

Received 05th February 2025
Accepted 21th February 2025
Published 25th February 2025

Open Access

Interaction Pattern of Groundwater and Surface Water of Beji River in Malang Regency

Cindi Fatikasari ^{*a}, Hari Siswoyo ^b, Dasapta Erwin Irawan ^c

^aStudent of the Department of Water Engineering, University of Brawijaya

^bLecturer of the Department of Water Engineering, University of Brawijaya

^cLecturer of the Department of Geological Engineering, Institut Teknologi Bandung

*E-mail: cindifs429@gmail.com, hari_siswoyo@ub.ac.id, r-win@office.itb.ac.id

Abstract: Activities in the Beji River area such as bathing, washing, toilets, industry, and agriculture greatly affect the decline in the quality of the river's. Poor river surface water quality will affect the quality of groundwater in the area around the river. Groundwater and river surface water have a close relationship with each other, especially in areas around riverbanks. Therefore, this study was conducted to identify the interaction between ground air and river surface air at the research location. Based on the description of the flow pattern identified as a whole, the type of interaction at the research location is in the form of gain stream. The relationship between the two causes similar characteristics as evidenced by the occurrence of similar patterns in the time series analysis. These similarity characteristics are divided into 2 clusters, namely cluster 1 is influenced by pH and air temperature while cluster 2 is influenced by TDS and DHL water with correlation values ranging from -0.074 to 0.972. Based on the PCA analysis, the eigenvalue values obtained range from 1.042 to 1.482 with a cumulative contribution of variables of 79.58%. The hydrochemistry of air in groundwater and river surface water also shows that there are similarities in the chemical properties of air, namely that it has non-dominant types of cations and anions.

Keywords: Groundwater, surface water, interaction patterns, Beji River

Pendahuluan

Sungai Beji merupakan salah satu sungai yang berada di Kabupaten Malang, Jawa Timur. Sungai ini memiliki panjang 6,80 km yang melintasi dua kecamatan yaitu Kecamatan Singosari dan Kecamatan Karangploso. Berdasarkan hasil observasi lapangan, warga sekitar memanfaatkan aliran Sungai Beji ini untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari diantaranya mandi, cuci, kakus serta aliran irigasi. Pemanfaatan aliran sungai secara terus menerus dapat mempengaruhi penurunan kualitas air sungai tanpa adanya keseimbangan dalam pelestarian lingkungan [1].

Penurunan kualitas air sungai akan berdampak pada penurunan kualitas air tanah [2]. Air sungai dan air tanah memiliki hubungan yang sangat erat, terutama air tanah yang berada disekitar bantaran sungai dikarenakan kedua sumber daya air tersebut merupakan satu kesatuan [3]. Secara hidrologi, apabila air permukaan mengalami kenaikan, maka muka air permukaan (air sungai) akan mengalir ke dalam air tanah, kondisi sebaliknya apabila air permukaan lebih

rendah maka air tanah akan mengalir menuju air permukaan secara perlahan [4].

Arah aliran dapat ditentukan dari data kontur muka air tanah yang dipetakan dari tiga titik sumur yang letaknya berdekatan. Sejumlah peneliti terdahulu telah menggunakan metode yang sama dalam penentuan arah aliran air tanah. Diantaranya adalah Oseji dkk (2009) di Ndokwa [5], Ofomola dkk (2010) di Utagba-Ogbe Kingdom [6], Amah dkk (2015) di Ekintae [7], Oborie dkk (2017) di Yenagoa [8].

Pola interaksi air tanah dan air permukaan sungai dapat ditinjau dengan beberapa pendekatan statistik dengan menggunakan data parameter fisik air, analisis yang dimaksud diantaranya adalah analisis deret waktu (*time series*) yang dilakukan guna mengetahui pola data secara temporal dengan mengamati parameter fisik [9], analisis koefisien korelasi digunakan untuk menunjukkan kekuatan hubungan antara dua variabel [10], analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*), dan analisis klaster (*cluster*) digunakan untuk mengklasterkan jenis air tanah dan air permukaan sungai dengan karakteristik yang sama [11]. Adapun beberapa

peneliti yang pernah melakukannya metode serupa diantaranya Posavec dkk (2017) di Sungai Danube [12], Mencio dkk (2008) di aliran mediterranean Urbanistan [13], Kamble dkk (2011) di India [14].

Selain parameter fisika penentuan pola interaksi air tanah dan air permukaan sungai dapat ditentukan dengan karakteristik kimia pada air dengan menggunakan diagram Trilinier Piper [15]. Hal ini juga didukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Chu dkk (2016) [16] di Sungai Juma menunjukkan bahwa karakteristik kimia air tanah dan air permukaan sungai serupa yaitu contoh air mengandung $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ sebagai kation dominan dan konsentrasi $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ jauh lebih rendah, selain itu HCO_3^- dan SO_4^{2-} adalah anion yang dominan dalam air dan konsentrasi Cl^- lebih rendah dan disimpulkan memiliki interaksi antara satu sama lain, hal serupa juga terjadi bahwa air sungai dan air permukaan di daerah Iraq Selatan teridentifikasi memiliki interaksi karena memiliki karakteristik kimia air yang sama yaitu ($\text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$) dimana non-karbonat (polutan sekunder) melebihi 50% [17].

Penelitian ini mempunyai perbedaan dengan penelitian lain pada bagian metode, mayoritas penelitian sebelumnya hanya meninjau dari salah satu metode saja yaitu pola aliran namun pada penelitian ini ditinjau dari tiga aspek yaitu arah aliran, sifat fisik air, dan sifat kimia air.

Metode

Obyek Penelitian

Dalam melakukan penelitian ini dipilih 35 titik sebaran sumur gali yang tersebar di enam desa yang dialiri oleh Sungai Beji yaitu Desa Ngijo, Desa Kepuruharjo, Desa Ngenep, Desa Tunjungtirta, Desa Balaerjosari dan Desa Singosari selain itu dipilih juga satu segmen Sungai Beji yang mewakili daerah hulu, tengah dan hilir sebagai obyek penelitian seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Penelitian ini juga dilakukan secara periodik selama 2 pekan di musim kemarau.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa kedalaman muka air, pengukuran parameter kualitas fisika air (suhu air, pH air, TDS dan DHL) data tersebut didapatkan dari pengukuran yang dilakukan selama periode penelitian berlangsung (01 Juni-14 Juni 2021). Selain itu, nantinya akan diambil juga contoh air sumur dan sungai yang akan diujikan di laboratorium untuk dianalisa sifat kimia airnya.

Alat Penelitian

Penelitian ini ditunjang dua jenis peralatan yaitu peralatan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras ini berupa meteran gulung yang digunakan untuk mengukur kedalaman air sumur dan air sungai, pH meter digunakan pengukuran pH air, termometer alat ukur suhu air, TDS meter digunakan untuk mengukur nilai total zat padat terlarut, konduktimeter digunakan untuk mengukur daya hantar listrik air, botol plastik berbahan poli etilen sebagai wadah pengambilan contoh air, *box styrofoam* dan es gel berfungsi menjaga suhu pada contoh air. Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian diantaranya aplikasi *map maker* sebagai alat penentu koordinat pada lokasi penelitian dan program komputer *surfer 13* untuk memetakan aliran air tanah dan air permukaan sungai, program R digunakan untuk analisis data dalam penentuan pola interaksi air sumur dan sungai, *GW chart* digunakan untuk analisis karakteristik kimia air dengan model diagram Trilinier Piper.

Analisis Data

Pola Aliran Air Tanah dan Air Permukaan Sungai Beji

Titik sebaran sumur gali dilakukan pengukuran elevasi permukaan yang akan digunakan untuk menghitung elevasi muka tanah. Elevasi muka air tanah dihitung berdasarkan persamaan berikut [18] :

$$swl = EL.MT + p - h \quad (1)$$

Keterangan :

Swl = elevasi muka air tanah

EL.MT = elevasi muka tanah

p = kedalaman sumur

h = ketinggian sumur gali dari elevasi permukaan tanah

Data yang diperoleh dari persamaan (1) dirangkum menggunakan program komputer *microsoft excel*, selanjutnya data tersebut dianalisis menggunakan program *surfer 13* untuk menghasilkan kontur muka air tanah dan arah aliran air tanah. Hasil arah aliran dan kontur tanah tersebut ditumpangkan pada peta rupa bumi skala 1: 25.000 dan disesuaikan dengan titik-titik koordinat sebaran sumur yang telah ditentukan menggunakan *Arc Map 10.3*.

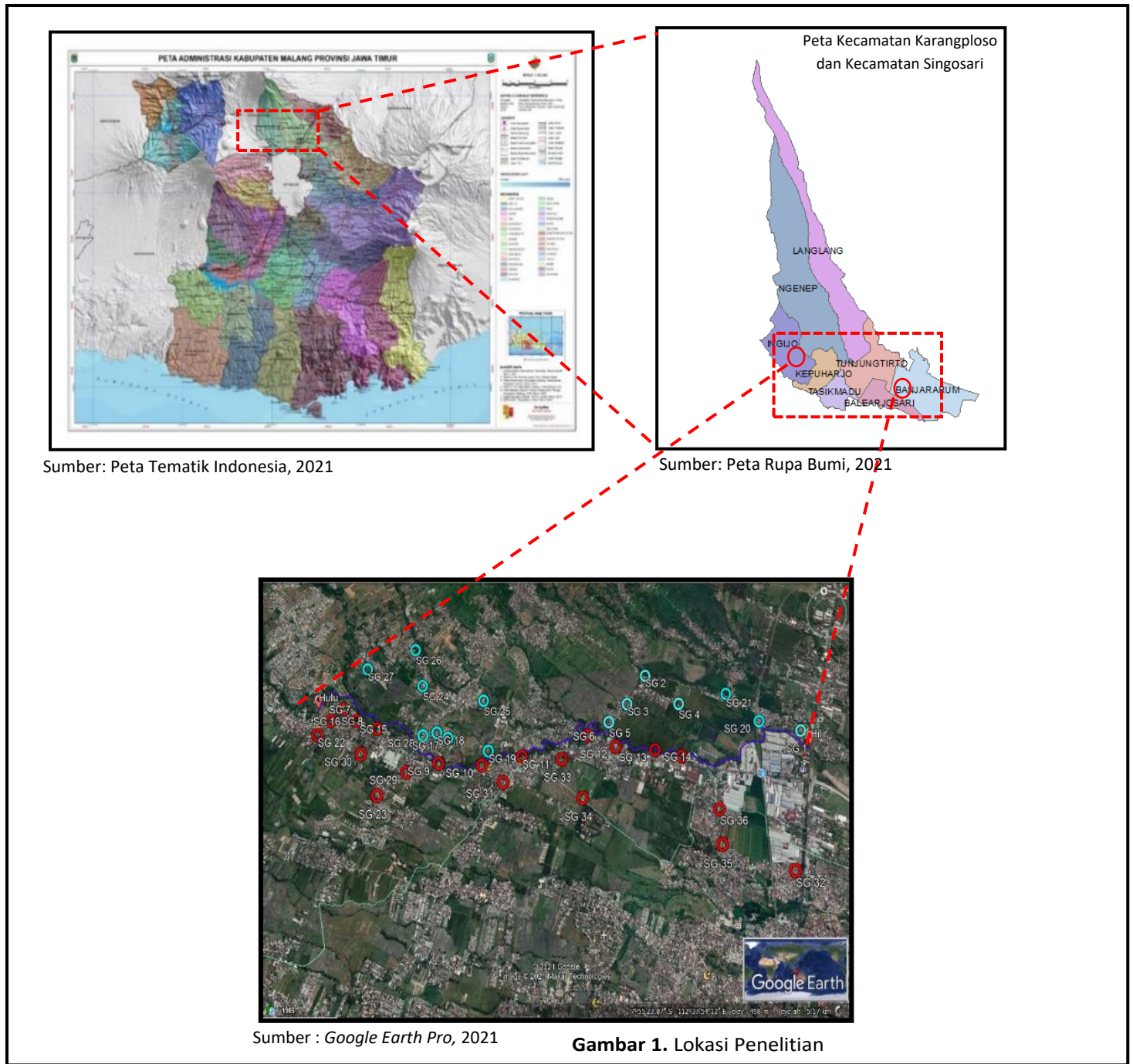
Pola Interaksi air tanah dan air permukaan Sungai Beji Ditinjau dari Sifat Fisika Air

Analisa ini menggunakan beberapa metode statistika diantaranya berikut :

A. Analisa Deret Waktu (*Time Series*)

Penentuan *6 cross section* yang mewakili daerah hulu sampai dengan hilir berdasarkan kontur muka tanah. Kemudian dilakukan pengamatan serta pengukuran kualitas fisik air berupa (pH air, suhu air, TDS dan DHL dalam air) selama 14 hari. Hasil pengamatan tersebut

akan dianalisa untuk mendapatkan pola grafik antara parameter fisik air tanah dan air permukaan sungai dengan waktu.



B. Analisa Koefisien Korelasi

Hasil data pengukuran kualitas air fisika (TDS, DHL, pH air dan suhu air) dianalisa menggunakan bantuan program R Studio. Adapun acuan dalam penentuan variasi koefisien korelasi disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Interpretasi Koefisien Korelasi

No	Interval Nilai Koefisien	Tingkatan Hubungan
1.	0,00 – 1,99	Sangat Lemah
2.	0,20 – 0,39	Lemah
3.	0,40 – 0,59	Cukup Kuat
4.	0,60 – 0,79	Kuat
5.	0,80 – 0,99	Sangat Kuat

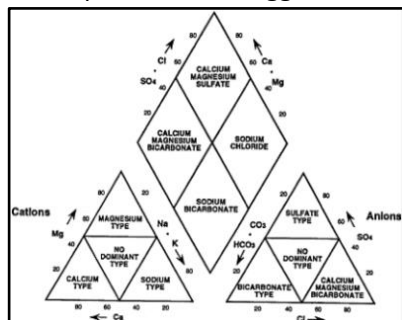
Sumber: Sugiyono, 2017 [19]

C. Analisa Komponen Utama/ PCA (Principal Component Analysis) dan Analisa Kluster.

Analisis komponen utama/PCA (Principal Component Analysis) dan analisa kluster dalam pengolahan data dibantu oleh program R Studio. Hasil pengukuran sifat fisik air berupa (DHL, TDS, pH dan Suhu) diinput kedalam program R Studio. Setelah itu didapatkan nilai *eigenvalue* untuk menentukan komponen utama atau variabel yang berpengaruh, kemudian dilakukan proses kluster antar variabel yang memiliki kemiripan.

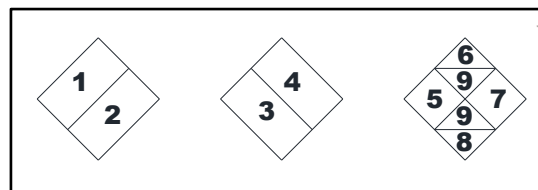
Pola Interaksi air tanah dan air permukaan Sungai Beji ditinjau dari Sifat Kimia Air.

Pengambilan contoh air di tiga *section* yang mewakili daerah hulu, tengah, hilir. tiga *section* itu meliputi tiga sumur gali di sebelah kanan, tiga sumur gali di sebelah kiri dan tiga titik sungai. Kemudian dilakukan pengujian di laboratorium untuk melihat kation yang terkandung dalam air (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)* dan anion yang terkandung di dalam air (HCO₃⁻, CO₃²⁻, SO₄²⁻, Cl⁻) dengan menggunakan metode volumetri. Hasil dari laboratorium diplot menggunakan diagram Triliner Piper pada **Gambar 2 dan 3** kemudian diinterpretasikan menggunakan **Tabel 2**.



Gambar 2. Model Diagram Triliner Piper

Sumber : Tatawat dkk, 2018 [20]



Gambar 3. Pembagian Jajar Genjang menurut Piper.

Sumber : Suharyadi, 1984 [21]

Tabel 2. Interpretasi Karakteristik Kimia Air

Letak	Karakteristik Kimia
1	Kandungan alkali tanah melebihi kandungan alkalinia
2	Kandungan alkalinia melebihi kandungan alkali tanahnya
3	Kandungan asam lemah melebihi asam kuatnya
4	Kandungan asam kuat melebihi asam lemahnya
5	Kekerasan karbonat (alkalinitas sekunder) lebih dari 50% sifat kimia air tanah di dominan oleh alkali tanah dan asam lemah
6	Kekerasan non karbonat (kegaraman sekunder) lebih dari 50%
7	Non karbonat alkali lebih dari 50% sifat kimia air di dominan alkali dan asam kuat
8	Karbonat alkali (alkalinitas primer) lebih dari 50%
9	Pasangan kation dan anion seimbang dan tidak ada yang melebihi 50 %

Sumber : Surharyadi, 1984 [21]

Hasil Dan Pembahasan

Pola Aliran Air Tanah dan Air Permukaan Sungai

Hasil Pengukuran yang dilakukan saat di lapangan ditunjukkan pada **Tabel 3 dan Tabel 4**.

Tabel 3. Rekapitulasi Titik Pengamatan Koordinat dan Elevasi Muka Air Tanah

No	Tanggal Survei	Kode Sumur	Koordinat		El. Muka Air Tanah
			LS	BT	
1	01/06/2021	SG - 1	7°54'42,72"	112°39'19,79"	453,39
2	01/06/2021	SG - 2	7°54'17,16"	112°38'30,63"	487,1
3	01/06/2021	SG - 3	7°54'25,91"	112°38'22,33"	488,67
4	02/06/2021	SG - 4	7°54'28,38"	112°38'40,26"	478,34
5	02/06/2021	SG - 5	7°54'31,07"	112°38'14,05"	486,05
6	02/06/2021	SG - 6	7°54'34,62"	112°38'6,68"	486,5
7	03/06/2021	SG - 7	7°54'15,81"	112°36'45,02"	539,2
8	03/06/2021	SG - 8	7°54'19,98"	112°36'48,52"	540,56
9	03/06/2021	SG - 9	7°54'37,33"	112°37'15,59"	516,38
10	04/06/2021	SG - 10	7°54'40,07"	112°37'29,49"	505,02
11	04/06/2021	SG - 11	7°54'38,00"	112°37'42,69"	503,05
12	04/06/2021	SG - 12	7°54'40,17"	112°38'16,32"	486,49
13	04/06/2021	SG - 13	7°54'42,51"	112°38'28,75"	479,4
14	04/06/2021	SG - 14	7°54'44,6"	112°38'38,25"	470,31

No	Tanggal Survei	Kode Sumur	Koordinat		El. Muka Air Tanah
			LS	BT	
15	04/06/2021	SG - 15	7°54'24,71"	112°36'55,02"	532,19
16	05/06/2021	SG - 16	7°54'19,21"	112°36'39,65"	541,67
17	05/06/2021	SG - 17	7°54'30,67"	112°37'19,67"	520,25
18	05/06/2021	SG - 18	7°54'28,01"	112°37'15,85"	523,13
19	05/06/2021	SG - 19	7°54'34,46"	112°37'32,42"	508,25
20	05/06/2021	SG - 20	7°54'40,09"	112°39'5,03"	466,85
21	05/06/2021	SG - 21	7°54'28,74"	112°38'58,96"	470,9
22	05/06/2021	SG - 22	7°54'23,11"	112°36'35,09"	534,52
23	10/06/2021	SG - 23	7°54'42,95"	112°36'56,39"	518,88
24	10/06/2021	SG - 24	7°54'10,79"	112°37'10,39"	542,61
25	10/06/2021	SG - 25	7°54'18,8"	112°37'31,81"	521,67
26	10/06/2021	SG - 26	7°53'59,4"	112°37'10,57"	540,7
27	12/06/2021	SG - 27	7°54'2,92"	112°36'52,34"	538,9
28	12/06/2021	SG - 28	7°54'27,79"	112°37'10,92"	523,46
29	12/06/2021	SG - 29	7°54'38,7"	112°37'5,02"	517,52
30	12/06/2021	SG - 30	7°54'44,53"	112°36'55,48"	523
31	13/06/2021	SG - 31	7°54'46,75"	112°37'36,15"	495,1
32	14/06/2021	SG - 32	7°55'23,00"	112°39'4,25"	457,6
33	14/06/2021	SG - 33	7°54'40,31"	112°37'59,45"	484
34	14/06/2021	SG - 34	7°54'53,58"	112°38'2,55"	484,46
35	14/06/2021	SG - 35	7°55'14,31"	112°38'45,22"	471

Sumber : Hasil Penelitian, 2021

Tabel 4. Rekapitulasi Titik Pengamatan Koordinat dan Elevasi Muka Air Sungai

No	Tanggal Survei	Kode Titik Sungai	Koordinat		El. Muka Air
			LS	BT	
1	20/06/2021	S-1	7°54'48,13"	112°39'21,89"	465,5
2	20/06/2021	S-2	7°54'43,13"	112°39'4,57"	466,36
3	20/06/2021	S-3	7°54'49,07"	112°38'47,11"	463,9
4	20/06/2021	S-4	7°54'33,62"	112°38'13,02"	484,4
5	20/06/2021	S-5	7°54'34,74"	112°37'56,71"	488,94
6	20/06/2021	S-6	7°54'37,15"	112°37'39,6"	496,52
7	20/06/2021	S-7	7°54'37,19"	112°37'20,64"	507,1
8	20/06/2021	S-8	7°54'30,06"	112°37'8,51"	515,76
9	20/06/2021	S-9	7°54'13,00"	112°36'47,84"	528,7
10	20/06/2021	S-10	7°54'13,97"	112°36'35,39"	539

Sumber : Hasil Penelitian, 2021

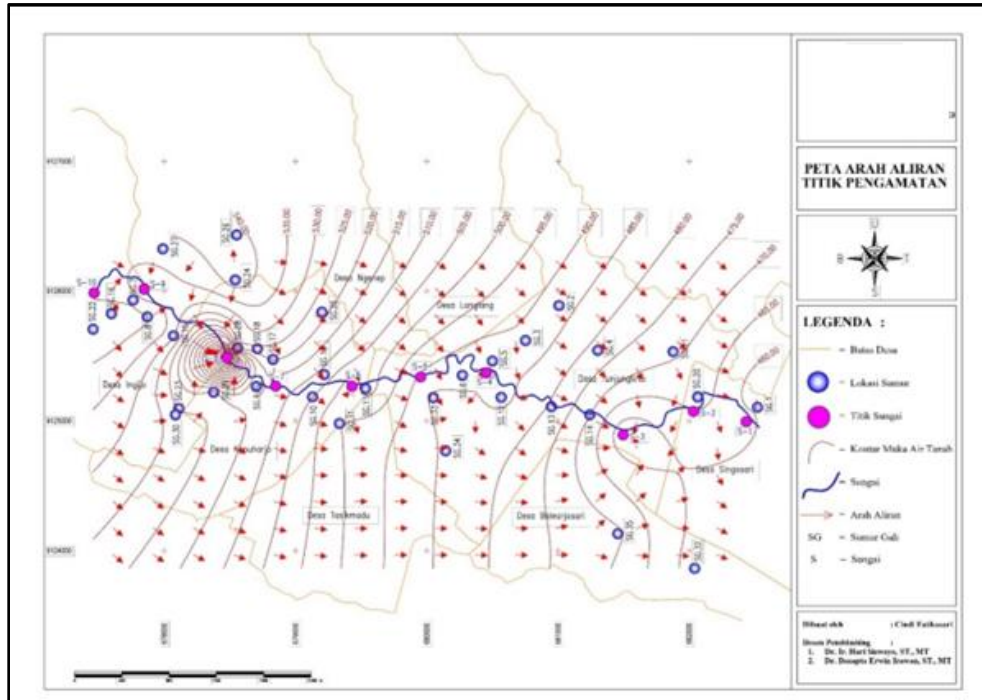
Keterangan :

- S = Titik Pengamatan Sungai
- SG = Sumur Gali Warga

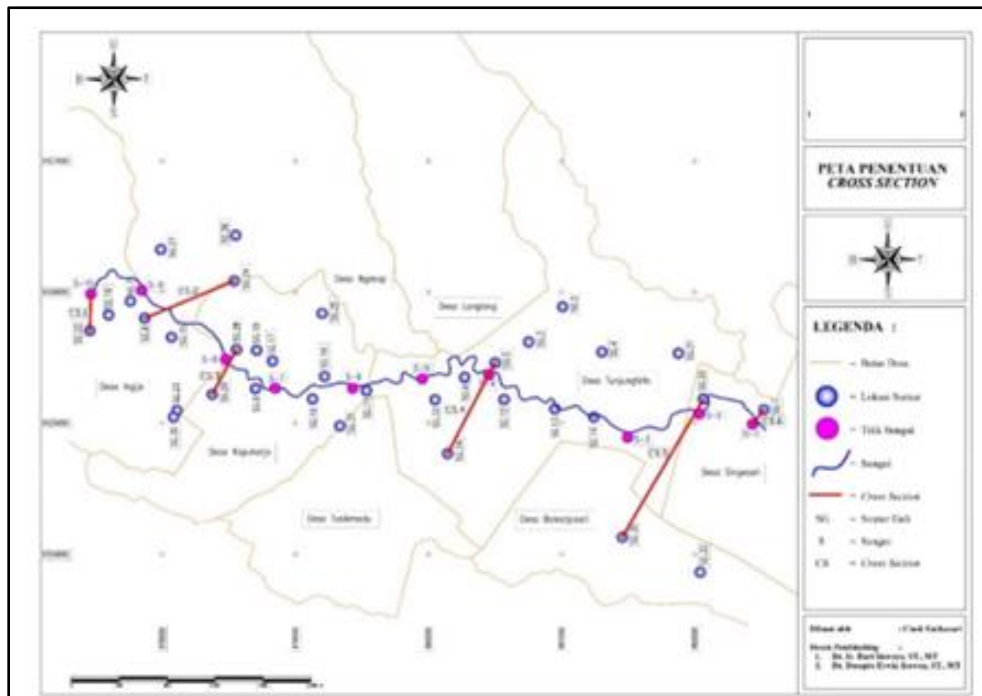
Berdasarkan **Tabel 3 dan 4** dapat dilakukan pemetaan arah aliran dengan bantuan program Komputer *Surfer 11* dan *Autocad 2017*. Adapun hasil pemetaan tersebut disajikan pada **Gambar 4**.

Berdasarkan peta kontur muka air tanah pada **Gambar 4** dapat ditunjukkan bahwa air tanah bergerak dari arah menuju ke arah timur. Untuk mengetahui lebih spesifik jenis pola interaksi maka dilakukan pembagian *cross section* dan penggambaran penampang muka air tanah dan Sungai Beji dimana setiap *cross section* terdiri dari sumur sisi kanan atau sisi kiri sungai dan satu titik di aliran sungai. Pembagian *cross section* ini mempertimbangkan tata guna lahan, jarak dan kontur muka air tanahnya. Adapun pentutan *cross section* dan penggambaran penampang disajikan pada **Gambar 5 dan Tabel 6**.

Berdasarkan **Tabel 6**. dapat ditunjukkan terdapat 2 jenis pola interaksi air tanah dan air permukaan sungai yang berbeda. Pada *cross section 2* sampai dengan 5 memiliki jenis pola interaksi *gaining stream* atau air permukaan tanah mengisi permukaan sungai. Keadaan tersebut terjadi karena elevasi muka air sumur gali lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi muka air sungai. Sementara itu pada *cross section 1* dan *cross section 6* memiliki jenis interaksi yang berbeda yaitu *loosing stream* dimana elevasi muka air sungai lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi muka air sumur gali atau air permukaan sungai mengisi air tanah. Namun, pola interaksi ini dapat berubah – ubah karena adanya faktor perubahan musim dan panas sinar matahari yang menyebabkan pola aliran juga ikut berubah. Penentuan pola interaksi tersebut juga terbatas dengan data pengukuran survei pengamatan periode 1 Juni – 14 Juni 2021 atau musim kemarau. Secara garis besar pola interaksi air tanah dan air permukaan sungai saat musim kemarau di daerah aliran Sungai Beji ini memiliki jenis *gaining stream* . Hal ini sejalan dengan pernyataan Sri Harto,2000 [22] yang menyatakan bahwa pada saat musim kemarau permukaan sungai mengalami penguapan sehingga elevasi permukaan sungai terjadi penurunan dan elevasi muka air tanah membantu dalam pengisian kembali air permukaan sungai.



Gambar 4. Peta Pola Aliran Air Tanah



Gambar 5. Peta Penentuan Cross Section

Tabel 6 Penggambaran Pola Interaksi Air Tanah dan Air Permukaan

Nomor cross section	Penampang Cross Section	Keterangan
1	<p>CROSS SECTION 1</p>	Air permukaan sungai mengisi Air tanah sisi kanan (<i>Loosing stream</i>)
2	<p>CROSS SECTION 2</p>	Air Tanah mengisi Air permukaan sungai (<i>Gaining stream</i>)
3	<p>CROSS SECTION 3</p>	Air Tanah mengisi Air permukaan sungai (<i>Gaining stream</i>)
4	<p>CROSS SECTION 4</p>	Air Tanah mengisi Air permukaan sungai (<i>Gaining stream</i>)

Nomor cross section	Penampang Cross Section	Keterangan
5		Air Tanah mengisi Air permukaan sungai (Gaining stream)
6		Air permukaan sungai mengisi Air tanah sisi kanan (Loosing stream)

Analisa Koefisien Korelasi

Adapun analisis koefisien korelasi dari data pengukuran mingguan parameter fisik air yang telah diukur selama 10 minggu disajikan dalam **Tabel 7**.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Koefisien Korelasi

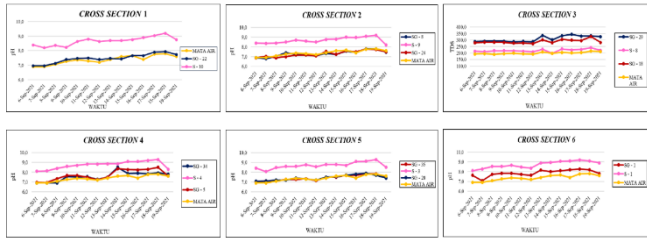
Cross Section	Titik Pengamatan	Parameter			
		TDS	DHL	pH	Suhu
1	SG - 22 dan S -10	0,683	0,844	0,736	0,018
		(Kuat)	(Sangat Kuat)	(Kuat)	(Lemah)
2	SG - 8 dan S - 8	-0,415	0,333	0,853	-0,131
	S - 8 dan SG - 24	0,24	0,128	0,678	-0,42
		(lemah)	(sangat lemah)	(kuat)	(cukup kuat)
3	SG - 29 dan S - 9	0,094	-0,074	0,656	0,746
	S - 9 dan SG - 18	(lemah)	(lemah)	(kuat)	(kuat)
		0,489	0,525	0,724	0,683
4	SG - 34 dan S - 4	0,251	0,095	0,6	0,191
	S - 4 dan SG - 5	(lemah)	(sangat lemah)	(kuat)	(sangat lemah)
5		SG - 35 dan S - 3	-0,62	-0,421	0,614
	S - 3 dan SG - 20	(kuat)	(cukup kuat)	(kuat)	(lemah)
		0,435	0,425	0,972	0,601
6	SG - 1 dan S - 1	-0,289	-0,494	0,353	0,712
		(lemah)	(cukup kuat)	(lemah)	(kuat)

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan **Tabel 7** dapat ditunjukkan bahwa setiap *cross section* memiliki nilai korelasi antara -0,074 sampai dengan 0,972 dengan variasi korelasi yang berbeda-beda. Pada *section 1* parameter DHL memiliki hubungan yang sangat kuat bernilai 0,844. Untuk *section 2* parameter TDS dan suhu memiliki nilai korelasi yang cukup kuat yaitu -0,415 di sisi kanan sungai dan -0,42 di sisi kiri sungai. *Section 3* sisi kanan sungai memiliki korelasi kuat pada parameter suhu dengan nilai 0,746 dan untuk sisi kiri korelasi kuat pada parameter DHL 0,916. *Section 4* sisi kanan dan kiri sungai memiliki korelasi kuat pada parameter pH dengan nilai 0,6 dan 0,972. *Section 5* sisi kanan sungai memiliki korelasi cukup kuat pada parameter DHL dengan nilai 0,421 dan untuk sisi kiri korelasi cukup kuat pada parameter TDS 0,435. *Section 6* memiliki korelasi kuat pada parameter DHL dengan nilai -0,494. Dapat dilihat bahwa parameter TDS dan DHL hampir setiap *section* memiliki korelasi yang kuat. Hal ini sejalan dengan penelitian Khairunnas dkk, 2018 [23] menyatakan bahwa semakin kuat nilai korelasi TDS yang terkandung di dalam air maka nilai DHL yang terkandung di dalam air juga ikut semakin kuat.

Analisa Deret Waktu atau Time Series

Nilai parameter fisik air tanah dan air permukaan sungai berupa suhu air, pH Air, TDS dan DHL membentuk grafik pola yang sama seperti yang disajikan pada **Gambar 6** sampai dengan **Gambar 9**.



Gambar 6. Grafik Hubungan pH terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 6 dapat ditunjukkan bahwa nilai pH air permukaan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pH air tanah. pH air permukaan berkisar 8,1 sampai dengan 9,3 dan nilai pH air sumur gali warga dan mata air cenderung memiliki nilai yang hampir mirip yaitu berkisar 6,8 sampai dengan 8,3.



Gambar 7. Grafik Hubungan Suhu terhadap Waktu

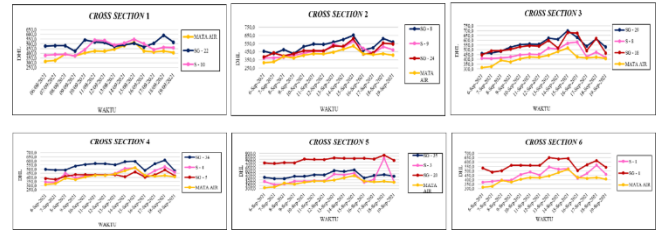
Berdasarkan Gambar 7 secara garis besar hasil pengukuran parameter suhu antara titik pengamatan sumur warga dan permukaan sungai memiliki kemiripan satu sama lain dengan nilai suhu titik pengamatan sumur warga berkisar 23,3°C sampai dengan 27,1°C dan nilai suhu air permukaan sungai berkisar 23,1°C sampai dengan 27,2°C. Namun pada cross section 4,5, dan 6 terdapat kenaikan nilai suhu pada air permukaan.



Gambar 8. Grafik Hubungan TDS terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 8 dapat ditunjukkan bahwa nilai TDS air tanah memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pH air permukaan sungai. Tingginya nilai TDS dikarenakan adanya senyawa

organik dan anorganik meliputi mineral, logam, garam dan kation-anion yang larut di dalam air [24].



Gambar 9. Grafik Hubungan DHL terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 9 pola fluktuasi DHL memiliki kemiripan dengan pola fluktuasi nilai TDS. Berdasarkan visualisasi analisis deret waktu (time series) dapat disimpulkan bahwa air tanah dan air permukaan Sungai Beji memiliki hubungan satu sama lain hal ini dibuktikan bahwa pola pada grafik analisis deret waktu (time series) antara air tanah dan air permukaan sungai disetiap parameternya memiliki kemiripan. Kemiripan pola ini juga dapat dilihat dari nilai parameter fisik air permukaan sungai dan air tanah yang cenderung mengalami kenaikan diakhir pekan. Kenaikan yang cukup signifikan terjadi pada hari Sabtu dan kembali menurun pada hari Senin atau hari kerja. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [25]

Analisa Komponen Utama dan Analisa Kluster

Analisis komponen utama pada parameter fisik air tanah dan air permukaan sungai menunjukkan nilai eigenvalue sebesar 0,304 sampai dengan 1,482. Untuk lebih jelasnya nilai eigenvalue disetiap komponen utama dapat ditunjukkan dalam Tabel 8

Tabel 8. Nilai Eigenvalue

Komponen Utama	Nilai Eigenvalue	Variasi (%)
PC 1	1,482	0,549
PC 2	1,042	0,247
PC 3	0,851	0,181
PC 4	0,304	0,023

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan Tabel 8 dapat ditentukan 2 komponen utama yang dianggap mewakili seluruh variabel untuk analisa lanjutan yaitu PC 1 dan PC 2. Johnson, dkk (2007) [26] menyatakan pemilihan komponen utama ditinjau berdasarkan nilai eigenvalue > 1. Kedua komponen utama tersebut dapat menjelaskan keragaman seluruh data sebesar 79,58%. Untuk mengetahui variabel yang mempengaruhi terjadinya interaksi antara air tanah dan air permukaan Sungai

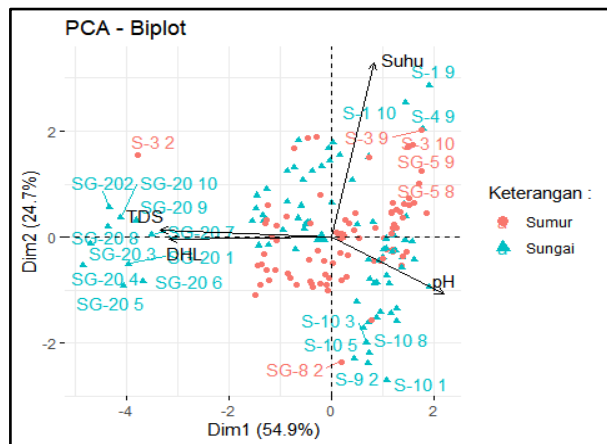
Beji dapat dilakukan dengan menggunakan metodologi rotasi faktor varimax.

Tabel 7. Hasil Rotasi Faktor dengan Metode Rotasi Varimax

Variabel	Komponen	
	1	2
TDS	-0,646	0,04
DHL	-0,614	-0,01
Suhu	0,424	-0,611
pH	0,16	-0,57

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Komponen Utama (PC) 1 memiliki nilai presentase variasi data sebesar 54,90%. Berdasarkan nilai *loading* variabel yang berpengaruh pada komponen ini yaitu TDS dengan nilai *loading* -0,646 dan DHL dengan nilai *loading* -0,614, Sementara itu, komponen utama (PC) 2 memiliki nilai presentase variasi data sebesar 24,70%. Variabel yang terbentuk dalam komponen tersebut adalah variabel suhu dengan nilai *loading* sebesar -0,611 dan variabel pH -0,570. Nilai *loading* yang dipilih adalah nilai *loading* > 0,5 baik bernilai positif (+) ataupun negatif (-) dikarenakan variabel tersebut dianggap mempengaruhi adanya hubungan antara air tanah dan air permukaan sungai [27]. Kemudian dilakukan *overlapping* titik pengamatan dengan variabel-variabel yang berpengaruh. Adapun visualisasi hasil *overlapping* disajikan dalam **Gambar 10**



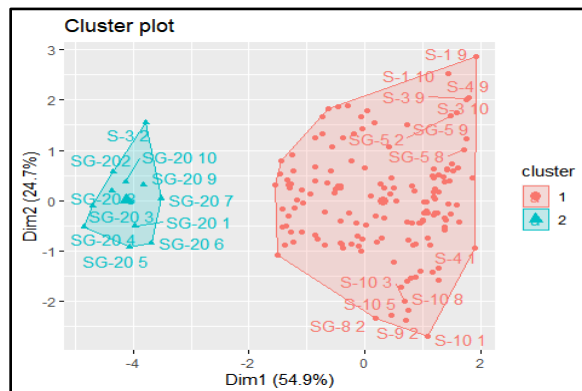
Gambar 10. Hasil *Overlapping* Titik Pengamatan terhadap Komponen PCA

Sumber : Hasil analisis, 2021

Berdasarkan **Gambar 10** dapat dinyatakan bahwa titik pengamatan di kuadran I dan IV dipengaruhi oleh parameter TDS dan DHL diantaranya (SG-20 dan S-3); kuadran II dipengaruhi oleh suhu diantaranya (SG-5, S-

4, SG-34, SG-35, S-1, dan SG-1) dan kuadran III dipengaruhi oleh pH diantaranya (S-10, SG-22, S-9, SG-8, S-24, SG-29, S-8, dan SG-18)

Setelah itu dilakukan penentuan jumlah kluster dengan menggunakan metode *silhouette*. Berdasarkan hasil analisa dengan menggunakan metode *silhouette* didapatkan jumlah kluster yang optimal yaitu $k = 2$ dengan nilai koefisien 0,8. Penentuan nilai k ini dengan melihat koefisien yang paling tinggi atau mendekati nilai 1 [28]. Untuk lebih jelasnya hasil visualisasi analisis kluster disajikan pada **Gambar 7**.



Gambar 11. Jumlah Kluster Optimal Metode *Silhouette*

Sumber : Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan hasil kluster yang ditunjukkan pada **Gambar 11** dapat ditunjukkan bahwa kluster I (merah) terdiri dari hampir seluruh titik pengamatan air tanah dan air permukaan sungai diantaranya (SG 22, S-10, SG-8, S-9, S-24, S-29, S-8, SG-18, SG-34, S-4, SG-5, SG-35, SG,1 dan S-1). Seluruh titik pengamatan pada kluster ini memiliki arakteristik kemiripan yang dipengaruhi oleh pH dan Suhu air. Sementara untuk kluster II (biru) terdiri dari SG-20 dan S-3. Karakteristik kemiripan pada kluster ini di pengaruhi oleh parameter TDS dan DHL Berdasarkan hasil suvey juga dapat ditunjukkan bahwa dua titik pengamatan tersebut merupakan kawasan industri dan kawasan pertanian, variasi tata guna lahan tersebut juga dapat menjadi faktor tingginya nilai TDS dan DHL pada titik pengamatan [29].

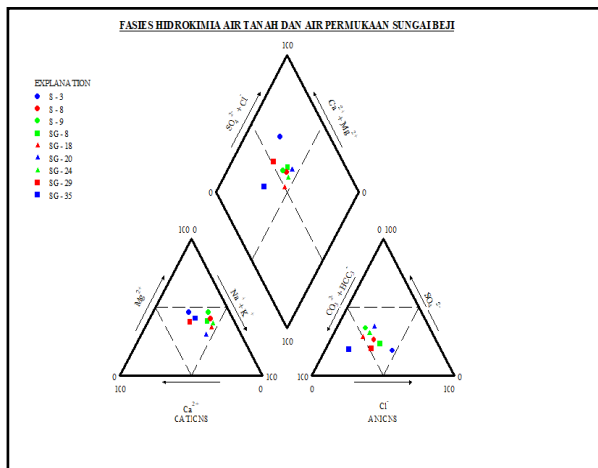
Karakteristik Kimia Air

Hasil analisis laboratorium dengan berbagai parameter yang diujikan dan hasil pengukuran parameter fisik air di lapangan ditunjukkan dalam **Tabel 9**. Kandungan dan konsentrasi ion-ion terlarut yang disajikan dalam **Tabel 9** akan membentuk suatu karakter yang akan ditunjukkan dengan tipe kimianya sesuai hasil plot di Diagram Trilinier Piper pada **Gambar 12**.

Tabel 9. Hasil Uji Contoh Air

Kode	Konsentrasi Ion Terlarut (meq/l)						
	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
S-3	0,24	0,18	0,15	0,03	0,64	0,61	0,45
S-8	0,21	0,17	0,09	0,02	1,04	0,59	0,45
S-9	0,2	0,18	0,08	0,02	0,78	0,55	0,45
SG-8	0,28	0,28	0,13	0,02	0,9	0,52	0,8
SG-18	0,29	0,31	0,12	0,03	0,92	0,56	0,65
SG-20	0,36	0,69	0,42	0,03	1,16	0,6	1,6
SG-24	0,22	0,28	0,09	0,02	0,98	0,75	0,45
SG-29	0,3	0,42	0,33	0,01	1,3	0,52	0,85
SG-35	0,22	0,31	0,2	0,02	1,76	0,74	0,45

Sumber : Hasil Laboratorium, 2022



Gambar 12 Visualisasi Diagram Trilinear Piper

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan **Gambar 12** dapat dinyatakan bahwa setiap *cross section* yang mewakili lokasi penelitian memiliki tipe kation tidak ada yang dominan juga tipe anion tidak ada yang dominan Namun, pada Sumur Gali (SG) 35 memiliki tipe yang berbeda dengan tipe air tanah dan air permukaan sungai lainnya yaitu memiliki tipe kation yang tidak dominan dan anion bertipe bikarbonat. Pernyataan tentang hasil analisis karakteristik kimia ini terbukti benar jika ditinjau kembali dari analisis komponen utama (PCA) dan analisis kluster dimana air tanah air permukaan sungai memiliki kesamaan karakteristik baik kimia dan fisik.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pola aliran air tanah di lokasi penelitian secara umum adalah mengalir dari Barat menuju ke Timur

interaksi dengan aliran air tanah mengisi air permukaan sungai (*gaining stream*)

2. Pola interaksi air tanah dan air permukaan sungai di lokasi penelitian memiliki kesamaan ditinjau berdasarkan pola parameter fisik air yang sama disetiap *cross section*, air tanah dan air permukaan sungai memiliki interaksi lemah sampai dengan kuat dengan nilai koefisien korelasi berkisar -0,074 sampai dengan 0,972, mayoritas interaksi antara air tanah dan air permukaan sungai dipengaruhi oleh parameter fisik air DHL, air tanah dan air permukaan sungai yang memiliki interaksi dikelompokkan menjadi 2 kluster yang memiliki kemiripan yang sama.
3. Karakteristik kimia air tanah dan air permukaan sungai di lokasi penelitian secara umum adalah sama, dimana kandungan alkali tanah melebihi kandungan alkalinya, kandungan asam kuat melebihi asam lemahnya, pasangan kation dan anion seimbang dan tidak ada yang melebihi 50%, tipe kation tidak ada yang dominan, dan tipe anion tidak ada yang dominan.

Daftar Pustaka

- [1] P. S. Sara, W.Astono, & D. I. Hendrawan, "Kajian Kualitas Air Di Sungai Ciliwung dengan Parameter BOD dan COD". *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, 591–597, 2018.
- [2] A.Permana, "Analisis Kedalaman Dan Kualitas Air Tanah Di Kecamatan Sipatana Kota Gorontalo Berdasarkan Parameter Fisika Dan Kimia". *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 5(1), 45–55, 2019.
- [3] H. Afrizal, M. S. D. Haidan, M. N. Barakah, & Wahyudi. "Zona Kontaminasi Airtanah Dan Air Permukaan Dengan Metoda Indeks Pencemaran Di Lereng Gunung Manglayang Bagian Tenggara". *Padjajaran Geoscience Journal*, 4(5), 435–338, 2020.
- [4] M. Bisri, "Airtanah (Studi tentang Pendugaan Air Tanah, Sumur Air Tanah dan Upaya dalam Konservasi Air Tanah)", Malang: UB Press, 2012.
- [5] D. K. Todd, "Ground Water Hydrology," *Rock Slope Engineering: Fourth Edition*, vol. 59, no. 2. pp. 785–818, 1980.
- [6] J.O.Oseji, O. Ujuanbi, & O. Merrious, "Determination of Ground Water Flow Direction in Ndokwa Land Area of Delta State Nigeria, using Combined Drilled le and Global Positioning System.

- The Pasific Journal of Science and Technology*, 10 (2): 649-656, 2009.
- [7] J. O. Oseji, & O. Merrious, "Determination of groundwater flow direction in Utagba-Ogbe Kingdom, Nokwa Land Area of Delta State, Nigeria", *Scholars Research Library*, 2 (4): 324-328, 2010.
- [8] E. Oborie, & H. O. Nwamkwoala, "Determination of Groundwater Flow Direction in Yenagoa, Bayelsa State, Nigeria", *Journal of Scientific Achievements*, 2 (9): 23-27, 2017.
- [9] T.C. Johnson, L.D. Slater, D. Ntarlagiannis, F.D. Day-Lewis, & M. Elwasife, "Monitoring Groundwater-Surface Water Interaction Using Time-Series and Time - Frequency Analysis of Transient Three-Dimensional Electrical Resistivity Changes", *Water Resources Research*, 48 (7), 2012.
- [10] C.C. Astuti, "Analisis Korelasi untuk Mengetahui Keertan Hubungan antara Kearifan Mahasiswa dengan hasil Belajar Akhir", *Journal of Information and Computer Thecnology Education*, 1 (1) : 1-7, 2017.
- [11] K.D. Septian, S.J.I. Ismail, & A. Sularasa, "Prototipe Sistem Keamanan Face Recognition Berbasis Principal Component Analisis (PCA)", *e-Proceeding of Applied Science*. 5(2) : 1340-1349, 2019.
- [12] K. Posavec, P. Vukojevic, M. Ratkaj, & T. Bedenikovic, "Cross-correlation Modelling of Surface Water – Groundwater Interaction Using the Excel Spreadsheet Application" *The Mining Geolog Petroleum Engineering Bulletin*, 32 (1) : 25 – 32, 2017.
- [13] A. Mencio, & J. Mas-Pla, "Assessment by Multivariate Analysis of Groundwater–Surface Water Interactions in Urbanized Mediterranean Streams" *Journal of Hydrology*. 352 : 355-366, 2018.
- [14] S.R. Kamble, & R. Vijay, "Assesment of Water Quality using Cluster Analysis in Coastal Region of Mumbai, India" *Environ Monit Assess*, 178 : 321: 332, 2010.
- [15] M. Irham, & R.T.A.S. Widodo, "Pemeetaan Sebaran Air Tanah Asin pada Aquifer Dalam di Wilayah Semarang Bawah", *Berkala Fisika*, 9 (3) : 137-143, 2006.
- [16] H. Chu, J. Wei, R. Wang, & B. Xin, "Characteristic The interaction of Groundwater and Surface Water in Karst Beijing (China)". *Hydrogeology Journal*, 25 (2): 575-588, 2016.
- [17] S. H. Hadi, & H. H. Alwan, "Surface Water-Groundwater Interaction in Diwaniya, Southern Iraq Using Isotopic and Chemical Techniques" *Iraqi Geological Journal*, 53 (2B) : 89-112, 2020.
- [18] A.E. Amah, & M.A. Agbebia, "Determination Of Groundwater Flow Direction in Ekintae Limestone Quarry Near Mfamosing, South-Eastern, Nigeria", *International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciences*, 3: 2348-0254, 2015.
- [19] Sugiyono. "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D", Bandung : Alfabeta, CV, 2017.
- [20] R. K. Tatawat, & C.P. Singh Candel, "Quality of Groundwater of Jaipur City and Its Suitability for Domestic Irrigation Purpose". 2008.
- [21] Suharyadi, "Geohidrologi". Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, 1984.
- [22] B.R. Sri Harto, "Hidrologi : Teori, Masalah, Penyelesaian", Yogyakarta: Nafiri Offset, 2000.
- [23] Khairunnas & M. Gusman, "Analisis Pengaruh Parameter Konduktivitas, Resitivitas dan TDS terhadap Salinitas Air Tanah Dangkal pada Kondisi Air Laut Pasang dan Air Laut Surut di Daerah Pesisir Pantai Kota Padang. *Jurnal Bina Tambang*", 3 (4) : 1751-1760, 2018.
- [24] Darwis, "Pengelolaan Air Tanah", Yogyakarta : Pena Indis, 2018.
- [25] A.N.A. Alfionita, Patang & E.S. Kaseng, "Pengaruh Eutrofikasi terhadap Kualitas Air di Sungai Jeneberang", *Jurnal Pndidikan Teknologi Pertanian*, 5 (1) : 9-23. 2018.
- [26] R. A. Johnson, & D. W. Winchen, "Applied Multivariate Statistical Analysis. Sixth Edition", New Jersey: Pearson Education Inc, 2007.
- [27] M.R.M. Firdaus, & M. Sonhaji, "Faktor Kemiskinan Di Bangkalan Menggunakan Analisis PCA", *Jurnal Ilmiah Komputasi dan Statistika*, 1 (2) : 11- 14, 2022.
- [28] I. Arwani, "Optimasi Proses Klasterisasi Di MYSQL DBMS dengan Mengintegrasikan Algoritme MIC-KMEANS menggunakan Bahasa SQL dalam Stored Procedure", *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(2) : 391-397, 2020
- [29] R. Kudubun, Kisworo, D. Rahardjom, "Pengaruh Tata Guna Lahan, tipe Vegetasi Riparian, dan Sumber Pemcemar Terhadap Kualitas Air Sungai Winongo di Derah Istimewa Yogyakarta", *Prosiding Semina Nasional Boiologi di Era Pandemi Covid – 19*, 392-400, 2020.