ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

ANALISIS KUALITAS AIR AKIBAT PENAMBANGAN BATUGAMPING DI DESA SIDOREJO KECAMATAN PONJONG, KABUPATEN GUNUNGKIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Avellyn Shinthya Sari[1],Paula Yanuby[1]

[1]Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jln. Arif Rahman Hakim No.100, Surabaya

e-mail: avellyn@itats.ac.id

ABSTRAK

Air merupakan sumberdaya utama yang terbarukan yang sifatnya dinamis karena sumber utamanya adalah air hujan. Taraf kehidupan di suatu tempat jika semakin tinggi, maka sejumlah kebutuhan air semakin meningkat. Penambangan batugamping menyebabkan berkurangnya akuifer batugamping, sehingga kuantitas air tanah juga akan berkurang. Penambangan batugamping secara tidak langsung juga mengakibatkan penurunan kualitas air tanah. Bagaimanapun juga nilai kehilangan kapasitas air tidak sebanding dengan keuntungan ekonomi yang didapatkan dari penambangan batugamping. Penelitian tentang analisis kualitas air akibat penambangan batugamping ini dilakukan di Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul. Penelitian tersebut dilakukan di 11 lokasi air sumur. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah (i) mengevaluasi potensi air; (ii) mengklasifikasikan kualitas air tanah; (iii) mendeskripsikan dampak terhadap kualitas air akibat penambangan batugamping; (iv) mendeskripsikan upaya peningkatan kualitas air. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi air sumur yang diuji berdasarkan parameter fisika, kimia dan biologi untuk mengetahui kelayakan air yang digunakan masyarakat sekitar masih memenuhi batas ambang baku mutu yang telah dipersyaratkan dan memenuhi standart yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI dan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Meskipun terbilang tercemar karena penambangan tersebut. Apabila dimanfaatkan sebagai air minum, maka tetap harus melalui pengolahan air atau dipanaskan sampai titik didih tertentu, karena mengandung bakteri yang mungkin berbahaya bagi manusia.

Kata kunci: Penambangan Batu Gamping, Air Tanah, Karst, Lingkungan

ABSTRACT

Water is a particularly dynamic renewable resource because it is a key source of rain. A level of live in one place is increasing, and a number of water needs are increasing. Limestone mining has reduced the limestone aquifer, so the quantity of groundwater will also be reduced. Indirect limestone mining has also resulted in decreased groundwater quality. The value of losing water's capacity, after all, is no match for the economic benefits derived from Limestone mining. Research on analysis of the quality of water produced by the limestone mining has been done in the village of Sidorejo, in district of Ponjong, district of Gunungkidul. The study was conduced at 11 locations where water wells could be found. As for the purpose of this study, it is (i) toevaluate water potential; (ii) classifying the quality of groundwater; (iii) describe the effects on the quality of water produced by limestone mining; (iv) decribe efforts to improve water quality. The method used in this study is the survey method. The study suggests that the water conditions tested by the parameters of physics, chemistry and biology for the worthiness of water used by communities around the world still meet the required quality threshold and meet the standards established by the department of health of RI and the 82nd government regulation 2001 on water quality management and water pollution control.

Keyword: Limestone Mining, Groundwater, Karst, Environment

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kelangsungan hidup dan sangat penting bagi manusia, hewan, dan tumbuhan. Berdasarkan letak geografis serta kondisi ekosistem, daerah Kabupaten Gunungkidul sering mengalami krisis air meskipun mempunyai curah hujan yang tinggi. Hal ini disebabkan karena air hujan yang sangat mudah diserap oleh batuan karst sendiri dan terjadinya pembentukan aliran sungai bawah tanah pada lapisan bawah permukaan. Daerah Kabupaten Gunungkidul

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

secara geologi tersusun atas batuan gamping, dimana pada daerah semacam ini terjadi perbedaan hidrologi yang sangat bertolak belakang antara bagian permukaan dan di bawah permukaan terutama pada musim kemarau antara bulan April hingga November. Perbedaan tersebut adalah keberadaan air di permukaan sangat terbatas tetapi keberadaan air di bawah permukaan sangat banyak. Secara kualitatif air tanah karst tentunya mempunyai kualitas yang umumnya baik. Masyarakat daerah penelitian menggunakan sebagian besar sumber air tanah karst sebagai sumber air minum. Kualitas air tanah karst mengandung konsentrasi unsur Ca (kalsium), Mg (magnesium), dan kesadahan yang tinggi. Hal ini sesuai dengan komposisi mineral batuan karbonat yang memang didominasi Ca dan Mg. Oleh karena itu, sumber air ini bila digunakan sebagai air minum sebaiknya diendapkan terlebih dahulu agar konsentrasi dua unsur tersebut dapat berkurang. Efek dari penggunaan air yang mengandung Ca dan Mg yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya kerja ginjal. Aktivitas penambangan batugamping baik skala besar maupun kecil masih menjadi ancaman terbesar bagi kelestarian kawasan karst. Daya rusak penambangan batugamping secara kasat mata dapat dilihat pada kenampakan bentang alam karst. Bukit-bukit yang ada nantinya akan terpotong di banyak tempat. Proses penambangan dengan cara pengerukan pada kawasan karst merupakan mengambil bagian utama penyimpanan air di bukit-bukit karst serta merusak sistem hidrologi yang ada. Dampak yang terjadi adalah peningkatan kualitas dan kuantitas kebutuhan air sekaligus penurunan ketersediaan air baik dari sisi kualitas maupun kuantitas di daerah alih fungsi lahan tersebut. Penelitian tersebut dilakukan di 11 lokasi sumur di Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Penambangan batugamping menyebabkan berkurangnya akuifer batugamping, sehingga kuantitas air tanah juga akan berkurang. Bagaimanapun juga nilai kehilangan kapasitas air tidak sebanding dengan keuntungan ekonomi yang didapatkan dari penambangan batugamping. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian terhadap air tanah di Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul berdasarkan parameter fisika, kimia dan biologi untuk mengetahui kelayakan air yang digunakan masyarakat sekitar serta mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi. Uji kualitas air dilakukan untuk mengetahui adanya kontaminan penyebab penambangan batugamping terhadap kualitas air.

KAJIAN PUSTAKA

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Batas wilayah Sidorejo sebelah barat yaitu Desa Ngeposari Semanu, sebelah utara Desa Ngipak Karangmojo, sebelah timur Desa Ponjong, dan sebelah selatan Desa Gombang. Dapat Ditempuh dengan kendaraan roda 4 dan roda 2. Namun alangkah baiknya jalan menuju lokasi penelitian dapat menggunakan kendaraan roda 2 karena lebih efisien dimana perjalanan yang akan ditempuh lebih cepat dan adapun beberapa jalan yang mengalami kerusakan dan sangat sulit jika diakses dengan menggunakan kendaraan roda. Jarak lokasi dari Kota Surabaya sekitar 325 km ke arah tenggara menuju Kota Yogyakarta dengan jarak tempuh selama sekitar kurang lebih 5 jam 17 menit.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah metode survei. Pengambilan data dilakukan di Desa Sidorejo, Kec. Ponjong, Kab. Gunungkidul dengan mengamati dan pengambilan sampel pada lapangan. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi potensi air, mengklasifikasikan kualitas air, mendeskripsikan dampak terhadap kualitas air dan upaya meningkatkan kualitas air. Terdapat beberapa tahap kegiatan yang dilakukan sebagai berikut :

a. Studi Literatur
   Dalam melaksanakan penelitian ini, studi literatur merupakan referensi yang dapat kita temukan dalam buku, jurnal, skripsi yang harus kita pelajari yang mana menggabungkan antara studi pustakan dengan data-data lapangan. Sehingga dari kedua data-data tersebut didapatkan penyelesaian masalah dengan menggunakan studi literatur.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

b. Observasi Lapangan
Observasi lapangan yaitu dengan mengadakan pengamatan secara langsung di lapangan sebelum melaksanakan penelitian, dalam tahap ini juga akan dilakukan pemeriksaan dan pengambilan data.

c. Pengambilan Data
Pengambilan data dibedakan menjadi 2, data primer dn sekunder.
- Data Primer
  Data primer yang digunakan yaitu :
  1) Data muka air tanah (mat)
  2) Kualitas air
- Data Sekunder
  1) Kondisi geologi daerah penelitian
  2) Data iklim dan curah hujan
  3) Keadaan umum daerah penelitian
  4) Peta-peta daerah penelitian antara lain : peta topografi, peta kesampaian lokasi dan peta sebaran sampel

d. Pengolahan dan Analisis Data
Setelah data terkumpul (data primer dan data sekunder), data kemudian diperiksa kembali dan selanjutnya dilakukan perhitungan. Pengolahan data dilakukan menggunakan *microsoft word* dan *microsoft excel*. Adapun tahapan analisis sebagai berikut :

1) Perhitungan kation dan anion
   - Perhitungan konversi satuan hasil analisa
     Untuk mengubah satuan hasil analisa laboratorium dari mg/lt menjadi meq/lt digunakan rumus sebagai berikut :
     Kation :

$$Ca^{2+}\ 11{,}64 mg/l = \frac{11{,}64}{40{,}08/2} = \frac{11{,}64}{20{,}04} = 0{,}58 meq/lt$$

$$Mg^{2+} 27{,}936 mq/l = \frac{27{,}936}{24{,}31/2} = \frac{27{,}936}{12{,}15} = 2{,}29 meq/lt$$

$$Fe^{2+}\ 0{,}07\ mg/l = \frac{0{,}07}{55{,}8/2} = \frac{0{,}07}{27{,}9} = 0{,}02\ meq/lt$$

     Anion :

$$CaCO_3 145{,}5\ mg/l = \frac{145{,}5}{100{,}15/2} = \frac{145{,}5}{50{,}07} = 2{,}90\ meq/lt$$

   - Perhitungan Kesalahan Analisis Laboratorium
     Kesalahan analisa dihitung dengan persen kesalahan analisa (% error) kurang dari 5% dimana semua satuan dalam meq/lt dengan

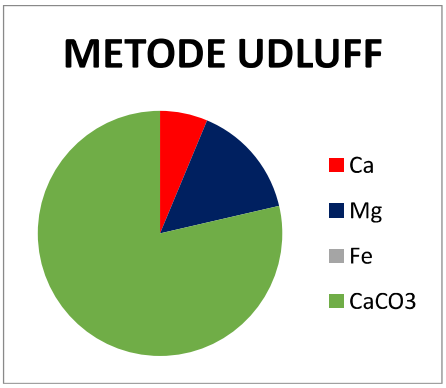
$$Ca^{2+} = \frac{0{,}58}{2{,}89} \times 100\% = 0{,}20\%$$

$$Mg^{2+} = \frac{2{,}29}{2{,}89} \times 100\% = 0{,}79\%$$

$$Fe^{2+} = \frac{0{,}02}{2{,}89} \times 100\% = 0{,}06\%$$

$$CaCO_3 = \frac{2{,}90}{2{,}90} \times 100\% = 1\%$$

Dari hasil perhitungan kation dan anion, bisa mengetahui keseimbangan kation dan anion yang digambarkan dalam bentuk diagram dengan menggunakan metode udluff.



Gambar 2. Keseimbangan Kation dan Anion

2) Parameter sebagai air minum
Pedoman Kriteria Baku Mutu Air yang digunakan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kriteria Baku Mutu berdasarkan kelas, dari hasil uji kualitas setiap unsur, air bawah tanah pada kawasan karst di Kabupaten Gunungkidul, dikategorikan sebagai kelas 1. Dan berdasarkan Standar Air Minum Depkes untuk unsur/senyawa kimia utama, air bawah tanah pada kawasan karst Kabupaten Gunungkidul masih tergolong baik, kandungan unsur/senyawa anorganik dibawah ini maksimum yang disarankan.

3) Parameter sebagai air irigasi
Parameter air tanah yang diperlukan sebagai air pengairan tanaman dapat harus diperhitungkan untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Air tanah sebagai air yang berada pada rekahan-rekahan batugamping pada daerah karst di kawasan Kabupaten Gunungkidul, merupakan air yang potensial untuk keperluan irigasi tanaman-tanaman pertanian. Penentuan kualitas air bawah tanah sebagai ar irigasi, tidak dapat dilakukan dengan meninjau kelas atau

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

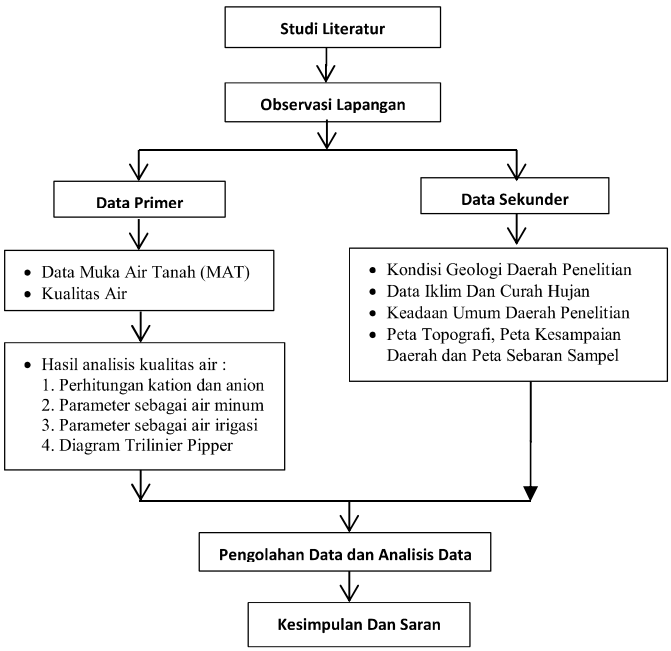
golongan air tersebut berdasarkan parameter antara lain pH, $CaCO_3$ dan TDS.

Tabel 1. Hasil pengujian

No	Lokasi Sampel	X = East Y = North Z = Elevasi	Hasil Pengujian			
			Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	SM 01	X = 0468355 Y = 9114414 Z = 311	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
2	SM 03	X = 0468469 Y = 9114438 Z = 307	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
3	SM 04	X = 0468543 Y = 9114392 Z = 310	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
4	SM 05	X = 0468330 Y = 0468330 Z = 312	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
5	SM 06	X = 0468269 Y = 9114084 Z = 305	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
6	SM 07	X = 0467670 Y = 9114182 Z = 276	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
7	SM 09	X = 0469586 Y = 9114348 Z = 353	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
8	SM 10	X = 0469659 Y = 9114273 Z = 351	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H
9	SM 11	X = 0469339 Y = 0469339 Z = 346	Total Coliform	CFU/100 mL	TNTC	APHA 2012 Section 9222 H

HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan data laporan uji laboratorium dan pengambilan data di lapangan berikut :



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Kualitas Air

Contoh air bawah tanah di kawasan Karst Kabupaten Gunungkidul, kenampakannya meliputi di Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul. Kemudian diambil 11 contoh air tanah dibawa ke laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta untuk mendapatkan uji kualitas air berupa parameter fisika dan kimia yang meliputi : DHL, TDS, pH, Fe, CaCO3, Ca, Mg. Dan pengiriman contoh air sumur ke Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta untuk uji kualitas air berupa parameter biologi yang meliputi total coliform. Untuk keperluan analisa kualitas air tanah di Desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, pengambilan data primer dilakukan pada lokasi penambangan karst dengan lokasi pengambilan sampel dan analisa sampelnya.

Air tanah masih banyak digunakan sebagai sumber air untuk bersih. Air tanah dimanfaatkan warga melalui pembuatan sumur. Air yang diambil dari air sumur dialirkan timba air dan pompa. Berdasarkan APHA (Anerican Public Health Association), kualitas air dapat ditentukan berdasarkan parameter fisika, kimia dan biologi. Oleh karena itu, uji kualitas air tanah dilakukan berdasarkan parameter fisika, kimia, dan biologi. Beberapa parameter tersebut dapat dijadikan perbandingan terhadap standar baku yang sudah ditetapkan oleh pemerintah dalam Permenkes RI nomor 32 tahun 2017.

Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Air

Kualitas air tanah dapat dipandang sebagai satu system yang terdiri dari tiga subsistem yaitu material (macam tanah, batuan), macam pengaliran dan proses perubahannya. Macam tanah, batuan yang mengandung air tanah atau yang dilewati air tanah tergantung antara lain pola ruang komposisi kimia keisotropisan. Macam aliran air tanah misalnya laminar, turbulen. Sedangkan proses perubahan yang sesuai dengan hukum-hukum fisika, kimia, biologi atau segala proses yang mengakibatkan perubahan, yang secara garis besarnya terjadi dalam dua cara, yaitu berlangsung secara alamiah atau sebagai akibat kegiatan manusia. Dengan mengetahui kualitas air tanah tersebut maka dapat digunakan untuk mengetahui sejarah, proses terjadi, perkembangannya atau untuk menginterpretasikan ke dalam geologi maupun geohidrologinya.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Parameter Fisika, Kimia dan Biologi

Parameter Fisika : Dari hasil pengamatan secara visual, kualitas fisik air yang berasal dari 11 lokasi relatif baik. Beberapa indikator yang dijadikan parameter kualitas air meliputi warna, rasa dan bau. Air yang berasal dari 11 lokasi penelitian tidak memiliki rasa (tawar) dan tidak berbau sehingga berdasarkan peraturan daerah air tersebut memenuhi syarat pemanfaatan untuk semua kelas peruntukan air.

Parameter Kimia : Dari beberapa indikator parameter kimia yang diuji dapat diketahui bahwa kualitas air yang berasal dari 11 lokasi sumber air memiliki kondisi yang kurang baik dengan beberapa parameter memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Dalam beberapa penelitian, kesadahan air bukan merupakan hal yang dikehendaki karena sifat ini memengaruhi rasa dan bau air. Hasil uji sesuai dengan standar baku yang ditentukan oleh Permenkes RI Nomor 32 Tahun 2017 yaitu 500 mg/Kg.

Parameter Biologi : Parameter biologi meliputi total coliform dalam air sampel. Hasil uji yang didapatkan menunjukkan sampel 9 masih merupakan sampel dengan kandungan mikroba tinggi juga menunjukkan adanya bakteri Coliform. Ketika air disimpan, maka bakteri tersebut semakin berkembang sampai pada jumlah yang dinyatakan dengan Too Numerous to Count. Apabila dibandingkan dengan baku mutu kualitas air yang diatur dalam Standar Baku Permenkes nomor 32 Tahun 2017, air dari 11 lokasi tersebut tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan sehingga air tersebut dapat dimanfaatkan untuk semua kelas peruntukan air khusunya Kelas II, III dan IV.

SIMPULAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Air tanah merupakan air yang terdapat dibawah permukaan tanah, khususnya yang berada di zona jenuh air. Sedangkan air bawah tanah merupakan seluruh air yang terdapat di bawah permukaan tanah, mulai dari zona tidak jenuh (unsaturated zone), hingga zona jenuh air (saturated zone). Banyaknya air yang tertampung dibawah permukaan tergantung pada keseragaman lapisan bawah tanah. Air tanah juga diperhitungkan jika area penambangan mengenai batas permukaan airnya. Untuk menghitung potensi air tanah dapat digunakan rumus atau permasamaan Darcy sebagai berikut: Q = K x I x A
b. Secara fisik dengan indikator warna, bau dan rasa air yang berasal dari 11 lokasi, yaitu mata air desa Sidorejo, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul memiliki kualitas yang baik sehingga memenuhi syarat pemanfaatan terutama untuk kelas peruntukkan air, yaitu kelas II, III dan IV. Secara kimiawi kualitas air relatif baik berdasarkan beberapa indikator seperti pH, $CaCO_3$ yang tidak melebihi batas ambang baku mutu yang dipersyaratkan. Dari parameter biologi, air dari 11 lokasi tersebut dalam kondisi tercemar oleh bakteri dilihat dari coliform terutama total coliform, meskipun dalam kondisi tercemar, jumlah bakteri coliform yang terkandung dalam air tersebut tidak melebihi batas ambang baku mutu yang dipersyaratkan.
c. Salah satu dampak penambangan batugamping di Kawasan Bentangan Alam Karts (KBAK) adalah menurunnya kualitas dan kuantitas air tanah. Pertama adalah dampaknya pada fluktuasi yang tinggi antara debit air pada musim hujan dan kemarau dan ini pengaruhnya pada berkurangnya debit air tanah. Dan debit air yang berkurang ini tidak bisa digantikan. Dan proses ini tidak bisa dilakukan dengan teknologi tetapi murni kejeniusan alam. Alam yang bekerja. Sehingga sekali permukaan karst kita rusaki dengan penambangan maka pengaruhnya pada kuantitas dan kualitas air tanah tidak bisa kita hindarkan lagi. Selain kuantitas air tanah yang berkurang secara signifikan, penambangan gamping di Kawasan Bentangan Alam Karst juga menyebabkan menurunnya kualitas air tanah.
d. Beberapa upaya perlindungan yang bisa diterapkan antara lain : melakukan tindakan konservasi dengan teknik vegetatif. Kegiatan ini berupa penanaman tumbuhan/tanaman (seperti jenis legum dan bambu) yang dapat menjaga dan mempertahankan kualitas dan tatanan air di sekitar sumber air. Tidak melakukan kegiatan pertanian, perkebunan, peternakan atau kegiatan lainnya yang dapat berdampak terhadap penurunan kualitas air di sekitar sumber air. Pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya air harus dilakukan dengan bijak dengan memperhatikan kepentingan generasi sekarang dan generasi yang akan datang. Perlu adanya peraturan atau kebijakan pemerintah yang relevan dengan sumberdaya air yaitu misalnya penentuan dan penetapan lokasi serta batas sumber air (mata air, sungai, danau, dan lainnya) untuk meminimalisir kerusakan dan pencemaran sumber air.

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Saran

Dari penelitian, analisa dan pembahasan yang dilakukan dilapangan, maka dapat diberikan saran antara lain:

a. Pemanfaatan air untuk bahan baku air minum oleh masyarakat terlebih dahulu harus melalui pengolahan, salah satunya dengan cara sederhana yaitu dipanaskan sampai titik didih tertentu.
b. Banyaknya kegiatan-kegiatan seperti perkebunan, pertanian dan lainnya yang berpotensi menimbulkan dampak kerusakan lingkungan serta penurunan kualitas air, sehingga pengujian kualitas air harus dilakukan secara terus-menerus (berkala) untuk mengetahui layak tidaknya air tersebut untuk dimanfaatkan sebagai air bersih.
c. Perlu dilakukan upaya pengelolaan serta tindakan konservasi air dan tanah dengan teknik vegetatif di sekitar mata air untuk mencegah perubahan tatanan dan kualitas air.

DAFTAR PUSTAKA

Adji, T. N. (2006). Kondisi Darah Tangkapan Sungai Bawah Tanah Karst Gunungsewu dan Kemungkinan Dampak Lingkungannya terhadap Sumberdaya Air (Hidrologis) karena Aktivitas Manusia, Seminar UGK-BP DAS SOP, Fakultas Geografi UGM.

Aisyah Rifqiya Nur. (TT). Karakteristik Air Tanah di Wilayah Karst Gunungkidul. Departement Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta

Anonim. (2009). Wisata Kawasan Karst Gunung Sewu. Diakses dalam Jogja.www.Jogjajelajah.com.

Barry F. Beck & J. Gayle Herring Editord. (2001) Geotechnical and Environmental Applications of Karst Geology and Hydrology, The GeoInstitute of the American Sociaty of Civil Engineers, and The Association of Ground Water Scientist and Engineers of the National Ground Water Association, A. A. Balkema, a number of Swets & Zeitlinger Publisher, Tokyo.

Brinkman, R. Garren, S. J. (2011). Karst and Sustainability. Karst Management. DOI : 10.1007/978-94-007-1207-2_16 dalam Budiyanto, E. 2013. Peran Penting Kawasan Karst, makalah, UGM.

Esteban, M. (1996). Karst System From Prospec to Reservoir Carbonate. International Ltd.

Haryono, E., M.P. Hadi, S.W. Suprojo dan Sunarto. 2000. Kajian Mintakat Epikarst Gunungkidul untuk Penyediaan Air Bersih, Laporan PHB VIll, LIT -UGM, Yogyakarta.

Suryatmojo, H. (2006) Strategi Pengelolaan Ekosistem Karst di Kabupaten Gunungkidul. Seminar Nasional Strategi Rehabilitasi Kawasan Konservasi di Daerah Padat Penduduk. Fakultas Kehutanan UGM.