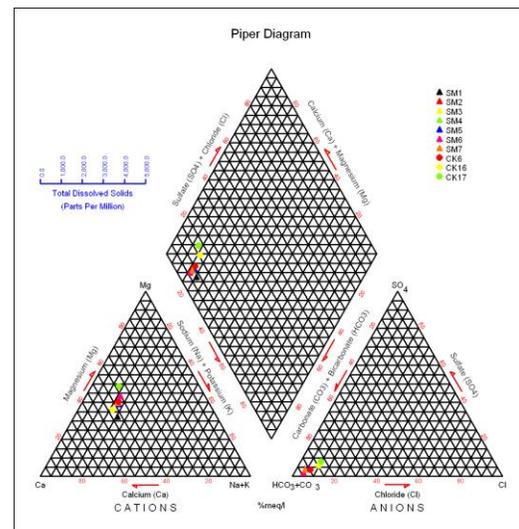
3. Nilai Keasaman (pH)

Nilai pH yang terdapat pada daerah penelitian berkisar antara 5,5 – 7,5 (Tabel 3). Dominansi nilai pH pada daerah penelitian memiliki nilai dibawah 7, hal ini mengindikasikan bahwa pH air tanah pada daerah penelitian didominasi oleh sifat asam. Nilai pH yang bersifat asam pada daerah penelitian dapat dipengaruhi oleh material penyusun akuifer atau litologi batuan sekitarnya. Air yang bersifat asam ($pH < 7$) biasanya terdapat pada daerah – daerah dengan endapan vulkanik. (Hem, 1985). Pada tabel 3 dapat dilihat bahwa kandungan pH daerah penelitian didominasi oleh pH asam. Namun demikian, terdapat beberapa titik pengamatan yang memiliki pH netral dan di atas 7 (bersifat basa) yaitu pada stasiun SM1, SM5, SM6, CK2, dan CK13B. Hal ini diidentifikasi terjadi karena adanya pengaruh dari ion bikarbonat (HCO_3) yang bersifat basa (Viswanatha, 2017). Semakin banyak ion bikarbonat yang terkandung pada air tanah, maka akan menyebabkan pH dari air tanah tersebut semakin basa.

Sifat Kimia Air Tanah

Sifat kimia air tanah diperoleh dari analisis di laboratorium. Hasil analisis laboratorium untuk sifat kimia air tanah pada daerah penelitian menghasilkan nilai unsur-unsur mayor yang terkandung dalam air tanah daerah penelitian (Tabel 4). Nilai tersebut selanjutnya dianalisis kembali menggunakan beberapa diagram diantaranya yaitu Diagram Piper, Diagram Stiff, Diagram Durov, dan Diagram Gibbs.

1. Diagram Piper



Gambar 14. Pengolahan Data menggunakan Diagram Piper

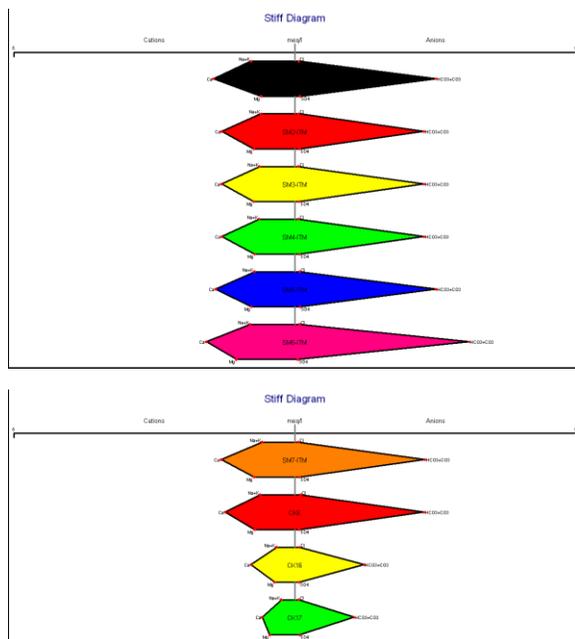
Dari hasil plot 10 sampel data pada Diagram Piper, didapatkan bahwa daerah penelitian termasuk ke dalam fasies dengan kation “*No dominant*”. Berdasarkan Piper (1944), ion berada pada daerah dimana asam lemah lebih mendominasi daripada asam kuatnya, dan kandungan alkali tanah melebihi kandungan alkali. Dari sampel tersebut didapatkan 2 fasies yang terdiri dari $Ca(Mg)HCO_3$ dan $Ca(Na)HCO_3$. Kedua fasies tersebut kemungkinan berasal dari pertukaran ion pada batuan saat adanya interaksi antara air dengan batuan pada proses aliran air tanah.

Kehadiran HCO_3 pada kedua fasies tersebut umumnya berasal dari air tanah dangkal dan jenis air tanah muda yang mengindikasikan bahwa hidrogeologi daerah penelitian dipengaruhi oleh kondisi permukaan (Domenico, 1972). Hal ini juga didukung dengan data temperatur air yang diambil pada daerah penelitian (tabel 3) yang menunjukkan bahwa temperatur air daerah penelitian kurang lebihnya sama dengan temperatur udara sekitar. Kehadiran unsur Ca dan Mg yang terkandung pada air tanah daerah penelitian kemungkinan berasal dari adanya interaksi antara air dengan material penyusun

akuifer atau batuan yang mengandung mineral karbonat (contoh: dolomit, gypsum, dsb) yang selanjutnya membuat air membawa unsur Ca dan Mg hasil interaksi tersebut. Selain itu, interaksi antara air dengan material penyusun akuifer atau batuan yang mengandung mineral silikat seperti mineral anortit (Ca-plagioklas) juga dapat mempengaruhi kehadiran unsur Ca pada air tanah daerah penelitian.

Kemudian, adanya unsur Na yang muncul pada titik pengamatan stasiun SM1-ITM diidentifikasi karena adanya interaksi antara air dengan material penyusun akuifer atau batuan yang mengandung banyak unsur Na seperti mineral albit (Na-plagioklas). Kehadiran mineral silikat yang berinteraksi dengan air tanah pada daerah penelitian diperkuat dengan geologi setempat daerah penelitian khususnya di sekitar titik pengambilan sampel yang terbentuk oleh endapan lava.

2. Diagram Stiff

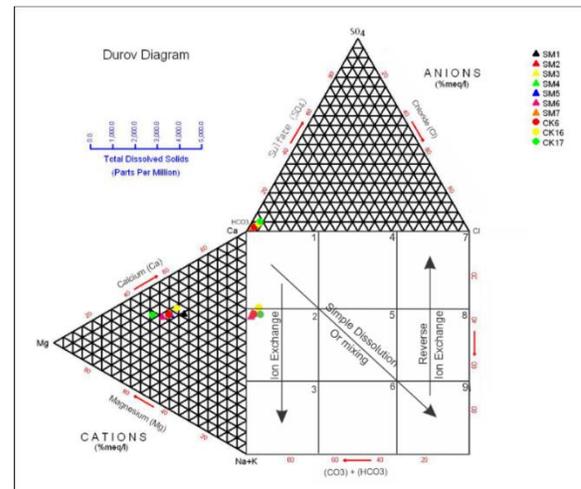


Gambar 15. Pengolahan Data menggunakan Diagram Stiff

Fasies yang didapatkan dari interpretasi melalui Diagram Piper kemudian didukung

oleh analisis menggunakan Diagram Stiff. Dari seluruh sampel penelitian (kecuali pada sampel SM1-ITM) menunjukkan bahwa sampel yang diambil pada daerah penelitian memiliki unsur kation dominan berupa Ca (Kalsium) dan Mg (Magnesium) dengan unsur anion dominan berupa HCO_3 (Bikarbonat), sedangkan pada sampel yang diambil pada stasiun SM1-ITM menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki unsur kation dominan berupa Ca (Kalsium) dan Na (Natrium) dengan unsur anion dominan berupa HCO_3 (Bikarbonat).

3. Diagram Durov

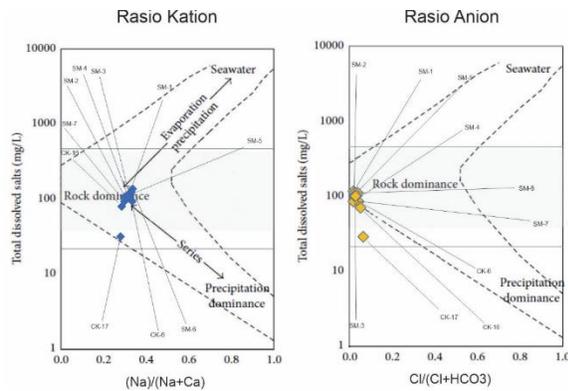


Gambar 16. Pengolahan Data menggunakan Diagram Durov

Dari kedua fasies yang diidentifikasi melalui diagram piper dan stiff, selanjutnya dilakukan identifikasi mengenai asal interaksi yang membentuk kedua fasies tersebut. Berdasarkan hasil plotting pada Diagram Durov, dapat dilihat bahwa secara dominan sampel yang ada jatuh pada bidang 2. Berdasarkan Lloyd dan Heathcoat (1985) pada bidang tersebut terjadi proses *Ion Exchange* atau adanya pertukaran ion antara air dengan batuan yang dilewatinya. Bidang 2 terdiri dari fasies $\text{Ca}(\text{Mg})\text{HCO}_3$ dan $\text{Ca}(\text{Na})\text{HCO}_3$. Dominansi kandungan unsur HCO_3 pada fasies tersebut mengindikasikan bahwa sirkulasi air pada bidang ini masih

dangkal dan dipengaruhi oleh kondisi permukaan. (Domenico, 1972)

4. Diagram Gibbs



Gambar 17. Pengolahan Data menggunakan Diagram Gibbs

Hasil pengolahan data pada Diagram Durov juga didukung oleh hasil pada Diagram Gibbs. Dari hasil plotting sampel air pada Diagram Gibbs, menunjukkan bahwa air tanah yang berkembang pada daerah penelitian didominasi oleh rock dominance atau adanya interaksi dengan batuan. Proses ini menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh interaksi antara air dengan batuan sekitarnya.

KESIMPULAN

Geologi dan Hidrogeologi

Berdasarkan hasil pengolahan data geologi, Satuan batuan di daerah penelitian dibagi menjadi 4 satuan yaitu, dari pembentukan yang paling tua ke yang paling muda, satuan lava basaltik (Q1b), satuan breksi vulkanik b (Qvb-b), satuan breksi vulkanik a (Qvb-a), dan satuan endapan danau (Q1). Kemudian berdasarkan hasil pengolahan data hidrogeologi, satuan hidrogeologi daerah penelitian diinterpretasikan memiliki 3 satuan hidrogeologi yaitu Satuan Hidrogeologi Akuifer 1 yang tersusun dari litologi lempung pasir, tuff pasir, dan tuff, Satuan Hidrogeologi Akuifer 2 yang tersusun dari litologi breksi vulkanik dengan matriks tuff

dan tuff lapilli, dan Satuan Hidrogeologi Akuifer 3 yang tersusun dari litologi lava basaltik.

Arah Aliran Air Tanah

Arah aliran air tanah daerah penelitian berkisar antara 720 hingga 1068 meter dari permukaan laut memiliki pergerakan berarah timur laut - barat daya.

Sifat Fisik Air Tanah

Korelasi antara karakteristik hidrokimia air tanah (sifat fisik dan kimia) dengan kondisi geologi daerah penelitian didasarkan pada 3 aspek yaitu iklim (temperatur), topografi, dan litologi batuan sekitar atau material penyusun akuifer.

Nilai DHL dan TDS yang tersebar pada daerah penelitian menandakan bahwa jenis air tanah di daerah penelitian termasuk ke dalam jenis air tanah segar. Terdapat 2 faktor yang dapat mempengaruhi hal tersebut yaitu topografi dan asosiasi dengan material penyusun akuifer atau litologi batuan sekitar. Kandungan DHL yang semakin tinggi pada air tanah menunjukkan bahwa air tanah tersebut berinteraksi dengan lingkungan vulkanik yang tersusun atas batuan beku, breksi vulkanik, maupun endapan lava (Taryana, 2015). Kemudian nilai pH, nilai pH pada daerah penelitian didominasi oleh titik pengamatan dengan nilai pH di bawah 7 atau bersifat asam, terkecuali pada stasiun SM1-ITM, SM5-ITM, SM6-ITM, CK2, dan CK13B yang memiliki nilai pH di atas 7 atau bersifat basa. Air yang bersifat asam ($pH < 7$) biasanya terdapat pada daerah – daerah dengan endapan vulkanik. (Hem, 1985) dan pada titik pengamatan yang memiliki nilai pH netral atau basa diidentifikasi terjadi karena adanya pengaruh dari ion bikarbonat (HCO_3) yang bersifat basa (Viswanatha, 2017).

Sifat Kimia Air Tanah

Hasil analisis sifat kimia air tanah menggunakan Diagram Piper, Diagram Stiff, Diagram Durov, dan Diagram Gibbs menghasilkan kesimpulan bahwa daerah penelitian memiliki 2 fasies kimia air tanah yaitu $\text{Ca}(\text{Mg})\text{HCO}_3$ dan $\text{Ca}(\text{Na})\text{HCO}_3$ yang didominasi oleh proses pertukaran ion (*Ion Exchange*) antara air dengan dengan batuan atau material penyusun akuifer.

Kehadiran HCO_3 pada kedua fasies tersebut umumnya berasal dari air tanah dangkal dan jenis air tanah muda yang mengindikasikan bahwa hidrogeologi daerah penelitian dipengaruhi oleh kondisi permukaan (Domenico, 1972). unsur Ca dan Mg yang terkandung pada air tanah daerah penelitian juga disinyalir berasal dari adanya interaksi antara air dengan batuan yang mengandung mineral karbonat (contoh: dolomit, gypsum, dsb). Selain itu, interaksi antara air dengan batuan yang mengandung mineral silikat seperti mineral anortit (Ca-plagioklas) juga dapat mempengaruhi kehadiran unsur Ca pada air tanah daerah penelitian. Kemudian, adanya unsur Na diidentifikasi muncul karena adanya interaksi antara air dengan batuan yang mengandung banyak unsur Na seperti mineral albit (Na-plagioklas). Kehadiran mineral silikat yang berinteraksi dengan air tanah pada daerah penelitian diperkuat dengan geologi setempat daerah penelitian khususnya di sekitar titik pengambilan sampel yang terbentuk oleh endapan lava.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Allah Subhanahu wata'ala atas semua karunia-Nya. Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam proses pengerjaan dan penyelesaian penelitian ini, khususnya kepada Bapak Dr. Eng. Boy Yoseph CSSSA S.T., M.T. dan Bapak Dr. Teuku Yan Waliana Muda Iskandarsyah ST., MT. yang

telah membimbing dan meluangkan waktu dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada kawan-kawan “Tim Cicalengka dan Labuan Bajo” yang telah banyak membantu dalam diskusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariowo, Y., & Nurohman, H. (2012). Studi Geokimia Air Panas Area Prospek Panasbumi Gunung Kendalisodo Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. *Teknik*, 33(1), 32–36
- Bouwer, Herman, 1978. *Groundwater Hydrology*. Int. Student Ed., McGraw-Hill Kogakusha Ltd.
- Chenini, I., and Khemiri, S., 2009. Evaluation of ground water quality using multiple linear regression and structural equation modeling, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6(3), 509–519. DOI: 10.1007/BF03326090.
- Freeze, R.A. dan Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632
- Gibbs, R. J. 1970. *Mechanism Controlling World's Water Chemistry*. *Science* 170:1088–1090
- Ground Water, C. F. Toolman, McGraw-Hill, New York, 1937, 593 pp., 175 figs
- Harnandi, D., & Herawan, W. (2009). *Pemulihan Air Tanah Berdasarkan Kajian Hidrogeologi Di Cekungan Air Tanah Bandung - Soreang*. 5(57), 43–52.
- Hem, J. D. 1985. *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*, 3rd ed. U.S. Geological Survey Water.
- Hendrayana, H dan Vicente, V.A.D. (2013). *Cadangan Airtanah Berdasarkan Geometri dan Konfigurasi Sistem*

- Akuifer Cekungan Airtanah Yogyakarta-Sleman. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-6 Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta: 11-12 Desember 2013, 356-370.
- Herlambang, A., 1996. Kualitas Air Tanah Dangkal di Kabupaten Bekasi. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Kodoatie, Robert J. dan Roestam Sjarief, 2008. Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Edisi Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Koffi, K. V., Obuobie, E., Banning, A., & Wohnlich, S. (2017). Hydrochemical characteristics of groundwater and surface water for domestic and irrigation purposes in Ve a catchment, Northern Ghana. *Environmental Earth Sciences*, 76(4), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6490-3>
- Kumar, A.R., and Riyazuddin, P., 2008. 'Application of chemometric techniques in the assessment of groundwater pollution in a suburban area of Chennai city, India', *Current Science*, 94(8), 1012–1022.
- Kumar, S. K., Rammohan, V., Sahayam, J. D., & Jeevanandam, M. (2009). Assessment of groundwater quality and hydrogeochemistry of Manimuktha River basin, Tamil Nadu, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159(1–4), 341–351. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0633-7>
- Lehr, J. H dan Keeley, J. 2005. *Water Encyclopedia Groundwater*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc
- LEWI EVINTIA, T., & HARIYANTO, B. (2020). Studi Hidrokimia Air Tanah Dangkal Di Desa Jimbaran Wetan Kecamatan Wonoayu Kabupaten Sidoarjo. *Swara Bhumi*, 1(1).
- Listiawan, Yudhi; Sapari, Muhammad; Waliana, Teuku Yan; Muhammad, A. Satrya; Barkah, M. N. (2020). *KARAKTERISTIK AIR TANAH PADA AKIFER VULKANIK DI LERENG TENGGARA GUNUNG PULOSARI, PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN*. 18(April), 57–62.
- Lloyd, J.W., and Heathcote, J.A. (1985) *Natural Inorganic Hydrochemistry in Relation to Groundwater* Claredon Press, Oxford pp 294.
- Mendel, S., and Z. L. Shiftan, (1981). *Groundwater Resources. Investigation and Development*. Burlington. Mass.: Academic Press.
- Marandi, A., & Shand, P. (2018). *AC Applied Geochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.07.009>
- Obeidat, A. M., & Rimawi, O. (2017). Characteristics and Genesis of the Groundwater Resources Associated with Oil Shale Deposits in the Azraq and Harrana Basins, Jordan. *Journal of Water Resource and Protection*, 09(02), 121–138. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.92010>
- Piper, A. M. (1944). 914 TRANSACTIONS, AMERICAN GEOPHYSICAL UNION t i m e s a s g r e a t a s i t s h o u l d h a v e b e e n . A n d i n t h i s c a s e . *American Geophysical Union*, 914–928.
- Press Piper A.M. (1944). *Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis*. American Geophysical Union 25, 9: 14-23.
- Singh, S., Mondal, N. C., & Singh, V. S. (2017). Groundwater quality in and

around Tuticorin town, Southeast coast of India. *Journal of Indian Geophysical Union*, 21(1), 34–43. [http://j-igu.in/igu21-1 \(web\)/paper5.pdf](http://j-igu.in/igu21-1(web)/paper5.pdf)

Suharyadi. 1984. Diktat Kuliah Geohidrologi. Yogyakarta: Jurusan teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Taryana, D. (2015). Pengaruh Formasi Geologi terhadap Potensi Mata Air di Kota Batu. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 20(2), 9–19. <https://doi.org/10.17977/um017v20i22015p009>

Todd, D.K., 1980. Groundwater Hydrology, John Wiley and Sons, New York.

Van Bemmelen, R. V. (1949). The Geology of Indonesia. Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. US Government Printing Office.

Van Zuidam,. 1985. Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphology Mapping. Publisher The Hague, Netherland.

LAMPIRAN

Tabel 1. Tabel Massa Atom Unsur

Ion	Massa Atom
Na ⁺	22,9898
K ⁺	39,92
Ca ²⁺	20,04
Mg ²⁺	12,156
CO ₃ ²⁻	30,005
HCO ₃ ⁻	61,017
NO ₃ ⁻	62,005
SO ₄ ²⁻	48,031
Cl ⁻	35,453

Tabel 2. Data Geologi

Stasiun	X	Y	Strike	Dip	Deskripsi
CK5	107.833	-6.9665	-	-	Breksi Vulkanik
CK9	107.8496	-6.9494	-	-	Breksi Vulkanik
CK11	107.8456	-6.9482	-	-	Breksi Vulkanik
CK19L	107.8367	-6.9719	-	-	Lava Basaltik
CK20L	107.857	-6.9770	-	-	Lava Basaltik
CK21L	107.8683	-6.9630	-	-	Breksi Vulkanik
CK22L	107.8716	-6.9628	-	-	Breksi Vulkanik
CK23-L	107.8814	-6.9636	-	-	Lava Basaltik
CK24L	107.8693	-6.9399	-	-	Breksi Vulkanik

Tabel 3. Data Hidrogeologi

Y	X	Kode	Keterangan	Elevasi	Temperatur air	Temperatur Udara	EC
-6.977833	107.8426	CK6	Mata Air	723	27	29	200
-6.963361	107.8708	CK16	Mata Air	927	24.1	27.2	115.8
-6.967264	107.8758	CK17	Mata Air	1030	23.5	-	90
-6.974553	107.8357	SM1- ITM	Sumur Bor	708	28.3	-	260
-6.975658	107.8373	SM2- ITM	Sumur Bor	708	27.5	-	220

-6.976128	107.8378	SM3-ITM	Sumur Bor	708	27.8	-	220
-6.976625	107.8387	SM4-ITM	Sumur Bor	708	27.4	-	220
-6.978686	107.8376	SM5-ITM	Sumur Bor	709	27.4	-	240
-6.979642	107.8393	SM6-ITM	Sumur Bor	713	27.1	-	290
-6.977731	107.8396	SM7-ITM	Sumur Bor	709	28.2	-	210
-6.966611	107.8353	CKL1	Mata air	721	25	29.4	80.9
-6.966111	107.8394	CK1	Sumur Gali	763	24.5	26.4	293
-6.969417	107.8444	CK2	Mata Air	761	26.7	-	215
-6.957833	107.8594	CK3	Mata Air	966	24.3	25	75
-6.951278	107.8422	CK4	Mata Air	825	24.6	25	45.7
-6.980944	107.8454	CK7	Mata Air	730	25.1	26.3	213
-6.949639	107.8497	CK8	Mata Air	916	24.8	28.2	67.4
-6.946639	107.8531	CK10	Mata Air	1006	22.9	25.5	121.4
-6.950667	107.8376	CK12	Sumur Gali	852	24.8	28.2	80
-6.95	107.8599	CK13	Mata Air	1027	21.3	-	113.8
-6.949611	107.8588	CK13B	Mata Air	1068	23.4	30	60
-6.965278	107.8539	CK14	Mata Air	835	23,5	26.8	205
-6.967667	107.8674	CK15	Mata Air	895	24.3	31.5	181
-6.979486	107.8505	CK18	Mata Air	789	25.3	-	80

Y	X	Kode	Tds	pH	Warna	Bau	Rasa
-6.97783	107.842583	CK6	90	6.82	Jernih	Tidak	Tidak
-6.96336	107.87075	CK16	80	6.9	Jernih	Tidak	Tidak
-6.96726	107.875781	CK17	40	5.9	Sedikit keruh	Tidak	Tidak
-6.97455	107.835669	SM1- ITM	120	7.3	Jernih	Tidak	Tidak
-6.97566	107.837333	SM2- ITM	100	6.7	Jernih	Tidak	Tidak
-6.97613	107.837794	SM3-ITM	100	6.8	Jernih	Tidak	Tidak
-6.97663	107.838669	SM4-ITM	100	6.8	Jernih	Tidak	Tidak
-6.97869	107.837608	SM5-ITM	110	7.2	Jernih	Tidak	Tidak
-6.97964	107.839294	SM6-ITM	110	7	Jernih	Tidak	Tidak
-6.97773	107.839631	SM7-ITM	90	6.7	Jernih	Tidak	Tidak
-6.96661	107.835306	CKL1	-	6.25	Jernih	Tidak	Tidak
-6.96611	107.839417	CK1	-	6.73	Jernih	Tidak	Tidak
-6.96942	107.844417	CK2	67	7.2	Jernih	Tidak	Tidak
-6.95783	107.859389	CK3	33	5.5	Sedikit keruh	Tidak	Tidak
-6.95128	107.842222	CK4	31	5.6	Jernih	Tidak	Tidak
-6.98094	107.845361	CK7	-	6.08	Jernih	Tidak	Tidak
-6.94964	107.849722	CK8	42	5.7	Jernih	Tidak	Tidak

-6.94664	107.853083	CK10	69	6.4	Jernih	Tidak	Tidak
-6.95067	107.837611	CK12	66	5.7	Jernih	Tidak	Tidak
-6.95	107.859917	CK13	-	6.76	Jernih	Tidak	Tidak
-6.94961	107.85875	CK13B	53	7.5	Jernih	Tidak	Tidak
-6.96528	107.853861	CK14	-	6.55	Jernih	Tidak	Tidak
-6.96767	107.867389	CK15	60	6.84	Jernih	Tidak	Tidak
-6.97949	107.850469	CK18	30	6.1	Jernih	Tidak	Tidak

Tabel 4. Data Sifat Kimia Air Tanah (ppm)

Kode	Cl-	SO42-	Na+	K+	Ca2+	Mg2+	HCO3
CK6	3,528	3,586	11,81	4,349	24,933	8,692	140
CK16	2,867	3,333	6,485	1,851	15,756	4,411	75
CK17	2,505	3,917	4,693	1,65	11,693	5,483	64
SM1- ITM	2,317	4,186	14,92	5,278	29,065	7,325	153
SM2- ITM	2,146	3,597	11,614	4,006	26,169	8,932	140
SM3-ITM	2,141	3,561	12,142	4,155	26,2	8,944	140
SM4-ITM	2,161	3,561	11,935	4,814	26,094	8,714	140
SM5-ITM	2,929	4,233	13,346	5,523	28,319	9,418	153
SM6-ITM	2,941	2,396	14,879	6,125	31,662	12,692	189
SM7-ITM	2,143	3,633	11,301	3,76	26,357	8,872	141

