

**ANALISIS TINGKAT KESADAHAN MATA AIR GOA GREMENG SEBAGAI SUMBER KEBUTUHAN AIR MASYARAKAT DI DESA UMBULREJO KECAMATAN PONJONG KABUPATEN GUNUNGKIDUL**

**Muhammad Zarkasi**

S1 Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum, Universitas Negeri Surabaya  
muhammaadzarkasi@gmail.com

**Drs. Bambang Hariyanto, M.Pd**

Dosen Pembimbing Mahasiswa

**Abstrak**

Kawasan karst merupakan wilayah yang identik dengan batuan kapur, yakni  $CaCO_3$  (karbonat) dan  $Ca(Mg)CO_3$  (*Dolomite*). Batuan kapur dicirikan sebagai batuan yang mudah larut akibat konsentrasi  $CO_2$ . Proses pelarutan ini disebut sebagai karstifikasi. Proses karstifikasi inilah yang menyebabkan fenomena yang sering ditemui di wilayah karst, yakni kesadahan air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik kadar kesadahan air pada bulan kering dan bulan basah, klasifikasi kesadahan air, serta kesesuaian kesadahan mata air untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat.

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif. Obyek yang diteliti adalah Goa Gremeng, Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, Gunungkidul. Pengumpulan data menggunakan observasi lapangan, pengambilan sampel air, dan pengujian sampel di laboratorium BBTCLPP Yogyakarta. Teknik analisis data menggunakan teknik analisis perhitungan kesadahan total dan analisis komparatif.

Data kesadahan air yang diperlukan diambil pada bulan kering dan bulan basah. Hasil menunjukkan bahwa tingkat kesadahan air dalam dua bulan tersebut jika digolongkan dalam kelas kesadahan air menurut Peavy (1985, dalam Setyaningsih, 2014:3), maka termasuk dalam kelas sedang. Jika hasil penelitian dibandingkan dengan Permenkes Nomor 32 tahun 2017, maka sampel air yang diuji tersebut masih dikategorikan aman, yakni di bawah ambang batas maksimum kesadahan sebesar 500 mg/liter. Hasil penelitian juga menunjukkan tingkat kesadahan pada bulan kering yang lebih tinggi dari bulan basah.

**Kata Kunci : Kesadahan, Morfologi Karst, Mata Air Karst**

**Abstract**

*Karst region is an area that related to limestone, such as  $CaCO_3$  (carbonate) and  $Ca(Mg)CO_3$  (dolomite). Karst limestone is characterized as an easy soluble rock, because of  $CO_2$  concentration. Its dissolution can be named as karstification. This process causes some phenomenon that usually found in Karst region, and one of them is water hardness. The aim of this study was to know the condition of water hardness level in dry month and wet month, its classification, and its compatibility to be people needs.*

*This study is quantitative research. The object was Gremeng Cave that located in Umbulrejo village, Ponjong district, Gunungkidul. Data were collected using field observation, water sampling, and testing water sample at BBTCLPP laboratory. Data analyzed using total water hardness calculation and comparative analysis.*

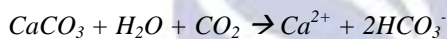
*Water hardness data needed was based on dry month and wet month parameters. The result showed that all of water hardness levels (dry and wet) was classified to medium level, based on Peavy (1985, in Setyaningsih, 2014:3). If the result was compared with **Permenkes No 32/2017**, then the sample of water was still categorized to be secured water, because it was still below to 500 mg/l. It found the condition of water hardness level in dry month that was higher than wet month.*

**Keywords : Water Hardness, Karst Morphology, Karst Springs**

## PENDAHULUAN

Bentang lahan karst merupakan salah satu bentuk kompleksitas morfologi bumi yang sangat unik. Bentang lahan karst juga memiliki sisi keunikannya, antara lain batuan penyusunnya dan juga porositasnya. Batuan karbonat mendominasi sebagian besar wilayah karst, dan karena sifat batumannya yang mudah larut oleh air, maka terbentuklah banyak porositas pada batumannya. Alur fenomena ini menyebabkan sistem hidrologi yang khas di wilayah karst (Ford dan Williams, 1989:2).

Bentang lahan karst yang ada di Indonesia adalah Karst Gunungsewu. Wilayah karst ini membentang dari ujung barat Parangtritis hingga ujung timur Kabupaten Pacitan (Said, 2010:1). Dominasi batuan kapur pada wilayah karst menyebabkan Karst Gunungsewu juga memiliki keunikan sistem hidrologinya, yakni sulit ditemukannya sumber mata air di permukaan tanah (White, dalam Widyastuti, dkk., 2012:129). Fenomena ini tidak lepas dari proses pelarutan batuan kapur yang disebut *karstifikasi*. Secara kimiawi, proses karstifikasi dapat digambarkan dalam rumus kimia berikut:



Proses karstifikasi selanjutnya terbentuknya lubang-lubang pada batuan kapur (porositas) yang disebut dengan *ponour*. Jumlah *ponour* dan lebarnya menunjukkan seberapa besar tingkat karstifikasi suatu wilayah. Lubang *ponour* yang terlarut secara terus menerus menciptakan pipa alami di wilayah karst antara lain *diffuse* dan *conduit*. Jumlah lubang dan ukuran lubang yang semakin besar, maka semakin besar pula kemungkinan air bergerak secara vertikal menuju ke bawah tanah.

Proses karstifikasi juga menyebabkan adanya fenomena lain, yakni kesadahan air pada sumber mata air bawah tanah karst (*water hardness*). Kesadahan air adalah kondisi air di mana terdapat kandungan logam alkali tanah atau batuan sehingga menyebabkan air menjadi sadah (Astuti, dkk., 2015:119). Wilayah karst, logam alkali tanah tersebut adalah kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Pada reaksinya, ion-ion mineral tanah yang terlarut seperti  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  terbawa gerakan vertikal air. Yang menjadi persoalan adalah ketika air bawah tanah yang mengandung logam alkali tersebut menjadi sumber kebutuhan air masyarakat sekitar.

Sumber mata air karst di Gunungsewu yang digunakan masyarakat dan berpotensi mengalami kesadahan adalah mata air karst Goa Gremeng. Mata air yang terletak di Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul ini. Sumber mata air Goa

Gremeng ini digunakan sebagai sumber kebutuhan domestik dan irigasi bagi masyarakat Desa Umbulrejo. Pada Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 tahun 2017, kadar kesadahan yang diperbolehkan adalah 500 mg/liter.

Tingkat kesadahan juga dibandingkan dengan Klasifikasi Kesadahan. Tujuannya untuk mengetahui seberapa besar tingkat kesadahan tersebut berdasarkan kelasnya. Klasifikasi kesadahan dapat dilihat di dalam tabel klasifikasi Peavy, dkk., 1985 (dalam Setyaningsih, 2014:3).

Tabel 1 Klasifikasi Kesadahan

Kadar Kesadahan Air (mg/l)	Kelas Kesadahan Air
0 – 50	Sangat lunak
50 – 100	Agak lunak
100 – 200	Sedang
200 – 300	Agak sadah
300 – 450	Sangat sadah
> 450	Luar biasa sadah

Sumber : Peavy dkk, 1985, dalam Setyaningsih 2014:3

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, maka diperlukan sebuah penelitian dengan tajuk “Analisis Tingkat Kesadahan Mata Air Goa Gremeng Sebagai Sumber Kebutuhan Air Masyarakat di Desa Umbulrejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik kadar kesadahan air pada bulan kering dan bulan basah, klasifikasi kesadahan air, serta kesesuaian kesadahan mata air untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat sesuai peraturan yang berlaku yaitu Permenkes Nomor 32 tahun 2017.

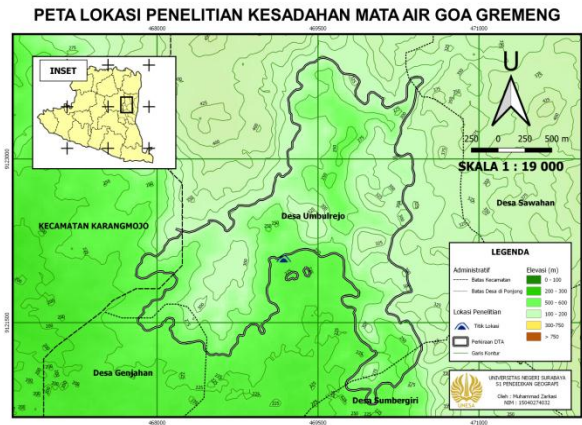
## METODE

Teknik pengumpulan data adalah dengan mengambil sampel air kemudian diujikan di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Sampel air diambil berdasarkan bulan kering dan bulan basah. Sampel air pada bulan kering diambil pada bulan Oktober dengan jumlah 6 hari pengambilan, masing-masing 1 sampel dalam satu hari. Sedangkan sampel pada bulan basah diambil pada bulan Januari, dengan jumlah sampel yang sama.

Data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium bersifat numerik, yaitu berupa angka kadar Ca dan Mg dalam air. Data tersebut diolah menggunakan rumus kesadahan total. Hasil perhitungan tersebut

dikomparasikan dengan kadar kesadahan air maksimum yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 dan klasifikasi kesadahan air.

Adapun lokasi penelitian disajikan dalam peta berikut.



**Gambar 1** Peta Lokasi Penelitian (Citra ASTER GDEM, 2018)

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Penelitian

#### a. Karakteristik Kesadahan Mata Air Goa Gremeng Pada Bulan Kering dan Bulan Basah

Uji laboratorium pada sampel air yang telah diambil digunakan untuk mengetahui kadar Ca dan Mg pada sampel. Hasil pengujian dengan hasil Ca dan Mg nantinya digunakan untuk menghitung kesadahan total. Hasil pengujian disajikan di dalam tabel hasil pengujian sampel air pada bulan kering dan bulan basah berikut.

**Tabel 2** Hasil Uji Sampel Bulan Kering

Tanggal	Volume Ca	Volume Mg
	SNI 06-6989.12-2004	SNI 06-6989.12-2004
17-10-2018	52,55	3,44
18-10-2018	70,49	6,53
19-10-2018	65,81	6,94
20-10-2018	60,84	7,03
21-10-2018	74,09	7,77
22-10-2018	53,53	5,60

Sumber : Hasil Lab BBTCLPP Yogyakarta, 2018

**Tabel 3** Hasil Uji Sampel Bulan Basah

Tanggal	Volume Ca	Volume Mg
	SNI 06-6989.12-2004	SNI 06-6989.12-2004
22-01-2019	28,66	3,87
23-01-2019	22,68	3,87
24-01-2019	32,64	3,87
25-01-2019	48,56	4,35
26-01-2019	47,76	5,80
27-01-2019	44,58	3,87

Sumber : Hasil Lab BBTCLPP Yogyakarta, 2019

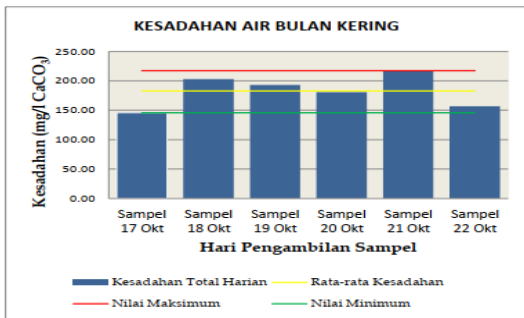
Hasil kesadahan total pada bulan kering dan juga pada bulan basah merupakan salah satu tujuan dalam penelitian ini. Perhitungan kesadahan menggunakan rumus kesadahan total (WH). Hasil perhitungan menggunakan rumus tersebut menghasilkan kesadahan total harian. Untuk mengetahui kesadahan berdasarkan musim, maka hasil kesadahan total harian dihitung menggunakan perhitungan rata-rata kesadahan menggunakan rumus WH per musim. Hasil perhitungan disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 4** Hasil Perhitungan Kesadahan Total Harian Dan Rata-Rata Kesadahan Per Musim

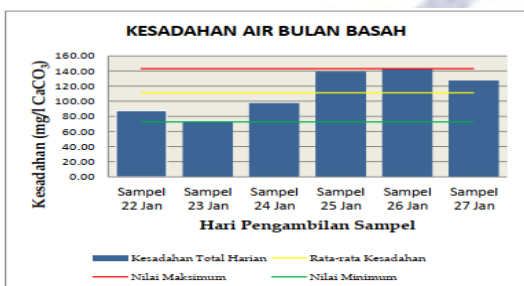
No	Musim	Tanggal	Kesadahan Total (mg/liter)
1	Bulan Kering	17-10-2018	145,47
		18-10-2018	202,98
		19-10-2018	192,97
		20-10-2018	180,91
		21-10-2018	217,07
		22-10-2018	156,77
<b>Kesadahan Rata-rata per musim</b>			<b>182,70</b>
2	Bulan Basah	22-01-2019	87,51
		23-01-2019	72,56
		24-01-2019	97,46
		25-01-2019	139,23
		26-01-2019	143,17
		27-01-2019	127,31
<b>Kesadahan Rata-rata per musim</b>			<b>111,21</b>

Sumber : Hasil Lab BBTCLPP Yogyakarta, 2019

Hasil perhitungan kesadahan di atas dapat disajikan dalam diagram batang berikut.



**Gambar 2** Diagram Batang Kesadahan Air Bulan Kering (Hasil Lab BBTCLPP Yogyakarta, 2018)



**Gambar 3** Diagram Batang Kesadahan Air Bulan Basah (Hasil Lab BBTCLPP Yogyakarta, 2019)

### b. Klasifikasi Kesadahan Mata Air Goa Gremeng

Klasifikasi kesadahan mata air Goa Gremeng dihasilkan dari perbandingan hasil perhitungan kesadahan dengan klasifikasi kesadahan air yang telah disajikan dalam **Tabel 1** (Peavy dkk, 1985, dalam Setyaningsih, 2014:3). Perbandingan kesadahan dengan klasifikasi kesadahan disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 5** Hasil Perbandingan Kesadahan Air Goa Gremeng pada Bulan Kering dengan Klasifikasi Kesadahan

Tanggal	Kesadahan Total (mg/liter)	Kategori
17-10-2018	145,47	Sedang
18-10-2018	202,98	Agak sadah
19-10-2018	192,97	Sedang
20-10-2018	180,91	Sedang
21-10-2018	217,07	Agak sadah
22-10-2018	156,77	Sedang
<b>Rata-rata</b>	<b>182,70</b>	<b>Sedang</b>

Sumber : Peavy dkk, 1985, dalam Setyaningsih, 2014:3

**Tabel 6** Hasil Perbandingan Kesadahan Air Goa Gremeng pada Bulan Basah dengan Klasifikasi Kesadahan

Tanggal	Kesadahan Total (mg/liter)	Kategori
22-01-2019	87,51	Agak lunak
23-01-2019	72,56	Agak lunak
24-01-2019	97,46	Agak lunak
25-01-2019	139,23	Sedang
26-01-2019	143,17	Sedang
27-01-2019	127,31	Sedang
<b>Rata-rata</b>	<b>111,21</b>	<b>Sedang</b>

Sumber : Peavy dkk, 1985, dalam Setyaningsih, 2014:3

### c. Kesesuaian Kesadahan Mata Air Goa Gremeng dengan Persyaratan Kesadahan Maksimum

Hasil perhitungan kesadahan mata air Goa Gremeng dibandingkan dengan persyaratan kesadahan maksimum, yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (Permenkes RI) Nomor 32 tahun 2017. Persyaratan kesadahan maksimum yang diperbolehkan adalah 500 mg/l. Kesadahan maksimum yang lebih rendah dari angka tersebut menunjukkan bahwa mata air Goa Gremeng aman digunakan. Hasil perbandingan antara perhitungan kesadahan mata air Goa Gremeng dengan persyaratan kesadahan maksimum disajikan dalam tabel berikut.

**Tabel 5** Hasil Perbandingan Kesadahan Air Goa Gremeng pada Bulan Basah dengan Klasifikasi Kesadahan

Tanggal	Kesadahan Total (mg/liter)	Kesesuaian
17-10-2018	145,47	Aman
18-10-2018	202,98	Aman
19-10-2018	192,97	Aman
20-10-2018	180,91	Aman
21-10-2018	217,07	Aman
22-10-2018	156,77	Aman
<b>Rata-rata</b>	<b>182,70</b>	<b>Aman</b>
22-01-2019	87,51	Aman
23-01-2019	72,56	Aman
24-01-2019	97,46	Aman
25-01-2019	139,23	Aman
26-01-2019	143,17	Aman
27-01-2019	127,31	Aman
<b>Rata-rata</b>	<b>111,21</b>	<b>Aman</b>

Sumber : Permenkes RI Nomor 32 tahun 2017

## 2. Pembahasan

### a. Karakteristik Kesadahan Mata Air Goa Gremeng Pada Bulan Kering dan Bulan Basah

Hasil perhitungan kesadahan mata air Goa Gremeng menunjukkan bahwa kesadahan tertinggi terjadi pada bulan kering yakni mencapai 217,07 mg/liter pada hari kelima pengambilan sampel. Kadar kesadahan terendah pada bulan kering mencapai 145,47 mg/liter, namun lebih tinggi dari kesadahan total tertinggi bulan basah yang mencapai 143,17 mg/liter. Kesadahan total harian terendah terjadi pada hari kedua pengambilan sampel, yakni sebesar 72,56 mg/liter.

Rata-rata kesadahan total harian pada bulan kering memiliki nilai lebih tinggi daripada bulan basah. Kesadahan total pada musim bulan kering sebesar 182,70 mg/liter berbanding 111,21 mg/liter pada bulan basah. Data kesadahan tersebut menunjukkan bahwa kandungan logam alkali di dalam mata air Goa Gremeng lebih tinggi pada saat bulan kering. Hal ini juga menunjukkan bahwa penggunaan air Goa Gremeng pada bulan kering lebih berisiko daripada saat bulan basah.

Kesadahan berkaitan erat dengan proses karstifikasi. Proses karstifikasi disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi antara lain faktor pendorong dan faktor pengontrol (Haryono dan Adjie, 2004:1). Faktor pendorong antara lain temperatur dan tutupan hutan. Faktor pengontrol antara lain sifat batuan yang mudah larut, luas area batuan tersingkap, serta curah hujan yang cukup.

Fakta di lokasi penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kesadahan berdasarkan musiman tidak dipengaruhi oleh faktor karstifikasi di atas. Di area tangkapan mata air Goa Gremeng, baik pada bulan kering maupun bulan basah kondisi tutupan hutan dan batuan tidak berubah secara signifikan. Sedangkan hujan tetap menjadi faktor pelarutan yang tidak dapat diabaikan, baik pada musim kering maupun bulan basah, mengingat hujan merupakan satu-satunya media pelarut.

Menurut Hadiwijoyo, 1974 (dalam Santosa dan Adjie, 2014:9), disebutkan bahwa teori tentang kesadahan air berkaitan dengan durasi lintas air di dalam batuan. Semakin lama

air kontak dengan batuan, maka semakin lama juga air bereaksi dengan batuan, sehingga proses pelarutan berlangsung lebih intensif. Proses pelarutan yang intensif menyebabkan kandungan mineral juga semakin tinggi.

Pada bulan basah, di mana intensitas hujan cukup tinggi, air yang jatuh di permukaan memiliki kecepatan aliran yang tinggi. Air hujan yang mengalir dengan cepat menyebabkan kontak air dengan batuan menjadi singkat. Kontak air hujan dengan batuan yang relatif singkat mengurangi daya larut air terhadap batuan kapur.

Sisa air hujan pada bulan basah terjebak pada lubang-lubang di dalam batuan. Pada bulan kering, intensitas hujan berkurang atau tidak ada sama sekali. Sisa air yang terjebak di dalam batuan tidak memiliki kecepatan aliran, di saat yang sama tidak ada masukan air hujan yang dapat mengalirkan sisa-sisa air yang terjebak. Air yang terjebak ini mengalami kontak dengan batuan dalam jangka waktu yang panjang. Kontak dengan batuan yang lama menyebabkan pelarutan batuan kapur menjadi intensif. Air secara perlahan melarutkan batuan kapur.

### b. Klasifikasi Kesadahan Mata Air Goa Gremeng

Penggolongan kesadahan didasarkan pada hasil perhitungan kadar kesadahan total, kemudian dikomparasikan dengan klasifikasi kesadahan air (Peavy, dkk., 1985, dalam Setyaningsih 2014:3). Hasil perhitungan kesadahan telah disajikan di dalam **Tabel 4**. Hasil perhitungan kesadahan yang telah dibandingkan dengan klasifikasi kesadahan disajikan di dalam **Tabel 5**.

Menurut Setyaningsih (2014:3), klasifikasi kesadahan digunakan untuk menggolongkan tingkat kesadahan suatu mata air atau badan air. Tujuannya adalah mempermudah menganalisis tingkat kesadahan badan air. Kelas kesadahan sedang merupakan batas tingkat kelas kesadahan air yang direkomendasikan dapat digunakan.

Hasil perbandingan kesadahan mata air Goa Gremeng dengan klasifikasi kesadahan air menunjukkan kesadahan rata-rata musiman baik pada bulan kering maupun bulan basah tergolong dalam kesadahan sedang. Kesadahan rata-rata bulan kering yang mencapai 182,70 mg/liter dan

bulan basah yang mencapai 111,21 mg/liter masih masuk ke dalam rentang 100-200 mg/liter yang dikategorikan kesadahan sedang. Kesadahan rata-rata bulan kering mendekati kelas kesadahan agak sadah dengan selisih 17,30 mg/liter. Kesadahan rata-rata pada bulan basah mendekati kelas agak lunak dengan selisih 11,21 mg/liter.

Data kesadahan total harian menunjukkan penggolongan yang lebih variatif. Dua hari pengambilan sampel pada bulan kering menunjukkan bahwa sampel tergolong dalam kelas agak sadah, yaitu pada hari kedua dan kelima pengambilan sampel. Kesadahan total pada hari lainnya tergolong dalam kelas sedang. Tiga hari pengambilan sampel air pada bulan basah menunjukkan bahwa sampel tergolong dalam kelas agak lunak, dan sisa hari lainnya tergolong dalam kelas sedang. Data tersebut menunjukkan bahwa mata air Goa Gremeng tergolong aman untuk digunakan, kecuali beberapa hari pada bulan kering.

### c. Perbandingan Kesadahan dengan Syarat Kesadahan Maksimum

Syarat kesadahan air maksimum adalah standar kualitas air yang ditetapkan oleh pemerintah. Data perbandingan yang digunakan adalah Permenkes RI Nomor 32 tahun 2017, dengan batas maksimum sebesar 500 mg/l. Hasil perbandingan dijelaskan dalam **Tabel 7**.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesadahan mata air Goa Gremeng aman digunakan. Rata-rata kesadahan pada bulan kering dan bulan basah menunjukkan angka yang masih di bawah batas maksimum, yaitu masing-masing sebesar 189,69 mg/l dan 111,21 mg/l. Kesadahan total harian juga menunjukkan bahwa masing-masing sampel masih memenuhi persyaratan kesadahan maksimum. Kesadahan total harian tertinggi yaitu dengan angka 217,08 mg/l masih di bawah angka batas maksimum kesadahan. Analisis data di atas menunjukkan bahwa mata air Goa Gremeng masih dikategorikan sebagai air yang layak digunakan berdasarkan parameter kesadahan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Dari penelitian di atas, dapat disimpulkan beberapa poin antara lain:

1. Kesadahan rata-rata bulan kering lebih tinggi daripada bulan basah, hal ini disebabkan oleh durasi kontak antara air dengan batuan.
2. Kesadahan rata-rata baik pada bulan kering maupun bulan basah tergolong sedang. Jika melihat kesadahan total harian, maka terdapat dua hari bulan kering yang tergolong agak sadah dan tiga hari bulan basah yang tergolong agak lunak.
3. Semua sampel mata air Goa Gremeng memenuhi syarat maksimum kesadahan sesuai Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017.

### B. Saran

Penelitian ini tentu tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, saran terhadap penelitian sangat dibutuhkan. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan di atas, beberapa saran yang perlu disampaikan antara lain:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mendalami faktor mengapa kesadahan bulan kering lebih tinggi daripada bulan basah.
2. Penggolongan kelas kesadahan tidak disertai penjelasan detail bagaimana deskripsi penggunaan air masing-masing kelas sehingga untuk penelitian selanjutnya dengan tema serupa dapat menjelaskannya secara detail.
3. Pengujian kesadahan terbatas pada kelayakan air dilihat dari kadar kesadahnya, bukan kualitas air secara menyeluruh, sehingga tidak dapat dijadikan ukuran kualitas air. Oleh karena itu, jika akan merekomendasikan air Goa Gremeng berdasarkan kualitas air, maka perlu pengujian seluruh parameter kualitas air.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ford, DC. & William, PW. (1989). *Karst Geomorphology and Hidrology, 1st edition*. London: Unwin Hyman.
- Said, Salatun. (2010). Pembentukan Reservoir Daerah Karst Pegunungan Sewu, Pegunungan Selatan Jawa. *Jurnal Ilmiah MTG*, 3(1), 1-11.
- Widyastuti, M., dkk. (2012). Kerentanan Airtanah Terhadap Pencemaran Daerah Imbuhan Ponor Di Karst Gunung Sewu (Studi Di Daerah Aliran

Sungai Bawah Tanah Bribin). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 19(2), 128-142.

Haryono, E. & Adjie, T. (2004). *Geomorfologi dan Hidrologi Karst: Bahan Ajar*. Yogyakarta: Kelompok Studi Karst Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum*. Kemenkes RI, Jakarta.

Santosa, LW., dan Adjie, TN. (2014). *Karakteristik Akuifer dan Potensi Airtanah Graben Bantul*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Setyaningsih, N. (2014). *Analisis Kesadahan Air Tanah Di Kecamatan Toroh Kabupaten Grobogan Propinsi Jawa Tengah*. Publikasi Karya Ilmiah. Universitas Muhammdiyah Surakarta, Surakarta.

