

## Penentuan Kualitas Airtanah dengan Metode Diagram Piper Kloosterman di Desa Kulwaru, Kecamatan Wates, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta

Foundry Giovani<sup>1,a)</sup> Rr. Dina Asrifah<sup>1,b)</sup> dan Johan Danu Prasetya<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

JL. SWK 104 Condong Catur, Depok, Sleman, Yogyakarta

<sup>a)</sup> Corresponding author: fgfoundrygiov@gmail.com

<sup>b)</sup>dina\_asrifah@upnyk.ac.id

### ABSTRAK

Keberadaan airtanah di Desa Kulwaru, Kecamatan Wates, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta berhubungan mengenai genesa atau pembentukan airtanah. Sumber airtanah maupun air bersih berasal dari sumur gali, sumur bor, dan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Beberapa sumur pada daerah penelitian bersifat airtanah payau yang merupakan campuran antara air tawar dengan air asin. Tujuan penelitian yaitu menganalisis pengaruh bentuklahan dan penggunaan metode Diagram Piper Kloosterman dalam penentuan genesa airtanah. Metode yang digunakan adalah metode survei dan pemetaan lapangan, metode *purposive sampling*, dan metode analisis laboratorium. Genesa airtanah menggunakan analisis data bor dan referensi mengenai proses bentuklahan yang memberi pengaruh terhadap pembentukan airtanah. Parameter-parameter kimia airtanah yang merupakan kation dan anion dilakukan *plotting* pada Diagram Piper Kloosterman. Genesa airtanah di daerah penelitian disebabkan air konat atau air fosil. Air konat atau air fosil disebabkan perubahan iklim purba pada Kala Plistosen yang menyebabkan daerah penelitian yang dulunya merupakan laguna mengering dan meninggalkan kristal-kristal garam dan sedimen marin pada dasar laguna. Hasil *plotting* Diagram Piper Kloosterman genesa sampel LP 03, LP 12, dan LP 13 adalah air sulfat. Sedangkan genesa sampel LP 10, LP 23, dan LP 24 adalah air fosil.

**Kata Kunci:** Airtanah; Diagram Piper Kloosterman; Genesa Airtanah

### ABSTRACT

*The presence of groundwater in Kulwaru Village, Wates Sub-District, Kulonprogo Regency, Special Region of Yogyakarta is related to groundwater generation or formation. Sources of groundwater and clean water come from dug wells, drilled wells, and the Regional Water Supply Company (PDAM). Some wells in the study area are brackish groundwater which is a mixture of freshwater and saltwater. The research objective is to analyze the influence of landforms and the use of the Piper Kloosterman diagram method in determining groundwater genesis. The methods used are survey and field mapping methods, purposive sampling methods, and laboratory analysis methods. Groundwater genesis uses analysis of drill data and references to landform processes that influence groundwater formation. Groundwater chemical parameters which are cations and anions are plotted on the Kloosterman Piper Diagram. Groundwater genesis in the study area is caused by konat water or fossil water. Konat water or fossil water caused by ancient climate changes in the Pleistocene Period that caused the research area which was once a lagoon to dry out and left salt crystals and maritime sediments at the bottom of the lagoon. The results of plotting Piper Kloosterman diagram samples of LP 03, LP 12, and LP 13 are sulfate water. Whereas the sample genes of LP 10, LP 23 and LP 24 are fossil water.*

**Keywords:** Groundwater; Piper Kloosterman's Diagram; Groundwater Genesis

## 1. PENDAHULUAN

Airtanah merupakan sebagian air yang terdapat dalam lapisan tanah dan batuan di bawah permukaan tanah. Airtanah terbentuk dari air hujan dan permukaan, yang meresap (*infiltrate*) mula-mula ke zona tak jenuh (*zone of aeration*) dan kemudian meresap makin dalam (*percolate*) hingga mencapai zona jenuh air dan menjadi airtanah (Peraturan Pemerintah RI No. 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Air). Airtanah merupakan sumber air yang mudah dijangkau manusia dalam memenuhi

kebutuhannya. Airtanah terdapat di akuifer, suatu daerah di bawah permukaan tanah yang terdiri dari partikel tanah atau batuan yang tidak terkonsolidasi (Indarto, 2010).

Ditemui lokasi-lokasi sumur warga yang memiliki sifat airtanah payau. Masyarakat Desa Kulwaru yang terkena dampak airtanah payau lebih memilih menggunakan sumur lain yang dirasa tidak payau atau memilih fasilitas dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Perlu dilakukan analisis pengaruh bentuklahan terhadap airtanah dan analisis genesa airtanah.

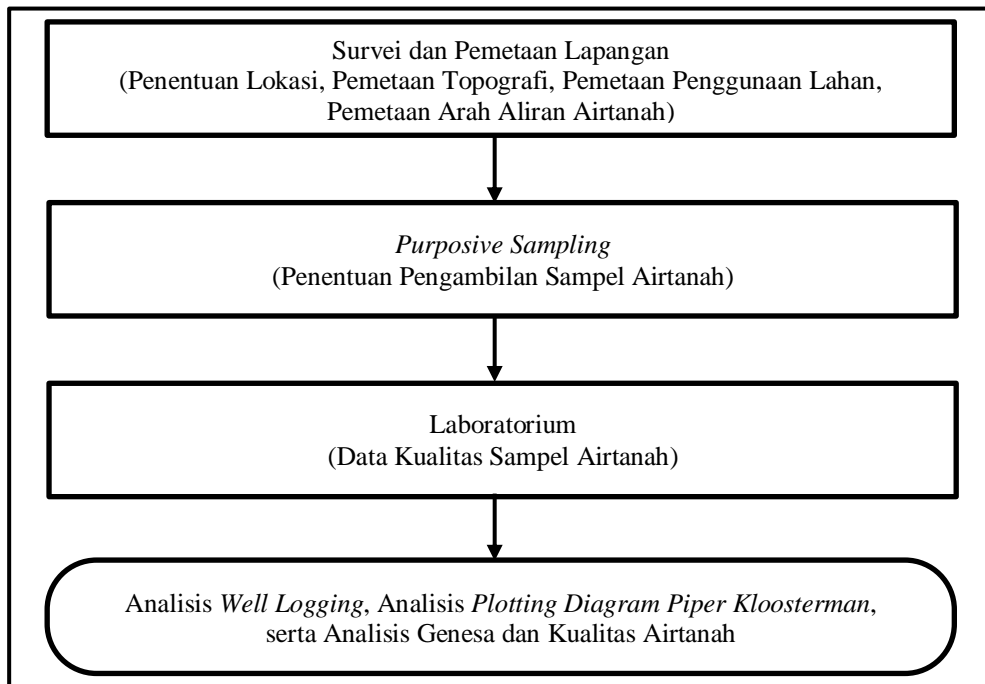
Berdasarkan *well logging* dari Kantor PPK Penyediaan Air Baku Wilayah Sungai Serayu- Opak tahun 1980 nampak endapan-endapan fosil laut sehingga diduga bahwa genesa airtanah payau merupakan air konat atau air fosil. Air konat atau air fosil mengandung air purba yang bermigrasi dari lokasi penimbunan aslinya. Air konat ini dapat berasal dari air laut atau air tawar, dan biasanya sangat termineralisasi (Todd, 2005). Contoh keterdapatannya air konat terdapat pada daerah sekitar Kulonprogo bagian selatan di wilayah hilir Sungai Opak (Ismidasi, 1989). Genesa air konat atau air fosil terbentuk karena perubahan iklim purba pada Kala Plistosen yang menyebabkan laguna mengering dan meninggalkan fosil-fosil dan kristal-kristal garam sehingga bercampur airtanah (Todd, 2005).

Penggunaan metode Diagram Piper Kloosterman untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ion positif (kation) dan konsentrasi ion negatif (anion) yang dominan di dalam air sehingga dapat diketahui pembentukan airtanah di daerah penelitian. Genesa airtanah yang dapat digolongkan di Diagram Piper Kloosterman yaitu air bikarbonat, air semi-bikarbonat, air evaporit, air sulfat, air fosil atau air connate, dan air asin (intrusi). *Plotting* pada Diagram Kloosterman akan menunjukkan bagaimana genesa airtanah di daerah penelitian.

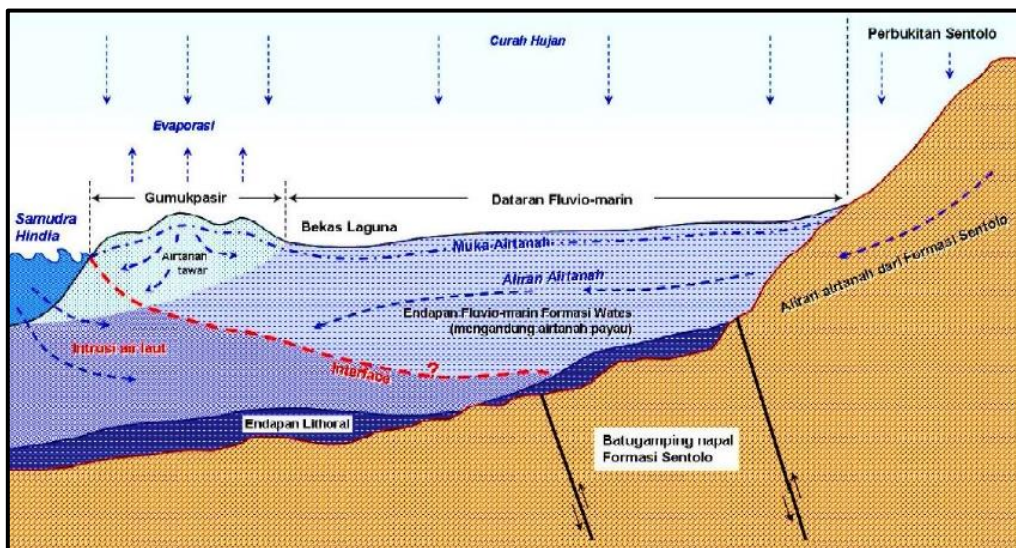
Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh bentuklahan terhadap pembentukan airtanah di Desa Kulwaru, Kecamatan Wates, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Serta menganalisis penggunaan metode Diagram Piper Kloosterman dalam penentuan genesa airtanah.

## **2. METODE**

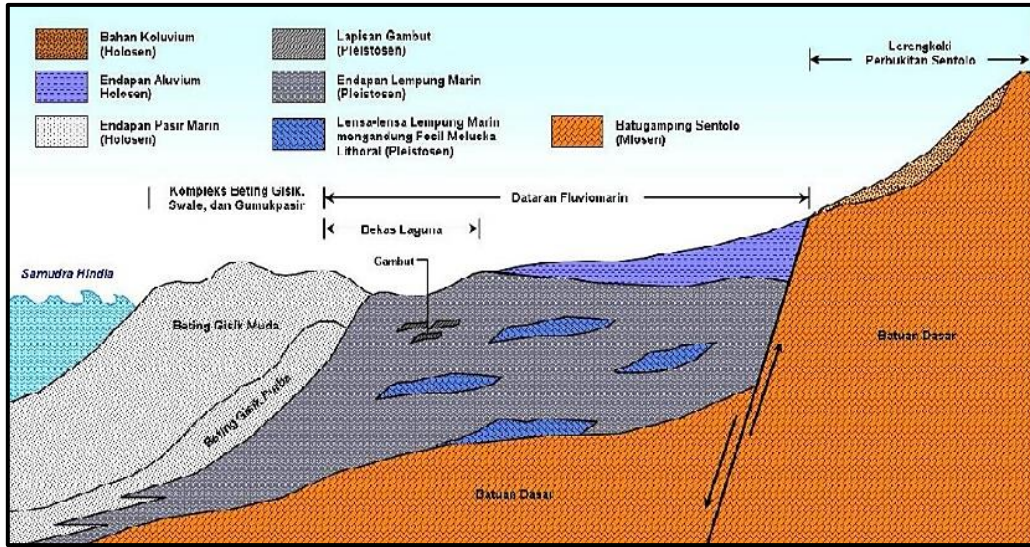
Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode survei dan pemetaan lapangan, metode *purposive sampling*, dan metode laboratorium. Data primer seperti hasil pengamatan dan observasi. Data primer yang dihasilkan adalah hasil pengujian kualitas air dan hasil observasi lapangan. Data sekunder berupa sumber data yang didapatkan dari hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan genesa pembentukan airtanah. Diagram alir metode penelitian sesuai pada Gambar 1. Fenomena alam yang menjadi kunci atau geoindikator proses geomorfologi masa lampau adalah: (a) terdapatnya endapan lempung marin zona litoral yang mengandung fosil moluska laut dangkal dan lapisan gambut hasil pembusukan vegetasi pada laguna purba, dan (b) jebakan-jebakan airtanah payau hingga asin secara lokal-lokal pada lapisan lempung marin, yang kedudukannya berasosiasi dengan laguna dan teluk purba (Santosa, 2010). Genesis telah mempengaruhi pembentukan dan karakteristik akuifer, yang tercermin pada kondisi hidrostratigrafi pada setiap satuan bentuklahan hasil proses marin, eolian, dan fluvial yang ada. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa genesis bentuklahan berpengaruh terhadap pembentukan hidrostratigrafi akuifer di daerah persebaran airtanah payau berupa air konat atau air fosil (Santosa, 2012).



**Gambar 1.** Diagram Alir Metode Penelitian  
(Sumber : Penulis, 2020)

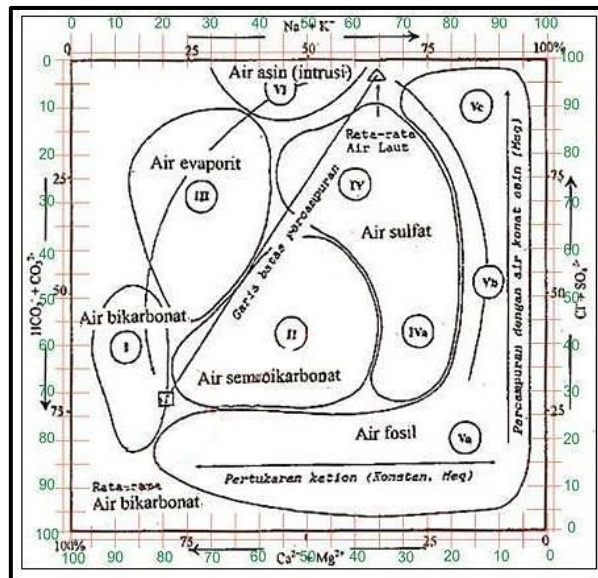


**Gambar 2.** Sistem Aliran Airtanah Bebas di Daerah Selatan Kabupaten Kulonprogo  
(Sumber : Mc Donald dan Partners, 1984 dalam Santosa, 2012)



**Gambar 3.** Sketsa Stratigrafi di Daerah Selatan Kabupaten Kulonprogo  
(Sumber : Mc Donald dan Partners, 1984 dalam Santosa, 2012)

Analisis evolusi hidrogeokimia dilakukan dengan menggunakan Diagram Trilinier segi empat atau Diagram Piper segi empat. Diagram ini dikembangkan oleh Kloosterman. Kandungan nilai unsur mayor dari hasil analisis laboratorium dilakukan dengan mengeplot pada diagram tersebut. Diagram piper biasa sebenarnya dapat pula digunakan untuk analisis evolusi hidrogeokimia. Namun demikian, penggunaan diagram piper segi empat yang dibuat oleh Kloosterman, dirasa lebih mudah dalam aplikasi serta pembacaannya (Agniy dan Cahyadi, 2015). Berikut merupakan **Gambar 4.** berupa diagram piper model Kloosterman.



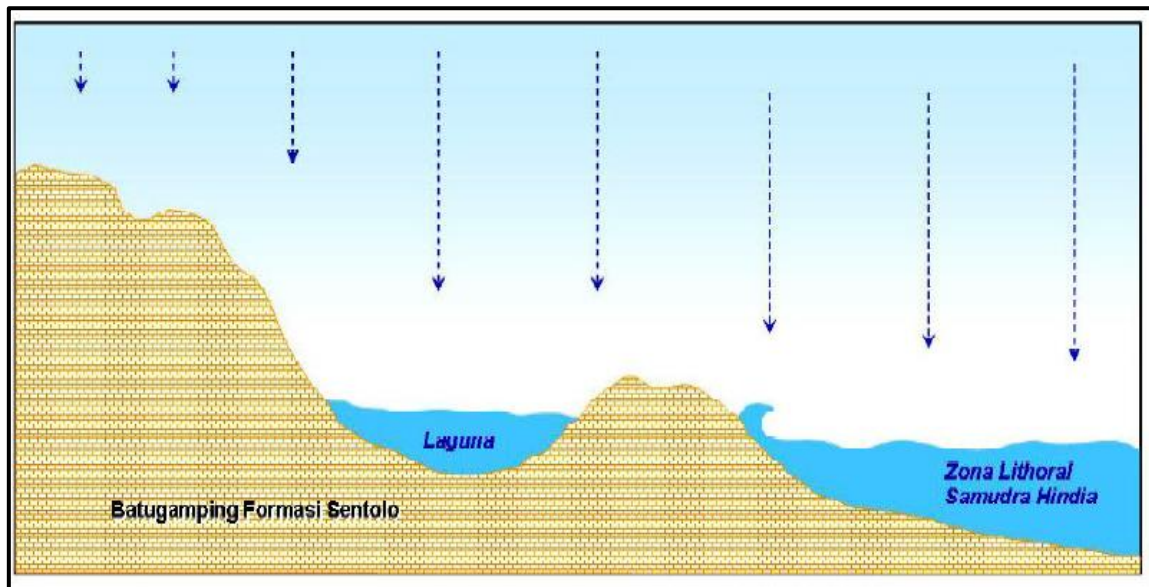
**Gambar 4.** Klasifikasi Hidrogeokimia dengan Diagram Piper Model Kloosterman  
(Sumber: Kloosterman dalam Agniy dan Cahyadi, 2015)

- Tipe hidrokimia airtanah berdasarkan Diagram Kloosterman dibedakan menjadi 6 tipe yaitu :
- Tipe I atau disebut dengan air bikarbonat biasanya terdapat pada bentuklahan asal proses fluvial.

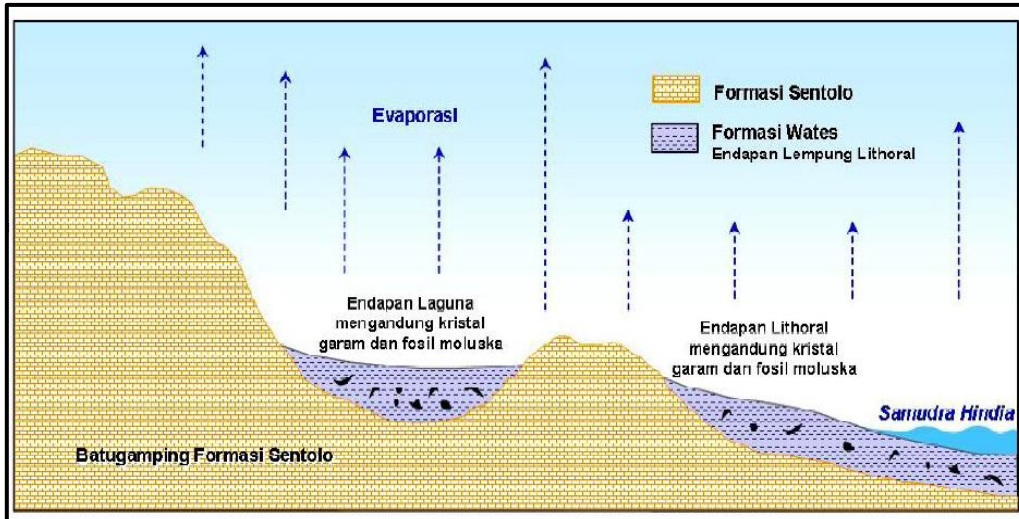
- b. Tipe II atau air semi-bikarbonat biasanya ditemukan pada bentuklahan dataran banjir dan hasil proses sedimen fluvial.
- c. Tipe III atau air evaporit dapat berasal dari bentuklahan dataran rawa dan dataran delta. Airtanah evaporit bersifat payau hingga asin karena mengalami proses pelarutan kristal garam pada akuifer. Kristal garam tersebut berasal dari air laut purba yang terjebak di dataran yang telah mengalami penguapan.
- d. Tipe IV atau air sulfat mengandung kadar sulfat yang tinggi, bersifat payau hingga asin.
- e. Tipe V disebut juga air fosil atau air *connate*, terbentuk karena proses pertukaran kation antara airtanah dengan batuan induknya akibat kontak yang sangat lama.
- f. Tipe VI atau air intrusi merupakan airtanah yang berasal dari proses intrusi air laut (Santosa, 2010).

### 3. HASIL DAN DISKUSI

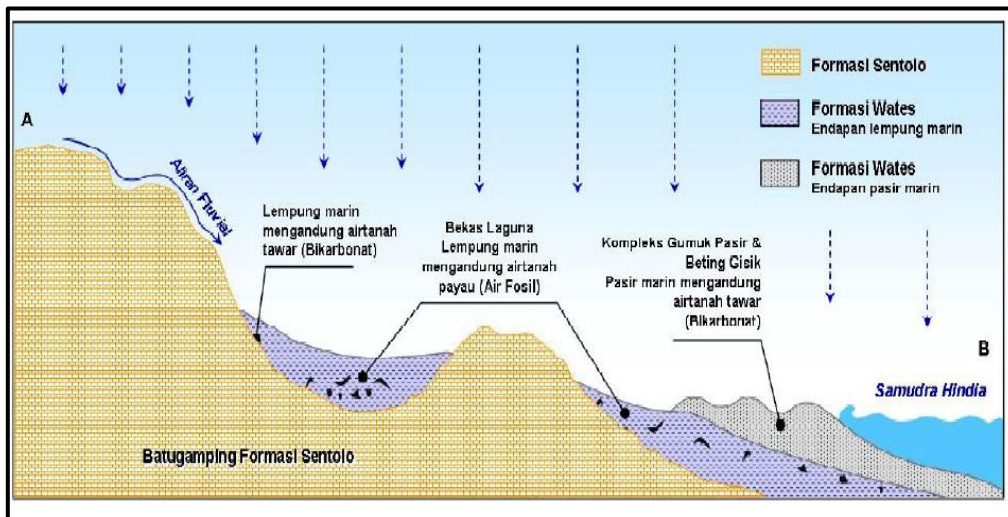
Daerah penelitian sangat erat kaitannya dengan proses fluvial dari sungai dan proses marin dari laut. Air konat atau air fosil disebabkan perubahan iklim purba pada Kala Plistosen yang membuat daerah penelitian yang dulunya merupakan laguna mengering dan meninggalkan kristal-kristal garam air laut dan sedimen marin pada dasar laguna. Memasuki Kala Holosen iklim mulai normal kembali dan proses fluvial dari sungai mulai terjadi sehingga sedimen marin tertutup oleh endapan fluvial berupa lempung (Santosa, 2012). Rekonstruksi genesis bentuklahan di daerah penelitian disajikan pada **Gambar 5.**, **Gambar 6.**, dan **Gambar 7.**



**Gambar 5.** Rekonstruksi Genesis Bentuklahan di Daerah Penelitian pada Akhir Kala Pliosen (5,332 juta – 2,588 juta tahun yang lalu)  
(Sumber: Santosa, 2012)

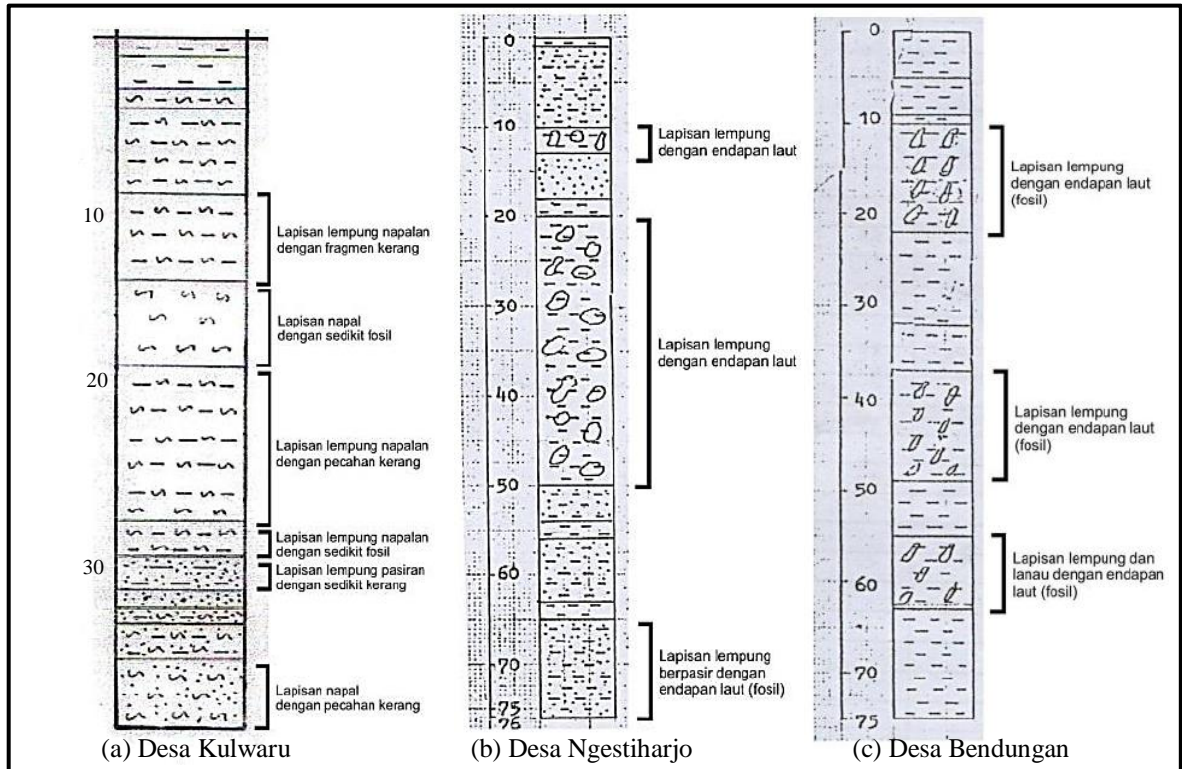


**Gambar 6.** Rekonstruksi Genesis Bentuklahan di Daerah Penelitian pada Kala Plistosen (2,588 juta hingga 11.700 tahun yang lalu) (Sumber: Santosa, 2012)



**Gambar 7.** Rekonstruksi Genesis Bentuklahan di Daerah Penelitian pada Kala Holosen (11.700 tahun yang lalu) (Sumber: Santosa, 2012)

Sebagian dataran aluvial pantai antara Sungai Serang dan Sungai Progo terdapat air konat atau air fosil yang disebabkan oleh adanya air laut dan garam-garam yang terjebak dalam lapisan batuan sedimen selama proses pembentukan formasi batuan tersebut (Ismidasi, 1989). Berdasarkan *well logging* di Desa Kulwaru, dan sekitarnya (Desa Ngestiharjo dan Desa Bendungan) Kantor PPK Penyediaan Air Baku Wilayah Sungai Serayu - Opak tahun 1980 terdapat lapisan material-material laut yang menyebabkan airtanah payau di daerah penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Well Logging di Daerah Penelitian  
(Sumber : Kantor PPK Penyediaan Air Baku Wilayah Sungai Serayu – Opak, 1980)

**Tabel 1.** Hasil Uji Laboratorium Sampel Airtanah

No.	Parameter	Satuan	Sampel Airtanah					Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	
			LP 03	LP 10	LP 12	LP 13	LP 23		LP 24
<b>A. Fisika</b>									
1.	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Tidak berbau	Bau	Tidak berbau	-
2.	TDS	mg/L	920	286	1.236	968	938	2.962	1.500 (*)
3.	DHL	µmhos/cm	3.360	1.489	5.360	3.800	3.880	13.500	1.500 (**)
4.	Kekeruhan	Skala NTU	1,9	3,1	0,6	1	72,2	3,1	25 (*)
5.	Rasa	-	Tawar	Tawar	Payau	Payau	Payau	Payau	-
6.	Suhu	°C	±3	±3	±3	±3	±3	±3	Suhu udara ±3°C (*)
7.	Warna	-	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Kuning	Tidak berwarna	-
<b>B. Kimia</b>									
1.	Salinitas	‰	0,38	0,48	1,07	1,53	2,07	5,94	0,5 (***)
2.	pH	-	7,2	7,35	7,18	7,45	7,1	7,23	6,5 – 9 (*)
3.	Na <sup>+</sup>	mg/L	192	75	247	356	790	1448	200 (*)
4.	Ca <sup>2+</sup>	mg/L	150	0	202	144	134	41,6	75 (***)
5.	(Mg <sup>2+</sup> )	mg/L	2,92	6,8	2,92	14,6	3,89	30,1	50 (***)
6.	K <sup>+</sup>	mg/L	2	8	5	4	8	8	10 (***)
7.	Cl <sup>-</sup>	mg/L	238	23,8	349	255	247	1595	600 (*)
8.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/L	23,3	0,01	51	28	25,7	137,1	400 (*)
9.	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	293	120	317	274	201	54	400 (****)
10.	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	0	0	0	0	0	0	-
11.	Kesadahan	mg/L	400	208	528	480	368	356	500 (*)

Merah : Tercemar atau Melebihi Baku Mutu

\* Permen Kesehatan Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 \*\* PAHIAA (1986) dalam Edwin dkk (2016)

\*\*\* : Effendi (2003) \*\*\*\* : Kusumayudha dan Sutedjo (2008)

Sumber: Laboratorium Hidrologi dan Klimatologi Lingkungan UGM

Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit

Berdasarkan litologi pada *well logging* yang berasal dari Kantor PPK Penyediaan Air Baku Wilayah Sungai Serayu – Opak Tahun 1980 nampak material yang terdapat kerang atau fosil jika sumur mencapai kedalaman lebih dari 10 meter. Selain itu lapisan napal dapat berasal dari perombakan material bekas laut atau laguna dengan waktu yang lama. Airtanah yang mencapai lapisan dengan fragmen kerang atau fosil dapat terpengaruh menjadi airtanah payau.

Air laut yang terjebak di daratan mengalami penguapan intensif dan meninggalkan kristal garam dan material fosil sehingga terjebak pada akuifer (Purnama, 2005 dalam Santosa 2010). Kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah terdapat lapisan jenuh airtanah payau dimana terdapat fragmen kerang atau fosil pada lapisan tersebut. Semakin dalam sumur maka semakin menjangkau lapisan yang menyebabkan airtanah payau.

Analisis kualitas airtanah dilakukan dengan metode analisis laboratorium. Terdapat enam sampel yang mewakili persebaran airtanah di daerah penelitian. Berikut merupakan hasil uji laboratorium dan parameter yang melewati baku mutu telah ditandai pada **Tabel 1**. Parameter berupa kation dan anion airtanah digunakan untuk evaluasi hidrogeokimia. Hasil perhitungan pengujian terhadap hidrogeokimia airtanah keenam sampel disajikan pada **Tabel 2**.

Evaluasi hidrogeokimia menggunakan analisis *plotting* diagram piper. Diagram piper yang digunakan berupa Diagram Piper Kloosterman untuk mengetahui genesa airtanah. Berdasarkan *plotting* pada diagram piper didapat genesa terbentuknya airtanah di daerah penelitian. Hasil *plotting* pada Diagram Piper Model Kloosterman ditunjukkan pada **Gambar 9**. dan **Tabel 3**.

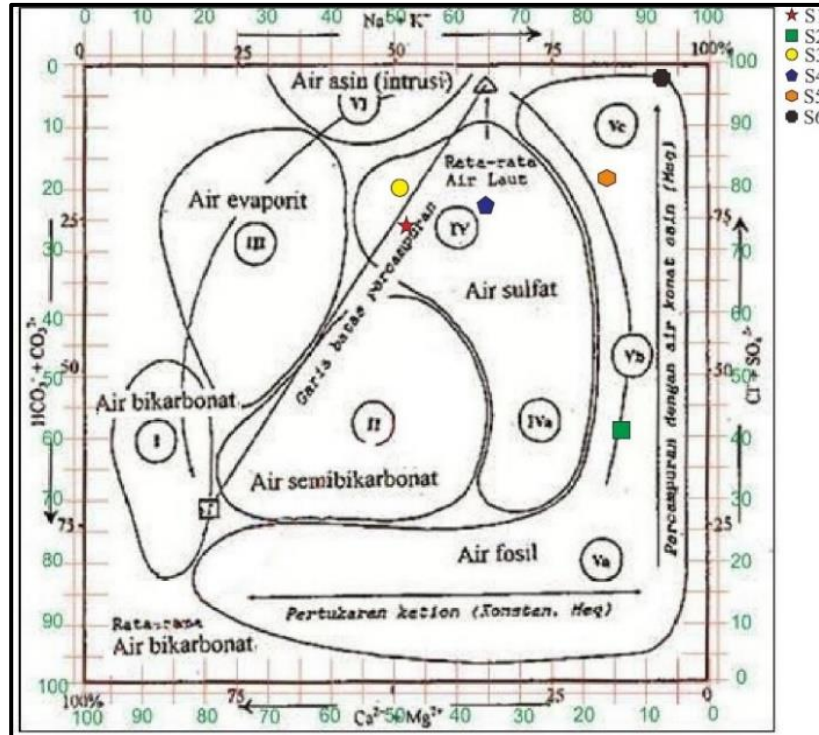
**Tabel 2.** Hasil Uji Laboratorium dan Konversi Parameter Sampel Airtanah

Parameter	Sampel						
	LP 03	LP 10	LP 12	LP 13	LP 23	LP 24	
Kation	mg/L	192	75	247	356	790	1448
	Na <sup>+</sup> meq/L	8,35	3,26	10,74	15,48	34,35	62,96
	%	*51,71	*80,86	*50,63	*64,50	*82,61	*92,92
	mg/L	150	0	202	144	134	41,6
	Ca <sup>2+</sup> meq/L	7,50	0,00	10,10	7,20	6,70	2,08
	%	46,46	0,00	47,62	30,00	16,11	3,07
	mg/L	2,92	6,8	2,92	14,6	3,89	30,1
	Mg <sup>2+</sup> meq/L	0,24	0,57	0,24	1,22	0,32	2,51
	%	1,51	14,05	1,15	5,07	0,78	3,70
	mg/L	2	8	5	4	8	8
	K <sup>+</sup> meq/L	0,05	0,21	0,13	0,10	0,21	0,21
	%	0,32	5,09	0,60	0,43	0,49	0,30
Anion	mg/L	238	23,8	349	255	247	1595
	Cl <sup>-</sup> meq/L	13,41	1,34	19,66	14,37	13,92	89,86
	%	*71,71	40,53	*75,85	*73,90	*78,41	*96,00
	mg/L	23,3	0,01	51	28	25,7	137,1
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/L	0,49	0,00	1,06	0,58	0,54	2,86
	%	2,60	0,01	4,10	3,00	3,02	3,05
	mg/L	293	120	317	274	201	54
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/L	4,80	1,97	5,20	4,49	3,30	0,89
	%	25,69	*59,46	20,05	23,10	18,57	0,95
	mg/L	0	0	0	0	0	0
	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/L	0	0	0	0	0	0
	%	0	0	0	0	0	0

\* : Parameter Kation yang Mendominasi \* : Parameter Anion yang Mendominasi

Sumber: Hasil Laboratorium dan Perhitungan, 2019





**Gambar 9.** Diagram Piper Model Kloosterman  
(Sumber: Uji Laboratorium dan Perhitungan, 2019)

Berikut ini merupakan hasil pengeplotan pada Diagram Piper Kloosterman:

**Tabel 3.** Hasil *Plotting* Diagram Piper Kloosterman

Sampel Airtanah	Kation		Anion		Tipe	Kesimpulan Keterangan
	Na + K	Ca + Mg	Cl + SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub> +CO <sub>3</sub>		
LP 03	52,03 %	47,97 %	74,31 %	25,69 %	Sulfat	Cl + SO <sub>4</sub> mendominasi
LP 10	85,95 %	14,05 %	40,54 %	59,46 %	Fosil	Na + K mendominasi
LP 12	51,23 %	48,77 %	79,95 %	20,05 %	Sulfat	Cl + SO <sub>4</sub> mendominasi
LP 13	64,93 %	35,07 %	76,90 %	23,10 %	Sulfat	Cl + SO <sub>4</sub> mendominasi
LP 23	83,10 %	16,89 %	81,43 %	18,57 %	Fosil	Na + K mendominasi
LP 24	93,22 %	6,77 %	99,05 %	0,95 %	Fosil	Na + K dan Cl + SO <sub>4</sub> mendominasi

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, Perhitungan, dan *Plotting* Diagram Piper Kloosterman, 2019

Faktor-faktor penyebab variasi hidrokimia airtanah adalah imbuhan dari air hujan, reduksi bahan organik dan pertukaran kation, pelarutan kristal garam dari air laut masa lampau, dan pencampuran air laut. Tipe hidrokimia menurut Kloosterman airtanah dibedakan menjadi 6 tipe yaitu air bikarbonat, air semi-bikarbonat, air evaporit, air sulfat, air konat atau air fosil, dan air intrusi (Santosa, 2010).

Hasil *plotting* sampel LP 03 termasuk tipe IV yaitu air sulfat dengan kandungan NaCl yang mendominasi. Air sulfat pada sampel LP 03 terasa tawar karena kandungan parameter kation dan anion yang tidak tinggi. Sampel LP 10 termasuk tipe V yaitu air konat atau air fosil. Meskipun sampel LP 10 tergolong air konat atau air fosil, namun kandungan kation dan anion relatif rendah sehingga relatif terasa tawar. Parameter bikarbonat tinggi namun bukan termasuk air bikarbonat atau air semi bikarbonat. Hal tersebut mungkin karena kesalahan uji laboratorium atau pengambilan sampel di lapangan. Sampel LP 12 termasuk tipe IV yaitu air sulfat dengan kandungan ion dominan NaCl yang tinggi sehingga terasa

payau. Sampel LP 13 termasuk tipe IV yaitu air sulfat dengan kandungan ion dominan NaCl yang tinggi sehingga terasa payau. Sampel LP 23 termasuk tipe V yaitu air konat atau air fosil dengan kandungan ion dominan NaCl yang tinggi sehingga terasa payau. Sampel LP 24 termasuk tipe V yaitu air konat atau air fosil dengan kandungan ion dominan NaCl yang tinggi dibandingkan sampel lainnya sehingga terasa payau. Air konat atau air fosil pada sampel LP 23 dan LP 24 terjadi karena proses pertukaran kation antara airtanah dengan batuan induknya akibat kontak yang sangat lama.

Bentuklahan fluviomarin pada masa lampau merupakan laut dangkal atau bekas laguna yang kemudian mengalami sedimentasi sehingga menjadi daratan. Air laut yang terjebak di daratan mengalami penguapan intensif dan meninggalkan kristal garam pada akuifer (Purnama, 2005 dalam Santosa 2010). Berdasarkan hasil *plotting* di Diagram Piper Kloosterman di daerah penelitian terdapat dua tipe yaitu air sulfat dan air konat atau air fosil. Airtanah sulfat terbentuk karena proses reduksi bahan organik dari laut dangkal atau laguna masa lampau dan proses pertukaran kation. Air konat atau air fosil terbentuk karena proses pertukaran kation antara airtanah dengan batuan induknya akibat kontak yang sangat lama (Santosa, 2010).

#### **4. KESIMPULAN**

1. Genesa airtanah di daerah penelitian dipengaruhi oleh proses bentuklahan fluviomarin. Keterdapatannya air konat atau air fosil disebabkan pada Kala Plistosen daerah penelitian yang dulunya laguna mengering dan meninggalkan kristal-kristal garam dan sedimen marin. Lapisan yang memiliki fragmen kerang dan fosil terdapat pada kedalaman 10 meter dibawah permukaan tanah yang merupakan lapisan jenuh airtanah payau.
2. Hasil *plotting* Diagram Piper Model Kloosterman genesa sampel LP 03, LP 12, dan LP 13 adalah air sulfat. Sedangkan genesa sampel LP 10, LP 23, dan LP 24 adalah air fosil. Air sulfat dipengaruhi oleh proses pencampuran tanpa bahan kontaminasi dengan sulfat, selain itu ada gejala yang menunjukkan ke arah pertukaran kation. Air fosil atau air konat terbentuk karena proses pertukaran kation antara airtanah dengan batuan induknya akibat kontak yang sangat lama.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Ariyanti, D., dan Widiyasa, I.N., 2011, *Aplikasi Teknologi Reverse Osmosis untuk Pemurnian Air Skala Rumah Tangga* Jurnal TEKNIK Universitas Diponegoro Volume 32 Nomor 3 Tahun 2011 hal 193 – 198.
- Edwin, T., Andhita R., dan Dibba F., 2016, *Indikasi Intrusi Air Laut dari Konduktivitas Air Tanah Dangkal di Kecamatan Padang Utara*, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II, Padang.
- Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Kanisius, Yogyakarta.
- Indarto, 2010, *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*, Bumi Aksara, Jember.
- Ismidasi, S.C., 1989, *Studi Airtanah dengan Memanfaatkan Teknik Geolistrik di Dataran Aluvial Pantai antara Sungai Serang dan Sungai Progo*, Penelitian Ilmiah Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kusumayudha, S.B. dan Sutedjo, B.H.S., 2008, *Proses-Proses Hidrogeologi*, Widyadarmas Press UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
- Santosa, L.W., 2010, *Pengaruh Genesis Bentuklahan Terhadap Hidrostratigrafi Akuifer dan Hidrogeokimia dalam Evolusi Airtanah Bebas Kasus pada Bentanglahan Kepesisiran Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Disertasi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Santosa, L.W., 2012, *Hidrostratigrafi Akuifer sebagai Geoindikator Genesis Bentuklahan di Wilayah Kepesisiran Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Forum Geografi Volume 26 Nomor 2 Desember 2012 hal 160 – 177.
- Todd, D. K., 2005, *Groundwater Hydrology Third Edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Air