

Pemetaan Pola Aliran Air Tanah di Sekitar Kali Sumpil Kota Malang

Mukhlis Arief Irvandi¹, Hari Siswoyo², Dasapta Erwin Irawan³

Departemen Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya^{1,2}

Departemen Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung³

e-mail: mukhlisariefirvandi12@gmail.com¹, hari_siswoyo@ub.ac.id², r-win@office.itb.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memetakan pola aliran air tanah di sekitar Kali Sumpil di wilayah Kota Malang. Lokasi penelitian ini adalah di segmen Kali Sumpil sepanjang 5,6 km yang mengalir mulai dari Kecamatan Lowokwaru hingga ke pertemuan antara Kali Sumpil dan Kali Sari di Kecamatan Blimbing, Kota Malang. Pola aliran air tanah di lokasi penelitian dipetakan berdasarkan elevasi muka air tanah yang diukur dari 43 lokasi sumur gali milik warga yang tersebar di sepanjang aliran Kali Sumpil tersebut. Elevasi muka air tanah pada sumur gali warga di lokasi penelitian berkisar antara +493,88 m dpl di bagian hulu hingga +436,70 m dpl di bagian hilir. Elevasi muka air tanah tertinggi berada pada sumur gali SG-26 yang berada di sebelah kanan aliran bagian hulu Kali Sumpil, sedangkan elevasi muka air tanah terendah berada pada sumur gali SG-25 di sebelah kiri aliran bagian hilir Kali Sumpil. Secara umum, aliran air tanah di lokasi penelitian mengalir dari arah Barat Laut menuju ke arah Tenggara bersesuaian dengan arah aliran Kali Sumpil. Hubungan antara air tanah dan air permukaan adalah air tanah mengisi air permukaan Kali Sumpil.

Kata Kunci: air permukaan; air tanah; Kali Sumpil; pola aliran

ABSTRACT

The objective of this study is to mapping the groundwater flow patterns around Sumpil River in Malang City. The location of this study is in one of the segments of Sumpil River along the 5.6 km which flows from Lowokwaru District to the confluence of Sumpil River and Sari River in Blimbing District, Malang City. The groundwater flow

pattern in the area of the study was mapped based on the groundwater level measured from 43 resident's dug wells scattered along Sumpil River. The groundwater level in the area of the study ranges from +493,88 m asl in the upstream area to +436,70 m asl in the downstream area. The highest groundwater level is in the SG-26 which is located to the right of the upstream flow of the Sumpil River, while the lowest groundwater level is in the SG-25 to the left of the downstream flow of the Sumpil River. In general, groundwater flow in the area of study flows from the Northwest to the Southeast in accordance with the direction of the Sumpil River flow. The interaction between groundwater and surface water is the groundwater flows to Sumpil River (gaining reach).

Keywords: *surface water; groundwater; Sumpil River; flow pattern*

A. PENDAHULUAN

Kali Sumpil merupakan sungai yang mengalir dari Kecamatan Lowokwaru hingga Kecamatan Blimbing, Kota Malang, yang terletak pada Sub DAS Sumpil dengan total luasan sebesar 451,895 ha (Rachmawati & Warsito, 2016). Wilayah sekitar Kali Sumpil didominasi oleh kawasan pertanian, pemukiman padat penduduk, dan perkebunan. Adanya perubahan tata guna lahan di sekitar Kali Sumpil memicu terjadinya pencemaran air sungai. Terlebih, setelah dilakukan observasi di lapangan dan wawancara dengan warga setempat (2021), air Kali Sumpil masih dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk berbagai aktivitas domestik, seperti sumber air irigasi, mandi, mencuci, kakus, dan memancing. Untuk keperluan konsumsi, mayoritas warga memilih menggunakan air kemasan dan memanfaatkan air tanah.

Air tanah dan air sungai memiliki hubungan yang sangat erat satu sama lain. Interaksi yang mungkin terjadi ialah *losing reach* atau *gaining reach*, yang ditentukan berdasarkan posisi muka air sungai dibandingkan muka air tanah. *Losing reach* adalah air kondisi dimana air permukaan memberi asupan air ke air tanah, sedangkan *gaining reach* merupakan kondisi saat posisi muka air tanah lebih tinggi daripada muka air

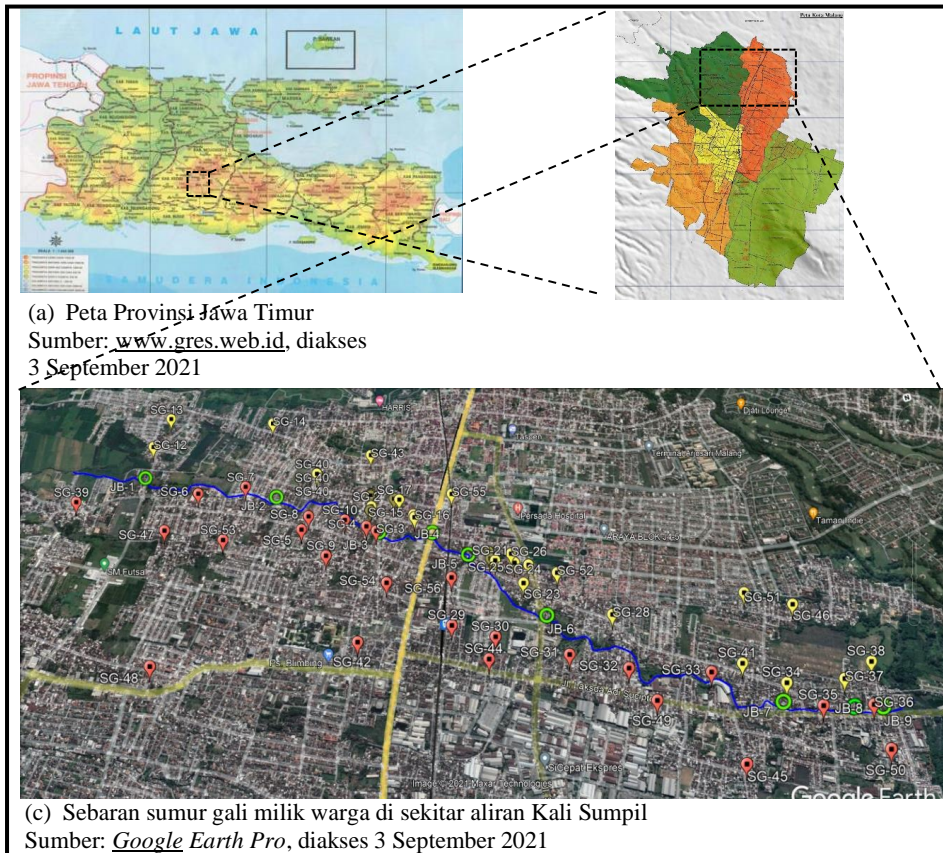
permukaan, dan air permukaan tersebut mendapatkan air dari air tanah yang mengalir melalui aliran dasar (Khan & Khan, 2019). Arah aliran air tanah dapat dipetakan dengan menarik garis tegak lurus (90°) memotong kontur muka air tanahnya (Santosa & Adji, 2014). Pemetaan arah aliran air tanah ini dapat membantu menunjukkan pola aliran air tanah dari dan menuju kemana aliran air tanah dan bagaimana hubungan yang terjadi antara air tanah dan air sungai di lokasi tersebut berdasarkan kedudukan elevasi muka airnya.

Pemetaan pola aliran air tanah telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, baik di Indonesia maupun di negara lain (Rusydi et al., 2015; Nwankwoala, 2017; Lestari et al., 2019; Tejastini et al., 2019). Akan tetapi, umumnya penelitian sebelumnya fokus membahas arah aliran air tanah dan distribusi polutan di air tanah, tanpa mempertimbangkan kedudukan dan hubungan apa yang terjadi antara air tanah dan air permukaan di sekitarnya. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memetakan pola arah aliran air tanah dan menentukan hubungan yang terjadi antara air tanah dan air permukaan berdasarkan kedudukan muka airnya.

B. METODE

Lokasi penelitian ini adalah di segmen Kali Sumpil sepanjang 5,6 km yang mengalir mulai dari Kecamatan Lowokwaru hingga ke pertemuan antara Kali Sumpil dan Kali Sari di Kecamatan Blimbing, Kota Malang. Sumur gali milik warga yang dijadikan objek penelitian adalah sebanyak 43 sumur gali (12 sumur gali di Kecamatan Lowokwaru dan 31 sumur gali di Kecamatan Blimbing), yang dipilih secara menyebar

di sebelah kanan dan kiri aliran Kali Sumpil. Lokasi sebaran sumur gali warga di lokasi penelitian ditampilkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini meliputi data teknis sumur, meliputi koordinat sumur gali, elevasi permukaan tanah, dan ketinggian bibir sumur yang didapatkan dari hasil survei sumur gali, yang digunakan untuk menghitung elevasi muka air tanah sebagai dasar untuk pemetaan arah aliran air tanah. Data elevasi muka air sungai didapatkan berdasarkan hasil pengukuran langsung dari jembatan yang berada di atas Kali Sumpil, yang digunakan untuk mengetahui interaksi antara air tanah dan air sungai di lokasi penelitian. Peta Rupa Bumi

Indonesia (RBI) skala 1:25.000 didapatkan dari Web Badan Informasi Geospasial digunakan sebagai peta dasar untuk pengeplotan sumur gali warga.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain tali, meteran *roll*, form rekapitulasi, dan *handphone*. Tali 20 meter yang ditandai setiap 1 meter digunakan untuk mengukur kedalaman sumur gali dan sungai. Meteran *roll* 5 meter digunakan untuk mengukur tinggi dinding sumur. Form rekapitulasi digunakan untuk mencatat seluruh data yang didapat dari survei lapangan. *Handphone* digunakan untuk mendapatkan titik koordinat dan elevasi lokasi dengan bantuan aplikasi GPS dan untuk mendokumentasikan pelaksanaan penelitian.

Pengumpulan data teknis sumur dan data koordinat sumur gali dilakukan dengan survei langsung di lapangan. Elevasi muka air tanah dihitung berdasarkan persamaan berikut (Amah & Agbebia, 2015):

$$\text{El. MAT} = \text{El. MT} + h - p \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

El. MAT = Elevasi muka air tanah (m dpl)

El. MT = Elevasi muka tanah (m dpl)

h = Ketinggian bibir sumur (m)

p = Kedalaman dari bibir sumur ke muka air tanah (m)

Penentuan sebaran lokasi, titik koordinat sumur gali, dan elevasi muka air tanah digunakan sebagai data masukan untuk pemetaan pola aliran air tanah. Data teknis sumur dan data koordinat sumur gali berdasarkan hasil survei di lapangan dan hasil perhitungan elevasi muka air tanah dengan persamaan (1) direkapitulasi dengan program komputer *Microsoft Excel*. Data tersebut kemudian dianalisis dengan program komputer *Surfer 13* untuk mendapatkan peta kontur muka air tanah dan peta arah aliran air

tanah. Peta kontur dan arah aliran air tanah ditumpang tindihkan dengan peta RBI skala 1:25.000 dengan menyesuaikan titik koordinatnya di program komputer *ArcMap* 10.3 dan *AutoCAD* 2017. Lokasi penelitian selanjutnya dibagi menjadi 5 *cross section* yang mewakili daerah hulu, tengah, dan hilir untuk mengetahui interaksi antara air tanah dan air permukaan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat sebanyak 43 sumur gali milik warga yang dijadikan lokasi penelitian, dimana sumur gali tersebut tersebar di sebelah kanan dan kiri Kali Sumpil, yang mencakup 2 kecamatan, yaitu sebanyak 12 sumur di Kecamatan Lowokwaru (11 sumur di Kelurahan Tunjungsekar dan 1 sumur di Kelurahan Mojolangu) dan sebanyak 31 sumur di Kecamatan Blimbing (2 sumur di Kelurahan Polowijen, 14 sumur di Kelurahan Purwodadi, 3 sumur di Kelurahan Blimbing, dan 12 sumur di Kelurahan Pandanwangi). Titik koordinat dan perhitungan elevasi muka air didapatkan berdasarkan hasil survei yang dilakukan selama 2 minggu, mulai pada tanggal 22 Agustus 2021 sampai dengan 3 September 2021 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Survei

HASIL REKAPITULASI SURVEI								
No	Tanggal Survey	Kode Sumur	Koordinat		Elevasi Muka Tanah	h	p	Elevasi Muka Air
			BT	LS	(m)	(m)	(m)	(m)
			SUMUR GALI					
1	22/8/2021	SG-1	7°56'04,84"	112°38'34,52"	475	0,75	3,07	472,68
2	22/8/2021	SG-2	7°56'00,83"	112°38'21,85"	482	0,00	4,55	477,45
3	22/8/2021	SG-3	7°55'47,67"	112°38'05,46"	490	0,60	4,47	486,13
4	22/8/2021	SG-4	7°55'48,54"	112°38'14,15"	484	0,70	2,26	482,44

5	22/8/2021	SG-5	7°55'58,15"	112°38'23,81"	482	0,70	2,76	479,94
6	23/8/2021	SG-6	7°56'07,37"	112°38'24,99"	480	0,00	4,05	475,95
7	23/8/2021	SG-7	7°56'01,02"	112°38'29,82"	480	0,55	5,17	475,38
8	23/8/2021	SG-8	7°55'33,77"	112°37'58,50"	493	0,76	8,82	484,94
9	23/8/2021	SG-9	7°55'26,97"	112°38'02,65"	490	0,48	5,05	485,43
10	23/8/2021	SG-10	7°55'33,55"	112°38'21,48"	482	0,72	13,72	469,00
11	23/8/2021	SG-11	7°56'03,92"	112°38'41,65"	475	0,78	3,09	472,69
12	23/8/2021	SG-12	7°55'57,36"	112°38'35,19"	481	0,42	6,00	475,42
13	24/8/2021	SG-13	7°56'16,51"	112°38'52,87"	465	0,70	5,05	460,65
14	24/8/2021	SG-14	7°56'22,35"	112°38'56,17"	466	0,56	4,79	461,77
15	25/8/2021	SG-15	7°56'31,08"	112°39'08,61"	466	0,57	5,41	461,16
16	25/8/2021	SG-16	7°56'25,11"	112°38'41,80"	471	0,64	5,30	466,34
17	25/8/2021	SG-17	7°56'29,38"	112°38'48,34"	468	0,52	1,57	466,95
18	25/8/2021	SG-18	7°56'36,15"	112°38'59,66"	465	0,68	6,61	459,07
19	25/8/2021	SG-19	7°56'40,87"	112°39'07,50"	465	0,57	4,41	461,16
20	25/8/2021	SG-20	7°56'45,30"	112°39'19,97"	457	0,67	7,39	450,28
21	25/8/2021	SG-21	7°56'50,44"	112°39'31,06"	458	0,46	4,75	453,71
22	26/8/2021	SG-22	7°56'56,90"	112°39'34,85"	455	0,73	5,63	450,10
23	26/8/2021	SG-23	7°56'59,10"	112°39'42,75"	453	0,60	11,20	442,40
24	26/8/2021	SG-24	7°56'53,70"	112°39'40,46"	451	0,62	8,54	443,08
25	26/8/2021	SG-25	7°56'52,21"	112°39'46,36"	446	0,80	10,10	436,70
26	27/8/2021	SG-26	7°55'42,50"	112°37'43,96"	497	0,80	3,92	493,88
27	27/8/2021	SG-27	7°55'46,61"	112°38'26,49"	485	0,09	4,07	481,02
28	27/8/2021	SG-28	7°56'46,10"	112°39'25,64"	461	0,70	6,80	454,90
29	31/8/2021	SG-29	7°56'23,78"	112°38'26,42"	478	0,47	3,92	474,55
30	1/9/2021	SG-30	7°55'48,04"	112°38'37,40"	478	0,60	10,61	467,99
31	1/9/2021	SG-31	7°56'33,50"	112°38'46,18"	469	0,65	4,05	465,60
32	1/9/2021	SG-32	7°57'01,75"	112°39'18,91"	456	0,80	5,64	451,16
33	1/9/2021	SG-33	7°56'38,76"	112°39'38,70"	452	0,62	4,34	448,28
34	1/9/2021	SG-34	7°55'53,10"	112°37'58,25"	489	0,50	4,82	484,68
35	2/9/2021	SG-35	7°56'18,64"	112°37'53,55"	488	0,03	10,15	477,88
36	2/9/2021	SG-36	7°56'48,12"	112°39'10,02"	460	0,55	7,00	453,55
37	2/9/2021	SG-37	7°57'06,25"	112°39'41,71"	448	0,48	4,32	444,16
38	2/9/2021	SG-38	7°56'34,83"	112°39'31,94"	455	0,70	5,42	450,28
39	2/9/2021	SG-39	7°56'21,75"	112°39'02,50"	468	0,80	4,48	464,32
40	3/9/2021	SG-40	7°55'58,08"	112°38'08,08"	486	0,80	6,09	480,71
41	3/9/2021	SG-41	7°56'14,48"	112°38'33,65"	477	0,60	5,26	472,34
42	3/9/2021	SG-42	7°56'00,89"	112°38'49,43"	473	0,80	5,82	467,98
43	3/9/2021	SG-43	7°56'17,10"	112°38'44,50"	471	0,75	5,83	465,92

JEMBATAN

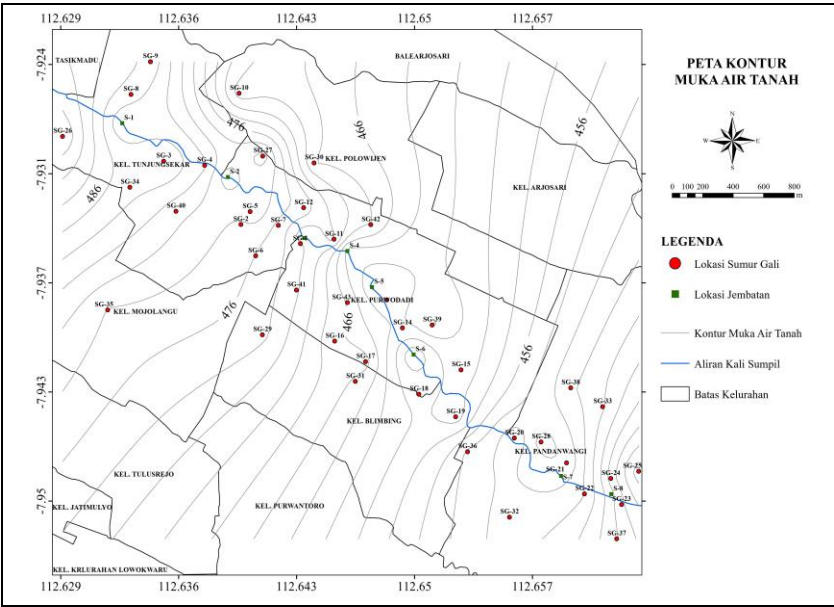
1	30/8/2021	S-1	7°55'39,74"	112°37'56,62"	487	0,00	5,09	481,91
2	30/8/2021	S-2	7°55'50,93"	112°38'19,08"	479	1,00	3,43	476,57
3	30/8/2021	S-3	7°56'03,57"	112°38'35,25"	471	1,00	2,75	469,25
4	30/8/2021	S-4	7°56'06,30"	112°38'44,47"	468	0,80	5,86	462,94
5	30/8/2021	S-5	7°56'13,82"	112°38'49,70"	465	0,95	5,45	460,50
6	30/8/2021	S-6	7°56'27,87"	112°38'58,53"	456	0,00	0,00	456,00

7	30/8/2021	S-7	7°56'53,14"	112°39'29,86"	456	0,95	4,29	452,66
8	30/8/2021	S-8	7°56'56,92"	112°39'40,54"	449	0,80	5,00	444,80

Keterangan:

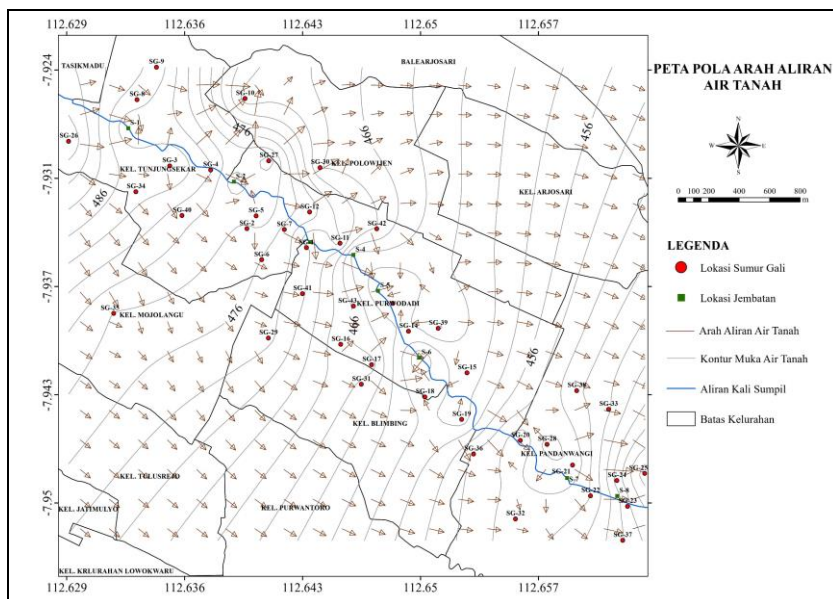
SG = Sumur Gali h = Ketinggian bibir sumur/tiang jembatan
S = Sungai p = Kedalaman muka air sumur/sungai

Berdasarkan data koordinat sumur gali yang menjadi lokasi penelitian yang disajikan pada **Tabel 1**, diketahui bahwa elevasi muka air tanah sumur gali warga berkisar antara +493,88 m dpl di daerah hulu sampai dengan +436,70 m dpl di daerah hilir. Elevasi muka air tanah tertinggi terletak pada SG-26 yang berada di sebelah kanan aliran bagian hulu Kali Sumpil, sedangkan elevasi muka air tanah terendah terletak pada SG-25 yang berada di sebelah kiri aliran bagian hilir Kali Sumpil. Dengan memplotting data koordinat setiap titik pengamatan dan menghubungkannya dengan nilai elevasi muka air tanah di setiap lokasi titik pengamatan, dapat dipetakan kontur muka air tanah, sebagaimana yang disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Peta kontur muka air tanah di sumur gali lokasi penelitian

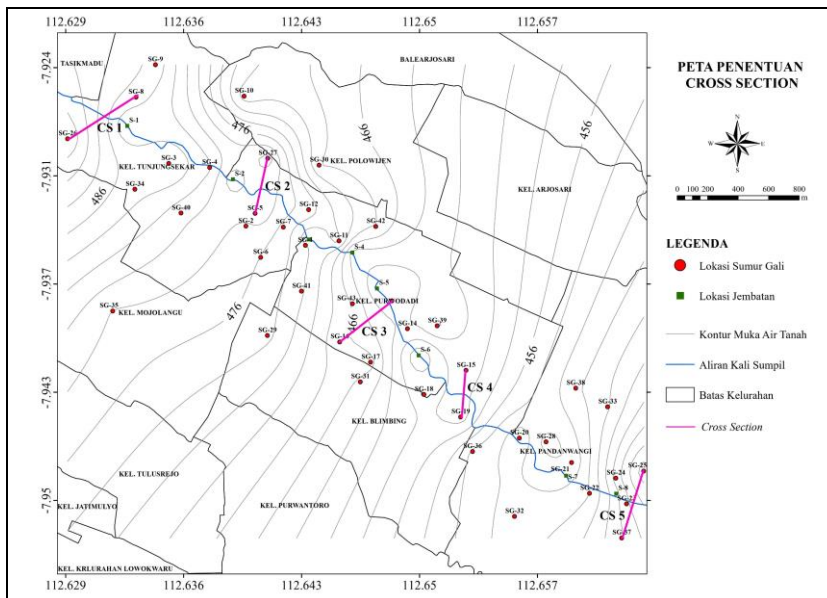
Dengan adanya perbedaan kontur muka air tanah, dapat diketahui pula arah aliran air tanah di lokasi tersebut. Pergerakan arah aliran air tanah akan membentuk suatu pola aliran sesuai dengan kondisi kontur muka air tanahnya. Air tanah akan selalu bergerak dari kontur muka air tanah dengan elevasi lebih tinggi ke yang lebih rendah yang bergerak akibat gaya gravitasi (Bisri, 2012). Penggambaran arah aliran air tanah dapat dibuat dengan menarik garis tegak lurus (90°) memotong kontur air tanah dari elevasi yang lebih tinggi ke yang lebih rendah (Santosa & Adji, 2014). Pemetaan pola arah aliran air tanah di lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 3**. Berdasarkan hasil pemetaan pola arah aliran air tanah pada **Gambar 3**, dapat dinyatakan bahwa secara umum arah pergerakan aliran air tanah di lokasi penelitian bergerak dari Barat Laut menuju ke arah Tenggara di sebelah hilir.



Gambar 3. Peta pola arah aliran air tanah di sumur gali lokasi penelitian

Sebaran sumur gali yang telah diobservasi kemudian dibagi menjadi beberapa *cross section*. Setiap *cross section* terdiri dari 3 titik

pengamatan, yaitu 1 titik sumur di kanan sungai, 1 titik sumur di kiri sungai, dan 1 titik sungai. Penentuan *cross section* ini didasarkan pada beberapa faktor, meliputi kontur dan elevasi muka air tanah, jarak antar *cross section*, serta variasi tata guna lahan di wilayah sekitar. Pada penelitian ini, lokasi penelitian dibagi menjadi 5 *cross section* dengan jarak berkisar 750 m – 1,5 km antar *cross section*, sehingga sebaran titik pengamatan diharap dapat mewakili setiap kondisi wilayah mulai dari hulu sampai dengan hilir. Pemetaan penentuan *cross section* ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Peta penentuan *cross section*

Keterangan:

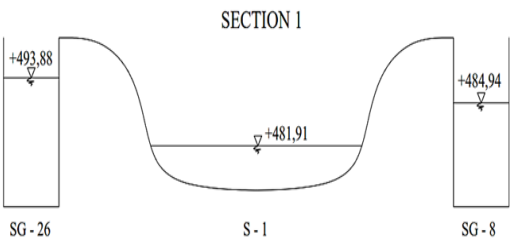
CS = *Cross Section*

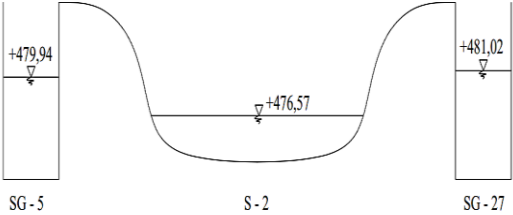
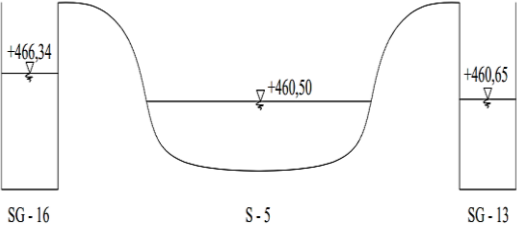
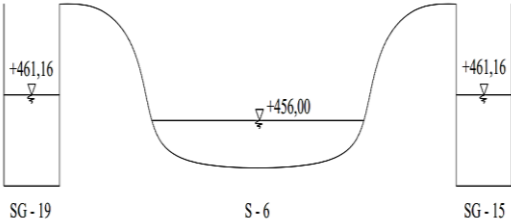
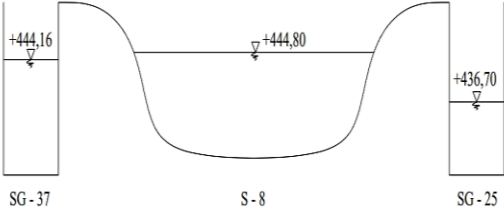
Penggolongan titik pengamatan dan variasi tata guna lahan dominan di lokasi sekitar setiap *cross section* adalah sebagai berikut:

1. *Cross Section 1* = SG-26, S-1, SG-8, dengan tata guna lahan berupa kawasan pemukiman dan pertanian.

2. *Cross Section 2* = SG-5, S-2, SG-27, dengan tata guna lahan dominan berupa kawasan pemukiman.
3. *Cross Section 3* = SG-16, S-5, SG-13, dengan tata guna lahan dominan berupa kawasan pemukiman.
4. *Cross Section 4* = SG-19, S-6, SG-15, dengan tata guna lahan dominan berupa kawasan pemukiman dan kawasan ekonomi (industri dan perdagangan).
5. *Cross Section 5* = SG-37, S-8, SG-25, dengan tata guna lahan dominan berupa kawasan pemukiman dan pertanian.

Pola interaksi antara air tanah dan air permukaan di setiap *cross section* dapat diketahui melalui penggambaran penampang muka air tanah dan air permukaan di masing-masing *cross section* berdasarkan elevasi muka air berdasarkan hasil survei pendahuluan yang ditampilkan pada **Tabel 1**. Penggambaran penampang setiap *cross section* disajikan pada **Tabel 2** sebagai berikut.

Nomor <i>Cross Section</i>	Penampang <i>Cross Section</i>	Keterangan
1		Air Tanah Mengisi Air Permukaan (<i>Gaining Reach</i>)

Nomor Cross Section	Penampang Cross Section	Keterangan
2	<p>SECTION 2</p> 	Air Tanah Mengisi Air Permukaan (<i>Gaining Reach</i>)
3	<p>SECTION 3</p> 	Air Tanah Mengisi Air Permukaan (<i>Gaining Reach</i>)
4	<p>SECTION 4</p> 	Air Tanah Mengisi Air Permukaan (<i>Gaining Reach</i>)
5	<p>SECTION 5</p> 	Air Permukaan Mengisi Air Tanah (<i>Losing Reach</i>)

Keterangan:

SG = Sumur Gali

S = Sungai

Berdasarkan hasil penggambaran penampang *cross section* yang disajikan pada **Tabel 2**, dapat diketahui bahwa terdapat 2 kondisi yang berbeda antar *cross section* di lokasi penelitian. Pada *cross section* 1 sampai dengan *cross section* 4, hubungan yang terjadi ialah air tanah mengisi air permukaan atau *gaining reach*. Kondisi tersebut terjadi karena elevasi muka air tanah lebih tinggi daripada elevasi muka air sungai yang diamati. Kondisi sebaliknya terjadi pada *cross section* 5. Elevasi muka air tanah di sumur gali pengamatan lebih rendah daripada elevasi air permukaan, sehingga pada *cross section* ini, kondisi yang terjadi ialah air permukaan mengisi air tanah atau *losing reach*. Secara umum, dapat dinyatakan bahwa kondisi di lokasi penelitian merupakan *gaining reach* atau kondisi dimana air tanah mengisi air permukaan. Namun, kondisi ini terbatas menggambarkan data pengamatan hasil survei yang dilakukan pada periode 22 Agustus 2021 sampai dengan 3 September 2021 atau pada musim kemarau. Hal ini sejalan dengan pernyataan Khan & Khan (2019), yang menyatakan bahwa sungai akan mengalami *gaining reach* pada musim kemarau, yang mana air tanah mengalir ke sungai melalui aliran dasar. Akan tetapi, interaksi antara air tanah dan air permukaan dapat menunjukkan variasi yang berbeda apabila pengamatan dilakukan pada periode atau musim yang berbeda pula.

D. PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa elevasi muka air tanah di lokasi penelitian berkisar antara +493,88 m dpl sampai dengan +436,70 m dpl, dimana elevasi muka air tanah tertinggi terletak pada SG-26 yang berada di sebelah

kanan aliran bagian hulu Kali Sumpil, sedangkan elevasi muka air tanah terendah terletak pada SG-25 yang berada di sebelah kiri aliran bagian hilir Kali Sumpil. Secara umum, aliran air tanah di lokasi penelitian mengalir dari arah Barat Laut menuju ke arah Tenggara bersesuaian dengan arah aliran Kali Sumpil. Hubungan antara air tanah dan air permukaan di lokasi penelitian adalah air tanah mengisi air permukaan Kali Sumpil (*gaining reach*).

Saran

Bagi masyarakat, perlu diketahui bahwa air tanah dan air permukaan adalah kesatuan aliran yang saling mempengaruhi, sehingga diperlukan adanya peningkatan kesadaran untuk tidak lagi mencemari air sungai karena juga akan berpengaruh pada penurunan kualitas air tanah dan begitu pula sebaliknya.



DAFTAR PUSTAKA

- Amah, E. A. & Agbebia, M. A. (2015). Determination of Groundwater Flow Direction In Ekintae Limestone Quarry Near Mfamosing South-Eastern, Nigeria. *International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciences*. 6(3): 1-5.
- Bisri, M. (2012). *Air Tanah*. Malang: UB Press.
- Khan, H. H., & Khan, A. (2019). Groundwater-Surface Water Interaction Along River Kali, Near Aligarh, India. *HydroResearch*, Vol. 2: 119-128.
- Lestari, N. L., Trigunasih, N. M., & Wiyanti. (2019). Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Kecamatan Denpasar Barat. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(3): 332-342.

- Nwankwoala, H. O. (2017). Karst Topographic Studies of Ekintae East, Near Mfamosing, South Eastern Nigeria. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, 5(5), 24–29.
- Rachmawati, A., & Warsito. (2016). Model Penataan Ruang Kawasan DAS Berbasis Konservasi (Studi Kasus Sub DAS Bango Kota Malang). *Prosiding Seminar Nasional II Teknik Sipil 2016 - Universitas Narotama*, 287–300.
- Rusydi, A. F., Nailly, W., & Lestiana, H. (2015). Pencemaran Limbah Domestik Dan Pertanian Terhadap Airtanah Bebas Di Kabupaten Bandung. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 25(2), 87–97.
- Santosa, L.W., & Adji, T. N., (2014), *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tejastini, I. G. A., Diara, I. W., & Dibia, I. N. (2019). Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Kajian Fluktuasi Muka Air Tanah dan Karakteristik Akuifer di Kecamatan Denpasar Utara, Kota Denpasar. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(3): 213-221.

Alternatif 2

Ketersediaan data (data availability)

Data mentah dapat diunduh pada tautan berikut <https://osf.io/r2xzt/>.