

Artikel Riset

Pemetaan Hidrogeologi untuk Analisis Zona Konservasi Air Tanah di Cekungan Air Tanah (CAT) Sumowono, Provinsi Jawa Tengah

Hydrogeological Mapping for Analyzing of Groundwater Conservation Zone in Sumowono Groundwater Basin, Central Java Province

Thomas Triadi Putranto^{1*}, Novie Susanto², Dina Rahayuning Pangestuti³, Mathias Andika Setya Pranata¹

¹Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

³Bagian Gizi Kesehatan Masyarakat dan KIA, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Penulis korespondensi, e-mail: putranto@ft.undip.ac.id

Abstrak

Pengelolaan air tanah di CAT Sumowono perlu dilakukan karena meningkatnya perkembangan wilayah tersebut. Penelitian ini berorientasi untuk menganalisis kondisi air tanah, menyusun zona konservasi air tanah dan menganalisis kesesuaian zona konservasi dengan peta tata ruang. Metode yang digunakan adalah pemetaan kondisi hidrogeologi seperti pengamatan permukaan jenis batuan, inventarisasi titik minatan hidrogeologi, mengetahui pola serta arah aliran air tanah, pemanfaatan air tanah, pengambilan sampel air tanah untuk pengukuran derajat keasaman dan daya hantar listrik. Dari hasil pemetaan hidrogeologi didapatkan litologi tersusun oleh batupasir tufan dan breksi vulkanik. Berdasarkan hasil analisis muka air tanah bebas, pola aliran air tanah bebas mengikuti kemiringan topografi, mengalir dari topografi tinggi di sisi selatan dan tenggara menuju ke topografi rendah di sisi utara daerah. Pemanfaatan air tanah digunakan untuk keperluan irigasi, domestik, serta perikanan. Pengukuran kualitas sampel air tanah untuk derajat keasaman antara 5,32-7,98 sedangkan daya hantar listrik antara 36-550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan Tingkat kerusakan akibat pemanfaatan air tanah termasuk kedalam zona aman. Zona konservasi air tanah terdiri dari daerah imbuhan dan zona perlindungan mata air. Hasil tumpang susun antara zona konservasi air tanah dengan peta rencana tata ruang didapatkan kesesuaian sebagai zona perlindungan.

Kata Kunci: airtanah; daya hantar listrik; konservasi; zona aman

Abstract

Groundwater management at groundwater basins Sumowono needs to be done because of the increasing development of the area. This research is oriented to analyzing groundwater conditions, compiling groundwater conservation zones, and explaining conservation zones' suitability with spatial maps. The method used is mapping hydrogeological conditions such as surface observation of rock types, inventory of hydrogeological points of interest, knowing the patterns and directions of groundwater flow,

groundwater utilization, and groundwater sampling to measure the degree of acidity and electrical conductivity. From the mapping results, it is found that the lithology is composed of tuffaceous sandstones and volcanic breccias. Based on the free groundwater table analysis, the free groundwater flow pattern follows the topographic slope, flowing from the high topography on the south and southeast sides to the low topography on the north side of the area. The utilization of groundwater is used for irrigation, domestic and fishery purposes. Measurement of groundwater samples' quality for the degree of acidity is between 5.32-7.98 while the electrical conductivity is between 36-550 $\mu\text{S} / \text{cm}$, and the level of damage due to groundwater utilization is included in the safe zone. The groundwater conservation zone consists of recharge areas and spring protection zones. The result of overlapping between the groundwater conservation zone and the spatial plan map shows suitability as a protection zone.

Keywords: conservation; electrical conductivity; groundwater; secured zone

1. Pendahuluan

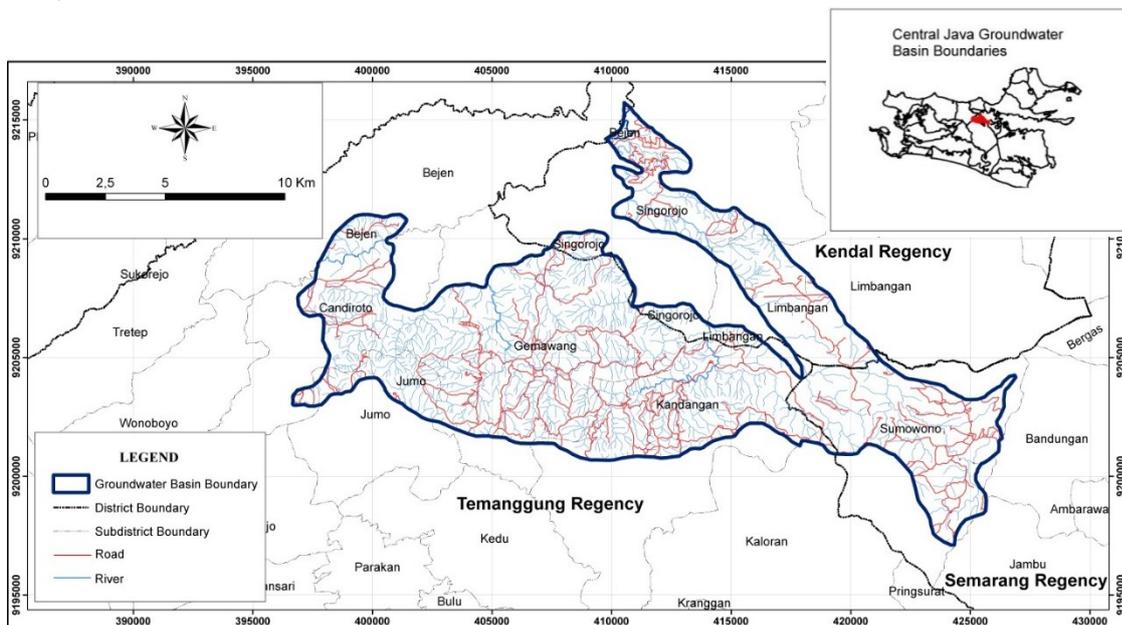
Mengacu kepada Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2017 tentang Cekungan Air tanah, cekungan air tanah diartikan sebagai suatu wilayah yang dibatasi oleh batas hidrogeologis, tempat semua kejadian hidrogeologis seperti proses pengimbuhan, pengaliran, dan pelepasan air tanah berlangsung. Dengan demikian, setiap cekungan air tanah memiliki ciri-ciri hidrogeologis tersendiri, yang secara hidraulik dapat berhubungan dengan cekungan air tanah lainnya atau bahkan tidak sama sekali. Salah satu cekungan yang ada di Jawa Tengah yaitu Cekungan Air tanah (CAT) Sumowono.

Sebagai sumber daya alam non-hayati, air tanah merupakan bagian dari lingkungan hidup sehingga terdapat interaksi antara sumber daya air tanah dengan lingkungan secara keseluruhan. Dengan kondisi yang demikian ini, ketersediaan air tanah sangat ditentukan oleh kondisi geologi, hidrogeologi dan komponen-komponen lingkungan hidup lain yang mempengaruhinya (Singh dkk., 2015). Penurunan air tanah yang cenderung semakin intensif akibat perkembangan wilayah berdampak terhadap kualitas dan kuantitas air tanah. Eksploitasi berlebihan dan penggunaan air tanah yang melebihi potensinya bisa berakibat terhadap menurunnya kualitas dan kuantitas air tanah (Srinivas dkk., 2015). Imbas dari semakin intensifnya pemanfaatan air tanah di cekungan berakibat pada terjadinya penurunan muka air tanah, banjir, dan amblesan tanah. Sebagai upaya dalam rangka penanggulangan dan mengantisipasi terjadinya degradasi lingkungan lebih jauh maka pengelolaan air tanah perlu dilakukan secara lebih bijaksana. Air tanah mudah terkontaminasi oleh berbagai polutan yang dihasilkan dari beragam sumber seperti pertanian, industri dan rumah tangga (Singh dkk., 2015).

Sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangan di wilayah CAT Sumowono, untuk itu perlu diupayakan pengelolaan air tanah yang berwawasan lingkungan mengingat keberadaan air tanah di wilayah ini harus dijaga ketersediaannya. Salah satu upaya pengelolaan air tanah yang dapat dilakukan adalah menyusun zona konservasi air tanah. Konservasi air tanah merupakan upaya melindungi dan memelihara keberadaan air tanah untuk mempertahankan kelestarian atau kesinambungan ketersediaan dalam kuantitas dan kualitas yang memadai, demi kelangsungan fungsi dan kemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik waktu sekarang maupun pada waktu yang akan datang (Danaryanto dkk., 2007). Berdasarkan hasil pemetaan potensi cekungan air tanah di Provinsi Jawa Tengah (Setiadi, 2004), CAT Sumowono yang dulu disebut sebagai CAT Sidomulyo memiliki potensi air tanah pada akuifer bebas (Q_1) sebesar 42 juta m^3/thn . Sumowono merupakan salah satu wilayah di kalangan penduduk Jawa Tengah yang terkenal sebagai kawasan penghasil sayur mayur, aneka bunga, buah-buahan, dan aneka hasil perkebunan seperti kopi, vanili, dan pala. Sebagian besar menggunakan air tanah baik dari mata air ataupun sumur gali untuk aktivitas pertanian. Belum banyak peneliti yang mengulas terkait penggunaan air tanah di wilayah CAT Sumowono. Untuk itu diperlukan upaya kegiatan konservasi seiring dengan pemanfaatan air tanah. Konservasi air tanah tidak hanya digunakan untuk meningkatkan kuantitas/volume air tanah, tetapi

juga meningkatkan daya dukung lingkungan, sehingga tidak terjadi kerusakan lingkungan akibat hilangnya air dalam pori-pori tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun zona konservasi dan mengetahui pemanfaatan air tanah akuifer bebas di wilayah CAT Sumowono melalui pemetaan hidrogeologi. Hasil pemetaan hidrogeologi dievaluasi berdasarkan matriks penentuan tingkat kerusakan penggunaan air tanah untuk pembuatan zonasi konservasi air tanah. Zonasi sangat diperlukan untuk mengetahui tingkat kerusakan air tanah terutama dalam menentukan zona aman, rawan, kritis dan rusak, sehingga pengendalian daya rusak air tanah dapat dilakukan dengan memperhatikan kondisi akuifer. Dalam rangka penyusunan zona konservasi berdasarkan hasil pemetaan hidrogeologi serta tata guna lahan untuk mempertimbangkan zona resapan air dan keberadaan mata air, untuk melihat kesesuaian dengan zona tata ruang wilayah, sehingga akan tercapai penatagunaan air tanah yang berkelanjutan (Foster dkk., 2010).



Gambar 1. Lokasi penelitian CAT Sumowono

Secara geografis, mengacu pada peta Cekungan Air Tanah Jawa Tengah (Setiadi, 2004) CAT Sumowono berada di wilayah Kabupaten Temanggung, Kabupaten Kendal, dan Kabupaten Semarang dengan luas keseluruhan kurang lebih 207 km². CAT Sumowono terletak di antara 7°05'-7°14' Lintang Selatan (LS) dan 110°04'-110°20' Bujur Timur (BT), sedangkan dalam koordinat *Universal Transverse Mercator (UTM)* zona 49 *Southern Hemisphere* adalah S 396658- S426897 dan N 9197102- N 9215728 seperti pada Gambar 1.

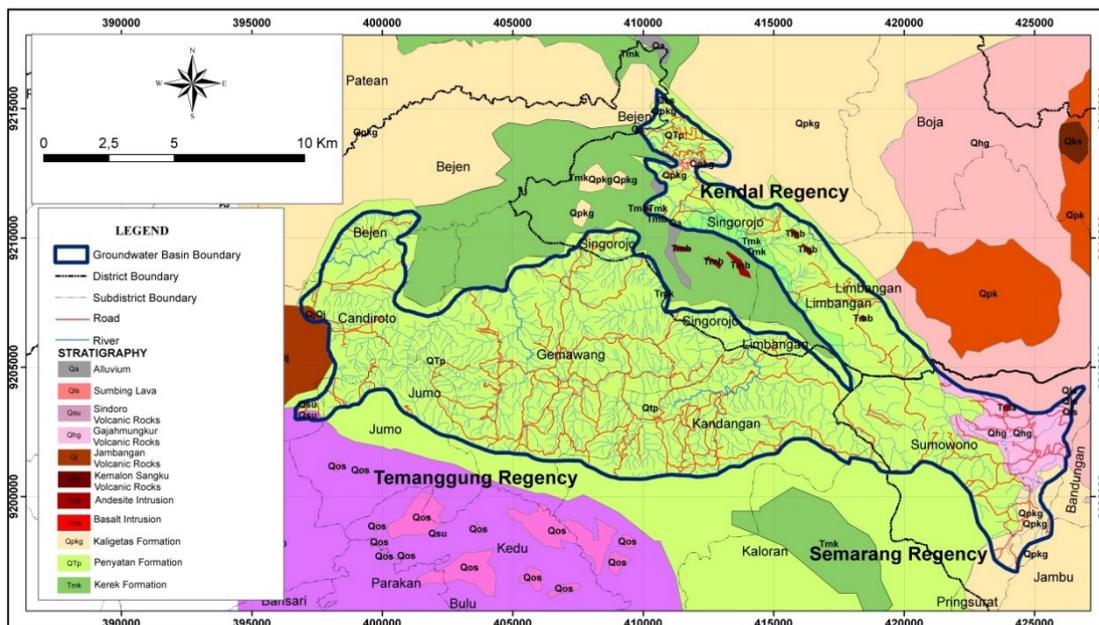
Mengacu pada peta geologi regional lembar Magelang-Semarang (Thanden dkk., 1996) dapat diketahui kondisi geologi daerah penyelidikan secara keseluruhan disusun oleh batuan hasil dari kegiatan vulkanisme yang dibatasi oleh formasi batuan berumur Tersier disebelah utara dan timur daerah penelitian. Stratigrafi daerah penelitian dan sekitarnya tersusun atas Formasi Kerek (Tmk), Formasi Penyatan (Qtp), Formasi Kaligetas (Qpkg), Intrusi Basal (Tmb), Intrusi Andesit (Tma), Batuan Gunung Jembangan (Qj), dan Batuan Gunungapi Gajahmungkur (Qhg), Batuan Gunungapi Sundoro (Qsu), Endapan Lava Gunung Sumbing (Qls). Kondisi geologi regional CAT Sumowono dapat dilihat pada Gambar 2.

Daerah CAT Sumowono didominasi oleh Formasi Penyatan yang terletak secara tidak selaras di atas Formasi Kerek yang tersusun oleh breksi, batupasir, tuf, batulempung, dan aliran-aliran lava. Batupasir tufan dan breksi vulkanik (aliran dan lahar) mendominasi formasi ini dengan ketebalan lebih dari 1.000 meter dan menunjukkan umur Miosen Tengah-Plistosen. Formasi Kerek tersusun oleh

perselingan batulempung, napal, batupasir tufan, konglomerat, breksi vulkanik dan batugamping. Umur satuan ini adalah Miosen Tengah.

Daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Hidrogeologi Regional Lembar Semarang (Said dan Sukrisno (1988) dapat dilihat pada Gambar 3. Dilihat dari jenis batuan pembentuk yang dikaitkan dengan kemampuannya untuk menyimpan maupun mengalirkan air terdapat beberapa kelompok akuifer pada CAT Sumowono yaitu:

1. Akuifer dengan aliran melalui celahan, rekahan dan saluran ini dibentuk oleh material hasil endapan vulkanik muda yang terdiri dari batupasir, tuf, breksi, batulempung dan aliran lava dimana meliputi sebagian Kecamatan Candiroto, Kecamatan Jumo, Kecamatan Gemawang dan Kecamatan Kandangan. Umumnya memiliki tingkat kelulusan sedang sampai tinggi.
2. Akuifer (bercelah atau sarang) produktif kecil dan aliran air tanah langka dengan aliran melalui ruang antar butir dan rekahan. Sebaran kelompok akuifer ini mendominasi pada CAT Sumowono, dibentuk oleh berbagai batuan gunungapi yang tak teruraikan sebagai hasil kegiatan gunungapi. Akuifer ini dibedakan menjadi; Batupasir tuffaan dan breksi vulkanik dengan sisipan batulempung dan napal (Formasi Penyatan dan Kerek), dengan sebaran di Kecamatan Singorojo, Kecamatan Limbangan, Kecamatan Bejen serta bagian utara Kecamatan Candiroto, Gemawang, dan Sumowono serta bagian timur Kecamatan Kandangan. Kelulusan rendah sampai sedang; dan Batulempung tuffan, breksi gunungapi, batupasir, tuff, konglomerat, lahar (Formasi Kaligetas dan Gajahmungkur), dengan sebaran sempit di tenggara CAT Sumowono.

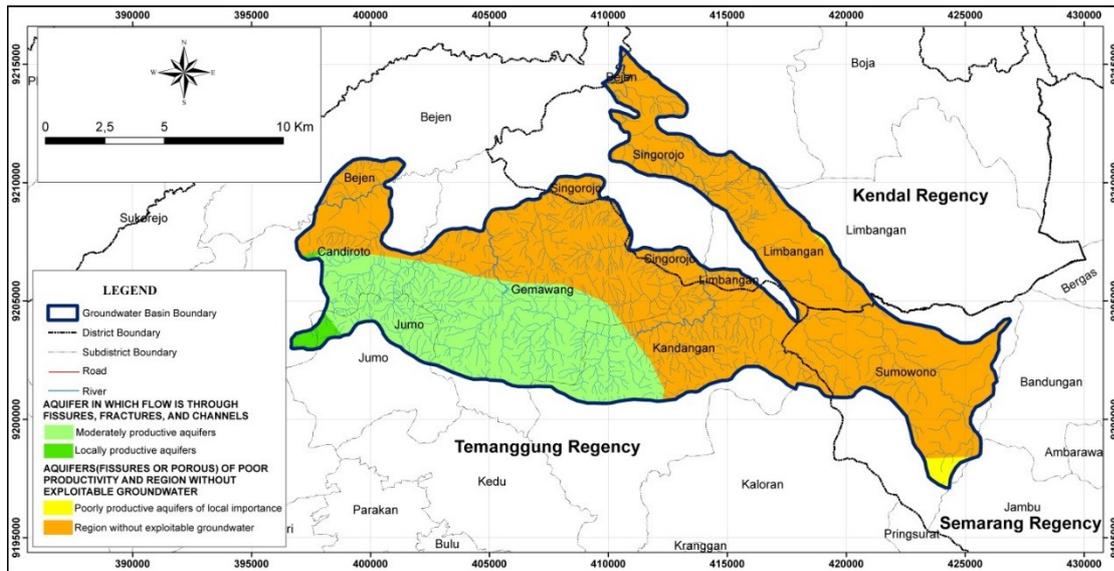


Gambar 2. Peta geologi regional (Thanden dkk., 1996)

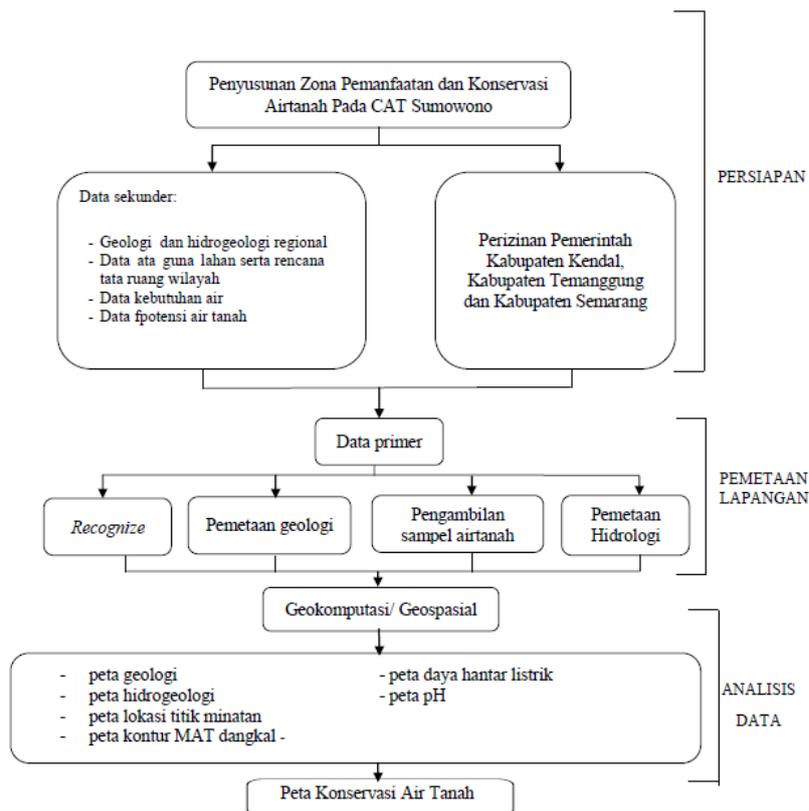
2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini melalui survei/pemetaan lapangan untuk mengumpulkan data primer dan studi literatur data sekunder sesuai alur penelitian yang disajikan pada Gambar 4. Data primer yang dikumpulkan berupa litologi, morfologi, inventarisasi titik minat sebanyak 115 titik untuk mengukur kedalaman, pola serta arah aliran air tanah, debit mata air, dan pengambilan sampel air tanah. Pengambilan sampel air tanah untuk analisis laboratorium geokimia di Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah dilakukan sebanyak 50 sampel yang terdiri dari sampel mata air dan sumur gali yang ditemukan pada lokasi penelitian untuk dilakukan analisis fisika dan kimia air tanah. Parameter fisik yang diukur adalah kekeruhan, warna, rasa dan bau sedangkan kimia terdiri dari pH, total dissolved solids/TDS dan daya hantar listrik/DHL untuk menentukan tingkat kerusakan

lingkungan akibat penggunaan air tanah dan penyusunan zona pemanfaatan dan konservasi air tanah di wilayah CAT Sumowono sesuai acuan pada Tabel 1.



Gambar 3. Peta hidrogeologi regional (Said dan Sukrisno, 1988)



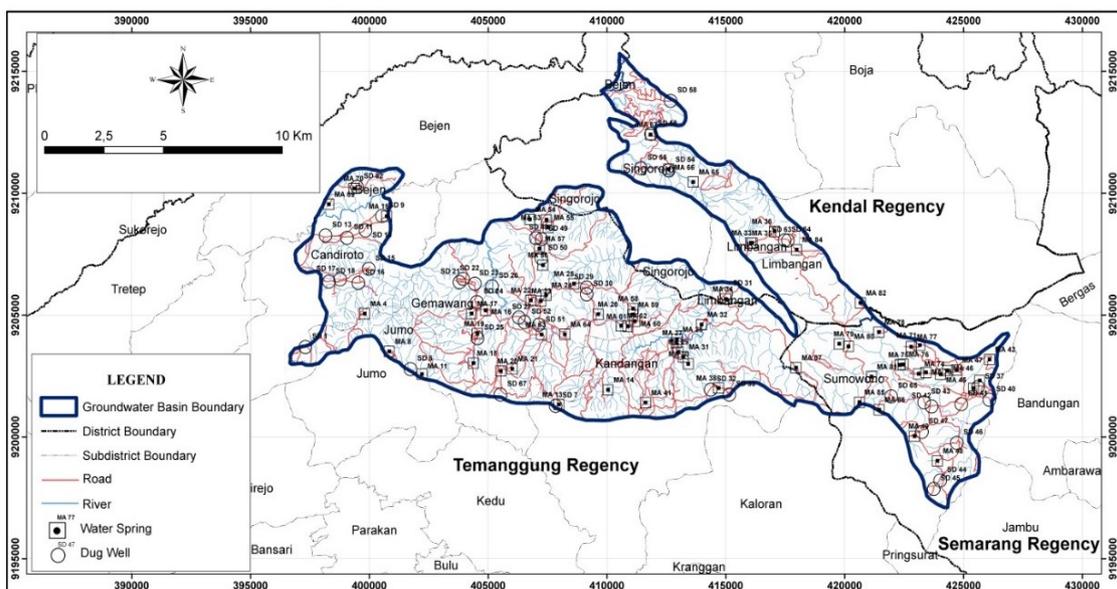
Gambar 4. Metodologi penelitian

Tabel 1. Matriks penentuan peringkat kerusakan kondisi dan lingkungan air tanah (Danaryanto dkk., 2007)

Penurunan Muka Air Tanah \ Kualitas Air Tanah	< 40%	40%-60%	> 60%-80%	> 80%	Amblesan Tanah
	TDS < 1.000 mg/L DHL < 1.000 µS/cm	Aman			
TDS 1.000-10.000 mg/L DHL > 1.000-1.500 µS/cm		Rawan			
TDS > 10.000-100.000 mg/L DHL 1500-5000 µS/cm			Kritis		
TDS > 100.000 mg/L DHL > 5.000 µS/cm Logam berat dan B ₃				Rusak	

3. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pemetaan hidrogeologi didapatkan hasil pengukuran kedalaman muka air tanah dangkal pada sumur gali penduduk sebanyak 46 titik, serta keterdapatan mata air alami sebanyak 69 titik (Gambar 5 dan Gambar 6). Mata air mulai muncul pada ketinggian 204 maml (meter atas muka laut) di Desa Kaliputih Kecamatan Singorojo (MA 66) hingga 1.135 maml yakni mata air di Desa Bumen Kecamatan Sumowono (MA 42). Secara umum mata air tersebut muncul melalui beberapa jenis litologi yaitu breksi vulkanik, pasir tuffan ataupun lapukan breksi. Mata air (*springs*) adalah lokasi pemusatan keluarnya air tanah yang muncul di permukaan tanah, karena terpotongnya lintasan aliran air tanah oleh fenomena alam (Kresic dan Stevanovic, 2010). Mata air yang dijumpai pada daerah penelitian sebagian besar merupakan mata air depresi. Mata air depresi merupakan mata air yang terbentuk ketika permukaan tanah bertemu dengan permukaan air tanah (Heath, 2004).



Gambar 5. Peta titik minat hidrogeologi



Gambar 6. Mata air Ds. Ketitang Kec. Jumo (b), Mata air Ds. Ngadisepi Kec. Gemawang

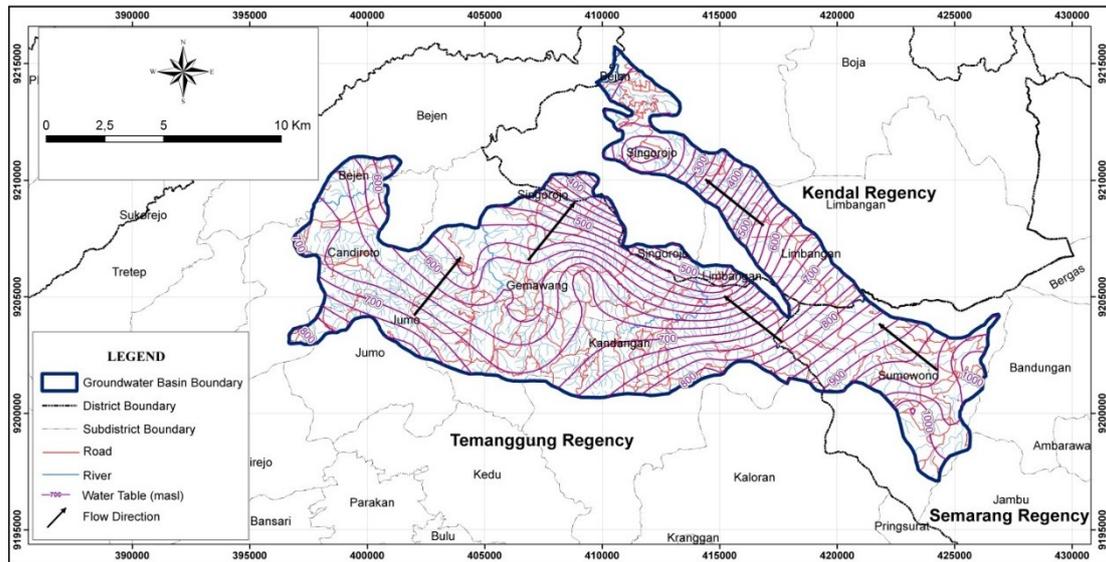
Mata air yang muncul pada CAT Sumowono menunjukkan adanya kombinasi sistem akuifer bebas dengan media antar butir atau pori dan rekahan batuan sebagai jalur keluarnya mata air. Akuifer bebas dengan media antar butir atau pori merupakan akuifer bebas primer yang tersusun oleh litologi yang memiliki porositas dan permeabilitas primer sehingga air tanah dapat mengalir melalui pori-pori batuan itu sendiri (Harter, 2003). Litologi penyusun akuifer yang terdapat pada daerah penelitian seperti pasir tuffan. Akuifer bebas dengan media rekahan merupakan akuifer bebas sekunder yang tersusun oleh litologi yang cenderung kedap air atau sedikit meluluskan air karena sifat batuan yang kristalin serta pejal, tetapi karena batuan ini memiliki rekahan batuan ini masih dapat meloloskan air (Harter, 2003). Litologi yang menyusun akuifer sekunder tersebut contohnya breksi vulkanik pada daerah penelitian. Keberadaan mata air alami ini telah dijadikan masyarakat sebagai sumber air bersih, secara umum digunakan untuk pengairan sawah dan kebun warga, dan disalurkan menuju pemukiman melalui pipa saluran air. Beberapa mata air juga telah dikelola oleh PDAM setempat untuk mengalirkannya pada masyarakat sekitar. PDAM setempat tidak menggunakan sumur bor karena besarnya debit mata air yang dikelola telah cukup untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Pola aliran air tanah pada daerah penelitian didasarkan pada hasil pemetaan hidrogeologi yang dilakukan pada musim kemarau sepanjang bulan Juni-Juli. Pengukuran tersebut digunakan untuk mengetahui ketinggian muka air tanah sehingga pola aliran air tanah pada daerah penelitian dapat terlihat serta untuk membantu mengetahui daerah tangkapan (*recharge*) dan daerah lepasan air (*discharge*). Penelitian ini hanya dibatasi pada akuifer bebas sehingga hanya akan membahas karakteristik sampel air tanah yang berasal dari sumur gali dan mata air. Hasil pengolahan data tersebut menunjukkan bahwa pola aliran air tanah bebas daerah penelitian terlihat mengalir dari daerah pegunungan yaitu sisi selatan dan tenggara daerah penelitian menuju sisi utara daerah penelitian dengan ketinggian yang lebih rendah. Hal tersebut dapat menunjukkan bahwa kecenderungan aliran air tanah akuifer bebas daerah penelitian mengikuti pola kemiringan topografi. Peta pola aliran air tanah dapat dilihat pada Gambar 7.

Pemantauan kualitas air diperlukan untuk perlindungan kesehatan masyarakat (minum atau penggunaan rumah tangga), pertanian, industri, perikanan, rekreasi, pariwisata dan perlindungan ekosistem perairan (Dinka dkk., 2015). Acuan yang digunakan dalam penentuan kualitas air tanah tersebut adalah Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010 (Kementerian Kesehatan, 2010). Dari hasil analisis fisik dan kimia sampel air tanah (Tabel 2) kualitas air tanah daerah penelitian terhadap 50 contoh air dari daerah penelitian terlihat bahwa hampir seluruh sampel memiliki sifat fisik tidak berwarna, tidak berbau, serta tidak berasa. Tingkat kekeruhan dari 0,2-66,9 NTU. Sampel air paling jernih terletak di sampel SD 16 Plosogaden, Candiroto sedangkan yang paling keruh di sampel SD 13 Gunungpayung, Candiroto. Sebanyak 6 sampel melebihi ambang batas kekeruhan (5 NTU) yakni sampel SD 13, SD 32, MA 15, MA 18, MA 41, serta MA 55. Ini disebabkan karena batuan pada daerah sampel tersebut belum terkompaksi kuat, sehingga masih berupa material lepasan. Material-material

halus tersebut berupa lapukan breksi sehingga terlarut dalam air tanah yang menyebabkan airtanah menjadi keruh.

TDS merupakan suatu ukuran untuk menghitung banyaknya komponen organik dan inorganik yang larut dalam air. Dari hasil analisis sampel air tanah, range nilai TDS berkisar dari 20-285 mg/L. Range nilai tersebut di bawah ambang baku mutu yakni sebesar 500 mg/L. Dengan demikian kualitas air tanah dari keseluruhan sampel air tanah termasuk dalam kualitas bagus.



Gambar 7. Peta pola dan arah aliran air tanah

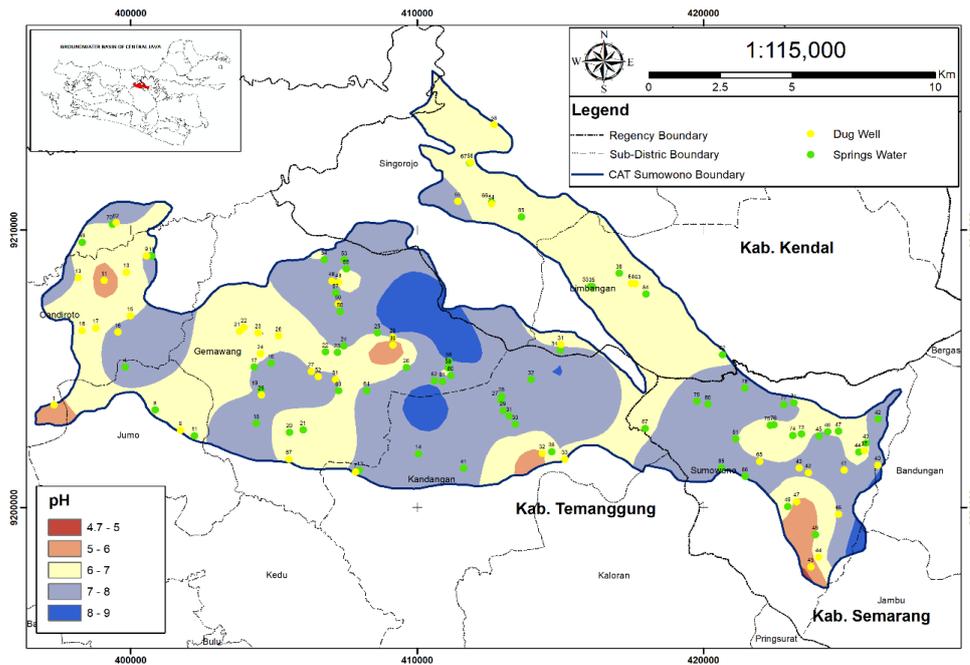
Derajat keasaman (pH) didefinisikan sebagai negatif dari logaritma konsentrasi ion hidrogen (Mandel, 1981 dalam Danaryanto dkk., 2007). Berdasarkan hasil analisis laboratorium pada 50 sampel air tanah, nilai kadar pH pada sampel berkisar antara 5,32-7,98 dengan rata-rata 6,93. Faktor yang mempengaruhi nilai pH tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh faktor alami yaitu sifat kimia batuan yang dilewati aliran air tanah serta pengaruh dari air meteorik (Elangovan and Dharmendirakumar, 2013). Sesuai dengan peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 untuk keperluan air minum, dari 50 sampel laboratorium dan hasil pengukuran di lapangan, secara umum memenuhi standar baku untuk digunakan sebagai air minum, hanya beberapa titik mata air memiliki kadar pH di bawah ketentuan yang diperbolehkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan yaitu antara 6,5-8,5 seperti titik minatan di Krempong (MA 23), Bejen (SD 62), Kedungboto (MA 33, dan SD 63), Kemiriombo (SD 22), Candigaron (MA 49), Getasan (MA 65), Mento (SD 1), Kertosari (SD 6), Banyuringin (SD 58), dan Tlogopucang (SD 32), sehingga mata air yang memiliki pH dibawah 6,5 harus melalui proses lebih lanjut jika akan digunakan untuk air minum. Peta sebaran pH daerah penelitian tersaji dalam Gambar 8.

Daya hantar listrik merupakan kemampuan suatu zat menghantarkan arus listrik dengan satuan mikrosiemen ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Semakin banyak air memiliki komposisi garam terlarut maka menyebabkan nilai daya hantar listriknya semakin tinggi, sehingga daya hantar listrik juga mencerminkan jumlah zat padat terlarut (Hem, 1959; Davis and De Wiest, 1996).

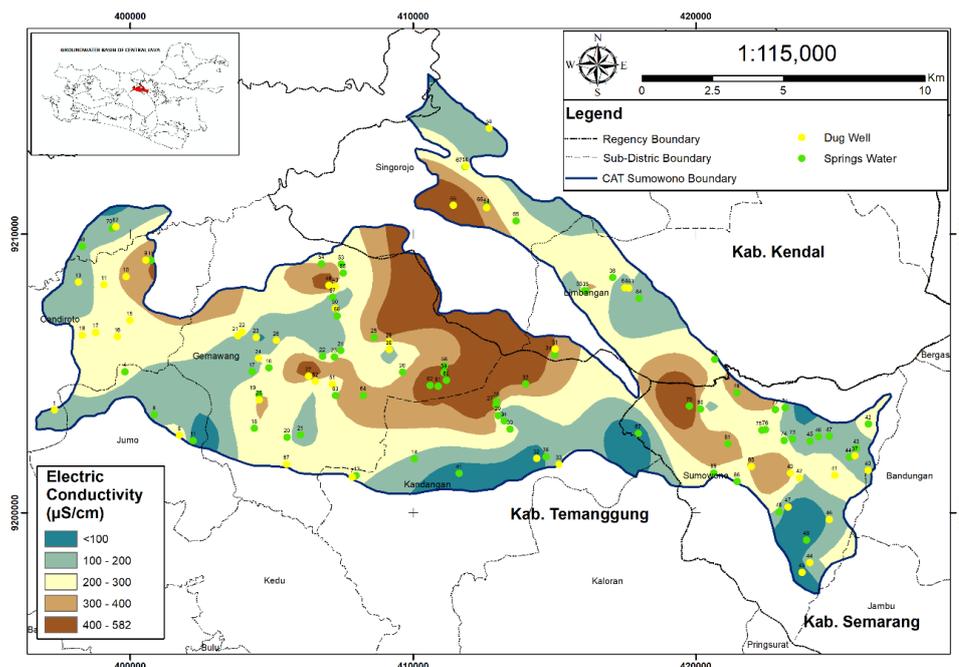
Berdasarkan pada hasil pengukuran nilai daya hantar listrik pada daerah penelitian, nilai DHL berkisar antara 36-550 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Menurut Davis and De Wiest (1996), nilai tersebut menunjukkan bahwa air tanah tergolong ke dalam kualitas baik. Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai DHL semakin tinggi menuju arah tengah CAT. Peningkatan nilai DHL dapat disebabkan oleh banyaknya polutan pada air tanah, dimana pada umumnya hal ini sebanding dengan adanya peningkatan penggunaan air tanah (Badiani and Jessoe, 2012). Kandungan nilai DHL yang tinggi juga mencerminkan lamanya proses air tanah tersebut mengalir dalam batuan. Semakin tinggi nilai DHL maka semakin banyak campuran yang

terdapat dalam kandungan air tanah tersebut seperti mineral, unsur kimia tertentu, atau material lainnya yang ikut terbawa dalam proses perjalanan air tanah. Beberapa contoh pengukuran menunjukkan nilai DHL yang lebih tinggi dari mata air yang lain yaitu titik minatan di Margolelo (MA 27, MA 28, MA 32), Sidoharjo (SD 9), Sucen (SD 29), Kedungboto (SD 31), Kaliputih (SD 55), Muncar (SD 48), Keseneng (MA 79), Gemawang (SD 27) dan Karangseneng (MA 59, MA 60, MA 61, dan MA 62) dengan nilai antara 404-550 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Sesuai dengan matriks penentuan peringkat kerusakan kondisi dan lingkungan air tanah (Tabel 1), maka contoh air dari seluruh titik minatan termasuk ke dalam zona aman, karena nilai DHL masih di bawah 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ maupun TDS dibawah 1.000 mg/L. Peta sebaran nilai DHL tersaji dalam Gambar 9



Gambar 8. Peta interpolasi nilai pH sampel airtanah



Gambar 9. Peta sebaran nilai DHL sampel airtanah

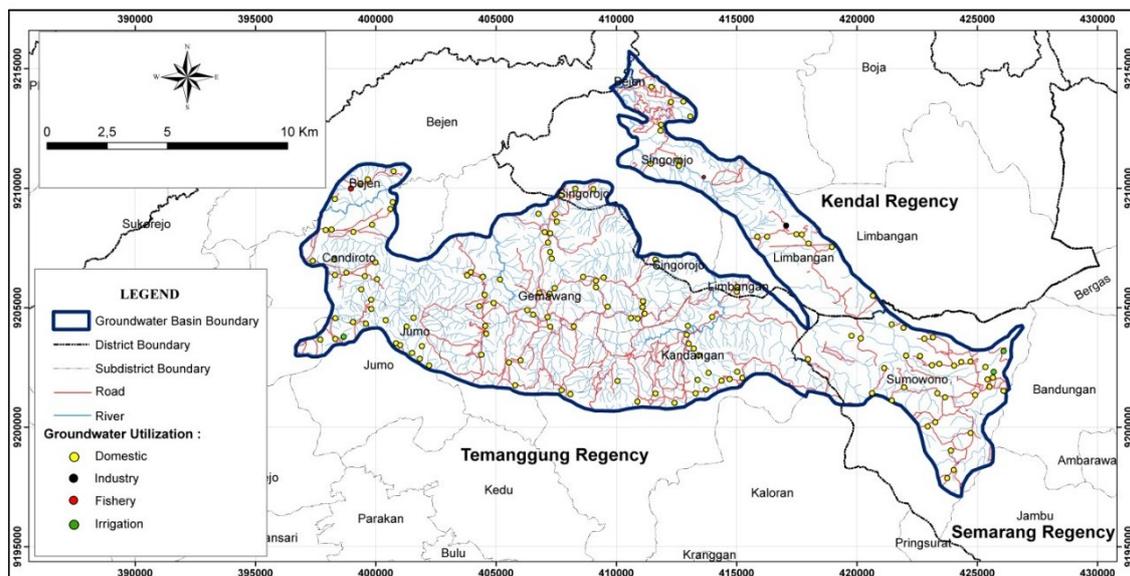
Tabel 2. Hasil analisis fisik dan kimia sampel air tanah

No. Urut	Koordinat		Kode Contoh	Lokasi Pemercontohan	Keruh NTU	Warna TCU	Bau	Rasa	DHL $\mu\text{S/cm}$	pH	TDS mg/L
	X	Y									
1	412986	9213790	SD 58	Banyuringin, Singorojo	1.09	0.0	tb	tb	165	6.24	91
2	399483	9210264	SD 63	Kebondalem, Bejen	1.96	0.0	tb	tb	197	6.44	108
3	416052	9207966	MA 33	Kedungboto, Limbangan	2.21	0.0	tb	tb	188	6.48	103
4	413633	9210466	MA 65	Getasan, Singorojo	2.48	0.0	tb	tb	228	6.38	125
5	411840	9212408	MA 67	Kaliputih, Singorojo	1.08	0.0	tb	tb	286	6.71	157
6	410604	9204563	MA 62	Peron, Limbangan	0.9	0.0	tb	tb	238	6.54	131
7	424911	9201346	SD 41	Sumowono, Sumowono	1.5	0.0	tb	tb	287	7.54	158
8	424020	9198209	SD 44	Ngadikerso, Sumowono	1.1	0.0	tb	tb	186	6.74	102
9	424718	9199754	SD 46	Lanjan, Sumowono	2.18	0.0	tb	tb	122	7.18	67
10	421958	9201660	SD 65	Piyanggang, Sumowono	2.11	0.0	tb	tb	310	7.19	171
11	426098	9203182	MA 42	Bumen, Sumowono	1.5	0.0	tb	tb	223	7.17	123
12	424715	9202744	MA 47	Losari, Sumowono	1.2	0.0	tb	tb	173	6.81	95
13	422940	9200031	MA 49	Candigaron, Sumowono	1.9	0.0	tb	tb	196	6.47	108
14	422801	9203701	MA 77	Kemawi, Sumowono	1.6	0.0	tb	tb	283	7.71	155
15	420158	9203717	MA 80	Keseneng, Sumowono	1.1	0.0	tb	tb	221	7.86	122
16	421451	9201119	MA 86	Piyanggang, Sumowono	1.1	0.0	tb	tb	227	7.15	125
17	397349	9203990	SD 1	Mento, Candirotro	0.4	0.0	tb	tb	181	5.81	100
18	400902	9209142	SD 9	Sidoharjo, Candirotro	0.3	0.0	tb	tb	519	6.98	285
19	398159	9208270	SD 13	Gunungpayung, Candirotro	66.9	0.0	tb	tb	148	6.92	81
20	399544	9206316	SD 16	Plosgaden, Candirotro	0.2	0.0	tb	tb	222	7.25	122
21	401011	9209086	MA 15	Sidoharjo, Candirotro	5.2	0.0	tb	tb	311	7.15	171
22	401744	9202663	SD 6	Kertosari, Jumo	0.3	0.0	tb	tb	290	6.39	160
23	399809	9205057	MA 4	Jombor, Jumo	0.9	0.0	tb	tb	323	7.28	178
24	402217	9202581	MA 11	Kertosari, Jumo	1.3	0.0	tb	tb	74	6.73	41
25	407764	9201019	SD 7	Malebo, Kandangan	2.1	0.0	tb	tb	197	6.87	108
26	414367	9201945	SD 32	Tlogopucang, Kandangan	19.1	0.0	tb	tb	36	5.72	20
27	415151	9201735	SD 33	Tlogopucang, Kandangan	2.6	0.0	tb	tb	214	6.78	118
28	407801	9201041	MA 13	Malebo, Kandangan	2.0	0.0	tb	tb	245	7.31	135
29	410049	9201933	MA 14	Banjarsari, Kandangan	0.7	0.0	tb	tb	186	7.75	102
30	412947	9204004	MA 28	Margelelo, Kandangan	0.6	0.0	tb	tb	435	7.98	240
31	413005	9203489	MA 29	Margelelo, Kandangan	2.21	0.0	tb	tb	85	7.47	47.0
32	414701	9202009	MA 38	Tlogopucang, Kandangan	0.51	0.0	tb	tb	102	6.88	56.0
33	411626	9201410	MA 41	Blimbing, Kandangan	14.57	0.0	tb	tb	44	7.51	24.0
34	403949	9206487	SD 22	Kemiriombo, Gemawang	0.38	0.0	tb	tb	260	6.38	143.0
35	404558	9204053	SD 25	Ngadisepi, Gemawang	0.82	0.0	tb	tb	321	7.42	176.0
36	409153	9206130	SD 29	Sucen, Gemawang	0.76	0.0	tb	tb	386	7.96	212.0
37	407018	9208160	SD 48	Muncar, Gemawang	1.28	0.0	tb	tb	489	7.66	269.0
38	406540	9204710	SD 52	Gemawang, Gemawang	1.63	0.0	tb	tb	268	7.67	147.0
39	405437	9200955	SD 67	Jambon, Gemawang	1.43	0.0	tb	tb	282	7.23	155.0
40	404308	9205062	MA 17	Ngadisepi, Gemawang	0.40	0.0	tb	tb	178	6.82	98.0
41	404386	9203027	MA 18	Ngadisepi, Gemawang	8.44	0.0	tb	tb	289	7.39	159.0
42	405535	9202707	MA 20	Gemawang, Gemawang	1.89	0.0	tb	tb	211	6.57	116.0
43	407218	9205584	MA 23	Krempong, Gemawang	0.58	0.0	tb	tb	291	6.49	160.0
44	407528	9208599	MA 55	Muncar, Gemawang	18.14	0.0	tb	tb	242	7.12	133.0
45	410604	9204563	MA 62	Karangseneng, Gemawang	0.69	0.0	tb	tb	478	7.87	263.0
46	408232	9204209	MA 64	Banaran, Gemawang	0.98	0.0	tb	tb	325	7.23	179.0
47	399483	9210264	SD 62	Kebondalem, Bejen	1.12	0.0	tb	tb	96	6.47	53.0
48	398298	9209551	MA 69	Congklang, Bejen	2.01	0.0	tb	tb	187	6.71	103.0
49	399364	9210203	MA 70	Kebondalem, Bejen	0.71	0.0	tb	tb	176	7.66	97.0
50	412600	9210938	SD 54	Kaliputih, Singorojo	0.41	0.0	tb	tb	385	6.58	212.0

Dari hasil pemetaan hidrogeologi, pemanfaatan air tanah pada daerah lepasan air tanah di CAT Sumowono dilakukan melalui sumur gali, maupun mata air. Pemanfaatan mata air digunakan untuk kebutuhan masyarakat seperti irigasi, budidaya ikan, keperluan mandi, dan air minum, sedangkan pembuatan sumur gali untuk keperluan domestic dengan kedalaman rata-rata kurang dari 10 m untuk memenuhi kebutuhan air bersih sehari-hari penduduk yang jauh dari pemunculan mata air karena tidak terlayani jaringan pelayanan Perusahaan Daerah Air Minum/PDAM (Gambar 10). Selain itu banyaknya lahan persawahan di daerah penelitian dapat berisiko mempengaruhi kualitas air tanah dangkal akibat penggunaan pestisida (Aydinald and Porca, 2004; Sankoh dkk., 2016; Pérez-Lucas dkk., 2018).

Konservasi air tanah adalah upaya melindungi dan memelihara keberadaan, kondisi dan lingkungan air tanah guna mempertahankan kelestarian atau kesinambungan ketersediaan dalam kuantitas dan kualitas yang memadai, demi kelangsungan fungsi dan kemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, baik waktu sekarang maupun pada generasi yang akan datang (Danaryanto dkk., 2007). Konservasi air tanah tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan volume air tanah, tetapi juga meningkatkan daya dukung tanah agar tidak terjadi amblesan akibat hilangnya air dalam pori-pori tanah. Penentuan tindakan konservasi air tanah harus menentukan daerah perlindungan air tanah terlebih dahulu, dimana meliputi perlindungan terhadap daerah imbuhan air tanah dan mata air.

Batas daerah imbuhan dan lepasan air tanah merupakan garis yang menghubungkan titik potong antara muka air tanah bebas dan air tanah tertekan. Perlindungan daerah imbuhan air tanah terhadap pemanfaatan air tanah yang berlebihan bertujuan untuk menjaga kelestarian air tanah dari segi kuantitas maupun kualitas. Air tanah akan mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah sehingga apabila jumlah dan kualitas air tanah pada daerah imbuhan tidak cukup baik maka akan berdampak pada keseluruhan wilayah dalam cekungan air tanah (Arrington dkk., 2010). Dalam pemetaan daerah imbuhan tersebut, penentuan batas daerah imbuhan air tanah dan daerah lepasan air tanah CAT Sumowono dapat ditentukan melalui identifikasi data hidrogeologi. Penentuan batas daerah imbuhan air tanah dan daerah lepasan air tanah pada daerah penelitian melalui identifikasi data hidrogeologi meliputi parameter kelerengan, kedalaman muka air tanah (MAT), kualitas air tanah menggunakan nilai DHL, dan pemunculan mata air (MA).



Gambar 10. Peta pemanfaatan air tanah CAT Sumowono

Daerah imbuhan air tanah pada umumnya terletak di atas tekuk lereng, biasanya berupa morfologi perbukitan, pegunungan, atau tubuh sampai puncak gunungapi. Pada daerah penelitian daerah imbuhan elevasinya yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya, dimana tergolong kedalam morfologi berbukit terjal hingga perbukitan sangat terjal. Berdasarkan kedalaman muka air tanah (MAT) daerah ini memiliki kedalaman MAT yang lebih dalam dibandingkan daerah lainnya. Sumur yang dijumpai memiliki muka air tanah yang cukup dalam. Parameter lainnya adalah nilai DHL, dimana semakin kecil nilai DHL maka semakin baik kualitas air pada daerah imbuhan. Nilai DHL yang menunjukkan $<200 \mu\text{S}/\text{cm}$ serta lokasi pemunculan mata air juga digunakan untuk menentukan batas daerah imbuhan dan lepasan air tanah. Mata air pada daerah penelitian dijumpai secara setempat-setempat dan muncul secara alami ke permukaan. Meskipun mata air merupakan zona keluaran atau lepasan air tanah namun karena lokasi pemunculannya memenuhi semua kriteria parameter tersebut, maka masih digolongkan ke dalam zona imbuhan. Secara umum daerah imbuhan air tanah berada di sebagian kecil Kab. Semarang (Kecamatan Sumowono), Kab. Temanggung (Kecamatan Candiroto, Kecamatan Jumo). Keberadaan daerah imbuhan air tanah ini memiliki peran penting bagi ketersediaan air tanah di CAT Sumowono, air hujan yang jatuh pada kawasan ini dan meresap sampai ke dalam zona jenuh air mengalir secara gravitasional ke hampir keseluruhan dari daerah penelitian sehingga daerah ini harus dilindungi dari kegiatan yang dapat mengganggu kualitas dan kuantitas air tanah tersebut.

Pemunculan air tanah ke permukaan sebagai mata air di CAT Sumowono ini sebagian telah diturap dan dimanfaatkan untuk pasokan air bersih untuk berbagai keperluan, umumnya dengan memanfaatkannya dengan cara mengalirkan melalui jaringan perpipaan menuju daerah permukiman, setempat dimanfaatkan secara langsung di lokasi penurapan mata air karena debit airnya yang relatif kecil. Dari pemetaan di lapangan, masih terdapat mata air yang belum dilindungi dan dijaga dengan baik, seperti warga mencuci pakaian di sekitar mata air yang berjarak 2 meter dari sumber pemunculan mata air. Aktifitas masyarakat tersebut dapat merusak sumber mata air. Zona perlindungan mata air ditentukan pada sekitar pemunculan mata air yang berada di daerah lepasan air tanah, yakni pada radius 200 meter dari lokasi pemunculan mata air. Dalam radius tersebut perlu ditetapkan larangan kegiatan pengeboran dan penggalian dalam zona perlindungan mata air tersebut agar tidak merubah kualitas dan kuantitasnya. Pembatasan ini dilakukan agar keberadaan mata air pada lokasi penelitian dapat terjaga dengan baik dan tidak mempengaruhi pemunculan mata air.

Pengaturan dan pembatasan pengambilan air tanah harus dilakukan dalam rangka kegiatan konservasi air tanah daerah penelitian dengan tujuan untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas dan kuantitas air tanah. Rekomendasi konservasi air tanah daerah penelitian kemudian dituangkan dalam bentuk Peta Zona Pemanfaatan dan Konservasi Air tanah di CAT Sumowono yang tersaji dalam Gambar 11. Rekomendasi konservasi air tanah CAT Sumowono tersebut antara lain :

A. Zona Pemanfaatan Air tanah (*Discharge area*)

1. Sub zona aman

Zona ini tersebar hampir di seluruh bagian CAT. Pada zona ini berdasarkan pada kualitas air tanahnya nilai DHL (*Daya Hantar Listrik*) dibawah $1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka tingkat kerusakan kondisi dan lingkungan air tanah masih termasuk ke dalam kategori aman. Upaya untuk menjaga agar air tanah pada zona ini tidak terdegradasi menjadi zona rawan, perlu dilakukan pengawasan penggunaan air tanah. Pembuangan air kotoran limbah domestik perlu dikelola terlebih dahulu. Pada zona ini tidak direkomendasikan sebagai tempat pembuangan sampah akhir. Pada lahan pertanian penggunaan pupuk dan pestisida perlu dibatasi dan dikontrol dengan baik, pembuatan alat infiltrasi air, pelestarian situ, bendungan dan jaringan irigasi yang masih ada agar tetap terpelihara.

B. Zona Perlindungan Air tanah (*Recharge area*)

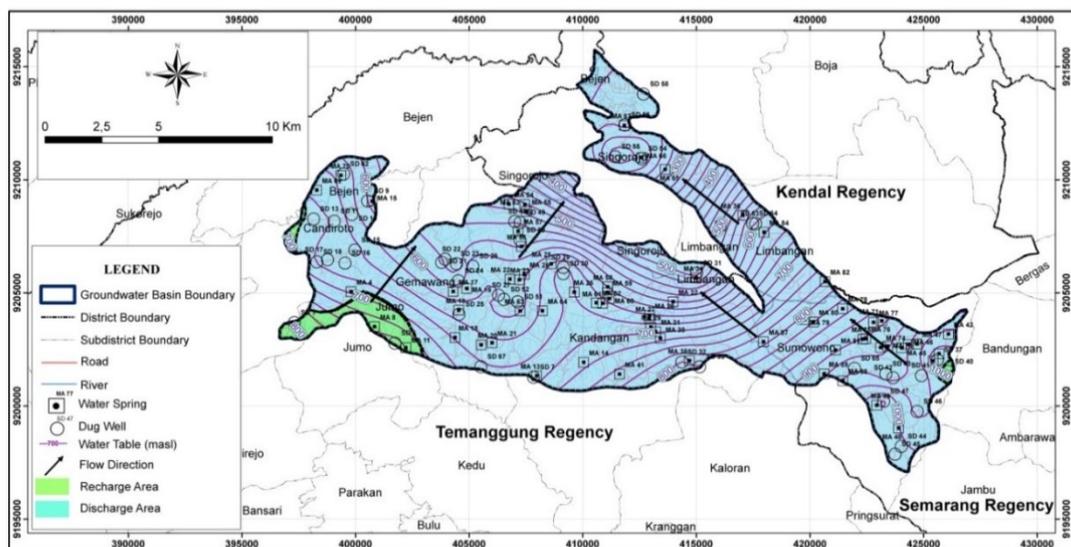
Rekomendasi konservasi pada CAT Sumowono pada zona perlindungan air tanah mencakup daerah imbuhan air tanah dan daerah perlindungan mata air.

1. Sub zona daerah imbuhan air tanah

Zona imbuhan air tanah pada CAT Sumowono berada pada Kecamatan Sumowono, Kecamatan Candirototo, dan Kecamatan Jumo, pada zona ini penggunaan air tanah selain untuk kebutuhan pokok sehari-hari perorangan tidak diizinkan. Penggunaan air tanah pada sistem akuifer tertekan dapat diizinkan setelah dilakukan pengkajian hidrogeologi terlebih dahulu. Untuk melindungi kuantitas dan kualitas air tanah di daerah imbuhan air tanah agar selalu terjaga, pada zona ini perlu dilakukan pengawasan dan pemantauan dalam penggunaan air tanah.

2. Sub zona perlindungan mata air

Pada zona perlindungan mata air perlu adanya perlindungan di sekitar mata air yang terdapat pada daerah penelitian terhadap budidaya yang dapat merusak kuantitas dan kualitas air serta kondisi fisik kawasan sekitarnya. Budidaya yang dapat merusak seperti pengeboran di dekat sekitar mata air tidak diperbolehkan dalam radius 200 m dari pemunculan mata air.



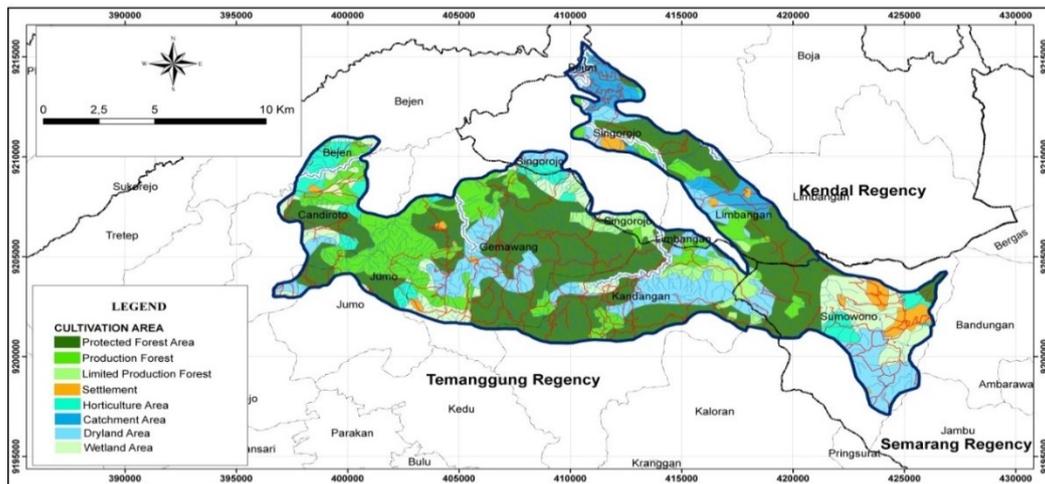
Gambar 11. peta zona konservasi air tanah

Untuk mengetahui kesesuaian antara Peta Zona Pemanfaatan dan Konservasi Air tanah CAT Sumowono dan Peta RTRW CAT Sumowono tahun 2009-2029 yang mengacu pada Peta Rencana Tata Ruang dan Wilayah Bappeda Provinsi Jawa Tengah (2011) untuk wilayah CAT Sumowono Tahun 2009-2029 dilakukan proses tumpang tindih (*overlay*) antara kedua peta tersebut yang disajikan dalam Gambar 12. Dari hasil *overlay* kedua peta tersebut maka dapat disimpulkan bahwa secara umum Peta Zona Pemanfaatan dan Konservasi Air tanah memiliki kesesuaian dengan Peta RTRW CAT Sumowono dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Daerah imbuhan terdiri dari kawasan lindung yang berupa hutan lindung dan kawasan lindung dikelola oleh masyarakat, serta kawasan budidaya yang berupa hutan produksi terbatas, setempat hutan produksi tetap, setempat kawasan perkebunan, kawasan hortikultura, dan setempat kawasan permukiman .
2. Daerah lepasan didominasi terdiri dari sebagian kawasan lindung dikelola oleh masyarakat, serta kawasan budidaya berupa kawasan hutan rakyat, hutan produksi terbatas, hutan produksi tetap, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering, dan kawasan permukiman.

Peta zona pemanfaatan dan perlindungan air tanah akan memberikan kontribusi yang sangat berarti terutama dalam menentukan jenis penataan ruang yang paling cocok sesuai dengan potensi ketersediaan air tanah dan tingkat kerusakannya. Berdasarkan atas karakteristik penggunaan lahannya, maka pada daerah imbuhan air tanah daerah CAT Sumowono didominasi oleh Kawasan Lindung dan Kawasan Hutan. Berdasarkan atas hal tersebut cukup terlihat adanya kesesuaian (100%)

antara kawasan imbuhan air tanah dengan pola tata ruang yang saling sinergi untuk menciptakan kelestarian ekosistem hidrologi daerah imbuhan air tanah tersebut. Penataan ruang seperti kawasan hutan lindung terletak pada zona imbuhan agar penyerapan air dapat maksimal, letak kawasan pemukiman berada pada daerah lepasan, sehingga dapat menciptakan keseimbangan antara kebutuhan air dan sumberdaya air yang tersedia.



Gambar 12. Peta rencana tata ruang dan wilayah CAT Sumowono

4. Kesimpulan

Dari hasil pemetaan hidrogeologi di CAT Sumowono dapat diketahui bahwa pola aliran air tanah bebas CAT Sumowono mengalir dari sisi selatan dan tenggara CAT menuju sisi utara daerah penelitian dengan mengikuti kemiringan topografi. Hasil pengukuran DHL air tanah memiliki rentang nilai antara 36-550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sedangkan derajat keasaman (pH) air tanah memiliki rentang nilai 5,32-7,98. Pemanfaatan air tanah utamanya digunakan untuk keperluan domestik, irigasi, PDAM, dan perikanan. Secara umum peta zona pemanfaatan dan konservasi air tanah menunjukkan kesesuaian untuk daerah perlindungan sebagai daerah imbuhan sebesar 100% dengan Peta Rencana Tata Ruang Wilayah CAT Sumowono. Daerah imbuhan sebagai kawasan lindung merupakan hutan lindung, serta area budidaya yang berupa hutan produksi terbatas. Daerah lepasan sebagian merupakan kawasan lindung yang dimanfaatkan oleh masyarakat, serta kawasan budidaya berupa kawasan permukiman, pertanian lahan basah dan lahan kering, kawasan hutan rakyat, hutan produksi terbatas serta hutan produksi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Diponegoro atas dana penelitian skema Riset Pengembangan & Penerapan (RPP) Tahun Anggaran 2019 dengan kontrak No. 329-69/UN7.P4.3/PP2019 dan Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Tengah atas kontribusinya untuk pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arrington, K., Stiles, C., Ventura, S., & Norman, J. 2010. Identifying High Infiltration and Groundwater Recharge Areas in Dane County, Wisconsin. Soil Science Department University of Madison: Wisconsin.
- Aydinal, C., & Porca, M.M. 2004. The effect of pesticide in water Resources. Journal of Central European Agriculture 5(1): 5-12.
- Badiani, R., & Jessoe, K. 2012. The Impact of Electricity Subsidies on Groundwater Extraction and Agriculture Production. Department of Agricultural Economics, University of California.

- Bappeda Provinsi Jawa Tengah. 2011. Album Peta RTRW Provinsi Jawa Tengah. Semarang.
- Danaryanto, Titomiharjo, H., Setiadi, H., & Siagian, Y. 2007. Kumpulan Pedoman Teknis Pengelolaan Air tanah. Badan Geologi: Bandung.
- Davis, S. N. & De Wiest R. J. M. 1996. Hydrogeology. Jhon Willey and Sons. Inc: New York.
- Dinka, M. O., Loiskandl, W., & Ndambuki, J. M. 2015. Hydrochemical Characterization of Various Surface Water and Groundwater Resources Available in Matahara Areas, Fantalle Woreda of Oromiya Region. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 3. Elsevier: USA.
- Elangovan, N. S., & Dharmendirakumar, M. 2013. Assessment of Groundwater Quality along the Cooum River, Chennai, Tamil Nadu, India. *Journal of Chemistry* 2013 (2013) Article ID 672372.
- Foster, S.D., Hirata, R., & Howard, K.W.F. 2010. Groundwater Use in Developing Cities: Policy Issues Arising from Current Trends. *Hydrogeology Journal*, 19, 271-274.
- Harter, T. 2003. Basic Concepts of Groundwater. Agriculture and Natural Resources, University of California, 1-6.
- Heath, R. C. 2004. Basic Groundwater Hydrology, Tenth Printing. US Geological Survey: Virginia.
- Hem, J. D. 1959. Study and Interpretation of the Chemical Characteristic of Natural Water. U.S Geological Survey Water-Supply Paper 2254.
- Kementerian Kesehatan. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan NOMOR 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Jakarta.
- Kresic, N., & Stevanovic, Z. 2010. Groundwater Hydrology of Springs. Engineering, Theory, Management, and Sustainability. Elsevier Inc. USA.
- Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2017 tentang Cekungan Air tanah.
- Pérez-Lucas, G., Vela, N., El Aatik, A., & Navarro, S. 2018. Environmental risk of groundwater pollution by pesticide leaching through the soil profile, Books: Pesticides Use and misuse and their impact in the environment, Ed. Laramendy, M.L., and Soloneski, S. Intechopen.
- Said, H.D. & Sukrisno. 1988. Peta Hidrogeologi Indonesia Lembar VII Semarang Skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.
- Sankoh, A. I., Whittle, R., Semple, K. T., Jones, K. C., Sweetman, A. J. 2016. An assessment of the impacts of pesticide use on the environment and health of rice farmers in Sierra Leone. *Environmental International* (94) 458-466.
- Setiadi, H. 2004. Peta Cekungan Air tanah Provinsi Jawa Tengah Skala 1:100.000. Kerjasama Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Jawa Tengah dengan Direktorat Tata Lingkungan Geologi dan Kawasan Pertambangan.
- Singh, N. S., Raju, J., & Ramakrishna, C. 2015. Evaluation of Groundwater Quality and Its Suitability for Domestic and Irrigation Use in Parts of the Chandauli-Varanasi Region, Uttar Pradesh, India. *Journal of Water Resource and Protection* 7, 572-587.
- Srinivas, R., Bhakar, P., & Singh, A.P. 2015. Groundwater Quality Assessment in Some Selected Area of Rajasthan, India Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Tool. *International Conference on Water Resources, Coastal, and Ocean Engineering (ICWRCOE 2015)*. Elsevier Inc. USA.
- Thanden, R. E., Sumadiraja, H. P. W., Richard. K., Sutisna, & Amin, T. C. 1996. Peta Geologi Skala 1:100.000 Lembar Magelang Semarang. Jawa Tengah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung