



ZONA RESAPAN OPTIMAL PADA LERENG TENGGARA GUNUNG GEDE, CIANJUR, JAWA BARAT

Aulia Kamil^{1*}, Hendarmawan¹, Teuku Yan W.M.I¹

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: aulia14007@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Air merupakan salah satu sumberdaya alam yang sangat berperan dalam keberlangsungan hidup manusia., salah satu sumber air bersih adalah air bawah tanah atau disebut dengan airtanah. Gunung Gede merupakan Gunung api yang terletak di Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Sukabumi , Provinsi Jawa Barat dan daerah penelitian terletak di wilayah tenggara Gunung Gede, secara administratif terletak di Kecamatan Cugenang, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Secara geografis terletak pada 107° 01' 00" - 107° 04' 00" BT, 6° 47' 00" - 6° 50' 00" LS. Penelitian ini bertujuan menentukan zona resapan optimal menggunakan metode overlay superimpose peta *fault fracture density* dengan peta *isopermeability*. Zona resapan optimal diindikasikan memiliki nilai *fault fracture density* dan nilai permeabilitas yang tinggi. *Fault fracture density* merupakan analisis banyaknya kelurusan lembahan dalam satuan luas 1 km², nilai kelurusan tersebut dapat mengindikasikan daerah rekahan akibat proses tektonik ataupun vulkanik sementara nilai permeabilitas batuan diperoleh dari uji permeabilitas di laboratorium dengan alat permeameter dan metode *falling head permeability* Peta geologi juga dibuat untuk mengetahui kondisi geologi dan sebaran litologi serta kondisi struktur pada daerah penelitian serta dapat menjelaskan kondisi geologi pada zona resapan optimal. Berdasarkan penelitian ini zona resapan optimal berada di bagian tengah cenderung ke arah utara, memiliki luas 3,087 km² atau sekitar 15,06 % dari luas total daerah penelitian, tersusun dari litologi breksi piroklastik dan tuf.

Kata kunci : airtanah, permeabilitas, resapan, cianjur

ABSTRACT

Water is one of the natural resources that plays a role in human survival, one of the sources of clean water is underground water or called groundwater. Gunung Gede is a volcano located in Cianjur and Sukabumi regencies, West Java province and the research area is located in the southeastern region of Gunung Gede. This study aims to determine the optimal recharge zone using superimpose overlay method of fault fracture density map with isopermeability map. The optimal recharge zone is indicated to have a fault fracture density value and a high permeability value. Fault fracture density is an analysis of the number of straightness in a unit area of 1 km², the alignment value may indicate the fracture area due to tectonic or volcanic processes while the permeability value of the rocks is obtained from the permeability test in the laboratory with the permeameter tool and the falling head permeability method. Based on this research optimal recharge zone is in the middle tend toward the north, has an area of 3,087 km² or about 15.06% of the total area of research, composed of pyroclastic breccia and tuffology.

Keywords: groundwater, permeability, recharge, cianjur

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan air setiap waktu akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk pada suatu wilayah. Makhluk hidup membutuhkan air bersih untuk dikonsumsi dan digunakan pada kegiatan sehari-hari. Salah satu sumber air bersih adalah air bawah tanah atau disebut dengan airtanah. Gunung Gede merupakan Gunung api yang terletak di Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Kebutuhan airtanah pada wilayah Cianjur dan Sukabumi meningkat seiring dengan perkembangan wilayah serta laju pertumbuhan penduduk dan jumlah industri yang semakin meningkat. Solusi untuk menjaga stabilitas airtanah dengan mengetahui daerah resapan optimal pada wilayah resapan, dengan mengetahui daerah resapan optimal pembangunan pada daerah resapan dapat dialihkan agar ketersediaan airtanah pada wilayah resapan dapat terjaga. Lokasi penelitian secara administratif terletak di Kecamatan Cugenang, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. Secara geografis terletak pada 107° 01' 00" - 107° 04' 00" BT, 6° 47' 00" - 6° 50' 00" LS. Kecamatan Cugenang – Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Luas daerah pemetaan geologi ini adalah 29,16 km², termasuk dalam Peta Rupabumi Indonesia (BAKOSURTANAL) Lembar Cugenang (1209 – 213). Lebih spesifik lokasi penelitian terletak pada lereng Tenggara Gunung Gede. Penelitian dilakukan pada Juni 2017-April 2018.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Permeabilitas

Permeabilitas adalah sifat-sifat fisik batuan untuk dapat mengalirkan fluida melalui pori-pori yang saling berhubungan tanpa merusak partikel pembentuk batuan tersebut. Di dalam reservoir fluida yang mengalir biasanya lebih dari satu macam, sehingga permeabilitas dapat dibagi menjadi :

1. Permeabilitas Absolut

Adalah permeabilitas bila fluida yang mengalir dalam media berpori terdiri hanya satu macam fluida.

2. Permeabilitas Efektif

Adalah permeabilitas bila fluida yang mengalir dalam media berpori lebih dari satu macam fluida (misal minyak, gas, air).

3. Permeabilitas Relatif

Adalah perbandingan antara permeabilitas efektif dengan permeabilitas absolut.

Besaran permeabilitas (k) ini dapat diperoleh melalui perhitungan hukum Darcy. Permeabilitas merupakan hasil konstanta perbandingan yang berhubungan dengan laju aliran dan sifat fisis fluida (viskositas) dengan gradien tekanan yang diberikan pada medium yang memiliki pori dimana rumus yang dihasilkan dari percobaan tersebut dapat disederhanakan menjadi :

$$Q = k A i$$

Dimana :

Q = Debit aliran airtanah (m³/s)

k = Permeabilitas batuan

A = Luas daerah (m²)

i = Gradien kemiringan topografi

Uji permeabilitas atau konduktivitas hidrolik dapat dilakukan di lapangan maupun di laboratorium. Uji permeabilitas di lapangan terbagi menjadi skala kecil dan skala besar. Uji permeabilitas skala kecil dilakukan karena lebih cepat, sehingga bisa untuk beberapa lokasi. Sementara uji permeabilitas skala besar dapat menghasilkan nilai permeabilitas yang representatif, namun menghabiskan biaya dan waktu yang lebih banyak.

Uji permeabilitas di laboratorium dapat dilakukan dengan menggunakan alat permeameter. Metode yang digunakan berdasarkan Jakub Stibinger (2014), yaitu:

1. Metode Falling Head

Muka air pada bagian samping dari sampel menurun seiring dengan waktu berjalan. Metode ini cocok khususnya digunakan untuk lapisan batuan/tanah

dengan konduktivitas hidrolis rendah, baik yang berarah horizontal ataupun vertikal.

2. Metode Constant Head

Perbedaan muka air dihasilkan dari sampel tanah yang tak terganggu dalam cincin baja Kopecky. Pada waktu tertentu, volume air yang mengalir pada sampel dapat diukur. Nilai konduktivitas hidrolis dapat diperoleh dari luasan air, ukuran sampel, dan perbedaan muka air.

Fault Fracture Density

Fault Fracture Density merupakan metode analisis dan Identifikasi kelurusan morfografi yang diakibatkan oleh sesar dan kekar aktif pada suatu daerah, nilai *fault fracture density* pada daerah penelitian merupakan nilai densitas kelurusan pada morfografi, kelurusan tersebut diasumsikan sebagai suatu zona lemah hasil dari proses vulkanisme dan tektonisme, zona lemah tersebut dapat berupa kekar ataupun sesar pada batuan vulkanik. Nilai densitas merupakan hasil dari panjang setiap kelurusan setiap wilayah yang dibatasi $1 \times 1 \text{ km}^2$ pada daerah penelitian (Suryantini, 2010) awalnya studi *fault fracture density* ini digunakan untuk keperluan studi geothermal menggunakan data digital topografi detail dengan grid 25m dilakukan oleh Soengkono pada tahun 2000. Dari data kelurusan tersebut dapat dibuat peta densitas kelurusan dengan membandingkan jumlah panjang kelurusan pada satuan luas, studi sebelumnya digunakan untuk membuktikan bahwa reservoir geothermal Mokai dan outflow thermal berasosiasi pada wilayah dengan densitas kelurusan yang tinggi, hal tersebut terjadi akibat dari pengaruh struktur yang kuat pada sistem hidrologi sistem geothermal pada daerah tersebut. Konsep tersebut berlaku pada struktur-struktur yang berkerja pada endapan vulkanik oleh karena itu konsep densitas kelurusan morfografi ini dapat diterapkan pada akuifer airtanah terutama untuk mengidentifikasi akuifer yang terpengaruh kuat oleh struktur yang berkembang baik dari proses tektonik dan vulkanisme serta pengaruh terhadap nilai permeabilitas batuan.

3. METODE

Pemetaan geologi

Pemetaan geologi dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi daerah penelitian khususnya aspek sebaran litologi dan stratigrafi, hasil akhir berupa peta geologi daerah penelitian, serta pengambilan sampel untuk dilakukan preparasi untuk uji permeabilitas menggunakan alat permeameter.

Analisis Fault Fracture Density

Analisis Fault Fracture Density, menggunakan citra DEM dan menarik kelurusan lembahan serta menghitung densitas setiap panjang kelurusan lembahan pada satuan luas 1 km^2 . Hasil akhir berupa peta kontur densitas kelurusan morfografi. Analisis kelurusan morfologi menggunakan citra satelit berupa DEM (Digital Elevation Model). Penarikan kelurusan berupa kelurusan lembahan. Hal itu dikarenakan lembahan menjadi zona lemah dan air masuk ke bawah permukaan. Kelurusan yang ditarik menggunakan software MapInfo dan ArcGis dengan beberapa sudut pencahayaan. Sudut pencahayaan tersebut yaitu 0° , 45° , 90° , dan 135° . Kelurusan – kelurusan tersebut diolah menggunakan software ArcGis untuk mendapatkan nilai densitas kelurusan. Nilai densitas kelurusan didefinisikan sebagai jumlah panjang kelurusan pada setiap kotak grid, biasanya berukuran $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ (Suryantini, 2010). Satuan densitas kelurusan pada penelitian ini yaitu m/km^2 .

Uji Permeabilitas

Parameter selain densitas kelurusan morfologi dalam penelitian ini yaitu permeabilitas. Uji permeabilitas dalam penelitian ini yaitu uji laboratorium menggunakan alat permeameter dengan metode falling head. Pada metode falling head, permukaan air dibiarkan menurun akibat adanya gaya gravitasi. Untuk mendapatkan nilai yang akurat, masing – masing sampel diukur tiga kali.

Permeameter terbagi menjadi beberapa bagian, diantaranya tabung buret dengan garis skala pengukuran (penggaris), selang, tabung sampel, dan saluran untuk keluarnya air dari tabung.



Gambar 3.1 Alat permeameter metode falling head.

Langkah – langkah uji permeabilitas menggunakan permeameter berdasarkan ASTM D5084 – 03 yaitu sebagai berikut:

- Siapkan sampel yang akan diuji. Sampel batuan yang akan diuji perlu dibentuk menyesuaikan dengan bentuk tabung.
- Ukur dimensi dari sampel uji dan dimensi buret.
- Masukkan sampel ke dalam tabung uji, lalu tutup dengan rapat.
- Masukkan air ke dalam tabung buret. Air akan masuk ke dalam tabung dan biarkan sampel menjadi jenuh. Pastikan air hanya masuk ke dalam sampel uji.
- Setelah sampel menjadi jenuh dan air sudah keluar melalui tabung dalam kondisi konstan, maka pengukuran sudah bisa dimulai. Hitung waktu (t) yang dibutuhkan untuk air turun dari ketinggian awal (h₁) sampai ketinggian akhir (h₂).
- Lakukan pengujian sampel sebanyak tiga kali.

Nilai permeabilitas melalui metode falling head didapatkan melalui

persamaan dibawah ini (ASTM D 5084 – 03):

$$k = (a \cdot L) / (A \cdot t) \ln (h_1/h_2)$$

Catatan:

a = Luas permukaan buret

L = Tinggi sampel

A = Luas permukaan sampel

h₁ = Tinggi air awal pembacaan

h₂ = Tinggi air akhir pembacaan

t = Waktu

k = Permeabilitas

Nilai dari masing – masing sampel uji permeabilitas kemudian dibuat sebuah kontur. Kontur tersebut menggambarkan nilai permeabilitas yang sama. Peta isopermeabilitas daerah penelitian dibuat menggunakan software Surfer dengan metode minimum curvature.

Validasi data Fault Fracture Density

Validasi data Fault Fracture Density dengan data struktur dan kelurusan lembahan pada daerah penelitian, setelah melakukan verifikasi peta isopermeability dan peta fault fracture density untuk melihat zona bersesuaian dan dominasi persentase zona tinggi sedang dan rendah pada daerah penelitian, menggunakan metode overlay kedua peta tersebut

di overlay dan setelah mendapatkan beberapa zona dari hasil overlay tersebut, dilakukan penyederhanaan zona menggunakan metode skoring dari Howard and Remson untuk mendapatkan zona dengan klasifikasi resapan yang berbeda.

Analisis Statistik

Pembagian kelas densitas kelurusan morfologi menggunakan metode dasar statistika. Kelas densitas kelurusan morfologi menggunakan kelas kuartil, sehingga terbagi menjadi densitas rendah, densitas sedang, dan densitas tinggi. Begitu pula dengan kelas permeabilitas yang terbagi menjadi permeabilitas rendah, permeabilitas sedang, dan permeabilitas tinggi. Metode kuartil yaitu metode yang digunakan untuk membagi data menjadi empat bagian (Nugroho, 2008). Kelas

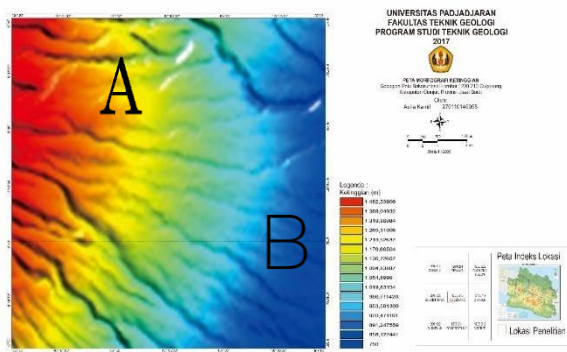
kuartil terbagi menjadi kuartil 1, kuartil 2, dan kuartil 3, kuartil 4, Kuartil 1 tergolong ke dalam kelas rendah, kuartil 2 dan 3 tergolong ke dalam kelas sedang, dan kuartil 4 tergolong ke dalam kelas tinggi. Pembagian kelas kuartil terbagi menjadi dua, yaitu kuartil untuk data tidak berkelompok dan kuartil untuk data berkelompok. Rumus mencari kelas kuartil yaitu sebagai berikut (Harison, 2013): Untuk data tidak berkelompok

$$Q_i = i/4 (n+1)$$

Keterangan; i = kuartil ke 1, 2, 3
 n = jumlah data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

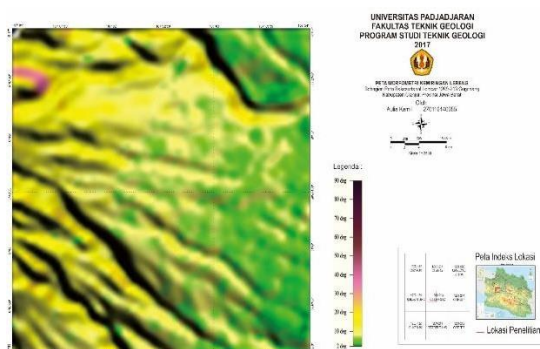
4.1 Kondisi Geologi



Gambar 4.1 Peta Morfografi

A : Bentuk lahan pegunungan ketinggian > 1500 mdpl (van Zuidam, 1985)

B : Bentuk lahan perbukitan tinggi 500-1500 mpdl (van Zuidam, 1985)

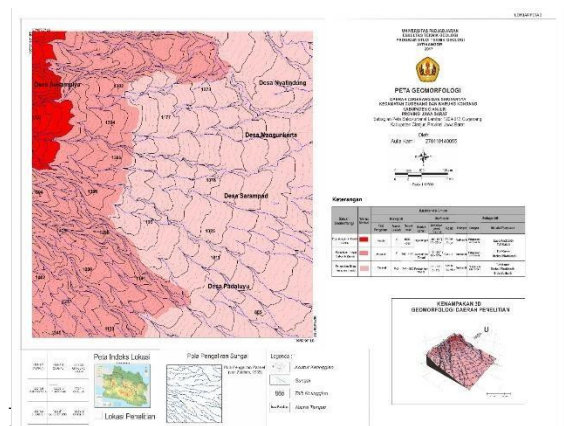


Gambar 4.2 Peta Morfometri

Klasifikasi Van Zuidam (1985), maka daerah penelitian ini dapat dibagi menjadi

enam daerah yang memiliki kemiringan lereng sebagai berikut:

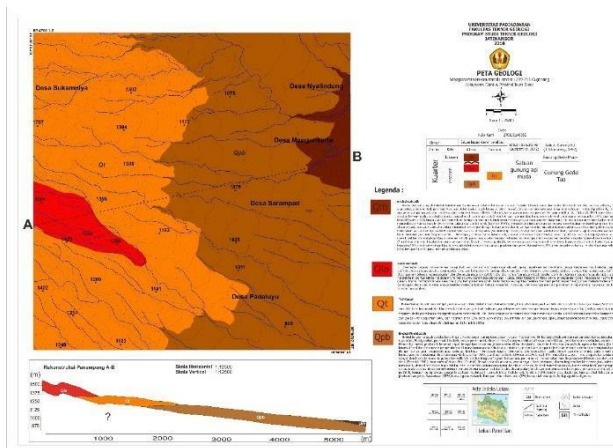
1. Merah muda, klasifikasi curam dengan kemiringan lereng 30 – 70 %, 80° dan mempunyai perbedaan tinggi sekitar 1600-1700 mdpl hanya 5%.
2. Kuning tua, klasifikasi agak curam dengan kemiringan lereng 15 – 30% dan mempunyai perbedaan tinggi sekitar 1265–1600 m terdapat menyeluruh di kavling pemetaan sekitar 20 %.
3. Kuning muda, klasifikasi landai dengan kemiringan lereng 7–15% dan mempunyai perbedaan tinggi sekitar 1019-1265 m terdapat di bagian selatan kavling pemetaan sekitar 20%.
4. Hijau muda, klasifikasi sangat landai dengan kemiringan lereng 2–7% dan mempunyai perbedaan tinggi sekitar 858–1019 m terdapat di bagian barat daya kavling pemetaan sekitar 40%.
5. Hijau tua, klasifikasi datar dengan kemiringan lereng 0-2% dan mempunyai perbedaan tinggi sekitar 785-858 m terdapat di bagian tenggara kavling pemetaan sekitar 10%.



Gambar 4.3 Peta Geomorfologi

Satuan Geomorfologi dibagi menjadi tiga satuan, yaitu pegunungan vulkanik curam, perbukitan tinggi vulkanik curam, perbukitan vulkanik landai berdasarkan referensi dari klasifikasi Van Zuidam 1985, menggunakan tiga aspek geomorfologi

yaitu morfografi yaitu bentuk ketinggian lahan, morfometri kemiringan lereng dan proses morfogenetik pada daerah penelitian yaitu vulkanik.

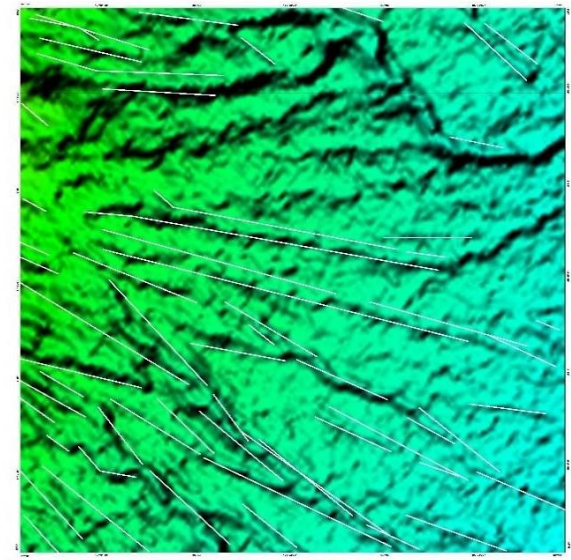


Gambar 4.4 Peta Geologi

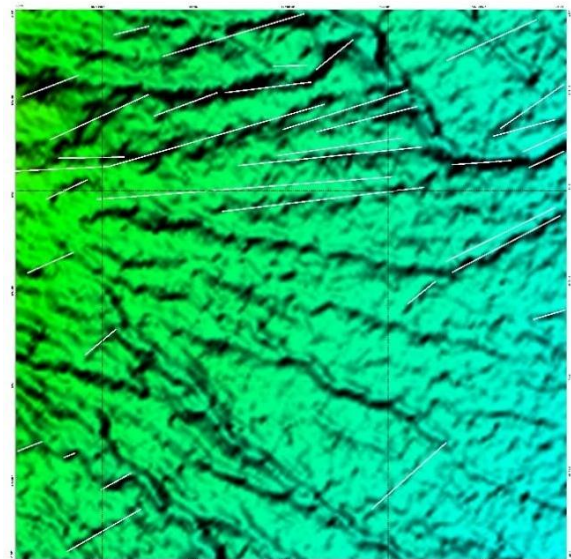
Satuan batuan yang terdapat pada wilayah penelitian dapat dibedakan menjadi empat satuan batuan, dimulai dari satuan yang paling tua hingga paling muda sebagai berikut, Satuan, Satuan Breksi Piroklastik (Qvb), Satuan Tuf (Qt), Satuan aliran lava andesit (Qla), Breksi laharik (Qlb) penamaan satuan batuan tersebut mengacu kepada referensi yaitu geologi regional lembar cianjur (Sudjatmiko, 1972) dan peta geologi gunung api Gede (Situmorang, 1992).

4.2 Fault Fracture Density

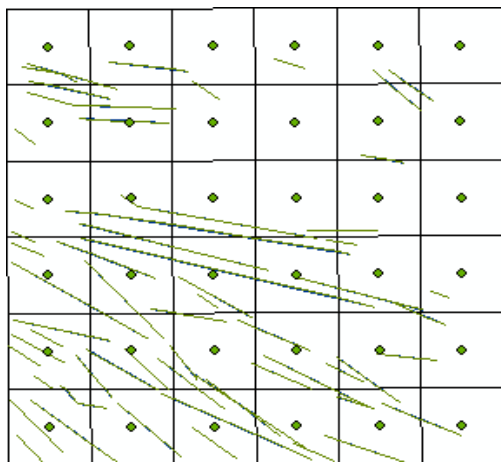
Populasi kelurusan dibedakan berdasarkan orientasi arah, orientasi arah kelurusan akan membantu menganalisis proses terbentuknya kelurusan tersebut, dapat terbentuk melalui proses pengendapan batuan vulkanik pada saat erupsi gunung api, atau hasil dari proses tektonisme seperti aktifitas pergerakan lempeng menghasilkan struktur geologi pada batuan vulkanik daerah penelitian. Pada daerah penelitian dihasilkan 2 populasi yang berbeda, populasi dengan arah barat laut- tenggara dan arah timur laut – barat daya. Roset dari arah kelurusan tersebut juga memiliki arah yang berbeda.



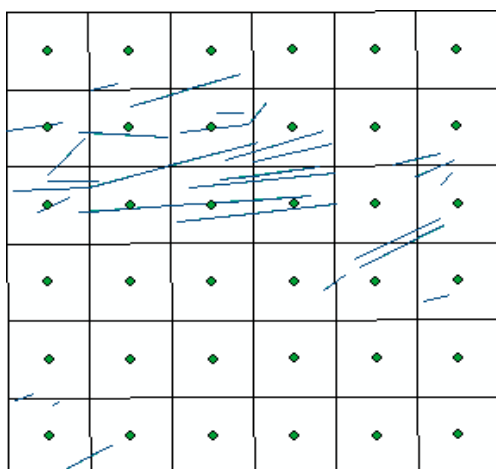
Gambar 4.5 Kelurusan dengan orientasi barat laut – tenggara



Gambar 4.6 Kelurusan dengan orientasi timur laut – barat daya



Gambar 4.7 Kelurusan dengan orientasi barat laut – tenggara (grid 1 km²)



Gambar 4.8 Kelurusan dengan orientasi timur laut – barat baya (grid 1 km²)

Tabel 4.1 Hasil dari kalkulasi densitas pada kelurusan orientasi arah barat laut-tenggara (menggunakan software Arc.map)

Koordinat		Value
726382,0111	9244797	254,1576
727382,0111	9244797	280,3506
728382,0111	9244797	289,0697
723382,0111	9245797	407,5883
724382,0111	9245797	409,6172
725382,0111	9245797	535,6558
726382,0111	9245797	553,5703
727382,0111	9245797	567,4393
728382,0111	9245797	663,5473
723382,0111	9246797	843,3685
724382,0111	9246797	907,8051
725382,0111	9246797	1012,904
726382,0111	9246797	1031,705
727382,0111	9246797	1621,236
728382,0111	9246797	1720,374
723382,0111	9247797	1744,546
724382,0111	9247797	1873,009
725382,0111	9247797	1923,289
726382,0111	9247797	2220,635
727382,0111	9247797	2245,28
728382,0111	9247797	2340,964
723382,0111	9248797	2454,234
724382,0111	9248797	2472,309
725382,0111	9248797	2593,122
726382,0111	9248797	2605,349
727382,0111	9248797	2796,094
728382,0111	9248797	2851,078
723382,0111	9249797	3019,803
724382,0111	9249797	3366,536
725382,0111	9249797	3479,635
726382,0111	9249797	3556,217
727382,0111	9249797	3655,49
728382,0111	9249797	3689,512

Tabel 4.2 Hasil dari kalkulasi densitas pada kelurusan orientasi arah timur laut - barat daya (menggunakan software Arc.map)

Koordinat UTM		Densitas (m/km ²)
727384,0141	9246901	165,2719
728384,0141	9246901	179,9624
723384,0141	9247901	306,6163
724384,0141	9247901	319,4477
725384,0141	9247901	322,8132
726384,0141	9247901	346,3313
727384,0141	9247901	458,7615
728384,0141	9247901	534,1286
723384,0141	9248901	679,3581
724384,0141	9248901	686,1208
725384,0141	9248901	1287,809
726384,0141	9248901	1325,724
727384,0141	9248901	1358,981
728384,0141	9248901	1547,231
723384,0141	9249901	2124,671
724384,0141	9249901	2128,021
725384,0141	9249901	2270,924
726384,0141	9249901	2878,402
727384,0141	9249901	3085,146
728384,0141	9249901	3562,524

Nilai densitas dari 2 populasi tersebut disajikan dalam bentuk kontur dengan metode *minimum curvature* pada software surfer menghasilkan peta densitas dan dilakukan pembagian zona tinggi, sedang dan rendah menggunakan metode statistik sederhana yaitu pembagian kuartil.

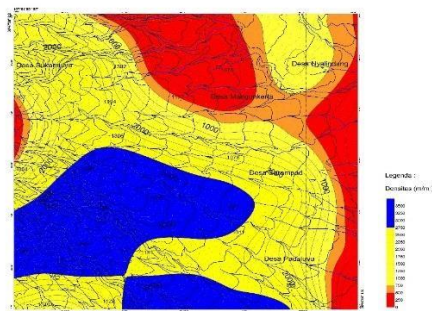
Kuartil membagi 4 zona, kuartil 1 merupakan zona yang memiliki densitas kelurusan rendah, kuartil 2 dan 3 memiliki nilai densitas kelurusan sedang, dan kuartil 4 merupakan zona densitas tinggi.

Tabel 4.3 nilai kuartil orientasi kelurusan barat laut-tenggara

Kuartil	Nilai (m/km ²)	Kategori Densitas
1	0-615,49	Densitas Rendah
2	615,49 - 1873	Densitas Sedang
3	1873 - 2700,72	Densitas Sedang
4	2700,72-3689,51	Densitas Tinggi

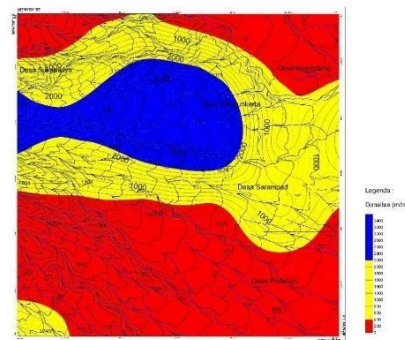
Tabel 4.4 nilai kuartil orientasi kelurusan timur laut-barat daya

Kuartil	Nilai (m/km ²)	Kategori Densitas
1	0-325,69	Densitas Rendah
2	325,69 - 986,96	Densitas Sedang
3	986,96 - 2126,35	Densitas Sedang
4	2126,34 -3562,52	Densitas Tinggi



Gambar 4.9 Peta *fault fracture density* orientasi arah kelurusan barat laut -tenggara

Berdasarkan nilai pada zona kuartil tersebut klasifikasi densitas kelurusan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, zona densitas rendah berada pada kuartil 1 memiliki nilai densitas $\leq 615,49$ m/km² pada peta ditandai oleh warna merah, zona densitas menengah berada pada kuartil 2 dan 3 memiliki nilai densitas 615,49-2700,72 m/km² pada peta ditandai oleh warna kuning, zona densitas tinggi berada pada kuartil 4 memiliki nilai densitas 2700,72-3689,51 m/km² pada peta ditandai oleh warna biru.



Gambar 4.10 Peta *Fault fracture density* orientasi arah kelurusan timur laut – barat daya

Berdasarkan nilai pada zona kuartil tersebut klasifikasi densitas kelurusan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, zona densitas rendah berada pada kuartil 1 memiliki nilai densitas $\leq 325,69$ m/km² pada peta ditandai oleh warna merah, zona densitas menengah berada pada kuartil 2 dan 3 memiliki nilai densitas 325,69-2126,35 m/km² pada peta ditandai oleh warna kuning, zona densitas tinggi berada pada kuartil 4 memiliki nilai densitas 2126,34 -3562,52 m/km² pada peta ditandai oleh warna biru.

4.3 Permeabilitas

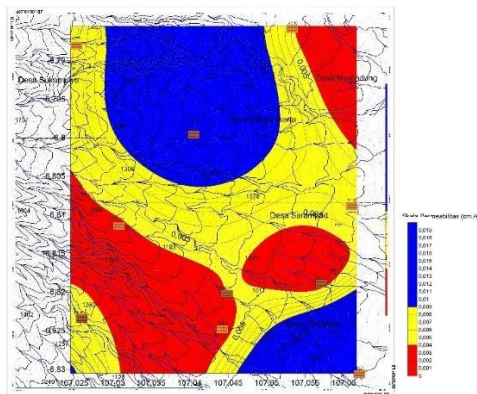
Nilai permeabilitas 10 sampel batuan daerah penelitian disajikan dalam bentuk kontur menggunakan software surfer dengan metode *minimum curvature*. Setelah kontur dihasilkan dilakukan pembagian zona permeabilitas batuan menggunakan metode statistika sederhana yaitu kuartil, sama seperti nilai densitas kelurusan, pembagian zona dibagi menjadi 3 zona yaitu zona permeabilitas tinggi (kuartil 4), zona permeabilitas sedang (kuartil 2 dan 3), dan zona permeabilitas rendah (kuartil 1).

Tabel 4.5 Hasil uji permeabilitas batuan

Stasiun	Koordinat		Tinggi (cm)	Luas (cm ²)	Diameter (cm)	Waktu Uji			Waktu Rata-rata (dt)	Jam Mulai (WIB)	Jam Selesai (WIB)	Luas Permukaan Buret (cm ²)	Permeabilitas (cm ² /dt)
	Longitude	Latitude				T1 (dt)	T2 (dt)	T3 (dt)					
KM 37	107,04029	-6,799052	6	13,86	4,2	24	23	22	23	19:10	19:13	2,27	0,01436
AK 28	107,03098	-6,81109	11	13,86	4,2	129	162	186	159	20:10	20:20	2,27	0,0038
KM 25	107,02579	-6,823137	7,5	10,183	3,6	116	118	113	115,67	12:40	12:46	2,27	0,0049
KM 05	107,05664	-6,81869	3	12,57	4	65	70	70	68,34	16:21	16:25	2,27	0,0027
KM 27	107,04395	-6,824484	11,2	10,183	3,6	284	221	413	306	11:39	11:55	2,27	0,0028
KM 15	107,04459	-6,81984	8,7	16,626	4,6	96	101	105	100,67	11:55	12:00	2,27	0,00396
AK 22	107,02455	-6,78836	8	12,57	4	89	90	92	90,34	10:11	10:15	2,27	0,0054
AK 10	107,05302	-6,78553	9	13,86	4,2	80	85	89	84,67	14:25	14:30	2,27	0,0059
HK 01	107,06169	-6,8305	9	12,57	4	30	30	30	30	14:12	14:15	2,27	0,0182
KM 09	107,06061	-6,80879	7,6	12,57	4	71	72	82	75	16:13	16:18	2,27	0,0061

Tabel 4.6 Kuartil nilai permeabilitas batuan daerah penelitian

Kuartil	Nilai (cm/s)	Kategori Densitas
1	0-0,00355	Permeabilitas Rendah
2	0,00355 - 0,00515	Permeabilitas Sedang
3	0,00515 - 0,008165	Permeabilitas Sedang
4	0,008165 - 0,0182	Permeabilitas Tinggi



Gambar 4.11 Peta isopermeabilitas batuan daerah penelitian

Berdasarkan nilai pada zona kuartil tersebut klasifikasi permeabilitas batuan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, zona permeabilitas rendah berada pada kuartil 1 memiliki nilai permeabilitas $\leq 0,00355$ cm/s pada peta ditandai oleh warna merah, zona permeabilitas menengah berada pada kuartil 2 dan 3 memiliki nilai permeabilitas 0,00355 - 0,0182 cm/s pada peta ditandai oleh warna kuning, zona permeabilitas tinggi berada pada kuartil 4 memiliki nilai 0,008165 - 0,0182 cm/s pada peta ditandai oleh warna biru.

4.4 Verifikasi Data

Verifikasi nilai densitas kelurusan morfografi dengan nilai permeabilitas batuan dilakukan guna mengetahui persentasi daerah yang bersesuaian antara nilai densitas dengan nilai permeabilitas batuan, verifikasi data juga bertujuan menganalisis pengaruh nilai densitas terhadap kecepatan meresap air melalui media rekahan pada batuan atau permeabilitas sekunder. Proses tersebut juga dapat membandingkan besar nilai

kesesuaian antara densitas dari kelurusan dengan orientasi arah yang berbeda.

Tabel 4.7 Luas Bersesuaian Orientasi Kelurusan Barat Laut-Tenggara

Zona	Luas (km ²)	Luas (%)
Rendah	1,1	5,40
Sedang	0,8	3,93
Tinggi	0,45	2,21
Luas Bersesuaian		11,54
Luas Daerah Penelitian	20,49	

Tabel 4.8 Luas Bersesuaian Orientasi Kelurusan Timur laut-Barat Daya

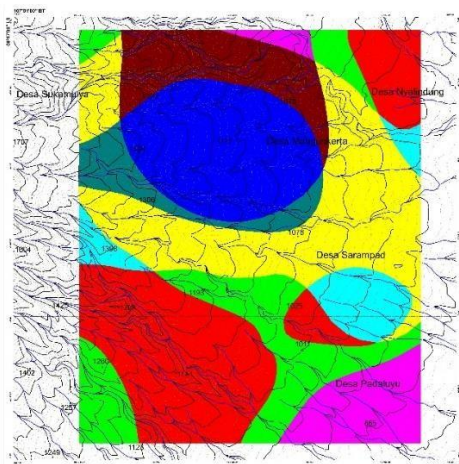
Zona	Luas (km ²)	Luas (%)
Rendah	4,642	22,65
Sedang	4,651	22,70
Tinggi	3,087	15,07
Luas Bersesuaian		60,42
Luas Daerah Penelitian	20,49	

Menggunakan metode *fault fracture density* dengan menganalisis pola kelurusan lembahan diasumsikan sebagai zona rekahan dan dihitung dalam satuan luas kilometer persegi. Menarik pola kelurusan dengan orientasi arah timur laut-barat daya, menggunakan 4 arah pencahayaan. Setelah dilakukan verifikasi dengan data permeabilitas batuan dari hasil uji laboratorium menunjukkan daerah yang bersesuaian dan yang tidak bersesuaian, daerah bersesuaian sekitar 60,42% antara peta FFD dengan peta isopermeabilitas dan daerah yang tidak bersesuaian sekitar 39,58%.

Persentase zona bersesuaian antara nilai densitas kelurusan dengan nilai permeabilitas meningkat pada orientasi arah penarikan kelurusan timur laut – barat daya. Setelah dilakukan analisis terhadap proses terbentuknya kelurusan terbentuk diakibatkan oleh proses tektonik, proses tektonik tersebut mengakibatkan batuan vulkanik daerah penelitian terdeformasi. Deformasi tersebut dihasilkan dari proses tektonik yang menghasilkan sesar cemandiri, karakteristik sesar cemandiri

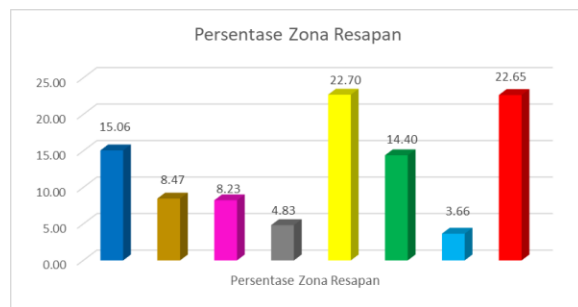
yang memiliki arah timur laut-barat daya memiliki orientasi yang sama dengan arah dominasi bersesuaian maksimal antara peta isopermeabilitas dengan peta *fault fracture density*. Sesar Cimandiri berarah timur laut-barat daya melalui Rajamandala berhubungan dengan sesar Lembang (Hareh & Boen, 1996), Sesar Cimandiri lebih mengarah sebagai normal dengan komponen sesar geser (Kertapati & Koesumadinata, 1983). Halyang memperkuat hipotesis ini adalah sejarah reaktivasi sesar Cimandiri mengakibatkan gempa bumi pada Gunung Gede pada tanggal 5 Januari 1699 (Wichman, 1981), secara keseluruhan jalur sesar ini berarah timur laut-barat daya dengan jenis sesar mendatar hingga miring dan dikelompokkan sebagai pola Meratus (Martodjoyo, S dna Djuhaeni, 1996). Oleh karena itu aktifitas sesar Cimandiri memiliki dampak hingga ke daerah penelitian dengan arah orientasi yang sama, menghasilkan rekahan pada daerah penelitian, diakibatkan dari gaya minor hasil dari proses reaktivasi patahan Cimandiri.

4.5 Identifikasi Zona Resapan



Gambar 4.12 Peta Overlay peta *Fault fracture density* dan *Isopermeability*

Peta *Fault fracture density* yang digunakan memiliki arah orientasi timur laut – barat daya karena memiliki nilai verifikasi yang paling tinggi diantara kelurusan lain yaitu sebesar 60,04 %.



Gambar 4.13 Diagram Zona Resapan

Zona biru menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan tinggi (kuartil 4) 2126,34 -3562,52 m/km² dan nilai permeabilitas batuan tinggi (kuartil 4) 0,008165-0,0182 cm/s memiliki luas wilayah 3,087 km² atau sekitar 15,06% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan breksi piroklastik dan tuf, zona tersebut berada di bagian tengah daerah penelitian. Daerah tersebut merupakan daerah dengan tingkat resapan air yang optimal. parameter densitas kelurusan yang mengindikasikan adanya struktur rekahan pada batuan dan nilai permeabilitas batuan yang tinggi menjadikan zona tersebut sebagai zona resapan optimal.

Zona coklat menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan sedang (kuartil 2 dan 3) 325,69 - 2126,35 m/km² dan nilai permeabilitas batuan tinggi (kuartil 4) 0,008165-0,0182 cm/s, memiliki luas wilayah 1,74 km² atau sekitar 8,47% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan tuf, zona tersebut berada di bagian utara daerah penelitian.

Zona ungu menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan rendah (kuartil 1) 0-325,69 m/km² dan nilai permeabilitas batuan tinggi (kuartil 4) 0,008165-0,0182 cm/s, memiliki luas wilayah 1,69 km² atau sekitar 8,23% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan breksi piroklastik, zona tersebut mendominasi bagian tenggara daerah penelitian.

Zona abu-abu menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan tinggi 2126,34 -3562,52 m/km² dan nilai permeabilitas batuan sedang 0,00355-0,008165 cm/s, memiliki luas wilayah 0,99

km² atau sekitar 4,83% daerah penelitian, terdiri dari satuan tuf dan breksi piroklastik. Zona kuning menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan sedang (kuartil 2 dan 3) 325,69 - 2126,35 m/km² dan nilai permeabilitas batuan sedang (kuartil 2 dan 3) 0,00355-0,008165 cm/s, memiliki luas wilayah 4,651 km² atau sekitar 22,70% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan tuf kasar dan breksi piroklastik, serta breksi laharik. zona tersebut menyebar dan mendominasi pada daerah penelitian.

Zona hijau menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan rendah (kuartil 1) 0-325,69 m/km² dan nilai permeabilitas batuan sedang (kuartil 2 dan 3) 0,00355-0,008165 cm/s, memiliki luas wilayah 2,96 km² atau sekitar 14,40% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan tuf, breksi piroklastik, zona tersebut menyebar pada wilayah penelitian.

Zona biru muda menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan sedang (kuartil 2 dan 3) 325,69 - 2126,35 m/km² dan nilai permeabilitas batuan rendah (kuartil 1) 0-0,00355 cm/s, memiliki luas wilayah 0,75 km² atau sekitar 3,66% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan breksi piroklastik, breksi laharik dan tuf.

Zona merah masuk dalam menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan rendah (kuartil 1) 0-325,69 m/km² dan nilai permeabilitas batuan rendah (kuartil 1) 0-0,00355 cm/s, memiliki luas wilayah 4,642 km² atau sekitar 22,65% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan lava andesitik, breksi piroklastik dan tuf. zona tersebut menyebar di daerah penelitian, serta mendominasi pada daerah penelitian bersama dengan zona berwarna kuning. Daerah merah ini diasumsikan memiliki nilai resapan yang kurang optimal dibandingkan zona lainnya.

4.6 Penentuan Zona Resapan Optimal

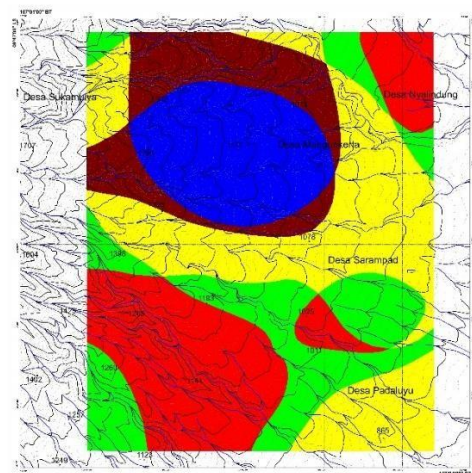
Penentuan zona resapan optimal menggunakan metode skoring dan pembobotan nilai permeabilitas dan nilai *fault fracture density* pada setiap zona yang terdapat pada wilayah penelitian. Pada awalnya terdapat 8 zona hasil dari *overlay*

antara peta isopermeabilitas dan peta *fault fracture density*, setelah dilakukan pembobotan serta penilaian dapat disederhanakan menjadi 5 zona, antara lain zona resapan sangat baik, baik, cukup baik, kurang, sangat kurang.

Metode skoring menurut Howard & Remson adalah metode pemberian skor / harkat terhadap masing-masing *value* parameter lahan untuk menentukan tingkat kemampuan lahannya. Skor / harkat ditentukan berdasarkan kriteria yang telah ada, pada studi ini kriteria atau parameter yang digunakan untuk menentukan nilai dari zona-zona beririsan dari peta *fault fracture density* dan peta isopermeabilitas adalah parameter nilai permeabilitas batuan dan nilai densitas kelurusan yang telah dibagi menjadi tiga kategori nilai berdasarkan kuartil yaitu metode statistik dasar.

Tabel 4.9 Skoring Zona Resapan

Zona	Parameter	Kriteria	Bobot/Nilai	Total	Klasifikasi Zona	Warna
Biru	Permeabilitas	Q3	3	6	Sangat Baik	Biru
	Densitas	Q3	3			
Cokelat	Permeabilitas	Q3	3	5	Baik	Cokelat
	Densitas	Q2	2			
Abu-abu	Permeabilitas	Q2	2	5	Baik	Cokelat
	Densitas	Q3	3			
Ungu	Permeabilitas	Q3	3	4	Cukup	Kuning
	Densitas	Q1	1			
Kuning	Permeabilitas	Q2	2	4	Cukup	Kuning
	Densitas	Q2	2			
Hijau	Permeabilitas	Q2	2	3	Kurang	Hijau
	Densitas	Q1	1			
Biru Muda	Permeabilitas	Q1	1	3	Kurang	Hijau
	Densitas	Q2	2			
Merah	Permeabilitas	Q1	1	2	Sangat Kurang	Merah
	Densitas	Q1	1			



Gambar 4.14 Peta Zona Resapan Hasil Skoring

Tabel 4.10 Zona Resapan Hasil Skoring

Zona	Warna	Luas (km ²)	Luas (%)	Densitas Kelurusan (m/km ²)	Permeabilitas (cm/s)	Litologi
Sangat Baik	Biru	3,087	15,06	2126,34 -3562,52	0,008165-0,0182	Breksi Piroklastik, Tuf
Baik	Cokelat	2,73	13,30	325,69-3562,5	0,00355-0,0182	Breksi Piroklastik, Tuf
Cukup	Kuning	6,34	30,93	325,69 - 2126,34	0,00355-0,008165	Breksi piroklastik, Tuf, Breksi Laharik
Kurang	Hijau	3,70	18,06	0-2126,34	0-0,008165	Breksi Piroklastik, Tuf, Breksi Laharik
Sangat Kurang	Merah	4,642	22,65	0-325,69	0-0,00355	Lava Andesit, Tuf, Breksi Piroklastik
		20,492	100,00			



Gambar 4.15 Persentasi Zona Resapan Hasil Skoring

Zona biru menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan tinggi (kuartil 4) 2126,34 -3562,52 m/km² dan nilai permeabilitas batuan tinggi (kuartil 4) 0,008165-0,0182 cm/s memiliki luas wilayah 3,087 km² atau sekitar 15,06% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan breksi piroklastik dan tuf, zona tersebut berada di bagian tengah daerah penelitian. Daerah tersebut merupakan daerah dengan tingkat resapan air yang optimal. parameter densitas kelurusan yang mengindikasikan adanya struktur rekahan pada batuan dan nilai permeabilitas batuan yang tinggi menjadikan zona tersebut sebagai zona resapan optimal.

Zona coklat masuk dalam kategori baik menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan 325,69-3562,5 m/km² dan nilai permeabilitas 0,00355-0,0182 cm/s, memiliki luas wilayah 2,73 km² atau sekitar 13,30% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan tuf, zona tersebut berada di bagian utara dan tengah daerah penelitian, mengelilingi wilayah zona resapan optimal

yang ditunjukkan dengan warna merah, merupakan penggabungan antara zona abu-abu dan zona berwarna coklat pada overlay peta zona resapan sebelumnya.

Zona kuning masuk dalam kategori cukup baik menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan sedang (kuartil tengah) 325,69 - 2126,34 m/km² dan nilai permeabilitas batuan sedang (kuartil tengah) 0,00355-0,008165 cm/s, memiliki luas wilayah 6,34 km² atau sekitar 30,94% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan tuf dan breksi piroklastik, serta breksi laharik. zona tersebut menyebar dan mendominasi pada daerah penelitian.

Zona hijau masuk dalam kategori kurang baik menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan 0-2126,34 m/km² dan nilai permeabilitas batuan 0-0,008165 cm/s, memiliki luas wilayah 3,7 km² atau sekitar 18,06% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan tuf, breksi piroklastik, zona tersebut menyebar pada wilayah penelitian, penggabungan antara zona biru dan biru muda pada overlay peta zona resapan sebelumnya.

Zona merah masuk dalam menunjukkan daerah dengan nilai densitas kelurusan rendah (kuartil 1) 0-325,69 m/km² dan nilai permeabilitas batuan rendah (kuartil 1) 0-0,00355 cm/s, memiliki luas wilayah 4,642 km² atau sekitar 22,65% daerah penelitian, terdiri dari satuan batuan lava andesitik, breksi piroklastik dan tuf. zona tersebut menyebar di daerah penelitian, serta mendominasi pada daerah penelitian bersama dengan zona berwarna kuning. Daerah merah ini diasumsikan

memiliki nilai resapan yang kurang optimal dibandingkan zona lainnya.

Pada Zona biru terdapat 2 satuan geologi yaitu breksi piroklastik dan tuf, pada uji laboratorium untuk mengetahui nilai permeabilitas, breksi piroklastik pada zona biru diuji dan mendapatkan nilai permeabilitas yang lebih tinggi dari nilai permeabilitas batuan lainnya, sementara itu pada zona biru terdapat 2 kemiringan lereng agak curam dan landai, faktor kemiringan lereng berpengaruh terhadap kemampuan batuan untuk meresapkan air, semakin curam nilai *run off* akan semakin tinggi dan menurunkan kemampuan untuk meresapkan air, pada satuan tuf di dominasi kemiringan lereng agak curam, sementara itu pada satuan breksi piroklastik di dominasi kemiringan lereng yang landai, oleh karena itu pada zona resapan optimal terdapat pada zona biru bagian timur atau hilir setelah mempertimbangkan faktor geologi seperti kemiringan lereng dan satuan batuan hasil dari uji permeabilitas sebelumnya, bagian timur zona biru di dominasi oleh satuan breksi piroklastik dan kemiringan lereng landai.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian berupa aspek geologi, permeabilitas, fault fracture density atau densitas kelurusan morfografi dan zona resapan pada daerah penelitian.

Satuan Geomorfologi dibagi menjadi tiga satuan, yaitu pegunungan vulkanik curam, perbukitan tinggi vulkanik curam, perbukitan vulkanik landai berdasarkan referensi dari klasifikasi Van Zuidam 1985, menggunakan tiga aspek geomorfologi yaitu morfografi yaitu bentuk ketinggian lahan, morfometri kemiringan lereng dan proses morfogenetik pada daerah penelitian yaitu vulkanik.

Satuan batuan yang terdapat pada wilayah penelitian dapat dibedakan menjadi empat satuan batuan, dimulai dari satuan yang paling tua hingga paling muda sebagai berikut, Satuan, Satuan Breksi Piroklastik (*Qvb*), Satuan Tuf (*Qt*), Satuan aliran lava andesit (*Qla*), Breksi laharik (*Qlb*) penamaan satuan batuan tersebut mengacu kepada referensi.

Nilai permeabilitas 10 sampel batuan daerah penelitian disajikan dalam bentuk kontur, zona permeabilitas rendah memiliki nilai $< Q1$ atau $< 0,00355$ cm/s ditunjukkan dengan warna merah pada peta isopermeabilitas, zona permeabilitas sedang memiliki nilai $Q1-Q3$ atau $0,00355-0,008165$ cm/s ditunjukkan dengan warna kuning pada peta isopermeabilitas, dan zona biru dengan nilai permeabilitas tinggi memiliki nilai $> Q3$ atau $> 0,008165$ cm/s.

Menggunakan metode *fault fracture density* dengan menganalisis pola kelurusan lembahan diasumsikan sebagai zona rekahan dan dihitung dalam satuan luas kilometer persegi, dilakukan verifikasi dengan data permeabilitas batuan dari hasil uji laboratorium menunjukkan daerah yang bersesuaian dan yang tidak bersesuaian, daerah bersesuaian sekitar 11,54%, Pola kelurusan barat laut- tenggara dianalisis merupakan hasil dari proses pengendapan batuan vulkanik pada saat dan setelah erupsi gunung api. Daerah penelitian terletak pada bagian tenggara gunung Gede, pola kelurusan yang terbentuk di dominasi dari hasil proses vulkanisme pembentukan gunung api. Setelah dilakukan verifikasi dengan data permeabilitas batuan dari hasil uji laboratorium menunjukkan daerah yang bersesuaian dan yang tidak bersesuaian, daerah bersesuaian sekitar 60,42% antara peta FFD dengan peta isopermeabiliti dan daerah yang tidak bersesuaian sekitar 39,58%. Persentasi zona bersesuaian antara nilai densitas kelurusan dengan nilai permeabilitas meningkat pada orientasi arah penarikan kelurusan timur laut – barat daya. Setelah dilakukan analisis terhadap proses terbentuknya kelurusan terbentuk diakibatkan oleh proses tektonik, proses tektonik tersebut mengakibatkan batuan vulkanik daerah penelitian terdeformasi. Deformasi tersebut dihasilkan dari proses tektonik yang menghasilkan sesar cismendiri, karakteristik sesar cismendiri yang memiliki arah timur laut-barat daya memiliki orientasi yang sama.

Penentuan zona resapan optimal menggunakan metode skoring dan pembobotan nilai permeabilitas dan nilai *fault fracture*

density pada setiap zona yang terdapat pada wilayah penelitian hasil dari zona yang telah ada menggunakan metode overlay dapat disederhanakan menjadi beberapa zona dengan klasifikasi yang berbeda, Berdasarkan hasil skoring 8 zona overlay sebelumnya dapat disederhanakan menjadi 5 zona dengan kategori yang berbeda, terdapat kategori sangat baik, baik, cukup baik, kurang baik, sangat kurang, 5 zona yang dihasilkan menjelaskan kemampuan batuan untuk meloloskan fluida yang optimal hingga kurang optimal dibandingkan zona-zona lainnya, Pada zona resapan optimal terdapat pada zona biru bagian timur atau hilir setelah mempertimbangkan faktor geologi seperti kemiringan lereng dan satuan batuan hasil dari uji permeabilitas sebelumnya, bagian timur zona biru di dominasi oleh satuan breksi piroklastik dan kemiringan lereng landai.

Saran untuk penelitian berikutnya untuk lebih meningkatkan nilai kesesuaian melalui proses validasi peta densitas kelurusan dan peta isopermeabilitas hingga mencapai nilai maksimal, teknik pengambilan sampel yang akan diuji juga disesuaikan dan lebih diperhatikan. Penelitian berikutnya diharapkan lebih detail tentang aspek geomorfologi sebagai salah satu parameter menentukan zona resapan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesaikannya artikel ilmiah ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Hendarmawan, M.Sc dan Bapak Dr. T.Y.W Muda Iskandarsyah sebagai pembimbing utama dan pembimbing pendamping penulis yang telah membimbing penulis dalam menyusun penelitian untuk artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal), 1999. *Peta Rupabumi Digital Indonesia lembar Cugenang 1209-213.*, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, Bogor.
- Anonim. 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia: Bandung
- Bronto, Sutikno dan Hartono. 2006. *Stratigrafi Gunungapi daerah Bandung Selatan, Jawa Barat*. Jurnal Geologi Indonesia. Vol. 1 No. 2 Juni 2006, p 89-101
- Bronto, Sutikno. 2013. *Geologi Gunung Api Purba*. Badan Geologi: Bandung
- Dam, M.A.C.. 1996. *The Late Quaternary Evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia*. Doctoral Thesis Vrije Universiteit: Amsterdam
- Haryanto, Iyan. 2003. *Geologi Struktur*. Laboratorium Geologi Struktur: Jatinangor
- Schmidt, R. 1981. *Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragmen: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcomission on the Systematic of Igneous Rocks*. Geology. The Geological Society of America. Boulder. Vol.9, p.41-43
- Sudjarmiko. 1972. *Peta Geologi Lembar Cianjur, Jawa Barat, Skala 1:100.000*. Direktorat Geologi: Bandung
- Situmorang. 1992. *Peta Geologi Gunung Gede Cianjur, Jawa Barat, Skala 1:100.000*. Direktorat Geologi, PVMBG: Bandung
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia, Volume I A. The Hague Martinus Nijhoff: Netherland*

- Van Zuidam, R. A. 1985. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smits Publishers The Hague Netherlands. 442 h
- Fischer, Richard.V..1984. *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Tokyo
- Helmi,F dan Haryanto, I. 2008. Pola Struktur Regional Jawabarat.Bulletin of scientific contribution vol 6, 57-66. Universitas Padjajaran.Jatinangor.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996., *Sandi Stratigrafi Indonesia*, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, 25 h.
- Martodjojo, S., dan Djuhaeni, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*, Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Pettijohn, F.J, 1987, *Sedimentary Rocks*, Harper and Row Publisher Inc., New York
- Standar Nasional Indonesia, SNI. 13-4691-1998. Penyusunan Peta Geologi. Badan Standardisasi Nasional_BSN.
- American Society of Testing and Materials (ASTM). 2003. *Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter (ASTM D5084 – 03)*. West Conshohocken: ASTM International
- Das, Braja. M, Endah, N, dan Mochtar, I.B. 1995. *Mekanika Tanah* (PrinsipPrinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I. Jakarta: Erlangga
- Hanif, A. E. P, dkk. 2015. *Studi Daerah Resapan Dan Desain Artificial Recharge Daerah Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat*. Seminar Nasional Ke-II Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
- Ismawan, dkk. 2013. *Peran sesar terhadap karakter dan arah aliran airtanah pada endapan volkanik di lereng t enggara G. Gede, Kabupaten Cianjur, JawaBarat*. Bulletin of Scientific Contribution, 11 (1), 29 – 44.
- Nugroho, S. 2008. *Dasar – Dasar Metode Statistika*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia
- Pasaribu, M., Mudiana, W., & Sunarya, Y. 1998. *Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar Cianjur 1209 – 2*. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung
- Suryantini & Wibowo, H. H. 2010. *Application of Fault and Fracture Density (FFD) Method for Geothermal Exploration in Non-Volcanic Geothermal System; a Case Study in Sulawesi-Indonesia*. Proceedings World Geothermal Congress