

## **KUALITAS AIR PADA PUNCAK MUSIM KEMARAU DI DAERAH RAWA DANAU KABUPATEN SERANG**

### ***WATER QUALITY AT THE PEAK OF DRY SEASON AT RAWA DANAU SERANG REGENCY***

**Priyo Hartanto<sup>1,2</sup>, Robert M. Delinom<sup>2</sup>, dan Hendarmawan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Pasca Sarjana Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

<sup>2</sup> Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

<sup>3</sup> Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

**ABSTRAK** Rawa Danau Serang merupakan rawa pegunungan yang menjadi andalan pemasok air di kawasan industri Cilegon dan sekitarnya. Selain air hujan, pasokan air ke Rawa Danau juga berasal dari mataair gunungapi di sekitarnya. Sumber air yang ada terdiri mataair, mataair panas, sumur gali, sumur bor dan sungai. Percampuran beragam sumber air tersebut dapat mempengaruhi kualitas air Rawa Danau, sehingga penelitian kondisi fisika dan kimia air menjadi penting untuk dilakukan. Pada puncak musim kemarau, air di daerah penelitian cenderung bersifat asam dengan pH air berkisar 5,7-7,65. Hasil pengukuran dan analisis kimia air menggunakan AAS dan turbidimeter menunjukkan bahwa secara keseluruhan, air masih memenuhi syarat untuk digunakan sesuai dengan peruntukannya. Analisis hidrogeokimia menggunakan diagram Piper menunjukkan bahwa type air dominan adalah Ca+Mg-HCO<sub>3</sub>.

**Kata kunci:** Rawa Danau, kualitas air, hidrogeokimia, kemarau, diagram piper.

**ABSTRACT** Rawa Danau Serang, which is a wetland in the mountain area, is the primary source of water for Cilegon and surrounding areas. Besides the precipitation, the main source of water in Rawa Danau is the mountain springs. The other water sources include springs, hot springs, dug wells, boreholes, and rivers. The mixture of those various sources of water might affect the quality of water. Therefore, a study on the chemical and physical properties of the water is essential. We measured the water condition in the dry season to analyze the worst-case scenario of minimal rain. At the peak of dry season, water in the study area was acidic with pH ranging from 5.7 to 7.65. The results of chemical analysis of water using AAS and turbidimeter have indicated that, as a whole, the water from Rawa Danau was still meet the requirements for domestic use. Hydro-geochemical analysis using the Piper diagram has indicated that the type water is Ca + Mg- HCO<sub>3</sub>.

**Keywords:** Rawa Danau, water quality, hydrogeochemical, dry season, piper diagram.

#### **PENDAHULUAN**

Rawa Danau yang terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cidanau memiliki peran penting dalam mencukupi pemenuhan kebutuhan air industri dan rumah tangga di Serang dan Cilegon. Paling tidak lebih dari 100 perusahaan yg bergantung dengan air yang ada di DAS Cidanau (Krakatau Tirta Industri, 2018). Ketersediaan air baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya atau salah satunya terganggu, akan menjadi faktor penghambat dalam pertumbuhan ekonomi setempat. Untuk mencukupi kebutuhan air Kota Cilegon, air Rawa Danau sebelumnya ditampung sementara di Waduk Nadra Krenceng untuk dimonitor yang kemudian dialirkan melalui pipa sepanjang 27,8 km (Priyanto dan Titiresmi, 2006).

---

Naskah masuk : 21 Februari 2019

Naskah direvisi : 15 April 2019

Naskah diterima : 15 Mei 2019

---

Priyo Hartanto  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Email : priyo02@lipi.go.id

Kekurangan air adalah salah satu faktor penghambat dalam pembangunan sosial ekonomi dan ekologi serta lingkungan. Ketersediaan dan penilaian kualitas air adalah dasar dari evaluasi dan pengelolaan sumber daya air setempat. Pasokan air ke Rawa Danau berasal dari sungai, mataair yang mengalir dan bermuara di Rawa Danau. Percampuran air yang berasal dari mataair panas dan mataair dingin di Rawa Danau memberikan kontribusi terhadap kondisi kualitas air di daerah ini. Kualitas air selain dipengaruhi oleh litologi juga disebabkan faktor antropogenik (Özler, 2000; Mattas et al., 2007; Arumugam and Elangovan, 2009). Air minum sebagai kebutuhan dasar bagi setiap warga untuk mempertahankan kehidupan perlu mendapatkan pasokan yang cukup dan memenuhi persyaratan. Airtanah telah menjadi sumber utama untuk pemenuhan kebutuhan di banyak negara baik untuk sektor rumah tangga, industri, dan pertanian (Garg et al., 2009; Fu et al., 2014). Oleh karena itu, evaluasi sumber daya airtanah untuk pembangunan membutuhkan pemahaman tentang sifat hidrogeologis dan hidrokimia dari akuifer.

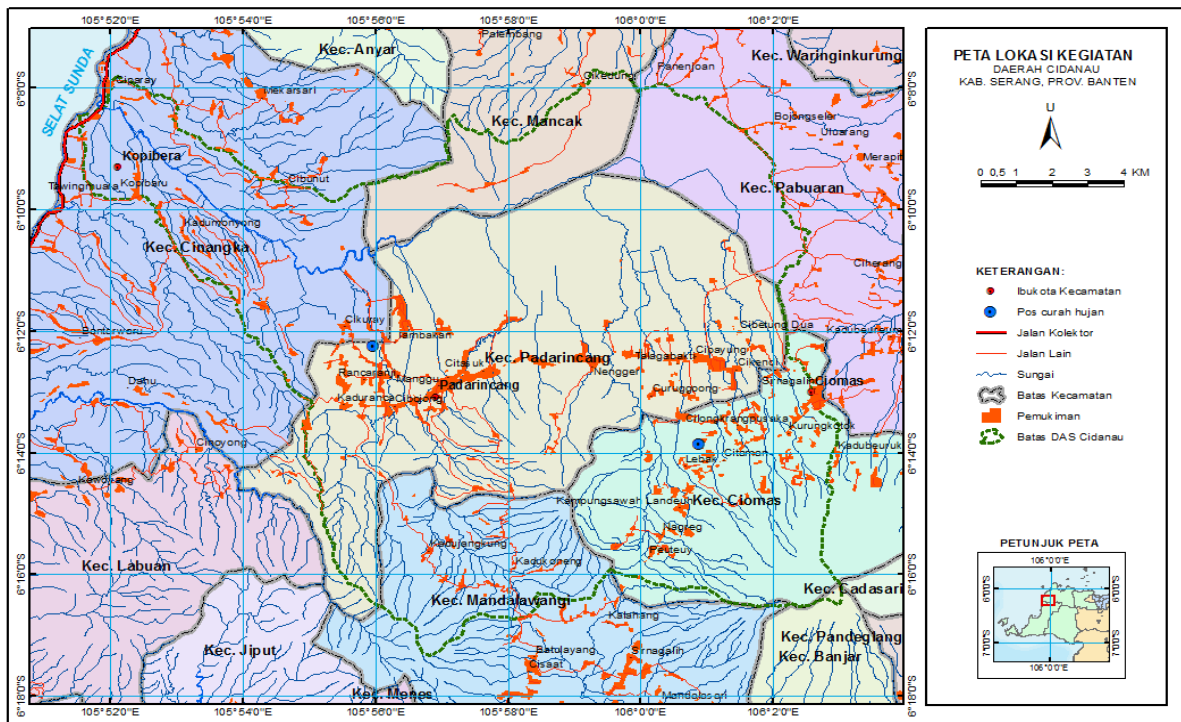
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas air dari berbagai sumber air yang ada

berdasarkan major ion yang terkandung, sehingga dapat memberikan gambaran asal mula air Rawa Danau sepanjang tahun untuk keperluan pemenuhan kebutuhan kawasan Cilegon. Penelitian lapangan dilakukan pada bulan September setelah melewati puncak musim kemarau bulan Agustus, sehingga kualitas air belum banyak dipengaruhi air hujan.

### LOKASI PENELITIAN

Kawasan Cagar Alam Rawa Danau merupakan rawa pegunungan yang berada di DAS Cidanau, terletak pada ketinggian 91 meter di atas permukaan air laut yang bermuara di Selat Sunda. Luas Rawa Danau lebih kurang 2.500 Ha dengan area genangan sekitar 1.300 Ha yang berfungsi untuk irigasi dan penyimpanan air (BPS Banten, 2015). Secara administratif Rawa Danau terletak di Kecamatan Padarincang, Kecamatan Cinangka, Kecamatan Mancak, Kecamatan Pabuaran, Kecamatan Ciomas Kabupaten Serang. Secara geografi daerah penelitian terletak pada koordinat antara 06° 07' 10" - 06° 19' 10" LS dan 105° 51' 30" - 106° 03' 00" BT (Gambar 1).

Daerah tangkapan (*catchment area*) sisi selatan terdapat Gunung Parakasak (990 meter dpl),



Gambar 1. Peta lokasi penelitian daerah Cidanau

Gunung Karang (1739 meter dpal), Gunung Asepun (1081 meter dpal). Sedangkan sisi utara terdapat Gunung Gede (741 meter dpal) dan Gunung Kupak (361 meter dpal) di sisi timur DAS.

**METODE**

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan data parameter fisik air meliputi temperatur, daya hantar listrik (DHL) dan pH menggunakan *Water Checker Toac* yang diukur langsung di lapangan. Pengumpulan dilakukan pada bulan September setelah melewati puncak musim kemarau yang terjadi pada bulan Agustus. Pengukuran dilakukan terhadap mataair (panas dan dingin), sumur gali, sumur bor dan sungai. Selain dilakukan pengukuran di lapangan, beberapa diambil untuk dianalisis di laboratorium Air Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI di Bandung. Sampel air diambil dan dimasukkan dalam botol jenis *polyetilen* 500 ml. Analisis unsur utama kimia air (*ion major*) meliputi natrium (Na<sup>+</sup>), kalium (K<sup>+</sup>), kalsium (Ca<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), klorida (Cl<sup>-</sup>), dan bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dengan ketentuan seperti pada *Standard Method 21* (APHA, 2005). Metode yang digunakan untuk analisa Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> adalah spektrofotometri serapan atom (AAS). Analisa

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dengan metode turbidimetri, Cl<sup>-</sup> secara titrimetri argentometri. Sedangkan analisa HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dengan metode titrimetri asam basa segera setelah diambil dari lapangan. Analisa kimia air dilakukan untuk mengetahui tingkat kelarutan ion dalam air, baik kation (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>) dan anion (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Untuk mengetahui tipe air di daerah penelitian dengan syarat kesetimbangan ion (*ion balance error*) kesalahan kurang dari 5% (Freeze & Cherry, 1979), perhitungan kesalahan menggunakan persamaan 1:

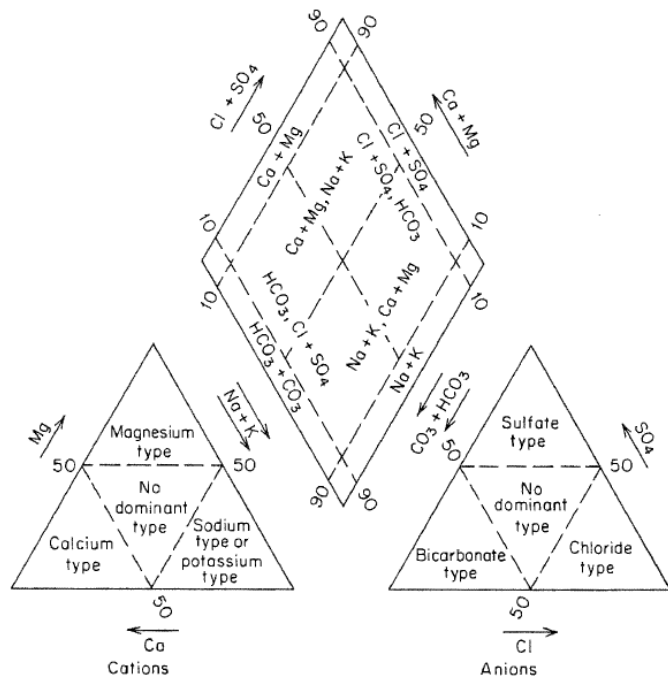
$$Kesalahan = \frac{\Sigma Kation - \Sigma Anion}{\Sigma Kation + \Sigma Anion} 100\% \dots\dots (1)$$

Untuk menghitung kesalahan (*charge-balance error*) tersebut dari hasil analisis yang awalnya milligram per liter (mg/L) harus diubah menjadi miliekuivalen per liter (meq/L). Konversi satuan dari mg/L menjadi meq/L menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3.

$$meq/L = \text{miligram ion} / \text{berat ekuivalen} \dots\dots (2)$$

$$\text{berat ekuivalen} = \text{berat molekul} / \text{valensi ion} \dots (3)$$

Hasil analisis, untuk memahami evolusi geokimia dapat dilihat dari kandungan utama kation dan



Gambar 2. Diagram klasifikasi untuk fasies anion dan kation berdasar persentase unsur utama. (Freeze dan Cherry, 1979).

anion dalam diagram Piper (Piper, 1944; Freeze & Cherry, 1979) seperti pada Gambar 2.

Penafsiran genesa juga dilakukan dengan menggunakan diagram Stiff, dengan penempatan data antara anion disumbu kanan X dan kation disumbu kiri. Masing-masing kation dan anion dibuat berpasangan ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  dengan  $\text{Cl}^-$ ); ( $\text{Ca}^{2+}$  dengan  $\text{HCO}_3^-$ ) dan ( $\text{Mg}^{2+}$  dengan  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Penggunaan diagram Stiff ini dapat secara cepat dalam menentukan tipe air.

Data curah hujan diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Cidurian-Ciujung (BBWS C3 Kota Serang) khususnya pada stasiun penakar hujan Parigi dan Ciomas. Data yang ada adalah rata-rata curah hujan bulanan dan hari hujan antara tahun 1996 sampai 2014.

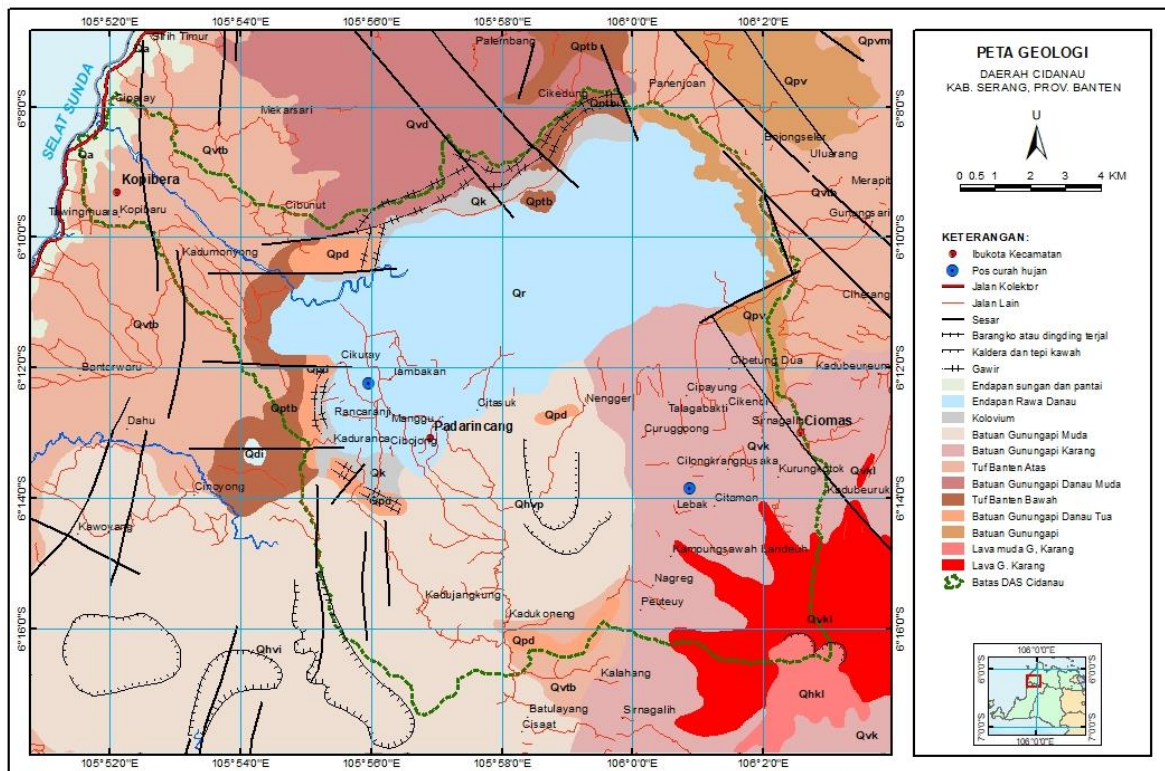
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geologi daerah penelitian

Geologi daerah Cidanau berdasarkan Santosa (1991) dan Rusmana, et al. (1991) disusun atas hasil batuan gunung berapi dan alluvium. Peta geologi daerah penelitian disajikan pada Gambar 3.

Secara litostratigrafi tersusun atas Endapan Rawa Danau (Qr) yang terdiri dari kerikil, pasir

lempung, lumpur dan kerakal batuapung yang menempati sekitar daerah genangan Rawa Danau. Hasil pengamatan lapangan membuktikan bahwa wilayah yang ditempati endapan ini cenderung menjadi daerah genangan, sehingga air yang ada lambat untuk meresap kedalam tanah. Endapan Kolvium (Qk) yang berupa reruntuhan, talus, dan urugan hasil reruntuhan gunungapi, umumnya menempati lereng sisi utara dan selatan gawir. Dari pengamatan lapangan pada tekuk lereng menjadi tempat munculnya mataair. Di lereng sebelah utara Rawa Danau muncul beberapa mataair panas, sedangkan lereng sebelah selatan Rawa Danau banyak bermunculan mataair dingin. Selanjutnya berupa Endapan Tufa Banten Atas (Qvtb) yang terdiri atas tuf, tuf batuapung dan tuf pasiran (di bagian atas) dan tuf hablur, tuf lapili berbatuapung, tuf kaca dan sisipan tuf lempungan. Endapan Batuan Gunungapi Danau Muda (Qvd) berupa lava aliran bersusun andesit atau basal terkekarkan, breksi gunungapi dan tuf. Endapan Batuan Gunungapi Danau Tua (Qpd) yang terdiri atas lava aliran bersusun andesit atau basal terkekarkan, breksi gunungapi dan tuf. Endapan Batuan Gunungapi Muda (Qhv) terdiri breksi gunungapi, lava, tuf, aliran lahar dan hasil letusan gunungapi lainnya (Gunung Aseupan, Gunung Parakasak). Kemunculan air yang berupa



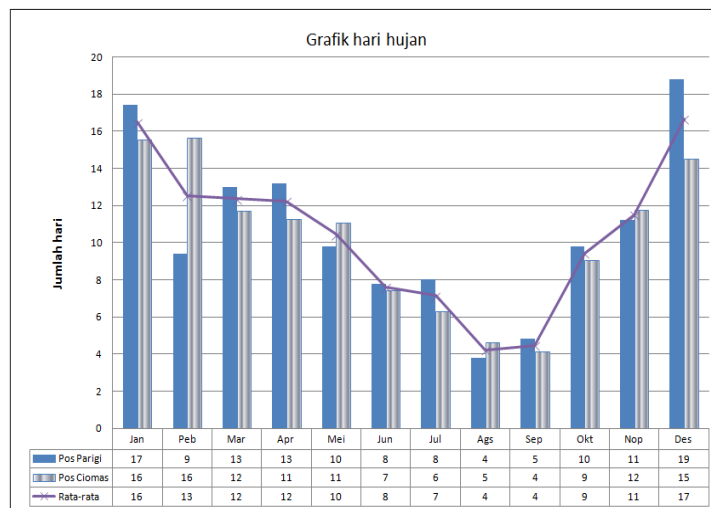
Gambar 3. Peta geologi daerah Cidanau (berdasar Santosa (1991) dan Rusmana, et al. (1991)).

rembesan air (*seepage water*) pada satuan batuan ini keluar diantara lapisan pengendapan. Wilayah ini berdasarkan produktivitas dan keluaran air dapat dibagi menjadi empat sistem (Sudibyo, 1995 dan Suryaman, 1999). Masing-masing meliputi: 1) produktivitas akuifer kecil, 2) akuifer setempat produktif dengan luah beragam dan muka airtanahnya dalam, 3) produktivitas akuifer sedang dengan keterdapatannya umumnya dalam, luah beragam dan 4) daerah airtanah langka.

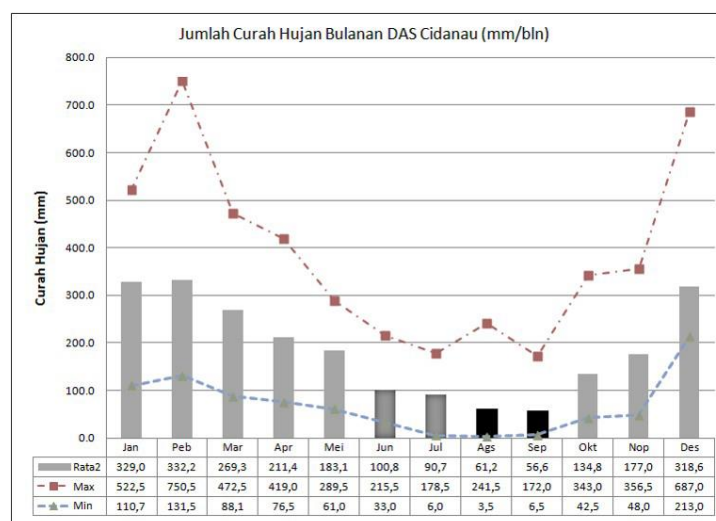
**Klimatologi**

Data curah hujan diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Cidanau-Cidurian-Ciujung (BBWS-C3 Kota Serang), khususnya pos pengamatan Parigi dan Ciomas menunjukkan hari

hujan di daerah penelitian terjadi sepanjang bulan. Jumlah hari hujan diatas 10 hari/bulan terjadi antara Nopember sampai Mei. Hari hujan minimal terjadi pada bulan Agustus dan September dimana dalam satu bulan terjadi hujan kurang dari 5 hari. Jumlah rata-rata hari hujan bulanan terlihat seperti pada Gambar 4. Intensitas rata-rata curah hujan bulan Agustus sebesar 61,2 mm/bulan sedangkan bulan September 56,6 mm/bulan. Curah hujan rata-rata bulanan yang tercatat diatas 200 mm/bulan kecuali antara bulan Mei cenderung turun sampai bulan Oktober (Gambar 5). Data yang tercatat antara tahun 1996 sampai 2014 menunjukkan bahwa intensitas curah hujan bulanan diatas 200 mm/bulan dimana bulan Mei intensitas cenderung turun dan akan naik dimulai



Gambar 4. Jumlah hari hujan bulanan Pos Parigi Padarincang.



Gambar 5. Jumlah curah hujan bulanan di DAS Cidanau (dalam mm/bulan).

Tabel 1. Data lapangan sampel air.

Kode	Sta. Id	Lat	Lon	Elev (m)	Waktu Sampling	pH	DHL (µS/cm)	Sal (%)	T (°C)	d (-m)	Ket
RD.5.01	1R	105,87116	-6,14287	23,1	11/09/2018 09:05	7,65	222	0,01	27,7		
RD.5.02	2R	105,90737	-6,19518	225,2	11/09/2018 09:56	7,11	64	0,00	26,2		
RD.5.03	3W	105,92830	-6,18691	97,6	11/09/2018 10:32	6,16	262	0,01	26,8	2,8	D
RD.5.04	4W	105,92701	-6,18615	93,8	11/09/2018 11:06	6,00	269	0,01	29,7	5,5	DW
RD.5.05	5W	105,92730	-6,18602	100,9	11/09/2018 11:16	6,69	473	0,02	27,7	3,9	D
RD.5.06	6S	105,92382	-6,17715	121,5	11/09/2018 11:51	6,49	210	0,01	30,4		
RD.5.07	7S	105,92399	-6,17737	98,8	11/09/2018 12:03	6,75	1240	0,06	42,6		
RD.5.08	8S	105,91634	-6,17638	107,3	11/09/2018 12:40	6,50	187	0,01	23,6		
RD.5.09	9S	105,91817	-6,17671	108,9	11/09/2018 12:52	7,26	179	0,01	27,2		
RD.5.10	10S	105,92242	-6,17710	111,5	11/09/2018 13:11	6,43	221	0,01	29,5		
RD.5.11	11S	105,92513	-6,17765	98,5	11/09/2018 13:27	6,78	1298	0,06	44,0		
RD.5.12	12S	105,92608	-6,17735	122,6	11/09/2018 13:35	6,88	1760	0,09	41,4		
RD.5.13	13S	105,92511	-6,17975	117,3	11/09/2018 13:57	6,62	2410	0,12	41,3		
RD.5.14	14W	105,92511	-6,17975	117,3	11/09/2018 14:06	6,76	505	0,02	27,2	5	D
RD.5.15	15R	105,92542	-6,18144	113,1	11/09/2018 14:25	6,93	239	0,01	29,2		
RD.5.16	16W	105,92731	-6,18452	100,7	11/09/2018 14:47	6,69	612	0,03	30,5	-	DW
RD.5.17	17W	105,92565	-6,18265	100,9	11/09/2018 15:00	6,63	1576	0,08	31,2	24	DW
RD.5.18	18W	105,92532	-6,18280	101,2	11/09/2018 15:07	6,61	1402	0,07	31,0	-	DW
RD.5.19	19R	105,92989	-6,23724	296,5	12/09/2018 09:10	7,56	97	0,00	23,5		
RD.5.20	20S	105,92973	-6,23740	283,2	12/09/2018 09:29	5,95	116	0,01	25,1		
RD.5.21	21R	105,92549	-6,23603	227,6	12/09/2018 09:54	7,10	73	0,00	25,0		
RD.5.22	22S	105,92931	-6,23275	187,5	12/09/2018 10:15	6,11	46	0,00	25,3		
RD.5.23	23S	105,95114	-6,21850	114,3	12/09/2018 11:01	6,55	140	0,01	27,6		
RD.5.24	24R	105,95104	-6,21676	104,1	12/09/2018 11:28	7,21	141	0,01	27,7		
RD.5.25	25S	105,96468	-6,21084	115,9	12/09/2018 11:44	5,70	169	0,01	27,7		
RD.5.26	26S	105,96749	-6,20884	110,1	12/09/2018 11:56	5,84	170	0,01	27,9		
RD.5.27	27S	105,99757	-6,20365	132,5	12/09/2018 13:24	6,22	151	0,01	25,8		
RD.5.28	28R	105,99255	-6,20648	145,6	12/09/2018 13:57	7,61	159	0,01	29,7		
RD.5.29	29S	105,97797	-6,20837	117,6	12/09/2018 14:11	7,27	1155	0,06	49,1		
RD.5.30	30S	105,97302	-6,20639	100,2	12/09/2018 14:25	6,33	4340	0,22	52,7		
RD.5.31	31S	105,97406	-6,20554	107,3	12/09/2018 14:33	6,32	3860	0,20	49,7		
RD.5.32	32S	105,97336	-6,20597	114,9	12/09/2018 14:48	6,43	2790	0,14	42,4		
RD.5.33	33S	105,96900	-6,20700	109,4	12/09/2018 15:05	6,48	2850	0,14	51,8		

Keterangan:

Elev = elevasi (dpal)	d = kedalaman	R = sungai
DHL = daya hantar listrik	D = sumur gali	W = sumur
Sal = salinitas	DW = sumur bor	S = mataair

bulan Oktober, musim hujan terjadi pada bulan Nopember sampai bulan Mei. Rata-rata puncak kemarau di daerah penelitian terjadi pada bulan Agustus-September seperti pada Gambar 5 yang nampak mulai turun intensitas curah hujannya sejak bulan Mei. Total curah hujan rata-rata tahunan di daerah penelitian mencapai 2806 mm/tahun.

Untuk menentukan bulan basah, bulan lembab dan kering didasarkan pada curah hujan (Schmidt dan Ferguson dalam Dubois et al., 2014). Dikatakan bulan basah apabila jumlah curah hujan lebih dari 100 mm/bulan, bulan lembab jumlah curah hujan

antara 60-100 mm/bulan dan bulan kering jumlah curah hujan kurang dari 60 mm/bulan.

**Kualitas Air**

Jumlah sampel air yang diamati ada 33 titik lokasi yang terdiri dari mataair, sumur gali, sumur bor dan sungai. Pengukuran dan pengambilan sampel air didapatkan pada daerah dengan elevasi antara 93,8 sampai 296,5 meter diatas permukaan air laut. Sebanyak 29 sampel diantaranya diambil untuk dianalisa di laboratorium. Hasil pengukuran dan data lapangan disajikan pada Tabel 1 sedangkan lokasi pengamatan dan pengambilan samepl air seperti pada Gambar 6. Atas dasar

pengamatan dan pengambilan, masing-masing dapat diuraikan berdasar atas sumbernya.

**Air sumur**

Telah diukur sebanyak 4 titik lokasi sumur bor (DW) dan 3 titik pengamatan sumur gali (D) (Tabel 1). Temperatur sumur bor antara 29,7 sampai 31,2 °C dengan pH 6 sampai 6,69 dan DHL sumur bor yang dijumpai antara 269 sampai 1576 μS/cm dengan salinitas 0,01 sampai 0,08 %. Sementara sebanyak 3 titik lokasi sumur gali telah diamati dengan temperatur antara 26,8 sampai 27,7 °C. Air memiliki keasaman pH 6,16 sampai 6,76 dan salinitas 0,01 sampai 0,02% dengan DHL antara 262 sampai 505 μS/cm. Meski sedikit berbeda, air dari sumur bor DHL dan pH cenderung lebih tinggi dibanding dengan sumur gali. Nilai DHL sumur bor dalam antara 1402 - 1576 μS/cm dengan salinitas 0,07 - 0,08 %, air kemungkinan sudah berinteraksi dengan batuan yang dilalui dan telah mengalir dalam akuifer dalam waktu yang lebih lama. Lokasi RD5.16 dan RD5.17 terletak di dataran Rawa Danau dan merupakan daerah genangan pada musim hujan, namun sumur bor yang dijumpai berupa air mengalir (*flowing*). Kondisi ini mencerminkan air

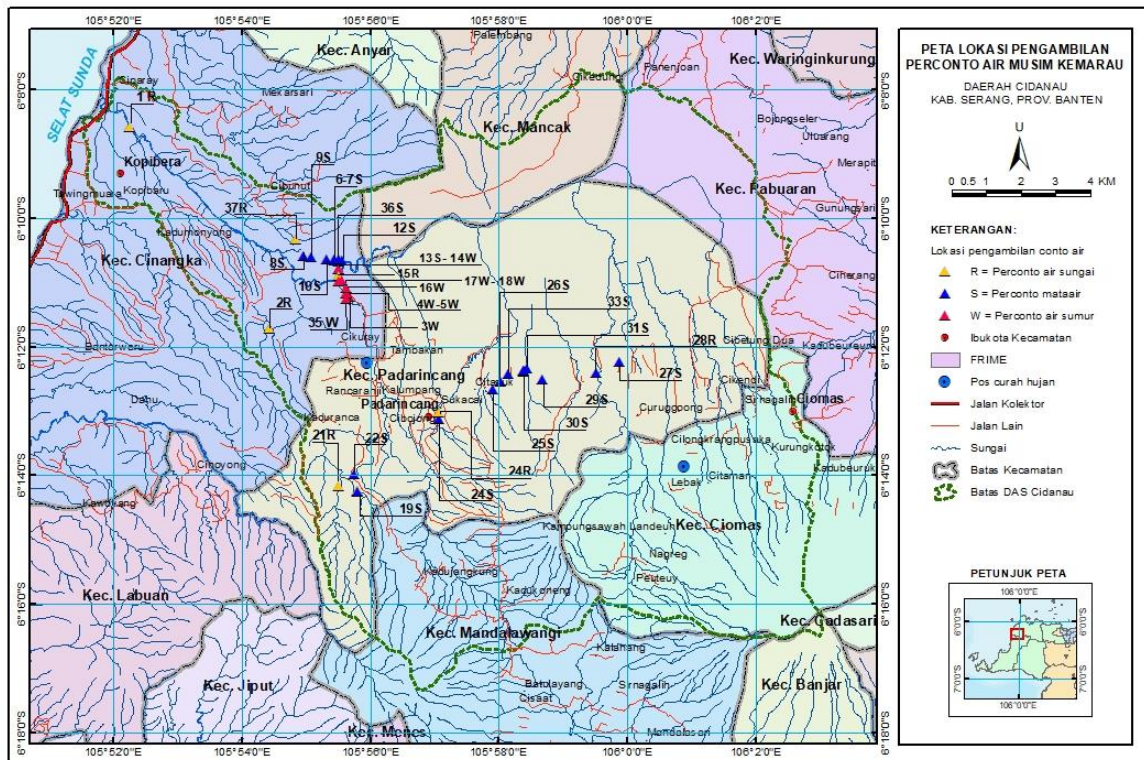
formasi sudah mengalami pengayaan unsur sehingga memiliki DHL yang tinggi.

**Air sungai**

Telah diukur dan diamati sebanyak 7 titik lokasi sungai, yaitu Sungai Cisuwarna, Sungai Cileep, Sungai Citaman, Sungai Cikotok, Sungai Cibojong dan *outlet* Sungai Cidanau. Temperatur air sungai terukur antara 23,5 sampai 29,7 °C, cenderung bersifat ke basa dengan pH >7 dan DHL antara 64 sampai 239 μS/cm, salinitas terukur di lapangan dari 0 sampai 0,01% (Tabel 1). Tingginya nilai pH membuktikan bahwa air telah mengalir dan mengalami pengenceran kandungan gas CO<sub>2</sub> dalam air selain penambahan konsentrasi karbonat selama transportasi dan dekomposisi bahan organik di perairan (Appelo & Postma, 2005).

**Mataair**

Di daerah penelitian dijumpai 2 jenis mataair yaitu dingin dan panas. Mataair yang diukur terdiri 10 lokasi mataair dingin (MAD) dan 9 lokasi mataair panas (MAP) (Tabel 1). Temperatur MAP berkisar antara 41,3 sampai 52,7 °C dengan DHL antara 1155 sampai 4340 μS/cm. Tingginya nilai



Gambar 6. Peta Lokasi pengambilan sampel air.

DHL menunjukkan bahwa kandungan mineral lebih banyak dan adanya pelarutan mineral kedalam air. Hasil pengukuran daya hantar listrik memberikan indikasi konsentrasi ion, oleh karena itu ketika konsentrasi ion meningkat akan diiringi oleh nilai hantar listriknya (Delinom, 2009). Air umumnya bersifat netral dengan pH berkisar 6,32 sampai 7,27 dan salinitas terukur di lapangan antara 0,06 sampai 0,22%. MAP di sebelah utara Sungai Cidanau dijumpai mengalir pada tekuk lereng terjal yang berdekatan dengan pemunculan MAD, sedangkan MAP di selatan Sungai Cidanau dijumpai pada dataran. Ada 9 titik lokasi MAD yang dijumpai dengan temperatur antara 23,6 sampai 30,4 °C, cenderung bersifat asam dengan pH antara 5,70 sampai 7,26. MAD yang dijumpai memiliki DHL antara 46 sampai 221 µS/cm

dengan salinitas antara 0 – 0,01%. Sifat keasaman air MAD ini mencerminkan bahwa air telah berinteraksi dengan batuan produk gunungapi yang banyak mengandung Ca-plagioklas. Di daerah penelitian MAD yang bersifat asam air yang mengalir biasa dijumpai berdekatan dengan MAP.

**Fasies hidrokimia**

Menurut Freeze dan Cherry (1979) fasies hidrokimia merupakan satuan yang dapat diidentifikasi dan memiliki sifat yang berbeda berdasarkan konsentrasi kation dan anion dan dapat dijelaskan dalam komposisi tertentu. Analisis hidrokimia dari penelitian ini untuk mengungkap kualitas dan tipe air berdasar urutan kelimpahan unsur utama dari kation dan anion.

Tabel 2. Hasil analisis hidrokimia sampel air.

Sta. id	pH	T (°C)	Cond (µS/cm)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	σ %	Water_Type
1R	7,65	27,7	222,0	18,02	4,572	5,8368	18,4	27,55	3,36	97,5	-3,08	Ca-Na-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
2R	7,11	26,2	63,9	8,12	2,717	2,9456	8	8,26	2,16	52,7	-3,51	Ca-Na-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
3W	6,16	26,8	262,0	9,785	0,563	8,9984	28,4	17,91	3,147	139,66	-4,80	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
4W	6,00	29,7	269,0	11,608	1,242	5,5936	26,8	28,92	11,666	92,23	-4,81	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
5W	6,69	27,7	473,0	16,125	6,943	8,2688	57,2	34,44	14,895	208,18	-3,08	Ca-HCO <sub>3</sub> -Cl
6S	6,49	30,4	210,0	7,492	4,364	10,296	30,2	37,19	2,275	115,95	-3,54	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
7S	6,75	42,6	1240,0	32,175	15,417	20,672	30	80	2,525	191,06	-4,30	Mg-Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
8S	6,50	23,6	187,0	5,874	3,55	8,3232	18,8	11,02	2,356	110,68	-4,94	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
10S	6,43	29,5	221,0	6,953	4,568	8,2688	22,2	12,4	2,587	123,85	-4,87	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
11S	6,78	44,0	1298,0	54,184	32,241	36,9696	70,2	123	2,169	405,82	-2,21	Mg-Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
12S	6,88	41,4	1760,0	60,691	56,608	69,184	74,8	179	2,284	585,01	-4,16	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub> -Cl
13S	6,62	41,3	2410,0	86,704	42,988	86,6688	102,8	298	2,649	624,68	-4,37	Mg-Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
14W	6,76	27,2	505,0	12,618	6,739	21,376	49	63,36	3,538	213,35	-4,21	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
15R	6,93	29,2	239,0	6,953	4,5	7,8368	24,2	27,55	2,809	100,14	-4,36	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
16W	6,69	30,5	612,0	38,65	18,115	46,8336	62,2	38,57	3,111	542,99	-4,96	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
17W	6,63	31,2	1576,0	60,073	16,572	64,1024	70,6	192	2,854	373,32	-4,60	Mg-Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
19R	7,56	23,5	96,7	1,141	1,514	4,4048	16,2	8,26	2,064	65,88	-3,69	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
20S	5,95	25,1	115,9	2,097	2,939	4,648	16,4	11,02	2,516	68,51	-4,17	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
21R	7,10	25,0	73,2	1,689	1,649	3,6752	11,4	8,26	2,275	47,43	-3,46	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
22S	6,11	25,3	46,4	1,25	1,107	2,4592	9,4	6,89	2,364	34,26	-3,27	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
23S	6,55	27,6	139,5	2,772	2,803	5,3504	10,8	9,64	2,96	45,26	4,28	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
24R	7,21	27,7	141,0	2,502	2,599	6,1072	15,8	8,26	3,209	79,06	-9,34*	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
25S	5,70	27,7	168,9	5,065	6,943	4,1616	15,2	16,53	8,412	60,61	-4,34	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
26S	5,84	27,9	170,4	4,125	3,889	5,864	17,2	8,26	3,583	73,66	-4,55	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
27S	6,22	25,8	151,4	3,311	3,346	5,864	15,6	11,02	5,006	61,15	-4,87	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
28R	7,61	29,7	158,8	3,715	2,532	5,864	13,6	11,02	5,957	57,88	-4,65	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
29S	7,27	49,1	1155,0	36,622	25,938	28,456	55,8	68,87	14,21	288,39	-4,05	Ca-Mg-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
31S	6,32	49,7	3860,0	212,249	102,432	78,6416	116,8	771	9,683	214,6	-4,74	Na-Mg-Ca-Cl
33S	6,48	51,8	2850,0	147,831	67,324	40,2384	70,6	376	6,251	232,58	-4,84	Na-Ca-Mg-Cl-HCO <sub>3</sub>

**Keterangan:**

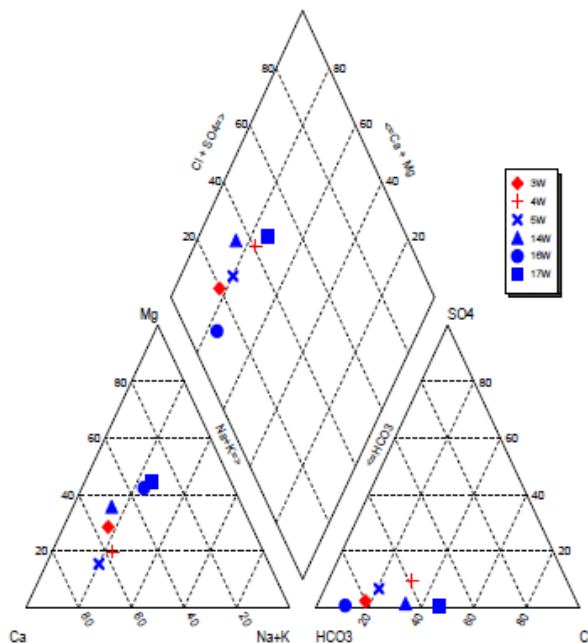
R = sampel air sungai  
W = sampel air sumur

S = sampel mataair  
σ = kesalahan (*charge-balance error*)



Untuk itu telah diukur sebanyak 33 pengukuran di lapangan (Tabel 1) dan 29 sampel diantaranya dianalisis di laboratorium seperti disajikan pada Tabel 2. Fasies hidrokimia diidentifikasi menggunakan diagram piper trilinear untuk melihat tipe airtanah dan ion-ion dominan dalam airtanah.

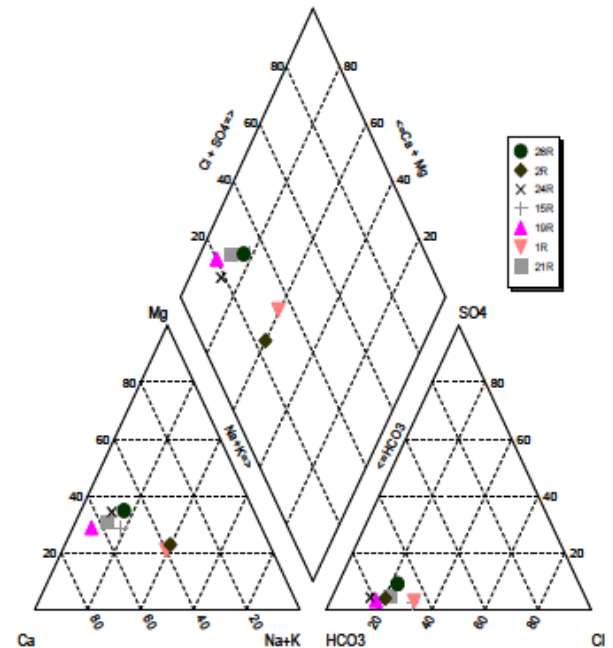
Dari 7 lokasi yang diukur, 6 sampel diantaranya dianalisa kation-anionnya. Hasil analisa air sumur, kation dominan adalah Ca serta dua diantaranya yaitu sumur bor dalam yang *flowing* dimana kation tidak ada yang dominan. Sedangkan anion dominan adalah HCO<sub>3</sub>, seperti ditunjukkan Tabel 3 dan Gambar 7. Konsentrasi kalsium (Ca<sup>2+</sup>) antara 26,8 – 70,6 mg/l, konsentrasi HCO<sub>3</sub> dari air sumur yang dianalisa berkisar 92,23 – 542,99 mg/l. Tipe air sumur gali di daerah penelitian pada umumnya kalsium bikarbonat, sementara itu sumur bor dalam tipe air cenderung bersifat ke magnesium-kalsium bikarbonat. Pengkayaan unsur Mg dalam sumur bor dalam (RD5.16 dan RD5.17) kemungkinan oleh penggantian Ca dalam batuan (Appelo & Postma, 2005). Hal lain yang mungkin ditimbulkan adalah adanya pemanasan oleh aktivitas magma atau ubahan alterasi dari Ca-plagioklas dari batuan penyusun.



Gambar 7. Diagram piper air sumur.

Dari tujuh lokasi air sungai yang diukur dan dianalisa, hasil penempatan data pada diagram piper (Gambar 8) tiga diantaranya tidak ada kation yang dominan yaitu di hilir sungai Cidanau

RD5.01 (Bendung KTI), muara Sungai Cibojong (RD5.02) dan muara Sungai Cisuwarna (RD5.28), lokasi lainnya kation dominan kalsium (Tabel 4). Semua air yang diambil dari sungai, anion dominan bikarbonat. Tingginya bikarbonat sebagai akibat dari penyerapan CO<sub>2</sub> selama infiltrasi air hujan ke dalam tanah (Appelo &



Gambar 8. Diagram piper air sungai.

Postma, 2005). Konsentrasi kalsium berkisar antara 11,4 – 24,2 mg/L, sedangkan konsentrasi bikarbonat berkisar 47,43 – 100,14 mg/L. Tipe air sungai lebih bersifat kalsium-magnesium bikarbonat.

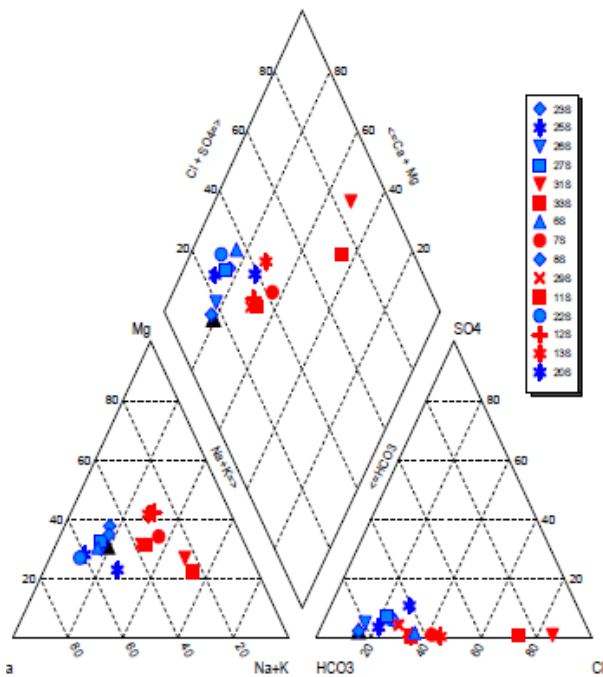
Ada 16 lokasi mataair yang dianalisa, tujuh diantaranya mataair panas dengan temperatur antara 41,3 sampai 51,8°C. Hasil analisa ion-ion utama yang kemudian data ditempatkan pada diagram trilinear (Gambar 9), warna merah adalah mataair panas, menunjukkan bahwa ada tiga lokasi kation dominan kalsium (Ca) yaitu RD5.06, RD5.20 dan RD5.22 sedangkan dua lokasi (RD5.31 dan RD5.33) dominan sodium-potassium, lainnya seimbang unsur kationnya (Tabel 5). Hasil analisa menunjukkan anion pada umumnya dominan bikarbonat (HCO<sub>3</sub>) dan ada dua lokasi yaitu RD5.31 dan RD5.33 (mataair panas) yang dominan klorida (Cl). Secara keseluruhan tipe mataair di daerah penelitian lebih bersifat Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl, ada beberapa memiliki tipe magnesium-kalsium bikarbonat.

Tabel 3. Fasies Kation-Anion air sumur.

Kode	Sta. Id	Elev (m)	pH	DHL (μS/cm)	Sal (%)	T (°C)	d (-m)	Tipe		Tipe air
								Kation	Anion	
RD.5.03	3W	97,6	6,16	262	0,01	26,8	2,8	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
RD.5.04	4W	93,8	6,00	269	0,01	29,7	5,5	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl
RD.5.05	5W	100,9	6,69	473	0,02	27,7	3,9	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca- HCO <sub>3</sub> -Cl
RD.5.14	14W	117,3	6,76	505	0,02	27,2	5	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca- HCO <sub>3</sub> -Cl
RD.5.16	16W	100,7	6,69	612	0,03	30,5	-	Seimbang	HCO <sub>3</sub>	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
RD.5.17	17W	100,9	6,63	1576	0,08	31,2	24	Seimbang	HCO <sub>3</sub> -Cl	Mg-Ca-Na-HCO <sub>3</sub> -Cl

Tabel 4. Fasies Kation-Anion air sungai.

Kode	Sta. Id	Elev (m)	pH	DHL (μS/cm)	Sal (%)	T (°C)	tipe		Tipe air
							Kation	Anion	
RD.5.01	1R	23,1	7,65	222	0,01	27,7	Seimbang	HCO <sub>3</sub>	Ca-Na-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
RD.5.02	2R	225,2	7,11	64	0,00	26,2	Seimbang	HCO <sub>3</sub>	Ca-Na-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
RD.5.15	15R	113,1	6,93	239	0,01	29,2	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
RD.5.19	19R	296,5	7,56	97	0,00	23,5	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
RD.5.21	21R	227,6	7,10	73	0,00	25,0	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl
RD.5.24	24R	104,1	7,21	141	0,01	27,7	Ca	HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub>
RD.5.28	28R	145,6	7,61	159	0,01	29,7	Seimbang	HCO <sub>3</sub>	Ca-Mg-HCO <sub>3</sub> -Cl



Gambar 9. Diagram piper mataair Cidanau.

Hasil analisa semua sampel dari berbagai sumber air seperti pada Tabel 2 dan penempatan data pada diagram trilinear (Gambar 10), pada puncak musim kemarau paling tidak ada 2 tipe air yang dominan, yaitu: Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl, Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>. Selain itu beberapa dijumpai tipe air Ca-Na-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl, Ca-Mg-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl dan Mg-Ca-Na-

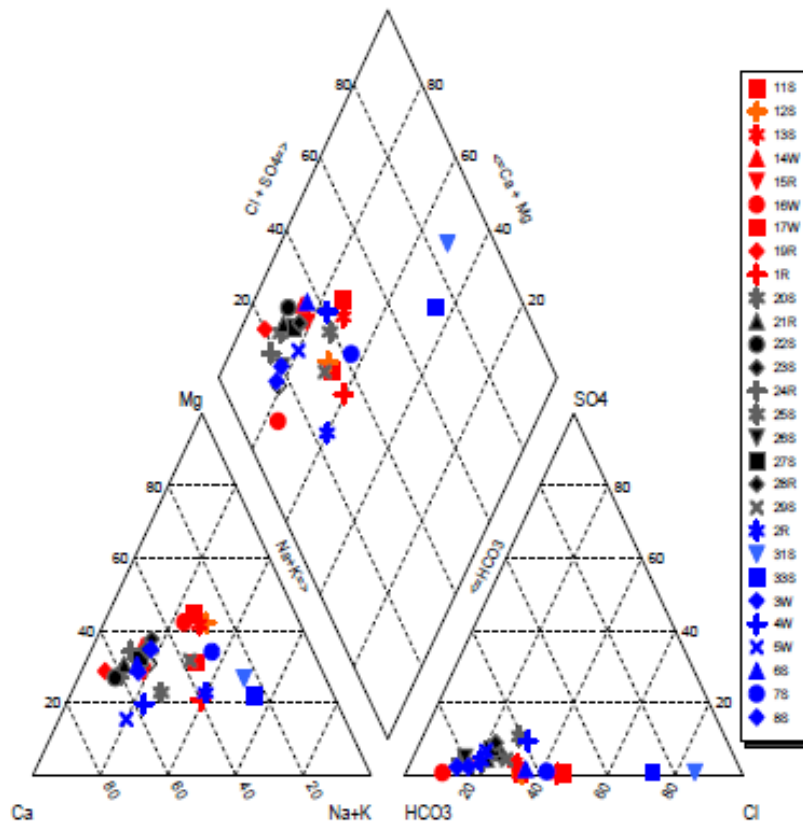
HCO<sub>3</sub>-Cl. Dari mataair tipe yang paling dominan adalah Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> dan/atau Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-Cl.

Begitu juga untuk jenis mataair panas dengan temperatur terukur 41 sampai 51°C, hasil penempatan data atas unsur utama kation dan anion pada diagram piper menunjukkan bahwa tipe mataair tersebut adalah Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>+Cl). Hal ini menunjukkan bahwa air hujan yang jatuh di daerah penelitian sudah berinteraksi dengan batuan yang dilalui. Air panas dari jenis kalsium-magnesium dan natrium-bikarbonat sebagian besar berasal dari air hujan meteorik (Özler, 2000). Satu hal yang sangat menarik di sini adalah mataair panas di sebelah utara Rawa Danau yaitu lokasi RD5.7, RD5.11, RD5.12 dan RD5.13 memiliki tipe air yang sama yaitu Mg-Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl, dimana kation seimbang dan anion dominan HCO<sub>3</sub>. Kalaupun ada perbedaan kimia yang ada diantaranya mungkin disebabkan oleh kandungan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S (Özler, 2000).

Hasil analisis jenis air sumur memiliki tipe air yang beragam dengan kation-anion dominan kalsium (Ca) dan Bikarbonat (HCO<sub>3</sub>). Fasies hidrokimia jenis alkali yaitu kalsium-magnesium bikarbonat ini merupakan cerminan dari geologi dan iklim daerah penelitian. Daerah penelitian di susun oleh batuan produk vulkanik yang menyebabkan terjadi interaksi senyawa mineral dalam akuifer antara airtanah dengan batuan yang dilalui (Alam et al., 2014). Selain itu telah

Tabel 5. Fasies Kation-Anion mataair.

Kode	Sta. Id	Elev (m)	pH	DHL ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Sal (%)	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tipe		Tipe air
							Kation	Anion	
RD.5.06	6S	121,5	6,49	210	0,01	30,4	Ca	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.07	7S*	98,8	6,75	1240	0,06	42,6	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Mg-Ca-Na- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.08	8S	107,3	6,50	187	0,01	23,6	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$
RD.5.10	10S	111,5	6,43	221	0,01	29,5	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$
RD.5.11	11S*	98,5	6,78	1298	0,06	44,0	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Mg-Ca-Na- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.12	12S*	122,6	6,88	1760	0,09	41,4	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Mg-Ca- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.13	13S*	117,3	6,62	2410	0,12	41,3	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Mg-Ca-Na- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.20	20S	283,2	5,95	116	0,01	25,1	Ca	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.22	22S	187,5	6,11	46	0,00	25,3	Ca	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.23	23S	114,3	6,55	140	0,01	27,6	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.25	25S	115,9	5,70	169	0,01	27,7	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.26	26S	110,1	5,84	170	0,01	27,9	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$
RD.5.27	27S	132,5	6,22	151	0,01	25,8	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$
RD.5.29	29S	117,6	7,27	1155	0,06	49,1	Seimbang	$\text{HCO}_3$	Ca-Mg- $\text{HCO}_3$ -Cl
RD.5.31	31S	107,3	6,32	3860	0,20	49,7	Na+K	Cl	Na-Mg-Ca-Cl
RD.5.33	33S	109,4	6,48	2850	0,14	51,8	Na+K	Cl	Na-Ca-Mg-Cl- $\text{HCO}_3$



Gambar 10. Diagram piper air Cidanau.

mengalami pertukaran ion antara ion Na + K dalam air dengan Ca dan Mg tanah selama waktu tinggal air di dalam batuan (Talabi et al., 2014).

Mataair panas lokasi RD5.31 dan RD5.33 hasil analisa menunjukkan tipe air Na-Mg-Ca- $\text{HCO}_3$ -Cl, dimana anion dominannya adalah Cl (Tabel 5)

Tingginya atau dominan Cl ini menunjukkan bahwa air telah mengalami transport agak jauh dan menghasilkan Cl yang relatif tinggi (Freeze & Cherry, 1979). Pengkayaan dan peningkatan  $\text{HCO}_3$  dalam air juga dipengaruhi oleh pergerakan air di daerah resapan (*recharge area*). Data yang dapat dihimpun menunjukkan bahwa airpanas

keluar melalui pipa bor sedalam 24 meter. Dari uraian tersebut dapat dikatakan bahwa genetika air di daerah penelitian dari satu sistem panasbumi melewati dua batuan sumber (*source rock*) yang berbeda atau sebaliknya dari batuan sumber yang sama tetapi ada dua sistem panasbumi yang berbeda. Namun demikian dalam pergerakannya ada yang mengalir relatif jauh dan melalui batuan serta membawa mineral yang berbeda.

## KESIMPULAN

Dari data yang ada menunjukkan bahwa keasaman air masih dalam skala aman digunakan sesuai dengan peruntukannya, pH berkisar antara 6 sampai 7,65 kecuali MAD yang dekat dengan MAP lebih bersifat asam (pH 5,7 – 5,9). Nilai pH air sungai relatif netral sedikit ke basa (pH >7,5), meski masih dalam taraf aman untuk dimanfaatkan. Hasil penafsiran menggunakan diagram piper tipe air di daerah penelitian adalah kalsium-magnesium-bikarbonat, dimana sumur dangkal kation dominan Ca sedangkan sumur dalam seimbang dan anion semua sumur dominan bikarbonat. Air sungai yang diukur pada morfologi dataran di musim kemarau kation relatif seimbang semua unsur, sedang bagian hulu kation lebih dominan Ca dan anion air sungai dominan bikarbonat. Kedua mataair baik MAP maupun MAD kation tidak ada unsur yang dominan sementara itu anion dominan bikarbonat. Kation MAP di sisi utara Rawa Danau menunjukkan tipe air yang cenderung Mg-Ca sementara tipe air sisi selatan cenderung Na-Mg. Hal ini terjadi karena interaksi antara airtanah dengan batuan yang kemungkinan mengalami pertukaran ion antara ion Na + K dalam air dengan Ca dan Mg tanah selama air di dalam batuan sehingga tipe air di daerah penelitian lebih dominan kalsium-magnesium bikarbonat. Analisis hidrokimia ini telah memberikan informasi yang bermanfaat tentang kualitas air pada musim kemarau di Rawa Danau dimana kondisi air dari hulu sampai di hilir relatif aman jika dimanfaatkan maupun apabila akan diolah lebih lanjut.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan telah selesai dan diterbitkannya tulisan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Eko Yulianto Kepala Puslit Geoteknologi LIPI atas dukungan, dorongan dan fasilitas yang diberikan sehingga program *ByResearch* LIPI ini dapat diselesaikan. Juga kepada rekan-rekan Poklit KAL. Dr.Sci. Rachmat Fajar Lubis, Hendra

Bakti MT, dan Ananta Purwoarminta MT atas bimbingan dan diskusinya. Terimakasih juga kepada rekan-rekan Laboratorium Airtanah Puslit Geoteknologi LIPI atas bantuan analisis air dan sdr Adde Tatang atas penyediaan peta.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alam, B. Y. C. S. S. S., Itoi, R., Taguchi, S., dan Yamashiro, R., 2014. Spatial Variation in Groundwater Types in the Mt. Karang (West Java, Indonesia) Volcanic Aquifer System Based on Hydro-Chemical and Stable Isotope ( $\delta D$  and  $\delta^{18}O$ ) Analysis. *Modern Applied Science*, 8(6), 87–102. <https://doi.org/10.5539/mas.v8n6p87>.
- APHA, 2005. Standard Methods: for the examination water & wastewater, 21st edition, American Public Health Association., Washington DC 20001-3710
- Appelo, C. A. J., dan Postma, D., 2005. Geochemistry, Groundwater and Pollution. 2<sup>nd</sup> edition, A.A. Balkema Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Arumugam, K., dan Elangovan, K., 2009. Hydrochemical characteristics and groundwater quality assessment in Tirupur Region, Coimbatore District, Tamil Nadu, India, *Environ Geol* (2009) 58:1509–1520, DOI: 10.1007/s00254-008-1652-y
- Badan Pusat Statistik (BPS) Banten, 2015. Provinsi Banten Dalam Angka, *BPS Provinsi Banten*.
- Delinom, R. M., 2009. Structural geology controls on groundwater flow: Lembang Fault case study, West Java, Indonesia. *Hydrogeology Journal*, 17(4), 1011–1023.
- Dubois, N., Oppo, D. W., Galy, V. V., Mohtadi, M., Van Der Kaars, S., Tierney, J. E., Rosenthal, Y., Eglinton, T. I., Lückge, A dan Linsley, B. K., 2014. Indonesian vegetation response to changes in rainfall seasonality over the past 25,000 years. *Nature Geoscience*, 7(7), 513, <http://www.nature.com/doi/10.1038/ngeo2182>

- Freeze, R. ALLAN, dan John A. Cherry. 1979. "Groundwater" *Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall Inc*, 604p.
- Fu, C. C., Zhang, W. J., Zhang, S. Y., Su, X. S., Lin, X. Y., 2014. Identifying key hydrochemical processes in a confined aquifer of an arid basin using multivariate statistical analysis and inverse modeling. *Environmental Earth Science* 72: 299-310.
- Garg, V. K., Suthar, S., Singh, S., Sheoran, A., Meenakshi, G., Jai, S., 2009., Drinking water quality in villages of southwestern Haryana, India: assessing human health risks associated with hydrochemistry. *Environmental Geology* 58:1329–1340.
- Krakatau Tirta Industri, 2018., Sumber air, dalam <https://www.krakatautirta.co.id/>, Diunduh pada tanggal 11 Februari 2018.
- Mattas C., Soulios G., Panagopoulos A., Voudouris K., dan Panoras A., 2007. Hydrochemical characteristics of the Gallikos River water, Prefecture of Kilkis, Greece, *Global NEST Journal*, 9(3), 251-258, DOI: <https://doi.org/10.30955/gnj.000448>
- Özler, H. M., 2000. Hydrogeology and geochemistry in the Curuksu (Denizli) hydrothermal field, western Turkey, *Environmental Geology* 39(10), 1169-1180, DOI: 10.1007/s002540000139.
- Piper, A. M., 1944. A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analysis. *Am Geophys Union Trans* 25:914–928.
- Priyanto, B., dan Titiresmi, 2006. Beberapa aspek pengelolaan Cagar Alam Rawa Danau sebagai sumber air baku, *Jur. Tek.Ling, BPPT*, 7(3), 277-283, September 2006. ISSN No. 1441-318X.
- Rusmana, E., Suwitodirdjo, K., dan Suharsono, 1991. Peta Geologi Lembar Serang Jawa Skala 1:100.000, P3 Geologi, Bandung.
- Santosa, S., 1991. Peta Geologi Lembar Anyer Jawa Barat, Skala 1:100.000, P3 Geologi, Bandung.
- Sudibyo, Y., 1995. Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar Serang Skala 1:100.000, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Suryaman, M., 1999. Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar Anyer-Cikarang, Skala 1:100.000, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.
- Talabi, A. O., Afolagboye, O. L., Tijani, M. N., Aladejana, J. A. dan Ogundana, A. K., 2014. Hydrogeochemistry of Some Selected Springs' Waters in Ekiti Basement Complex Area, Southwestern Nigeria, *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 3(2), 19-30.