

HIDROKIMIA DAN INDIKASI KONTAMINASI PADA AIR TANAH DI LERENG SELATAN GUNUNG MERAPI, MLATI DAN SEKITARNYA, SLEMAN, D.I.YOGYAKARTA

HYDROCHEMICAL AND CONTAMINATION INDICATION ON GROUND WATER IN THE SOUTH SLOPE OF MERAPI VOLCANO, MLATI AND SURROUNDING AREAS, SLEMAN, D.I.YOGYAKARTA

Rahmat Satya Nugraha, Doni Prakasa Eka Putra

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281 Indonesia

ABSTRAK Daerah Mlati - Sleman di Daerah Istimewa Yogyakarta secara hidrogeologi regional terletak pada sistem Cekungan Air Tanah (CAT) Yogyakarta-Sleman, yang secara stratigrafi terdiri dari Formasi Sleman dan Formasi Yogyakarta. Kedua formasi batuan ini membentuk sistem akuifer *multilayer*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hidrokimia serta indikasi kontaminasi di Daerah Mlati. Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu observasi hidrogeologi lapangan, penentuan titik pengambilan sampel, pengambilan sampel air tanah dan analisis laboratorium. Hasil analisis laboratorium menunjukkan tipe air tanah pada sumur gali yang mewakili akuifer bebas didominasi oleh tipe $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-$. Pada air

tanah dari sumur bor dalam, tipe air didominasi oleh tipe $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-\text{-Cl}^-$. Selain itu, diketahui bahwa kandungan besi dan mangan pada sumur bor dalam umumnya lebih tinggi daripada sumur dangkal. Indikasi kontaminasi ditunjukkan dengan adanya kandungan nitrat pada sumur gali dengan kadar nitrat rata-rata 15 mg/l, sedangkan pada sumur bor dalam tidak dijumpai unsur nitrat. Dapat disimpulkan bahwa kedua akuifer memiliki karakteristik kimia air yang didominasi oleh unsur $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-$, hanya saja pada akuifer dalam terdapat ion klorida turut mendominasi. Adanya nitrat pada sumur gali dengan kadar nitrat rata-rata diatas 10 mg/l, menandakan bahwa sumur gali atau akuifer bebas dangkal rentan terhadap pencemaran yang bersumber dari aktivitas manusia di permukaan.

Kata kunci: Kimia air tanah, Gunung Merapi, Daerah Istimewa Yogyakarta.

ABSTRACT The area of Mlati - Sleman is hydrogeologically located in the Yogyakarta-Sleman Groundwater Basin (GB) system, which stratigraphically consists of the Sleman Formation and the Yogyakarta Formation. The purpose of this study is to determine the hydrochemical characteristics and indications of contamination in the Mlati Region. The research was started with the field hydrogeological observation, determination of sampling points, groundwater sampling and laboratory analysis. Based on laboratory analysis, the groundwater types in the dug wells (unconfined aquifers) were dominated by type $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-$. The groundwater from deep wells was dominated by type $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-\text{-Cl}^-$. In addition, it is known that the iron and manganese content in deep bore

Naskah masuk : 7 Maret 2019
Naskah direvisi : 27 Agustus 2019
Naskah diterima : 12 November 2019

Rahmat Satya Nugraha
Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik,
Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No.2 Yogyakarta
55281 Indonesia
Email: rahmatsatyan@gmail.com

wells is generally higher than shallow wells. The contamination is indicated by the presence of nitrate in the dug wells with an average nitrate level of 15 mg/l, while in the deep well bore there is no element of nitrate. Therefore, we concluded that the two aquifers are dominated by the elements Ca^{2+} - Na^+ - HCO_3^- . In the deep aquifer, the chloride ion is also dominating. The presence of nitrates in dug wells with an average nitrate level above 10 mg/l indicates that shallow wells or shallow unconfined aquifers are susceptible to pollution from human activities.

Keywords: Groundwater chemistry, Merapi Mountain, Daerah Istimewa Yogyakarta.

PENDAHULUAN

Pada saat ini, daerah Mlati dan sekitarnya memiliki kepadatan penduduk sebesar 3928 orang/km², dan jumlah industri sebanyak 28 kegiatan baik industri produksi barang ataupun jasa pariwisata (BPS Sleman, 2017). Umumnya kebutuhan air untuk kebutuhan penduduk atau domestik dipenuhi melalui abtraksi sumur gali, sedangkan kebutuhan industri memenuhi kebutuhan airnya dengan melakukan eksploitasi akuifer melalui sumur bor dalam, umumnya dengan kedalaman lebih dari 70 m dari permukaan tanah. Pengetahuan terhadap hidrogeokimia air tanah di CAT Yogyakarta-Sleman telah dilaporkan oleh beberapa peneliti terdahulu, seperti Macdonald and partners (1984), Hendrayana (1993), Putra (2007) dan Boulom, dkk (2013) namun penelitian-penelitian bersifat regional atau lokal pada wilayah yang berbeda.

Keberadaan sumur-sumur bor baru dengan data bawah permukaan yang terdokumentasi dengan baik dimanfaatkan pada penelitian ini dengan tujuan (1) mengetahui hidrokimia air tanah pada akuifer atas/dangkal dan akuifer bawah/dalam di daerah penelitian, (2) menentukan model hidrostratigrafi berdasarkan hidrokimia air tanah dan (3) mengidentifikasi ada tidaknya kontaminasi dari aktivitas manusia pada air tanah, khususnya yang berasal dari sumur bor dalam.

LOKASI PENELITIAN

Secara administratif, daerah penelitian berada pada wilayah Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1), yang secara geomorfologi terletak pada lereng selatan Gunung Merapi dan termasuk kedalam morfologi vulkanik

berupa unit kaki gunungapi terbiku sedang (Husein & Srijono, 2009). Daerah penelitian ini berada pada ketinggian 137,5 mdpl hingga 300 mdpl.

Secara geologi daerah penelitian termasuk kedalam satuan endapan vulkanik gunung merapi muda (Rahardjo. 1977). Sedangkan menurut MacDonald and Partners (1984), kelompok vulkanik merapi muda ini terbagi menjadi 2 formasi yaitu Formasi Sleman dan Formasi Yogyakarta. Secara stratigrafi, Formasi Sleman merupakan bagian bawah dari formasi yang menyusun kelompok vulkanik merapi muda. Formasi Sleman ini tersusun atas litologi berukuran pasir, kerikil, hingga sisipan bongkah. Formasi Yogyakarta merupakan penyusun bagian atas dari kelompok vulkanik merapi muda, formasi ini tersusun atas material vulkanik berukuran pasir, kerikil, lanau hingga lempung. Kedua formasi yang menyusun vulkanik merapi muda ini yang kemudian menyusun Sistem Akuifer Merapi dan membentuk akuifer yang *multilayer* (MacDonald and Partners,1984). Sebagaimana posisi stratigrafi dari vulkanik merapi muda, Formasi Sleman merupakan akuifer bagian bawah/dalam dari Sistem Akuifer Merapi, sedangkan Formasi Yogyakarta menjadi akuifer bagian atas/dangkal dari Sistem Akuifer Merapi.

Secara hidrogeokimia, Hendrayana (1993) menunjukkan bahwa kimia air tanah pada sistem akuifer merapi didominasi oleh ion Ca^{2+} , Na^+ , HCO_3^- . Hal yang sama juga dilaporkan oleh Putra (2010) dan Boulom, dkk (2013). MacDonald & Partners (1984) bahkan menyebutkan bahwa semakin ke dalam, kadar besi pada air tanah di sistem akuifer merapi akan semakin besar. Fakta lain yang diperoleh dari penelitian Sudharmaji (1990) adalah kadar nitrat pada air tanah di yogyakarta dan sekitarnya umumnya sangat rendah < 3,00 mg/L, sedangkan Fathmawati, dkk (2018) menunjukkan bahwa kadar nitrat pada air tanah dangkal di wilayah Sleman berkisar antara 0,25 – 65,62 mg/L.

METODE

Untuk mencapai tujuan penelitian, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu observasi lapangan, analisis laboratorium dan pengolahan data serta evaluasi dan interpretasi. Penelitian lapangan dilakukan dari bulan Agustus hingga September 2018.

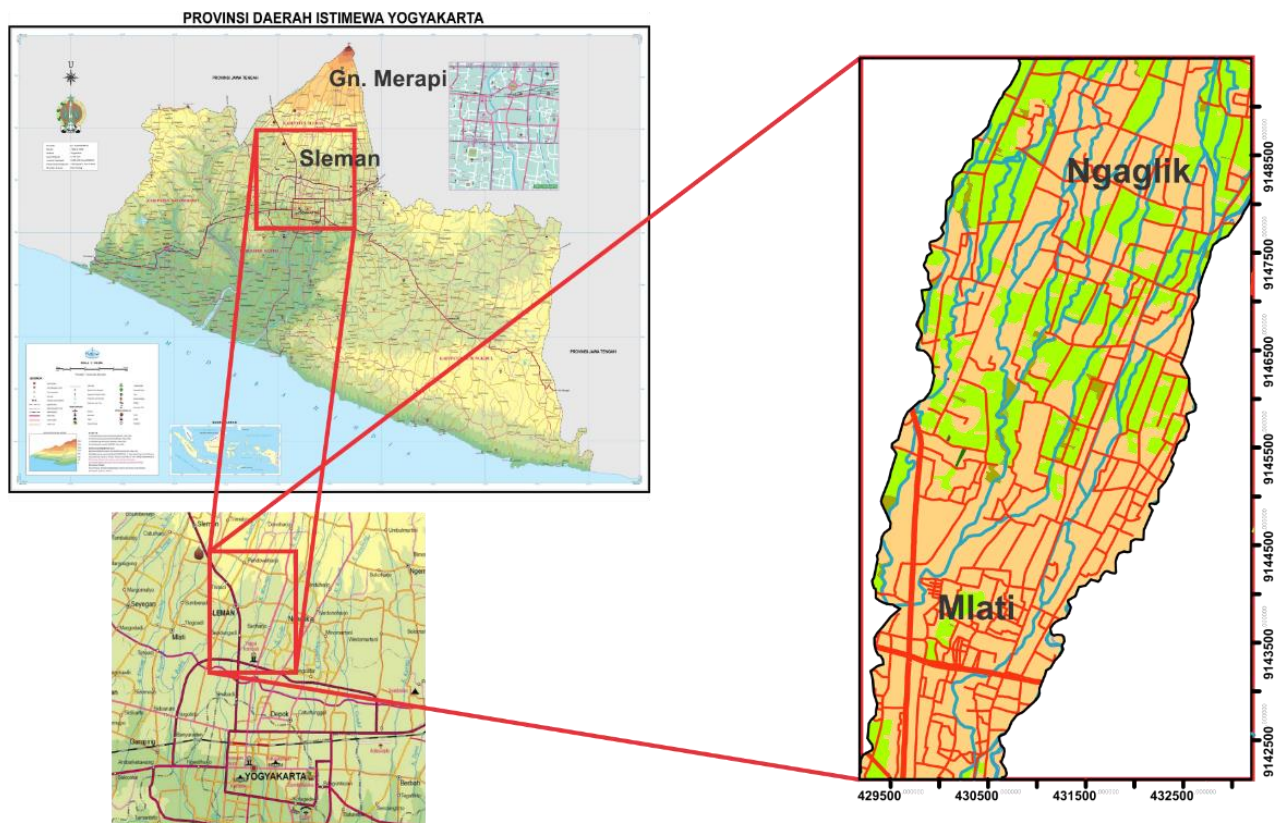
Observasi lapangan dilakukan pada 67 sumur dangkal dan 7 sumur bor dalam. Pada kegiatan observasi lapangan ini dilakukan pengukuran kedalaman muka air tanah dan sifat fisik-kimia air tanah seperti TDS, DHL, pH, dan Suhu. Pengambilan sampel air tanah dari sumur gali dilakukan pada 27 titik secara acak, sedangkan keseluruhan sumur bor yang diobservasi diambil sampel air tanahnya (Gambar 2). Sampel air tanah diambil dengan melakukan penyaringan sebelum dimasukkan ke dalam botol sampel dengan menggunakan saringan berukuran $0,20\mu\text{m}$ dan selama di lapangan disimpan pada cool-box. Analisis laboratorium terhadap sampel air tanah dilakukan dengan alat Metrohm 850 IC Professional untuk mengetahui kandungan ion mayor seperti Ca^{2+} - Na^{+} - K^{+} - Mg^{2+} - SO_4^{2-} - Cl^{-} , dan NO_3^{-} . Selain itu, analisis laboratorium juga menggunakan alat HI 83200 *multiparameter photometer* untuk mendeteksi kadar Besi dan Mangan total, serta alat hanna HI-772 *alkalinity*

checker untuk mendeteksi alkalinitas yang kemudian dikonversi menjadi HCO_3^{-} . Data kimia air yang memenuhi *reaction error* lebih kecil dari 10% diolah untuk penentuan fasies air tanah menggunakan metode Kurlov, diagram piper, dan diagram komposisi.

Selain data kimia, pada penelitian ini juga dilakukan pengolahan data sekunder berupa data log bor dari sumur dalam, data ini digunakan untuk membuat model stratigrafi dengan cara melakukan korelasi terhadap setiap data log bor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode kurlov, didapatkan bahwa 15 dari 20 sampel air tanah pada sumur dangkal merupakan air tanah dengan fasies Ca^{2+} - Na^{+} - HCO_3^{-} . Sementara itu, pada sumur dalam fasies air tanah dominan pada Ca^{2+} - Na^{+} - HCO_3^{-} - Cl^{-} .

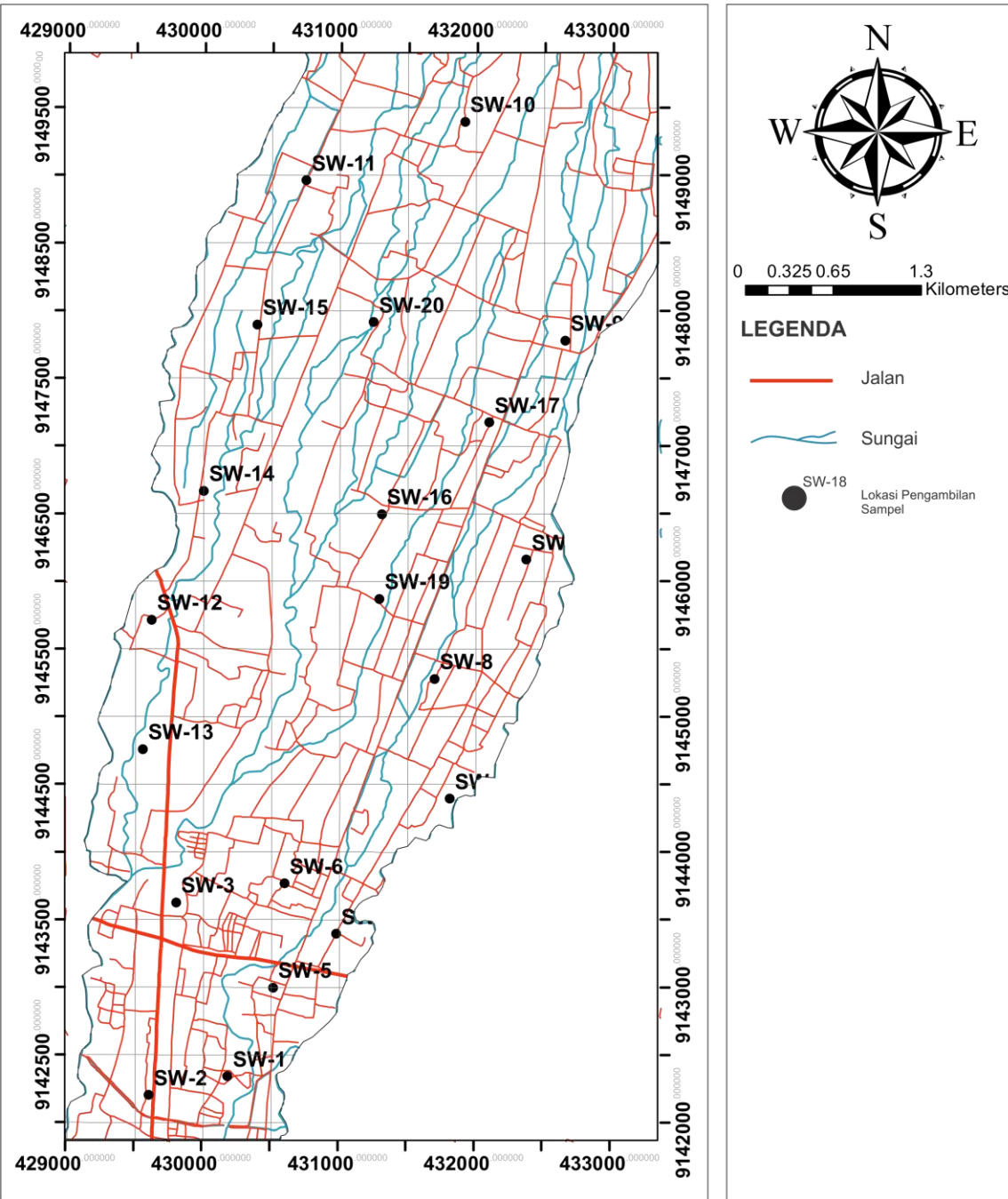


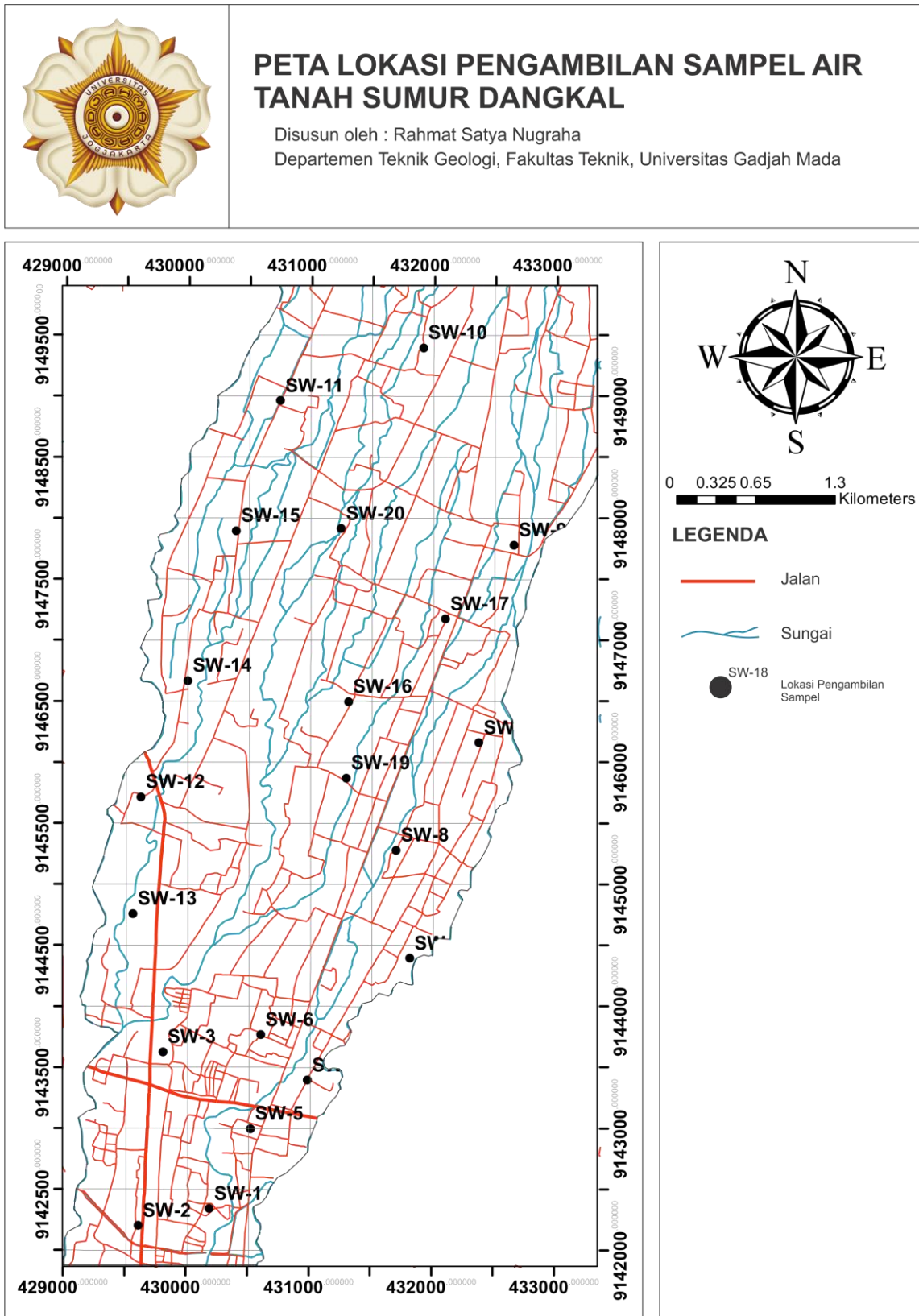
Gambar 1. Lokasi daerah penelitian (Diambil dari BAKOSURTANAL, 2003).



PETA LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL AIR TANAH SUMUR DANGKAL

Disusun oleh : Rahmat Satya Nugraha
Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada





Gambar 2. Peta persebaran lokasi pengambilan sampel air.

Tabel 1. Data hasil analisis laboratorium.

	SW-1			SW-2			SW-3			SW-4			SW-5		
	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l
Na	60,33	2,62	21,33	31,76	1,38	25,39	31,31	1,36	24,19	38,32	1,67	25,73	54,72	2,38	25,95
Ca	101,55	5,08	41,29	53,97	2,70	49,62	57,07	2,85	50,71	62,24	3,11	48,07	82,96	4,15	45,25
Mg	46,79	3,90	31,70	12,69	1,06	19,44	12,88	1,07	19,07	15,23	1,27	19,61	25,71	2,14	23,37
K	27,27	0,70	5,68	11,77	0,30	5,55	13,23	0,34	6,03	16,64	0,43	6,59	19,41	0,50	5,43
Cl	44,92	1,27	22,29	17,78	0,50	11,33	37,98	1,07	26,65	17,68	0,50	11,48	45,76	1,29	20,14
SO	38,64	0,81	14,18	7,05	0,15	3,32	7,54	0,16	3,91	11,20	0,23	5,38	9,29	0,19	3,03
HCO	220,00	3,61	63,53	230,00	3,77	85,34	170,00	2,79	69,43	220,00	3,61	83,14	300,00	4,92	76,84
Tipe Air	Ca Mg - HCO			Ca Na - HCO			Ca - HCO Cl			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO		
NO	149,41	7,23		11,37	0,55		21,69	1,05		22,18	1,07		23,01	1,11	
Fe	0,03	0,00		0,01	0,00		0,05	0,00		0,04	0,00		0,01	0,00	
Mn	0,09	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	

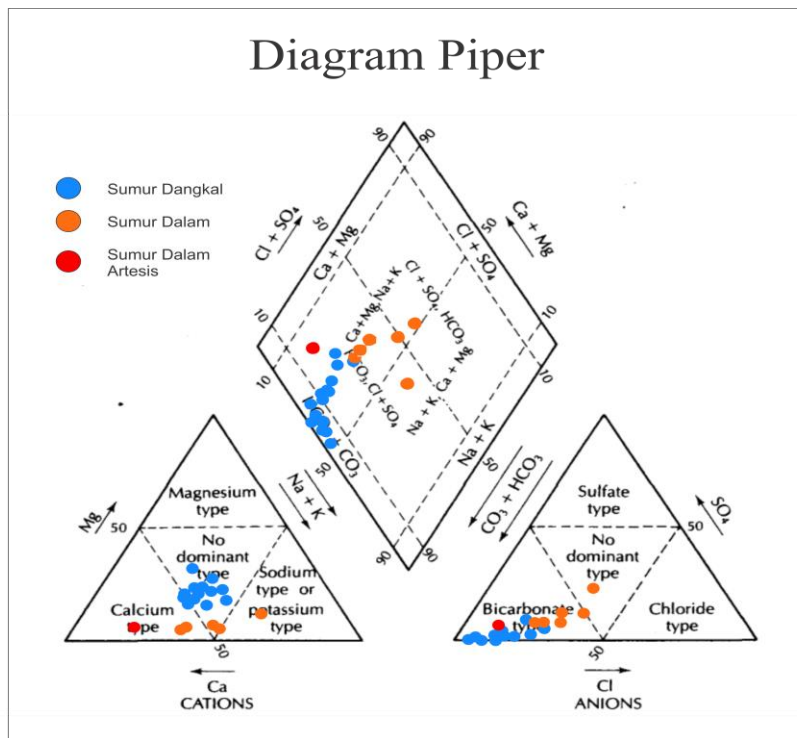
	SW-6			SW-7			SW-8			SW-9			SW-10		
	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l
Na	40,92	1,78	24,78	23,81	1,04	28,56	32,34	1,41	33,56	46,09	2,00	26,93	18,19	0,79	25,51
Ca	66,62	3,33	46,38	26,72	1,34	36,85	30,30	1,52	36,16	75,64	3,78	50,82	29,45	1,47	47,50
Mg	18,12	1,51	21,03	11,88	0,99	27,32	11,43	0,95	22,73	14,13	1,18	15,82	6,61	0,55	17,76
K	21,87	0,56	7,81	10,28	0,26	7,27	12,35	0,32	7,55	18,65	0,48	6,43	11,15	0,29	9,23
Cl	21,25	0,60	12,70	1,76	0,05	1,55	4,69	0,13	3,44	31,39	0,88	14,84	32,73	0,92	33,77
SO	0,82	0,02	0,36	1,99	0,04	1,29	4,93	0,10	2,67	7,51	0,16	2,62	10,00	0,21	7,63
HCO	250,00	4,10	86,94	190,00	3,11	97,16	220,00	3,61	93,89	300,00	4,92	82,54	97,60	1,60	58,60
Tipe Air	Ca - HCO			Ca Na Mg - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO Cl		
NO	26,81	1,30		0,00	0,00		0,00	0,00		8,08	0,39		15,20	0,74	
Fe	0,02	0,00		0,03	0,00		0,02	0,00		0,01	0,00		0,07	0,00	
Mn	0,00	0,00		0,07	0,00		0,02	0,00		0,04	0,00		0,04	0,00	

	SW-11			SW-12			SW-13			SW-14			SW-15		
	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l
Na	15,04	0,65	26,10	34,37	1,49	37,87	24,45	1,06	28,88	16,46	0,72	25,98	15,23	0,66	26,51
Ca	25,49	1,27	50,85	29,38	1,47	37,23	33,02	1,65	44,84	26,11	1,31	47,38	24,23	1,21	48,51
Mg	4,91	0,41	16,32	8,40	0,70	17,74	6,99	0,58	15,83	6,31	0,53	19,09	5,26	0,44	17,56
K	6,58	0,17	6,73	11,02	0,28	7,16	15,00	0,38	10,45	8,11	0,21	7,55	7,22	0,19	7,41
Cl	1,82	0,05	2,31	3,21	0,09	2,65	1,77	0,05	1,63	1,93	0,05	2,15	0,32	0,01	0,42
SO	1,80	0,04	1,69	1,78	0,04	1,09	3,27	0,07	2,22	0,92	0,02	0,76	1,46	0,03	1,40
HCO	180,00	2,13	96,00	150,00	3,28	96,26	130,00	2,95	96,15	129,32	2,46	97,09	124,44	2,13	98,18
Tipe Air	Ca Na - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO		
NO	0,00	0,00		1,42	0,07		2,83	0,14		0,00	0,00		0,00	0,00	
Fe	0,01	0,00		0,02	0,00		0,03	0,00		0,03	0,00		0,01	0,00	
Mn	0,03	0,00		0,06	0,00		0,01	0,00		0,01	0,00		0,03	0,00	

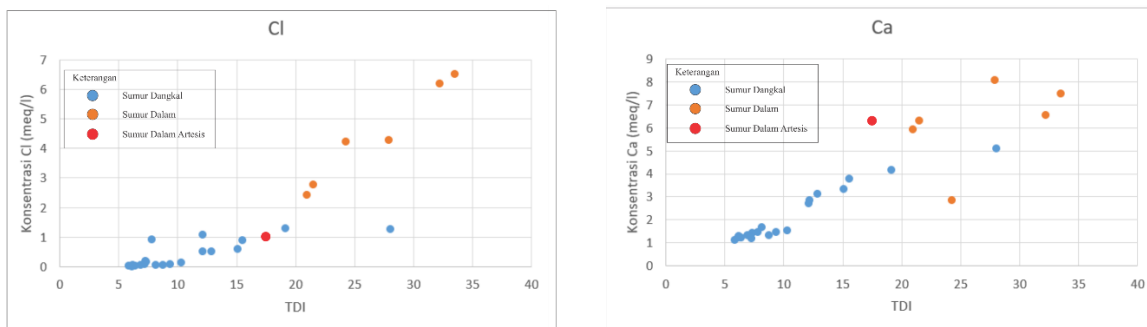
	SW-16			SW-17			SW-18			SW-19			SW-20		
	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l
Na	15,01	0,65	22,43	19,68	0,86	28,89	15,14	0,66	24,77	18,90	0,82	27,67	12,18	0,53	22,37
Ca	28,75	1,44	49,40	23,96	1,20	40,46	24,03	1,20	45,23	25,06	1,25	42,20	22,52	1,13	47,56
Mg	7,34	0,61	21,02	7,72	0,64	21,74	6,51	0,54	20,43	8,54	0,71	23,96	5,18	0,43	18,23
K	8,11	0,21	7,15	10,29	0,26	8,91	9,92	0,25	9,57	7,15	0,18	6,17	10,93	0,28	11,84
Cl	6,10	0,17	7,48	6,18	0,17	7,85	1,07	0,03	1,28	3,12	0,09	3,37	0,74	0,02	1,04
SO	0,27	0,01	0,24	0,29	0,01	0,27	1,76	0,04	1,55	3,16	0,07	2,52	0,59	0,01	0,61
HCO	140,00	2,12	92,27	150,00	2,04	91,89	120,00	2,30	97,17	182,57	2,46	94,11	340,00	1,97	98,35
Tipe Air	Ca Na - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO			Ca Na - HCO		
NO	9,08	0,44		9,24	0,45		1,07	0,05		0,00	0,00		2,92	0,14	
Fe	0,01	0,00		0,35	0,02		0,01	0,00		0,10	0,01		0,01	0,00	
Mn	0,00	0,00		0,29	0,01		0,00	0,00		0,19	0,01		0,12	0,00	

	SD-NA6			SD-NA5			SD-NA4			SD-NA3			SD-NA2		
	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l
Na	77,95	3,39	33,58	81,59	3,55	33,34	111,61	4,85	34,22	155,05	6,74	42,90	151,61	6,59	46,54
Ca	118,60	5,93	58,75	126,06	6,30	59,23	161,55	8,08	56,96	149,67	7,48	47,62	130,73	6,54	46,15
Mg	6,38	0,53	5,27	6,30	0,52	4,93	10,36	0,86	6,09	12,94	1,08	6,86	9,13	0,76	5,37
K	9,47	0,24	2,41	10,36	0,27	2,50	15,12	0,39	2,73	16,03	0,41	2,62	10,77	0,28	1,95
Cl	85,60	2,41	27,57	98,23	2,77	31,04	152,10	4,28	36,41	231,25	6,51	46,40	220,00	6,20	42,58
SO	36,48	0,76	8,69	35,33	0,74	8,26	44,45	0,93	7,87	93,70	1,95	13,90	190,00	3,96	27,19
HCO	340,00	5,57	63,74	330,00	5,41	60,70	400,00	6,56	55,72	340,00	5,57	39,70	268,40	4,40	30,23
Tipe Air	Ca Na - HCO Cl			Ca Na - HCO Cl			Ca Na - HCO Cl			Ca Na - Cl HCO			Na Ca - Cl HCO		
NO	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	
Fe	0,07	0,00		0,03	0,00		0,04	0,00		0,07	0,00		0,04	0,00	
Mn	0,07	0,00		0,10	0,00		0,11	0,00		0,12	0,00		0,02	0,00	

	SD-NA1			SD-A1		
	mg/l	meq/l	% meq/l	mg/l	meq/l	% meq/l
Na	124,15	5,40	55,41	36,82	1,60	18,75
Ca	56,63	2,83	29,07	126,03	6,30	73,82
Mg	13,88	1,16	11,88	6,30	0,52	6,15
K	13,85	0,36	3,65	4,27	0,11	1,28
Cl	150,00	4,23	36,92	36,01	1,01	14,28
SO	79,00	1,65	14,38	24,79	0,52	7,27
HCO	340,00	5,57	48,70	340,00	5,57	78,45
Tipe Air	Na Ca - HCO Cl			Ca - HCO		
NO	0,00	0,00		0,00	0,00	
Fe	0,01	0,00		0,09	0,00	
Mn	0,03	0,00		0,13	0,00	



Gambar 3. Plotting data kimia air tanah daerah penelitian pada diagram Piper (Fetter, 2011).



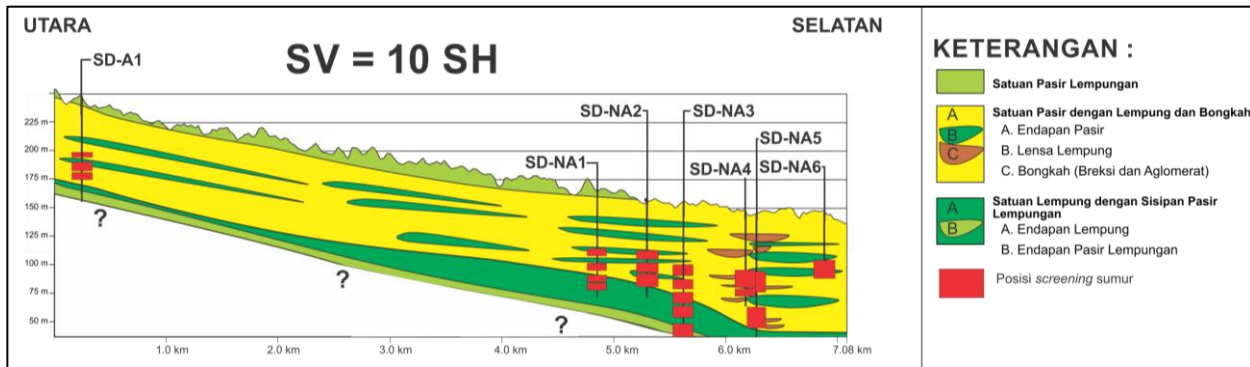
Gambar 4. Pola garis linier pada hasil plotting data kimia air tanah daerah penelitian di diagram

Sedangkan berdasarkan hasil pengeplotan pada diagram Piper (Gambar 2), kedua sumber air tanah memiliki fasies yang tidak berbeda jauh, dimana pada air tanah sumur gali memiliki fasies dominan HCO_3^- . Sedangkan pada air tanah sumur dalam memiliki fasies dominan HCO_3^- dengan beberapa titik memiliki fasies yang condong ke arah lebih kaya akan ion $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$. Hasil pengeplotan pada diagram piper ini jika dibandingkan dengan pengeplotan kimia air tanah dalam Hendrayana (1993) menunjukkan kesesuaian.

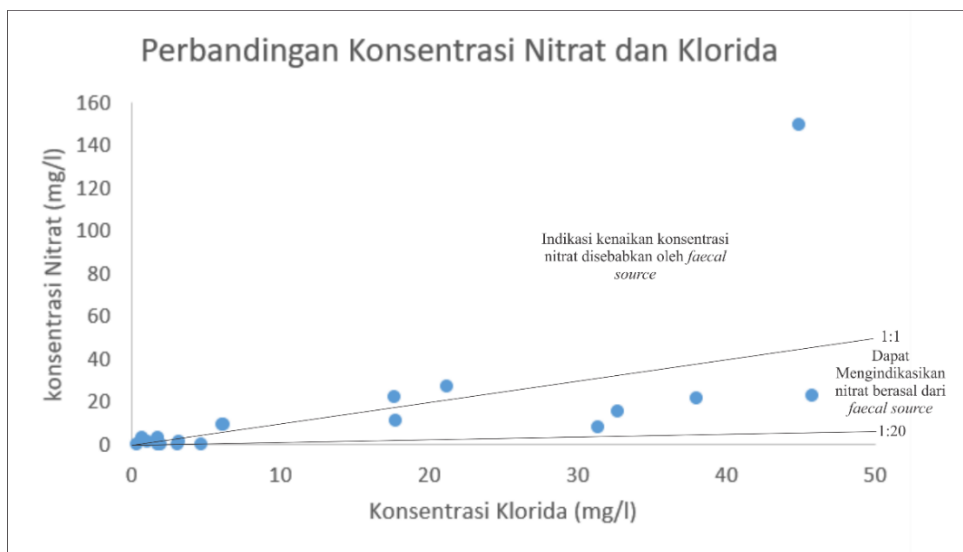
Pengeplotan data kimia air tanah pada diagram komposisi yaitu Ca^{2+} vs TDI dan Cl^- vs TDI, seperti dapat dilihat pada Gambar 4, menunjukkan

bahwa terbentuk pola linier. Pola linier yang terbentuk pada diagram komposisi diinterpretasikan oleh Mazor (1997) bahwa setidaknya terdapat terdapat dua sumber air tanah yang bercampur. Dalam hal ini air dengan kadar klorida yang lebih tinggi dengan air dengan kadar klorida yang lebih rendah. Mazor (1997) menyebutkan juga bahwa kadar klorida yang tinggi berkaitan dengan air tanah dari sistem akuifer yang lebih dalam.

Intermixing dua sumber air yang berasal dari akuifer yang lebih dangkal dan dalam ini digunakan untuk menginterpretasi kondisi geologi bawah permukaan seperti dapat dilihat



Gambar 5. Sayatan geologi daerah penelitian.



Gambar 6. Grafik perbandingan konsentrasi nitrat dan klorida pada air tanah dangkal di daerah penelitian.

pada Gambar 5. Pada Gambar 5, ditunjukkan model stratigrafi yang diinterpretasikan sedemikian rupa berdasarkan informasi hidrokimia dan data log bor. Dimana lapisan-lapisan akuitar semisal pasir lempungan pada sistem akuifer di daerah penelitian digambarkan tidak menerus melainkan membaji membentuk lensa-lensa yang memungkinkan ada *hydraulic windows* antara akuifer bagian atas dan bawah, sehingga percampuran air tanah dari akuifer atas/dangkal dan bawah/ dalam dapat terjadi.

Untuk kandungan besi pada air tanah, sumur dangkal memiliki kandungan besi maksimal sebesar 0,35 mg/l, kandungan minimal sebesar 0,005 mg/l dengan rata-rata sebesar 0,043 mg/L. Sedangkan pada sumur dalam, kandungan besi pada air tanah memiliki nilai maksimal sebesar 0,085 mg/l, nilai minimal sebesar 0,011 dan rata-rata 0,05 mg/l. Hal tersebut membuktikan bahwa

kandungan besi pada sumur bor dalam umumnya lebih tinggi daripada sumur dangkal. Kondisi ini juga ditunjukkan oleh kadar mangan pada air tanah di daerah penelitian. Pada unsur mangan, air tanah sumur dangkal memiliki rata-rata kandungan mangan sebesar 0,05 mg/l, kandungan maksimal 0,285 mg/l, dan terdapat sampel air tanah yang tidak terdeteksi kandungan mangan. Sedangkan pada air tanah sumur dalam, kandungan mangan paling tinggi yaitu sebesar 0,126 mg/l, kandungan mangan terendah yaitu 0,015 mg/l dan rata-rata sebesar 0,081 mg/l. Diperkirakan kehadiran besi dan mangan yang dominan pada air tanah di akuifer bawah/dalam dipengaruhi kuat oleh faktor *geogen* dalam hal ini litologi. Menurut Stewart,dkk (2006), unsur mangan dan besi merupakan indikator *leachate component* yang berasal dari litologi *volcanic ashfall*. Kondisi ini sesuai dengan hasil penelitian MacDonald & Partners (1984).

Pada unsur nitrat, air tanah sumur dangkal terdeteksi memiliki kandungan nitrat paling tinggi sebesar 149,4 mg/l dan beberapa sumur gali tidak terdeteksi kandungan nitrat-nya, rata-rata dari kandungan nitrat pada sumur dangkal adalah 15,2 mg/l. Sementara itu, pada 7 sampel air tanah sumur dalam, tidak ada satupun yang terdeteksi kandungan nitrat. Keterdapatannya pada sumur dangkal mengindikasikan bahwa kehadiran nitrat sangat dipengaruhi oleh pencemaran dari aktivitas manusia. Sumber nitrat dipastikan berasal dari feses manusia, mengingat ratio nitrat vs klorida yang telah lebih besar dari 1:20 (lihat Gambar 6). Berdasarkan Putra (2007), ratio diatas 1:20 sudah menandakan bahwa kandungan nitrat berasal dari oleh *faecal source*.

KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

Fasies kimia air tanah pada sumur dangkal didominasi oleh tipe $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-$. Sedangkan pada sumur dalam, air tanah didominasi oleh tipe $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-HCO}_3^-\text{-Cl}^-$. Dimana kandungan besi dan mangan lebih besar pada air tanah akuifer bawah/dalam dibandingkan air tanah pada akuifer atas/dangkal. Hal itu menandakan bahwa unsur besi dan mangan lebih dikontrol oleh faktor *geogen*.

Berdasarkan data log bor dan bukti *intermixing* tipe air, maka sistem akuifer yang berkembang di daerah penelitian adalah *multilayer aquifer* dengan konektivitas hidrolika antar akuifer yang menyebabkan adanya percampuran kimia air antara akuifer atas/dangkal dan akuifer bawah/dalam.

Keberadaan nitrat pada air tanah tidak ditemukan pada sumur bor dalam namun hanya pada sumur dangkal, dan sumbernya yang dipastikan berasal dari feses manusia mengindikasikan bahwa sumur dangkal rentan terhadap pencemaran yang berasal dari aktivitas permukaan khususnya sanitasi *on-site*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah ikut membantu pelaksanaan penelitian ini, yaitu Bp. Danang Dwi Wicaksono dan Adelaide Asriati yang telah banyak membantu dalam melakukan analisis laboratorium, selain itu juga

Departemen Teknik Geologi UGM yang telah mendukung penelitian ini dengan penyediaan fasilitasnya, dan juga PU-ESDM DIY yang telah memberikan data log bor sumur-sumur bor dalam untuk daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Hermawan, A., Nugrahaningsih, M., Sumarno, Mansur, M., Martanto, B., Subiyanto, F., Wirawan, S.S., 2003. Peta Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta: Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Cibinong, Skala 1:130.000, 1 lembar.
- Boulom, J., Putra, D. P. E., dan Wilopo, W., 2014. Chemical Composition and Hydraulic Connectivity of Springs in The Southern Slope of Merapi Volcano: J. SE Asian Appl. Geol., Jan–Jun 2014, Vol. 6(1), 11.
- Fatmawati, F., Fachiroh, J., Sutomo, A, H., dan Putra, D.P.E., 2018. Origin and Distribution of Nitrate in Water Well of Settlement Areas in Yogyakarta, Indonesia, Environmental Monitoring Assessment Journal, Vol.190. Springer.
- Fetter, C. W., 2001. Applied Hydrogeology, Fourth Edition: New Jersey, Prentice-Hall, Inc., p 346-440.
- Hendrayana, H., 1993. Hydrogeologie und Grundwassergewinnung im Yogyakarta-Becken, Indonesien, Dissertation, RWTH-Aachen.
- Husein, S., dan Srijono, 2009. Peta Geomorfologi Daerah Istimewa Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, Skala 1:25.000, 1 lembar.
- Mazor, E., 1997. Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology 2nd edition, Mercel Dekker Inc.
- McDonald dan Partners, 1984. Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study Volume 3: Directorate General of Water Resources Development Project (P2AT), Ministry of Public Works, Government of the Republic of Indonesia, 116 p.
- Putra, D. P. E., 2007. The Impact of Urbanization on Groundwater Quality; A Case Study in Yogyakarta City – Indonesia, Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie,

Heft 96, Lehrstuhl fuer Ingenieurgeologie und Hydrogeologie, RWTH Aachen, 148 S.

Stewart, C., Johnston, D. M., Leonard, G. S., Horwell, C. J., Thordarson, T., Cronin, S. J., 2006. Contamination of water supplies by volcanic ashfall: A literature review and simple impact modelling: *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 158 (296-306), 11.

Rahardjo W, Sukandarrumidi, dan Rosidi HMD, 1977. Geological map of the Yogyakarta quadrangle, Java. Geological Survey of Indonesia, Ministry of Mines, Jakarta.,

Sudarmadji, 1991. Agihan geografi sifat kimiawi airtanah bebas di Kotamadya Yogyakarta, disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

.
.