



INTERPRETASI ALIRAN AIRTANAH MENGGUNAKAN METODE FAULT FRACTURE DENSITY DI LERENG BARAT G.TALANG, SOLOK, SUMATERA BARAT

Yogi Iskandar^{1*}, Teuku Yan¹, Hendarmawan¹

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: yogi14003@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Dibandingkan dengan air permukaan, airtanah mempunyai kualitas yang lebih baik. Namun permasalahan yang sering dihadapi adalah airtanah pada dasarnya susah untuk di temukan. Untuk mengetahui potensi cadangan airtanah harus diketahui arah aliran airtanah agar mengetahui dimana air tanah berkumpul. Faktor yang mempengaruhi arah aliran airtanah salah satunya adalah struktur geologi. Struktur geologi bisa menjadi tempat aliran airtanah yang mengalir pada rekahan-rekahan yang terbentuk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arah aliran airtanah. Karakteristik geologi pada endapan vulkanik selalu berubah dalam jarak yang cukup dekat dan struktur geologinya yang sangat kompleks berpengaruh pada sistem aliran airtanah. Densitas fracture akan di analisis pada luas 1 km², akan didapat zona dengan densitas fracture tinggi, merupakan tempat untuk aliran air tanah kemudian dikonfirmasi dengan data geologi dan hidrogeologi. Dari hasil analisis data fault fracture density yang divalidasi data geologi dan hidrogeologi dapat di interpretasi bahwa arah aliran air tanah berarah timurlaut - baratdaya yang ditandai dengan zona fracture yang tinggi. Nilai EC berkisar 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ - 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan TDS antara 25 mg/L – 125 mg/L yang menandakan perjalanan air belum terlalu jauh dari zona resapan.

Kata Kunci: Struktur Geologi, Aliran Airtanah, Metode, *Fault and Fracture Density*

ABSTRACT

Compared with surface water, groundwater has better quality. But the problem that is often faced is groundwater basically difficult to find. To know the potential of groundwater reserve must know the direction of groundwater flow to know where groundwater collected. Factors that influence the direction of groundwater flow one of them is the geological structure. The geological structure can be the place where the flow of groundwater that flows on the fracture that are formed. This study aims to determine the direction of groundwater flow. The geological characteristics of the volcanic deposit are constantly changing in close proximity and their highly complex geologic structure has an effect on the groundwater flow system. The fracture density will be analyzed at 1 km² area, will be obtained zone with high fracture density the place for groundwater flow then confirmed with geological data and hydrogeological data. From the analysis of fault fracture density data validated by geological and hydrogeological data, interpreted that the direction of ground water flow is northeast-southwest characterized by high fracture zone. The EC values range from 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and TDS between 25 mg/L-125 mg/L which indicates the water course is not too far from the absorption zone.

Keywords: Geological Structure, Groundwater Flow, Fault And Fracture Density Method

1. PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya penting bagi seluruh kehidupan makhluk hidup. Dapat kita temukan air di permukaan

anah (surface run off) dan di dalam tanah (Ground Water). Dibandingkan dengan air permukaan, airtanah mempunyai kualitas yang lebih baik, maka airtanah lebih banyak digunakan untuk memnuhi kebutuhan air

bersih. Air tanah juga termasuk air yang paling minim terhadap pencemaran jika dibandingkan dengan air permukaan, ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya karena pada aliran airtanah sebelumnya telah terjadi beberapa proses penyaringan oleh batuan sekitarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui arah aliran airtanah dan dimanakah airtanah berkumpul. Daerah Penelitian berada di Kecamatan Gunung Talang. Secara administratif daerah penelitian berbatasan dengan Kecamatan Kubung di bagian Utara, Kecamatan Bukit Sundi di bagian timur laut dan Kecamatan Danau Kembar di bagian Tenggara. Secara Geografis Kecamatan Gunung Talang berada pada $100^{\circ} 31' 24'' - 100^{\circ} 41' 56''$ BT dan $00^{\circ} 52' 33'' - 01^{\circ} 04' 40''$ LS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Herlambang (1996), airtanah adalah air yang bergerak didalam tanah yang terdapat didalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap kedalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut akifer. Lapisan yang mudah dilalui oleh air disebut lapisan permeable, seperti lapisan yang terdapat pada pasir atau kerikil, sedangkan lapisan yang sulit dilalui oleh air disebut lapisan impermeabel, seperti lapisan lempung dan geluh. Lapisan yang dapat menangkap dan meloloskan air disebut akifer

Berdasarkan sifat fisik batuan, secara garis besar ada 2 jenis media penyusun akifer, yaitu sistem media pori dan sistem media rekahan. Kedua sistem ini memiliki karakter air tanah yang berbeda satu sama lain. Pada sistem media berpori, air tanah mengalir melalui rongga antar butir yang terdapat dalam suatu batuan misalnya batupasir dan batuan alluvial. Sistem media rekahan, air mengalir melalui rekahan-rekahan yang terdapat pada batuan yang terkena tektonik kuat, pada batugamping, batuan metamorf, dan lava. Rekahan terjadi selain akibat proses tektonik juga bisa akibat dari proses pelarutan (Mandel, 1981).

Dari definisi diatas dapat disimpulkan bahwa airtanah mengalir pada lapisan permeabel dan pada dua media penyusun akifer yaitu media pori dan media rekahan.

Analisis *Fault and Fracture Density* bertujuan untuk mengidentifikasi struktur permukaan daerah penelitian berdasarkan densitas kelurusan. Struktur permukaan dianalisis melalui kerapatan lineament di permukaan dengan metode FFD. Metode Fault and Fracture Density (FFD) pertama kali dilakukan oleh Soengkono (2000), menggunakan data digital topografi detail (menggunakan grid 25 m) untuk mengidentifikasi kelurusan atau lineament topografi yang diakibatkan oleh sesar dan kekar di daerah mokai untuk keperluan geothermal. Dari data tersebut ia mengidentifikasi tren struktur dominan pada area tersebut. Dia kemudian membuat peta Fault and Fracture Density (FFD), yang didefinisikan sebagai jumlah Panjang lineament tiap satuan area.

Dari hasil penarikan kelurusan dapat diketahui anomaly kerapatan struktur dengan membuat peta Fault Fracture Density (FFD). Kelurusan atau lineament diasumsikan berasosiasi dengan fracture atau fault di daerah penelitian yang umumnya tertutup oleh permukaan sehingga sulit teridentifikasi, FFD ini diasumsikan sebagai bidang lemah yang menjadi jalur pergerakan fluida sehingga dapat menjadi petunjuk lokasi daerah permeabel atau reservoir. Dengan densitas struktur yang tinggi maka dimungkinkan pusat pergerakan fluida berada pada lokasi yang memiliki kerapatan struktur paling tinggi ini.

Maka dari hasil analisis FFD menghasilkan peta zona densitas struktur yang menjadi acuan daerah mana yang menjadi tempat aliran fluida pada media rekaha

3. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pemetaan geologi, pemetaan hidrogeologi dan metode

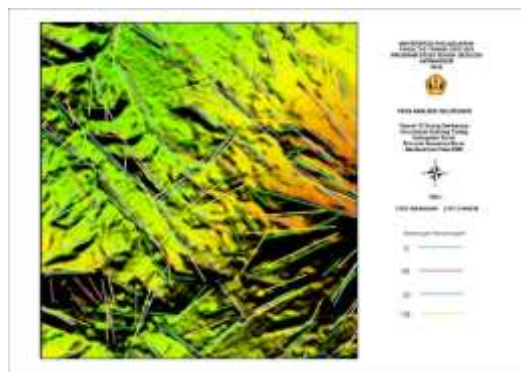
Fault and Fracture Density (FFD). Metode pemetaan geologi digunakan untuk mengetahui jenis dan penyebaran batuan dan mengetahui struktur geologi apa saja yang ada pada daerah penelitian.

Metode Fault and Fracture Density (FFD) digunakan untuk menganalisis zona densitas kelurusan morfografi pada daerah penelitian dengan cara menarik kelurusan-kelurusan (lineament) yang nampak pada daerah penelitian melalui peta citra satelit yang kemudian jumlah panjang kelurusan akan dibagi luas. Luasan yang digunakan adalah 1 km². Setelah jumlah panjang kelurusan dibagi luas maka akan didapat zona densitas kelurusan morfografi yang menandakan aktifitas struktur geologi pada zona tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

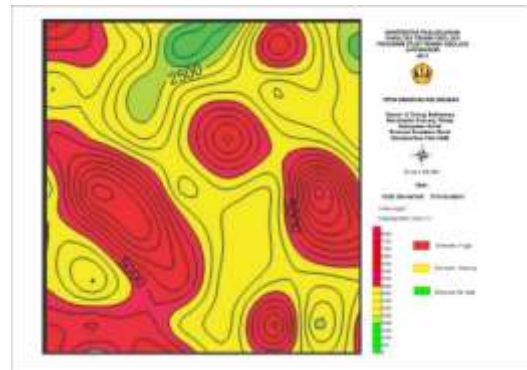
Aplikasi dari metode FFD adalah untuk mengetahui zona densitas kelurusan morfografi yang mengindikasikan adanya aktifitas struktur geologi pada zona tersebut. Penarikan kelurusan dilakukan pada peta citra satelit Digital Elevation Model (DEM) dengan pencahayaan 0o, 45o, 90o dan 135o. penarikan kelurusan dilakukan pada lembahan dan punggung.

Fault and Fracture Density (FFD)



Gambar 4.1 Penarikan Kelurusan dari 4 Pencahayaan.

Dari hasil penarikan kelurusan akan didapat zona densitas kelurusan morfografi dengan cara jumlah panjang kelurusan dibagi luas grid. Luas grid 1 km².

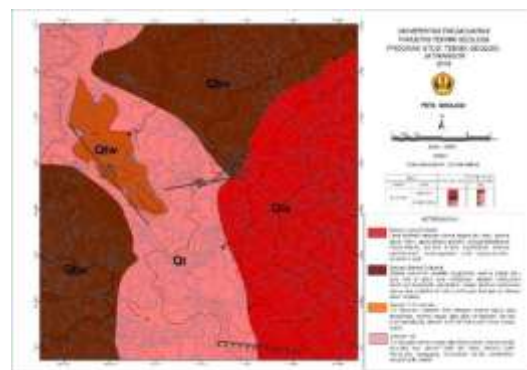


Gambar 4.2 Peta Densitas Kelurusan Morfografi

Dari hasil analisis FFD didapat tiga zona densitas kelurusan morfografi. Pembagian zona menggunakan metode statistika dasar dengan perhitungan Quartil 1, Quartil 2 dan Quartil 3. Nilai yang berada pada Q1 merupakan zona densitas kelurusan morfografi rendah, Q2 zona densitas kelurusan morfografi sedang, Q3 zona densitas kelurusan morfografi tinggi. Dari peta zona densitas kelurusan morfografi dapat diketahui zona yang mempunyai aktifitas struktur geologi tinggi. Dan merupakan media untuk air mengalir pada rekahan-rekahan yang ada.

Geologi Daerah Penelitian

Dari hasil pemetaan geologi didapat empat satuan geologi diantaranya Q1a (satuan lava andesit), Qbv (satuan breksi vulkanik), Qtw (satuan tuf leburan), Qt (satuan tuf).



Gambar 4.3 Peta Geologi Daerah Penelitian

Terdapat 4 struktur geologi berupa sesar pada daerah penelitian, diantaranya :

1. Sesar Normal Kayujao

Sesar ini merupakan sesar dip slip yang berarah realtif barat – timur dengan zona yang meliputi daerah Kayujao dan Batas Baros. Sesar ini menyebabkan blok batuan bagian selatan mengalami penurunan terhadap blok batuan di bagian utara. Pengambilan data cermin sesar di interpretasi bahwa jenis sesarnya adalah sesar normal. Dengan data cermin sesar adalah CS: N 83°E/85° pitch 55. SOM turun, timur laut-baratdaya.

2. Sesar Mendatar Lambah 1

Sesar ini merupakan sesar strike slip yang berarah realtif timur laut – barat daya dengan zona yang meliputi daerah Lambah bagian timur. Sesar ini adalah sesar mendatar dekstral yang menyebabkan blok batuan bagian barat mengalami pergeseran terhadap blok batuan di bagian timur. Pengambilan data cermin sesar di interpretasi bahwa jenis sesarnya adalah sesar mendatar. Dengan data cermin sesar adalah CS: N 50°E/40° pitch 15. SOM mendatar, timur laut-baratdaya.

3. Sesar Lambah 2

Sesar ini merupakan sesar strike slip yang berarah realtif barat – timur dengan zona yang meliputi daerah Lambah bagian timur namun sedikit lebih ke selatan. Sesar ini adalah sesar mendatar dekstral yang menyebabkan blok batuan bagian selatan mengalami pergeseran terhadap blok batuan di bagian utara. Pengambilan data cermin sesar di interpretasi bahwa jenis sesarnya adalah sesar mendatar. Dengan data cermin sesar adalah CS: N 280°E/65° pitch 28. SOM mendatar, barat-timur.

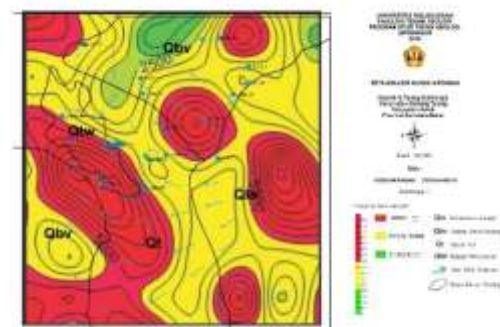
4. Sesar Batangbarus

Sesar ini merupakan sesar strike slip yang berarah realtif barat laut – tenggara dengan zona yang meliputi daerah Batangbarus dan daerah Pendakian. Sesar ini adalah sesar mendatar sinistral yang menyebabkan blok batuan bagian timur mengalami pergeseran terhadap blok batuan di bagian barat. Pengambilan data cermin sesar di interpretasi bahwa jenis sesarnya

adalah sesar mendatar. Dengan data cermin sesar adalah CS: N 310°E/89° pitch 14. SOM mendatar, barat laut-tenggara.

Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Aliran Airtanah

Airtanah mengalir pada lapisan batuan yang merupakan akifer. Akifer adalah lapisan batuan atau tanah yang mampu menerima dan mengalirkan air. Ada dua jenis media penyusun akifer yaitu media pori-pori dan media rekahan. Media rekahan merupakan porositas sekunder pada batuan yang dihasilkan akibat proses struktur geologi. Pada kali ini akan dilihat pengaruh struktur geologi dimana merupakan aktifitas yang menyebabkan adanya rekahan pada batuan. Dengan menyatukan hasil analisis FFD dan geologi pada daerah penelitian juga akan digunakan data elevasi muka airtanah untuk dibuat peta pola aliran airtanah.



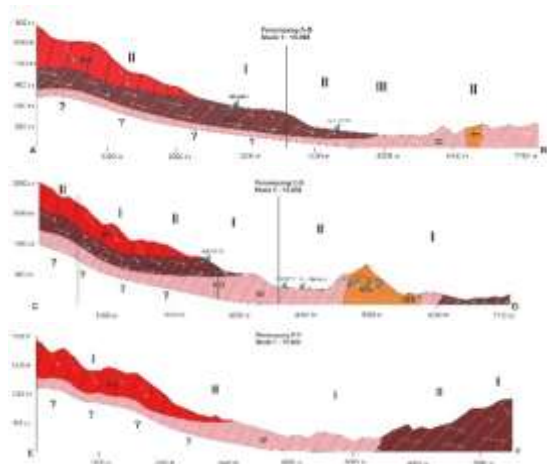
Gambar 4.4 Overlay Peta FFD, Peta Geologi, Peta Pola Aliran Airtanah, Titik Mata Air dan Garis Penampang

Dari hasil overlay peta dapat dilihat arah aliran tanah mengalir dengan arah barat-timur yang kemudian berubah arah menjadi baratlaut-tenggara mengikuti zona merah yang ada pada peta FFD daerah penelitian. Dimana zona merah merupakan zona densitas kelurusan morfografi tinggi, pada zona tersebut banyak terdapat rekahan-rekahan yang merupakan media untuk airtanah mengalir.

Arah Aliran Airtanah Pada Penampang Vertikal

Untuk mengetahui pada lapisan batuan mana airtanah mengalir maka dibuat penampang vertikal pada daerah penelitian.

Dibuat tiga (3) garis penampang pada daerah penelitian diantaranya penampang A-B, penampang C-D, penampang E-F.



Gambar 4.5 Penampang A-B, C-D dan E-F

Penampang A-B

Pada penampang A-B aliran airtanah dimulai pada lapisan batuan lava, dimana lapisan lava sebagai akifug yaitu lapisan batuan yang tidak dapat mengalirkan air namun lapisan lava berada pada zona densitas struktur sedang dimana airtanah mengalir pada rekahan-rekahan yang terbentuk akibat aktivitas struktur geologi yang kemudian meresap menuju lapisan dibawahnya yaitu lapisan breksi vulkanik yang merupakan akifer dan terus meresap ke lapisan paling bawah yaitu lapisan tuf yang merupakan akifer juga. Arah aliran air tanah mengalir menuju topografi yang lebih rendah, pada elevasi kurang lebih 900 m s/d 700 m area ini merupakan zona densitas struktur yang tinggi dimana sebagian besar air permukaan meresap ke dalam lapisan batuan dengan media pori-pori dan rekahan pada batuan, pada area ini juga ditemukan mata air SLK-MA6 dengan jenis mata air rekahan. Pada elevasi 700 m s/d 600 m area ini merupakan zona dengan densitas struktur sedang, air mengalir pada lapisan batuan breksi vulkanik dan tuf menuju topografi yang lebih rendah dan ditemukan 1 mata air

SLK-MA12 dengan jenis mata air rekahan. Airtanah terus mengalir sampai ujung penampang dan tidak ditemukan mata air lagi.

Penampang C-D

Aliran airtanah dimulai pada lapisan batuan lava dengan zona densitas struktur tinggi dan sedang pada lapisan tersebut, jadi air tanah meresap dan mengalir melalui celah-celah rekahan yang terbentuk pada lapisan batuan. Airtanah meresap ke lapisan batuan yang ada di bawahnya yaitu lapisan batuan breksi vulkanik dan tuf yang mana dua lapisan ini merupakan akifer. Air terus mengalir menuju topografi yang lebih rendah. Pada elevasi kurang lebih 900 m s/d 600 m pada area tersebut merupakan zona dengan densitas struktur tinggi dengan adanya struktur geologi berupa sesar mendatar yang menjadi daerah yang bagus untuk daerah resapan airtanah., juga ditemukan satu mata air SLK-MA19 dengan jenis mata air depresi. Pada daerah selanjutnya air terus mengalir menuju topografi yang lebih rendah dengan lapisan batuan breksi vulkanik, tuf dan tuf leburan. Pada area ini terdapat dua zona densitas struktur yaitu zona densitas struktur tinggi dan zona densitas struktur sedang, pada area dengan zona densitas struktur tinggi ditandai dengan adanya struktur geologi berupa sesar mendatar. Area dengan zona densitas struktur yang tinggi ditandai juga dengan banyaknya ditemukan mata air rekahan pada area ini yang mana area tersebut merupakan daerah discharge tempat keluarnya air pada rekahan-rekahan yang terbentuk akibat struktur geologi.

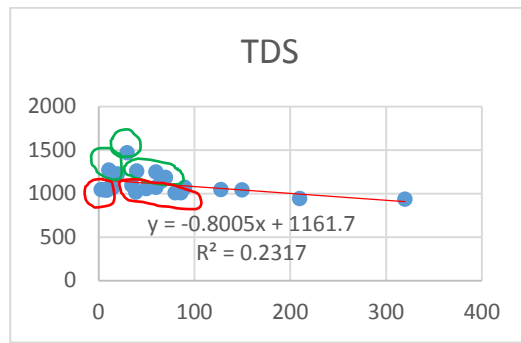
Penampang E-F

Aliran airtanah dimulai pada lapisan batuan lava yang merupakan akifug, namun pada lapisan lava tersebut merupakan zona dengan densitas struktur tinggi, sehingga menjadi daerah resapan bagi air permukaan yang kemudian masuk melalui rekahan-rekahan yang terbentuk akibat densitas struktur geologi yang tinggi. Kemudian air mengalir ke arah topografi

yang lebih rendah, pada topografi yang lebih rendah terdapat dua jenis lapisan batuan yang merupakan akifer yaitu lapisan tuf dan breksi vulkanik. Pada tuf dan bereksiair mengalir pada dua media penyusun akifer yaitu mengalir pada pori-pori antar batuan dan juga pada rekahan-rekahan karena merupakan zona densitas struktur tinggi dan sedang. Namun pada penampang E-F tidak ditemukan satupun mata air. Hal ini diinterpretasi akibat dari pengaruh struktur geologi berupa sesar pada daerah penelitian. Sesar yang berpengaruh menyebabkan arah aliran airtanah berubah yang seharusnya mengarah barat-timur berubah arah menjadi baratlaut-tenggara, yang menyebabkan supply air menuju lapisan batuan yang ada pada penampang E-F tidak mencukupi untuk keluarnya air pada permukaan. Walaupun pada penampang E-F terdiri dari lapisan batuan yang terdapat akifer dan zona densitas struktur yang tinggi namun akibat dari pengaruh struktur geologi berupa sesar dan didukung oleh data peta densitas kelurusan yang menunjukkan arah dominan kelurusan baratlaut-tenggara menyebabkan aliran airtanah tidak mengalir menuju penampang E-F sehingga pasokan air untuk daerah pada penampang E-F sangat kurang dengan tidak ditemukan mata air.

Grafik TDS

Dari hasil pengukuran sifat fisik airtanah pada sampel di setiap stasiun pengamatan didapat nilai TDS (Total Dissolve Solid). Nilai TDS mengindikasikan jauhnya air mengalir dari sumber. Maka dibuatlah grafik untuk mengetahui pengaruh dari struktur geologi maupun litologi terhadap sifat fisik airtanah. Grafik dibuat menggunakan perhitungan statistika dasar regresi dan standar deviasi. Dari hasil perhitungan regresi dapat diketahui bahwa elevasi mempengaruhi 23% terhadap nilai TDS.



Gambar 4.6 Grafik TDS

Dari grafik diatas terdapat 2 tren aliran airtanah tren 1 (hijau) airtanah masih dipengaruhi elevasi dan zona densitas kelurusan morfografi sedang maka nilai TDS jauh dari nilai rata-rata. Tren 2 (merah) pada tren ini airtanah berada pada elevasi rendah namun dengan nilai TDS yang kecil hal ini disebabkan oleh pengaruh zona densitas kelurusan morfografi yang tinggi menyebabkan interaksi antara airtanah dan batuan sangat minim karena airtanah bukan mengalir pada pori-pori batuan tetapi mengalir pada rekahan-rekahan pada. Dari data diatas dihitung nilai standar deviasi untuk sampel dan didapat nilai standar deviasi adalah 72,99 dan nilai rata-rata dari sampel adalah 64,84 dari nilai tersebut maka kesalahan dalam pengambilan sangat sedikit karena nilai standar deviasi tidak jauh dari nilai rata-rata sampel. Maka dapat disimpulkan dari grafik tersebut bahwa faktor elevasi mempengaruhi nilai TDS, semakin rendah elevasi berarti perjalanan air semakin rendah maka nilai TDS semakin tinggi. Namun akibat pengaruh dari struktur geologi nilai TDS tetap kecil karena air mengalir melalui rekahan-rekahan pada batuan dan interaksi dengan batuan menjadi sangat sedikit

5. KESIMPULAN

Terdapat 3 zona densitas kelurusan morfografi diantaranya zona densitas kelurusan morfografi rendah, sedang dan tinggi. Pada daerah penelitian terdapat 4 satuan geologi diantaranya Satuan Lava (Qla), Satuan Breksi Vulkanik (Qbv), Satuan Tuf Leburan (Qtw) dan Satuan Tuf

(Qt). Terdapat 4 struktur geologi berupa sesar diantaranya sesar normal kayujao, sesar lambah 1, sesar lambah 2 dan sesar batangbarus. Pada hasil overlay peta FFD, geologi, pola aliran airtanah diinterpretasi bahwa struktur geologi merubah arah aliran airtanah, aliran airtanah pada awalnya berarah barat-timur kemudian berubah arah menjadi baratlaut-tenggara akibat kontrol struktur geologi. Pada penampang vertikal airtanah meresap pada lapisan batuan lava melalui rekahan-rekahan pada zona densitas kelurusan morfografi sedang s/d tinggi kemudian mengalir pada lapisan breksi dan tuf yang merupakan akifer dan ditemukan beberapa mata air. Namun pada penampang E-F tidak ditemukan mata air hal ini diasumsikan karena supply aliran airtanah pada lapisan batuan yang ada pada penampang tersebut sangat minim dikarenakan arah aliran airtanah berubah menjadi baratlaut-tenggara akibat kontrol struktur geologi. Dari grafik TDS dapat diketahui aliran airtanah dipengaruhi oleh faktor elevasi dan struktur geologi. Semakin rendah elevasi berarti perjalanan air semakin jauh maka nilai TDS akan semakin besar. Namun faktor struktur geologi bisa membuat nilai TDS tetap kecil walaupun berada pada elevasi rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya artikel ilmiah ini, penulis menyampaikan banyak terimakasih kepada laboratorium geologi lingkungan dan hidrogeologi yang telah memfasilitasi dalam pengambilan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- A.N Bujung1., 2011, Identifikasi prospek panas bumi berdasarkan Fault and Fracture Density (FFD): Studi kasus Gunung Patuha, Jawa Barat.
- Freeze, R. A. dan Cherry, J. A. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Komisi Sandi Stratigafi Indonesia. 1996. Sandi Stratigrafi Indonesia. Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Bandung.
- Mandel, S. dan Shiftan, Z.L., 1981, Groundwater Resources: Investigation and Development. New York, Academic Press.
- Todd, DK., 1984. Groundwater Hydrogeology, 2nd editions, John Wiley & Sons, New York, USA
- Ismawan Dkk. 2013. Peran Sesar Terhadap Karakter dan Arah Aliran Airtanah Pada Endapan Vulkanik di Lereng Tenggara G.Gede,
- Mathess G., 1981. The Properties of Groundwater, McGraw Hill, New York.
- Soengkono, S. 2002. Assesment of Topographic Lineaments Across Rotorua Geothermal Field, New Zealand. Proceedings 24th Geothermal Workshop, New Zealand Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Bulletin of Scientific Contribution: Bandung
- Soengkono, S.: Analysis of Digital Topographic Data for Exploration and Assessment of Geothermal Systems, Proceeding 21st New Zealand Geothermal Workshop (1999)