

KAJIAN POTENSI MATAAIR DI KAWASAN KARST GUNUNGKIDUL KASUS : KECAMATAN PANGGANG

Adhityo Haryadi
adhityohar@yahoo.com
Sudarmadji
sudarmadji@ugm.ac.id

ABSTRACT

Springs in karst region have different quantity and quality. Resident in arid region like Gunungkidul, are enact spring as one fount to meet their needs. So, it is necessary to know the character of quantity and quality of springs in karst region at Gunungkidul, springs distribution, and its potential to fulfill water needs of resident.

Purposive sampling method used to springs sampling which are taken to laboratory testing and respondent sampling which interviewed. Survey method used to springs plotting, measuring discharge, and interviewing water needs. Projection performed to determine how long springs can fulfill water needs.

Result of this research that the springs, are unevenly distributed. Type of springs is contact, emergence and exurgence. Discharge reach out 20,319.9 m³ that potentially can be able to fulfill resident's water needs until 2028. In quality, water of springs dominated by high element of calcium, magnesium, and hardness. The height of the element (calcium, magnesium and hardness) can be tolerated by deposit its element before consumed.

Keyword : springs, karst, water supply, springs ability

ABSTRAK

Mataair di kawasan karst memiliki perbedaan karakter kuantitas maupun kualitas. Penduduk di daerah kering seperti di Gunungkidul menjadikan mataair sebagai salah satu sumber air untuk memenuhi kebutuhan air. Maka perlu kajian untuk mengetahui karakter kuantitas dan kualitas mataair di kawasan karst Gunungkidul, persebaran mataair, serta potensinya untuk memenuhi kebutuhan air penduduk.

Metode *purposive sampling* digunakan dalam penentuan sampel mataair yang diujikan di laboratorium dan penentuan responden yang diwawancara. Metode survei dilakukan dalam *plotting* mataair, pengukuran debit dan wawancara kebutuhan air. Proyeksi dilakukan untuk mengetahui seberapa lama mataair dapat memenuhi kebutuhan air penduduk.

Hasil dari penelitian ini adalah mataair tersebar tidak merata. Tipe mataairnya yaitu kontak, *emergence* dan *exurgence*. Debit total mencapai 20.319,9 m³ dimana secara potensial mampu memenuhi kebutuhan air penduduk hingga tahun 2028. Secara kuantitas, air dari mataair didominasi oleh unsur kalsium, magnesium dan kesadahan. Tingginya elemen tersebut dapat ditolelir dengan mengendapkannya terlebih dahulu sebelum dikonsumsi.

Kata Kunci : Mataair, Karst, Ketersediaan air, Kemampuan air.

PENDAHULUAN

Hidrologi dikategorikan secara khusus mempelajari kejadian air di daratan/bumi, deskripsi pengaruh sifat daratan terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan dan mempelajari hubungan air dengan kehidupan. Air sebagai salah satu sumber kehidupan tidak dapat ditinggalkan di dalam kehidupan sehari-hari. Air sudah menjadi kebutuhan pokok bagi manusia dalam kehidupannya.

Jumlah air dalam siklus hidrologi selalu tetap dan hanya berubah distribusinya saja dari waktu ke waktu akibat adanya pengaruh dari faktor tertentu (Adji dan Suyono, 2004). Air sebagai sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, bukan berarti tidak memiliki keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan manusia, baik dari sisi kuantitas maupun kualitasnya serta penyebaran dari sisi waktu dan lokasi.

Hal ini menjadi sangat penting bagi ilmuwan untuk mempelajari siklus hidrologi secara umum agar manusia dapat mengambil kebijakan yang tepat supaya keberadaan sumberdaya alam ini tidak rusak. Dalam hal ini, pemerintah sudah mengatur dalam undang-undang no. 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air. Undang-undang menyebutkahn bahwa

“Daya air adalah potensi yang terkandung dalam air alami danatau pada sumber air yang dapat memberikan manfaat ataupun kerugian bagi kehidupan dan

penghidupan manusia serta lingkungannya”

Pernyataan ini menjadi dasar hukum bagi bangsa Indonesia mengenai daya air dan untuk dapat mempertahankan keberadaan sumberdaya alam ini perlu dilakukan upaya pelestarian agar keseimbangan alam tetap terjadi.

Kabupaten Gunungkidul merupakan kabupaten yang tergolong kering dan sulit air. Hal ini tidak lepas dari morfologi di Kabupaten Gunungkidul. Aksesibilitas masyarakat terhadap air bersih di Kabupaten Gunungkidul sulit mengambil air yang berada jauh di bawah tanah. Secara alamiah kawasan karst merupakan akuifer terbesar ketiga setelah kawasan volkan dan pesisir. Saat ini 25% kebutuhan air penduduk dunia tergantung pada kawasan karst (Ko, 1984 dalam Adji, 2010). Sayangnya pemunculan mataair tidak merata di seluruh kawasan karst, tetapi hanya terkonsentrasi di beberapa lokasi.

Kecamatan Panggang yang berada di bagian Selatan Kabupaten Gunungkidul memiliki potensi air dengan ditemukannya beberapa sumber mataair. Mataair di Kecamatan Panggang bukan hanya untuk masyarakat di Kecamatan Panggang sendiri, tetapi juga kecamatan lain di sekitarnya yang mendapatkan pasokan air bersih dari sumber yang ada di Kecamatan Panggang.

Secara kualitas mataair di Kecamatan panggang mempunyai kandungan CaCO_3 yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan daerah non-karst. Kandungan CaCO_3 yang tinggi pada air akan menyebabkan berbagai penyakit. Perlu adanya perlakuan khusus terlebih dahulu sebelum air ini dikonsumsi.

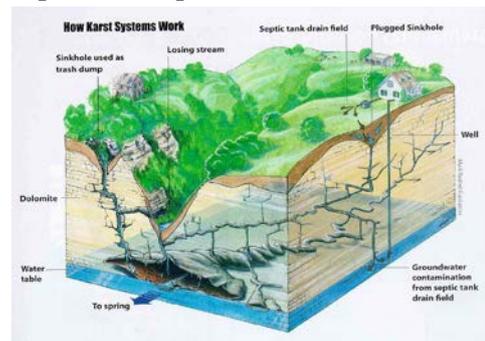
Pernyataan-pernyataan diatas merujuk pada beberapa permasalahan diantaranya:

1. Bagaimana pola persebaran keruangan mataair di Kecamatan Panggang?
2. Bagaimana potensi mataair baik secara kuantitas dan kualitas?
3. Apakah keberadaan mataair di Kecamatan Panggang dapat memenuhi kebutuhan air penduduk untuk beberapa waktu ke depan?

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola persebaran mataair di daerah penelitian, untuk mengkaji karakteristik mataair secara kualitas dan kuantitas mataair dan untuk menganalisis potensi mataair dalam memenuhi kebutuhan air penduduk.

Hidrologi secara khusus mempelajari tentang kejadian proses siklus air di bumi, deskripsi pengaruh batuan terhadap air, pengaruh fisik air terhadap daratan dan mempelajari hubungan air dengan kehidupan. Sementara di sisi lain, karst adalah kawasan dengan ciri topografi eksokarst (kerucut, doline, uvala, dan polje) dan

perkembangan sistem drainase bawah permukaan yang lebih dominan dengan sistem aliran permukaannya (Adji dkk., 1999). Ilustrasi hidrologi di kawasan karst dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Hidrologi di Kawasan Karst

Sumber : <http://perpuskam.blogspot.com/2011/03/karst.html>

Mataair (*spring*) adalah pemusatan pengeluaran airtanah yang muncul di permukaan air tanah sebagai arus dari aliran air (Todd, 1980). Mataair berbeda dengan rembesan (*seepage*). Rembesan adalah mataair yang keluar secara perlahan-lahan dan menyebar pada permukaan tanah.

Mataair dapat diklasifikasikan menurut berbagai hal, dua diantaranya adalah klasifikasi berdasarkan debitnya dan klasifikasi berdasarkan pengalirannya. Debit air menurut Marbun (1982) adalah jumlah (volume) air yang mengalir dalam satu kesatuan waktu, pada titik tertentu di sungai, terusan, saluran air dan mataair, dinyatakan dalam satuan volume per detik (m^3/detik). Menurut Meinzer (1923, dalam

Todd, 1980) mataair dapat diklasifikasikan menurut debitnya. Pengklasifikasian mataair menurut debitnya dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kelas Debit Mataair

Kelas	Debit (liter/detik)
I	> 10000
II	1000-10000
III	100-1000
IV	10-100
V	1-10
VI	0.1-1
VII	0.01-0.1
VIII	<0.001

Sumber : Meinzer 1923 dalam Todd, 1980

Adji dan Haryono (2004) menerangkan mengenai kemunculan mataair di daerah karst memiliki cirrikhas kusus terutama dalam pengklasifikasian mataair atas dasar asal airtanah karst, klasifikasi tersebut sebagai berikut.

1. *Emergence* springs : mataair karst yang mempunyai debit besar tetapi tidak cukup bukti mengenai daerah tangkapannya.
2. *Resurgence* springs : mataair karst yang berasal dari sungai yang masuk kedalam tanah dan muncul lagi di permukaan.
3. *Exsurgence* springs : mataair karst dengan debit kecil dan lebih berupa rembesan-rembesan.

Adji dan Haryono (2004) menyebutkan bahwa salah satu karakter unik dari mataair karst adalah mataair karst biasanya memiliki debit air yang besar. Secara teoritis, air yang tersimpan pada

retakan dapat dikatakan sudah jenuh, sementara air yang mengalir pada lorong conduit masih belum jenuh. Akibatnya, komposisi kimia airtanah yang diamati pada mataair karst dapat berfluktuasi tergantung dari variasi debitnya, variasi kejadian hujan, dan mungkin juga terhadap aktivitas lain di daerah tangkapan hujannya (catchment area).

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain di dalam air (Effendi, 2003). Karakteristik kualitas air permukaan dan airtanah terkadang sangat berbeda. Saat infiltrasi ke dalam tanah, air permukaan mengalami kontak dengan mineral-mineral yang terdapat di dalam tanah dan melarutkannya, sehingga kualitas airnya mengalami perubahan karena terjadi reaksi kimia.

Ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan penduduk dapat diperoleh dari tiga sumber utama, yaitu air hujan, air permukaan dan airtanah. Kebutuhan air penduduk dapat dilihat dari penggunaan air penduduk. Penggunaan air yang terus meningkat, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk akan membuat penyediaan air semakin berat.

METODE PENELITIAN

Kecamatan Panggang dipilih sebagai daerah penelitian karena memiliki sumberdaya air yang digunakan langsung oleh penduduk. Secara spesifik, mataair di

Kecamatan Panggang banyak ditemukan dan dimanfaatkan secara langsung oleh penduduk, dan menjadi sumber air utama bagi penduduk. Daerah yang di survei adalah lokasi dimana terdapat keberadaan mataair dan mataair itu menjadi sumber air utama oleh penduduk.

Penelitian ini sebagian besar menggunakan metode survei. Survei yang dilakukan meliputi *plotting* mataair, pengukuran debit mataair dan wawancara pemenuhan kebutuhan penduduk. Metode *purposive sampling* digunakan dalam penentuan sampel mataair yang diujikan di laboratorium dan penentuan responden untuk diwawancara. Metode sensus digunakan dalam *plotting* mataair dan pengukuran debit mataair.

Analisis data di lapangan bersifat deksriptif dan komparatif. Analisis deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran atas kondisi dan karakteristik dari mataair yang dapat diinventarisasi potensinya. Analisis komparatif digunakan untuk membandingkan dan mengklasifikasikan sifat fisik dan kimia mataair dari hasil analisis laboratorium dengan baku mutu air yang ada.

Untuk mengetahui apakah mataair dapat memenuhi kebutuhan air penduduk di masa yang akan datang digunakan metode proyeksi. Proyeksi dilakukan untuk mengetahui seberapa lama kuantitas

mataair dapat memenuhi kebutuhan air penduduk. Proyeksi ini tentunya dengan memperhatikan pertumbuhan penduduk setiap tahunnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei, tercatat ada 11 mataair yang tersebar tidak merata di Kecamatan Panggang. Paling banyak mataair terdapat di Desa Girisuko. Desa Girisuko terdapat 6 mataair, Desa Giriharjo dan Giriwungu masing-masing terdapat 2 mataair dan di Desa Girikarto terdapat 1 mataair. Tabel 2. adalah distribusi mataair yang ada di Kecamatan Panggang.

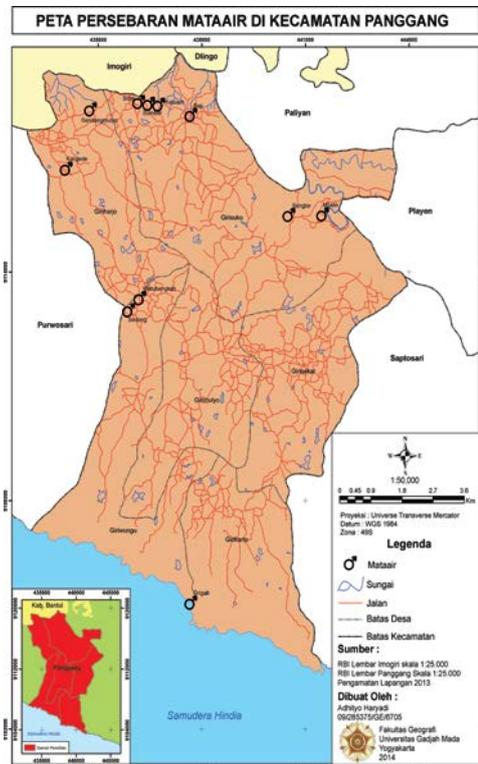
Tabel 2. Distribusi Mataair di Kecamatan Panggang

No	Mataair	Dusun	Desa
1	Kaligede	Banyumeneng III	Giriharjo
2	Sendangmulyo	Banyumeneng I	Giriharjo
3	Bibal	Sumber	Girisuko
4	Sumber	Sumber	Girisuko
5	Keluwih	Sumber	Girisuko
6	Beji	Turunan	Girisuko
7	Sanglor	Sanglor II	Girisuko
8	Mbelik	Pacar II	Girisuko
9	Sodong	Pudak	Giriwungu
10	Watubengkah	Pudak Lor	Giriwungu
11	Grigak	Karang	Girikarto

Sumber : Hasil *Plotting* di Lapangan, 2013

Mataair yang terdapat di kawasan ini secara umum terbentuk karena adanya penghambat drainase bawah tanah, berupa batu dan dasar kedap, sesar atau kontak yang tidak selaras, dan akibat lembah yang tergradasi. Beberapa mataair sudah dikelola oleh masyarakat dengan baik dengan menyalurkan ke rumah-rumah melalui pipa paralon. Gambar 2.

merupakan peta persebaran mataair di Kecamatan Panggang.



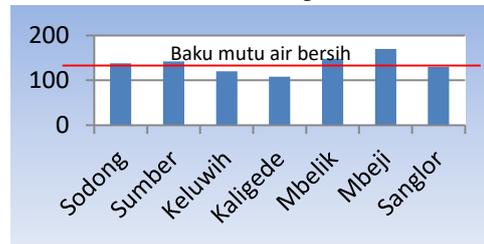
Gambar 2. Peta Persebaran Mataair

Sumber : Hasil Olah Data Lapangan, 2014

Mataair di Kecamatan Panggang sendiri memiliki sifat fisik yang baik. Masing-masing mataair di Kecamatan Panggang sudah memenuhi jika diperuntukan sebagai air bersih. Jika digunakan untuk mandi, cuci piring dan pakaian dapat langsung digunakan.

Sifat kimia air di Kecamatan Panggang terpengaruh oleh proses pelarutan batuan karbonat yang terjadi di kawasan karst. Kandungan kalsium dalam sampel air pada kisaran 108 – 170 mg/L. Grafik 4.1. berikut ini adalah kadar kandungan kalsium pada sampel mataair.

Grafik 1. Kadar Kalsium pada Mataair

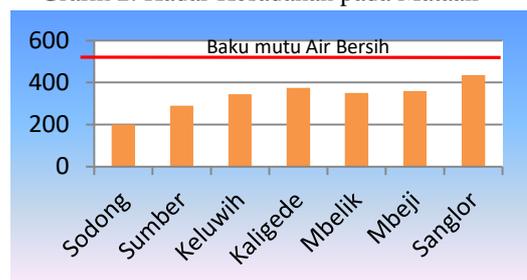


Sumber : Hasil Olah data, 2014

Kandungan kesadahan dalam sampel air pada kisaran 200 – 435 mg/L. Hal ini termasuk tinggi apabila dibandingkan dengan bakumutu air bersih. Grafik 2 menggambarkan kadar kesadahan mataair.

Pengaruh unsur-unsur tersebut dikarenakan oleh kemampuan air itu sendiri. Air memiliki kapasitas tukar kation yang menyebabkan unsur-unsur ion yang terdapat pada batuan pindah dalam air melalui proses pelarutan. Pada penelitian ini, kondisi geologi menjadi faktor yang paling besar dalam mengontrol kondisi kualitas air.

Grafik 2. Kadar Kesadahan pada Mataair



Sumber : Hasil Olah Data, 2014

Pada dasarnya, secara kualitas dari hasil uji laboratorium, air dari mataair di Kecamatan Panggang belum memenuhi baku mutu air bersih untuk unsur kalsium. Tetapi unsur kalsium ini tidak berbahaya untuk aktivitas manusia kecuali

dikonsumsi. Oleh karena itu perlu ada perlakuan khusus sebelum dikonsumsi seperti memasak air tersebut agar kalsium dalam airnya mengendap.

Ketersediaan air dari mataair dapat dilihat dari besarnya kuantitas air yang dikeluarkan oleh mataair (Sunjaya dalam Karsidi,1999), dalam hal ini dapat dianalisis dengan mengukur debit mataairnya. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa ketersediaan air dari mataair di Kecamatan Panggang sangat besar. Jika diakumulasi mencapai 235,18 L/dtk yang kemudian dikonversi per harinya mencapai 20.319,9 m³/hari. Tabel 3. adalah tabel ketersediaan air dari mataair.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Debit Mataair

No	Mataair	Debit (Lt/dtk)	Kelas	Pengaliran
1	Kaligede	165.23	III	Perrenial
2	Sendangmulyo	0.032	VII	Intermitten
3	Bibal	0.25	VI	Perrenial
4	Sumber	2.151	V	Perrenial
5	Keluwih	0.907	VI	Perrenial
6	Beji	0.6858	VI	Perrenial
7	Sanglor	57.85	IV	Perrenial
8	Mbelik	1.1221	V	Intermitten
9	Sodong	0.162	VI	Intermitten
10	Watubengkah	0.18	VI	Perrenial
11	Grigak	6.614	V	Perrenial
Jumlah		235.1839		

Sumber : Hasil Pengukuran Lapangan, 2014

Jumlah ini masih memungkinkan berubah, tergantung dari jumlah mataair yang ditemukan di lapangan untuk penelitian yang selanjutnya.

Tetapi nilai akumulasi debit di atas tidak bisa dihitung sebagai suatu kesatuan, karena mataair yang terdapat di Kecamatan Panggang tidak tersebar secara merata, tetapi mengelompok. Terbagi menjadi 4

kelompok, pembagiannya terdapat dalam Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Kelompok mataair berdasarkan lokasi

No	Mataair	Debit (Lt/dtk)	Kelompok	Potensi per tahun (m ³)
1	Kaligede	165.23	1	5337650.909
2	Sendangmulyo	0.032		
3	Bibal	0.25		
4	Sumber	2.151		
5	Keluwih	0.907		
6	Beji	0.6858	2	1859744.146
7	Sanglor	57.85		
8	Mbelik	1.1221		
9	Sodong	0.162	3	10785.312
10	Watubengkah	0.18		
11	Grigak	6.614	4	208579.104

Sumber : Hasil Olah Data Lapangan, 2014

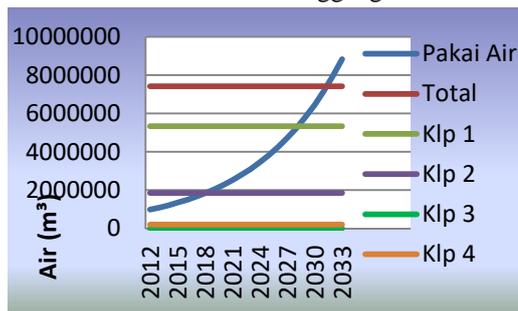
Pengelompokan mataair ini dijadikan acuan dalam melakukan proyeksi mataair dalam memenuhi kebutuhan air penduduk Kecamatan Panggang dari mataair.

Proyeksi pemenuhan kebutuhan air masyarakat ini yaitu dengan membandingkan potensi debit mataair per tahun dengan jumlah penggunaan air penduduk yang kemudian diproyeksikan sesuai dengan pertumbuhan penduduknya tiap tahunnya.

Hasil wawancara yang dilakukan di lapangan, didapatkan bahwa rata-rata penggunaan air perkapita per harinya sebanyak 101,622 liter. Jumlah penggunaan air di Kecamatan Panggang ini jika dihitung dalam kurun waktu satu tahun sebanyak 37.092,03 liter perkapita per tahun. Jumlah penggunaan air dari mataair ini akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk yang mencapai 1,1% per tahun. Apabila menggunakan asumsi bahwa debit

mataair tidak terdapat fluktuasi yang besar setiap tahunnya, maka nantinya keberadaan mataair ini tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat. Hasil proyeksi dapat dilihat pada Grafik 3.

Grafik 3. Proyeksi Pemenuhan Kebutuhan Air Kecamatan Panggang



Sumber : Hasil Olah Data Lapangan, 2014

Hasil perhitungan proyeksi diatas menunjukkan bahwa tidak semua kelompok mataair dapat memenuhi kebutuhan seluruh masyarakat Kecamatan Panggang. Mataair dalam kelompok 1 (Mataair Kaligede, Sendangmulyo, Bibal, Sumber, Keluwih dan Beji) berpotensi untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat hingga tahun 2028. Mataair yang kelompok 2 (Mataair Sanglor dan Mbelik) berpotensi untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat di Kecamatan Panggang hingga tahun 2018. Sedangkan mataair kelompok 3 dan 4 tidak dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat sama sekali.

Salah satu upaya masyarakat dalam melestarikan mataair di Kecamatan Panggang ialah dengan mengurangi pemakaian dari mataair itu sendiri. Masyarakat banyak

mengurangi pemakaian air dari mataair di musim penghujan.

Masyarakat menggunakan Penampungan Air Hujan (PAH) saat musim hujan tiba. Pada saat musim hujan PAH dapat menampung air hujan secara maksimal. Solusi yang baik untuk menanggulangi bencana kekeringan dan untuk mengurangi pemakaian air dari mataair tersebut.

Berdasarkan wawancara mendalam kepada tokoh masyarakat setempat, pada tahun 2007 ada program dari Uni Eropa yang dinamakan JRF (*Java Reconconstruction Fund*), untuk mengatasi kekeringan yang terjadi. Program ini memberikan bantuan kepada masyarakat untuk membangun PAH maupun Penampungan Air Minum (PAM). Masyarakat tidak perlu membangun PAH dengan biaya sendiri dan ini cukup membantu. Penggunaan PAH secara maksimal dapat selain dapat mengurangi penggunaan air dari mataair, tetapi juga dapat memperpanjang usia mataair itu sendiri. Bahkan bisa sampai 50-100 tahun mendatang. Gambar 3. merupakan PAH yang ada di Kecamatan Panggang.



Gambar 3. PAH di Kecamatan Panggang
Sumber : Pengamatan di Lapangan, 2013

Kelebihan PAH yakni aksesibilitas airnya yang mudah pada saat musim hujan. Kualitas mataairnya-pun tidak kalah baik dengan mataair. Sementara, faktor topografi dalam penyaluran mataair ke rumah warga menjadi salah satu penghambat. Biaya yang sangat tinggi diperlukan untuk membangun jaringan pipa untuk sampai ke rumah warga dan pompa air yang sangat kuat agar sampai ke rumah warga yang letaknya di atas bukit.

KESIMPULAN

Hasil dan Pembahasan pada bab sebelumnya akan menuju pada kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil plotting, tercatat terdapat 11 mataair yang tersebar tidak merata di Kecamatan Panggang. Desa Girisuko 6 mataair, Desa Giriharjo dan Giriwungu masing-masing 2 mataair, dan Desa Girikarto 1 mataair.
2. Secara kuantitas ketersediaan air dari mataair mencapai 20.319,9 m³/hari. Secara kualitas, air mataair didominasi oleh tingginya unsur kalsium (Ca²⁺) (108 – 170 mg/ltr), magnesium (Mg²⁺) (5 – 53 mg/ltr), kebasaan (HCO₃⁻) (40 – 256 mg/ltr) dan kesadahan (CaCO₃) (200 – 435 mg/ltr). unsur-unsur ini sudah melebihi baku mutu air bersih. Perlakuan khusus seperti pemanasan air dapat dilakukan agar zat kapur dalam air dapat mengendap sebelum dikonsumsi.

3. Mataair dalam kelompok 1 berpotensi untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat hingga tahun 2028. Mataair kelompok 2 berpotensi untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat di Kecamatan Panggang hingga tahun 2018. Sedangkan mataair kelompok 3 dan 4 tidak dapat memenuhi kebutuhan air masyarakat sama sekali. Masyarakat banyak mengurangi pemakaian air dari mataair di musim penghujan yaitu dengan penggunaan PAH. Menggunakan PAH secara maksimal dapat memperpanjang usia mataair itu sendiri bahkan sampai 50-100 tahun ke depan.

Penelitian mengenai potensi mataair perlu pengembangan lebih lanjut agar penelitian semacam ini dapat sempurna dan bermanfaat bagi warga. Oleh karena itu penulis memberikan saran bagi penelitian lanjutan antara lain:

1. Diperlukan pengamatan lebih lanjut mengenai data sekunder keberadaan mataair di kecamatan setempat sebelum lebih lanjut mengeksplor ke warga-warga. Data sekunder ini dapat membantu peneliti dalam menemukan keberadaan mataair.
2. Selain sebagai bentuk inventarisasi potensi air, diperlukan penelitian lanjutan untuk meneliti bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk mendistribusikan sumberdaya air

dari mataair ini ke seluruh warga. Hal ini mengingat sumberdaya alam karst sangat luas di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

-, Peraturan Pemerintah no. 82 Th 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*
- Adji, T.N. 2010. Variasi Spasial-Temporal Hidrogeokimia dan Sifat Aliran Untk Karakterisasi Sistem Karst Dinamis di Sungai Bawah Tanah Bribin, Kabupaten Gunungkidul, DIY. *Disertasi*. Yogyakarta : UGM.
- Adji, T.N., Haryono, E., Suprojo, S.W. 1999. Kawasan Karst dan Prospek Pengembangannya di Indonesia, *Prosiding Seminar PIT IGI* di UI 26-27 Oktober 1999. Jakarta : UI.
- Adji, T.N. dan Suyono. 2004. *Bahan Ajar Hidrologi Dasar*. Yogyakarta : fakultas Geografi UGM (tidak diterbitkan untuk umum).
- Adji, T.N. dan Haryono, E. 2004. *Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Yogyakarta : Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi UGM.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta : Kanisius.
- Erwan dan Heri, S. 2011. *Karst*. <http://perpuskam.blogspot.com/2011/03/karst.html>. Artikel , Maret 2011. Diakses pada tanggal 26 Oktober 2013.
- Karsidi. 1999. Hubungan antara Tingkat Pendidikan dan Pendapatan dengan Penggunaan Air Sungai oleh Penduduk di Sekitar Sungai Kali Jajar Demak. Semarang. *Skripsi*. Ssemarang : UNNES.
- Marbun M.A. 1982. *Kamus Geografi*. Jakarta : Ghalia Indonesia.
- Todd, D.K. 1980. *Groundwater Hydrology* 2nd Edition. New York : John Willey & Sons.
- Todd, D.K. dan Mays, L.W. 1995. *Groundwater Hydrology* 3rd Edition. New York : John Willey & Sons.
3. Tolman 1937. *Groundwater*. New York : McGraw-Hill Book Company Inc.