

Pengolahan Air Sungai Bawah Tanah di Dusun Gaduhan dengan Alat *Healthwater*

Darmono¹⁾, Bintang Fajar Ariyanto²⁾, Diva Salsa Rohalya³⁾, Intan Lathifatur Rosyidah⁴⁾, Khakam Ma'ruf⁵⁾

Universitas Negeri Yogyakarta
E-mail: darmono.uny.ac.id

Article History:

Received: Mei 2023

Revised: Mei 2023

Accepted: Mei 2023

Abstract: Distribusi air bersih kurang merata di wilayah Gunungkidul diakibatkan oleh terbatasnya sumber air. Terbatasnya sumber air bersih ini disebabkan kondisi Gunungkidul merupakan organik karst (tanah kapur) yang sulit menyimpan air. Salah satu organik karst yang memiliki permasalahan berada di Dusun Gaduhan. Dusun Gaduhan, Kecamatan Semanu mengambil air dari sungai bawah tanah yang diangkat ke permukaan tanah menggunakan pompa. Air tersebut tidak bisa langsung digunakan, air harus melalui proses penyaringan untuk menurunkan kekeruhan air sungai bawah tanah. Metode penelitian yang digunakan untuk mengatasi permasalahan air layak pakai adalah metode kualitatif dengan pencarian data melalui wawancara, dokumentasi, observasi dan menggunakan sistematik literatur. Beberapa solusi untuk menanggulangi adanya pencemaran sumber air bawah tanah yaitu dengan cara mengolah limbah peternakan menggunakan pupuk organik, dan tidak melakukan pembuangan sampah sembarangan. Semua upaya tersebut bertujuan untuk menjaga air bawah tanah dan daerah aliran sungai bawah tanah. Selain itu, air dari sungai bawah tanah akan menjadi layak konsumsi dengan bantuan filter *healthwater*.

Keywords:

Kekeringan, *Healthwater*, Ponor, Organic Karst

Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan pokok sehari-hari bagi makhluk hidup. Tanpa air, manusia tidak bisa bertahan hidup lama. Kebutuhan air dalam kehidupan manusia seperti keperluan rumah tangga, budidaya pertanian, peternakan, industri, pembangkit tenaga listrik, dan transportasi. Meskipun bermanfaat, air juga berpotensi menularkan berbagai penyakit, terutama apabila air tersebut tercemar. Akhir-akhir ini Indonesia mengalami permasalahan klasik terkait ketersediaan air dari kualitas dan kuantitas. Penyediaan air bersih dapat diperoleh secara proses pengolahan dan tanpa proses pengolahan (Sunnyoto et al., 2016).

Perkembangan zaman dan jumlah penduduk yang bertambah mengakibatkan pemanfaatan air semakin bertambah. Air tanah akan mengalami penambahan terus –

menerus dan tersimpan di dalam lapisan batuan. Pemanfaatan air tanah yang terus menerus meningkat dapat menimbulkan dampak negatif bagi sumber air tanah dan lingkungannya (Rini Syahril Fauziah & Fadhilah, 2022). Peningkatan penggunaan air tanah harus diiringi dengan perencanaan pengelolaan yang baik. Apabila pemanfaatan tidak diimbangi dengan pengelolaan yang baik maka sumber air semakin lama bisa punah.

Akibat kemarau panjang, banyak daerah di Indonesia kekurangan air bersih. Salah satunya terjadi di Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sulit mendapatkan air bersih dari daerah tersebut. Gunungkidul merupakan salah satu kabupaten administratif di Daerah Istimewa Yogyakarta yang sebagian besar topografi wilayahnya adalah karst. Karst adalah topografi tanah yang bersifat mudah menyerap air dan air yang diserap tidak bisa tersimpan sehingga mudah dilalui air. Daerah ini dibentuk oleh kombinasi batuan beresolusi tinggi dan porositas tinggi. Kondisi ini menyebabkan air permukaan mengalir melalui celah bawah tanah dan kemudian menggenang di akuifer karst atau sungai bawah tanah. (Cahyadi, 2014)



Gambar 1. Wilayah Karst Gunungkidul

Distribusi air bersih kurang merata di Gunungkidul diakibatkan oleh terbatasnya sumber air. Terbatasnya sumber air bersih ini dikarenakan sebagian besar Gunungkidul merupakan kawasan karst (tanah kapur) yang sulit menyimpan air. Sumber air yang tersedia di Gunungkidul, pemanfaatannya kurang maksimal karena terbatasnya dana operasional yang dimiliki PDAM dibandingkan dengan kebutuhan air bersih masyarakat. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) musim kemarau yang terjadi di Gunungkidul mengakibatkan kekeringan yang sangat parah (BMKG, 2020) sehingga berdampak pada perekonomian warga setempat.

Pada tahun 2021 Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Gunungkidul menyatakan bahwa terdapat 16 kecamatan berpotensi mengalami

kekeringan dan 127.404 jiwa yang berpotensi terdampak krisis air. Salah satu kecamatan yang terkena dampak kekeringan adalah Kecamatan Semanu. Sumur yang biasanya dimanfaatkan warga telah mengering sehingga banyak warga yang terpaksa memanfaatkan air keruh untuk kebutuhan pokok. Karakteristik batuan karst mengakibatkan ketersediaan air bawah tanah sangat berlimpah (Heliani et al., 2021). Dengan demikian, masyarakat dapat memanfaatkan air bawah tanah yang melimpah melalui teknologi tepat guna. Pompa digunakan untuk membawa air dari sungai bawah tanah ke permukaan. Setelah air sungai bawah tanah dipompa ke permukaan, air tersebut tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh masyarakat, melainkan harus diolah terlebih dahulu.

Oleh karena itu, diperlukan proses penyaringan air untuk memenuhi kebutuhan warga tepatnya di Dusun Gaduhan, Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. Proses penyaringan air ini dipilih dengan mempertimbangkan aspek efektifitas pengolahan, biaya, dan kemudahan dalam pengoperasiannya. Dengan adanya sistem ini diharapkan dapat menurunkan kekeruhan air sungai bawah tanah. Selain dilakukan penyaringan air, upaya pemeliharaan kawasan sungai bawah tanah juga diperlukan agar tidak tercemar oleh bahan pencemar atau kontaminan. Hal ini karena air tanah terancam oleh penurunan kualitas air tanah atau dapat dianggap terkontaminasi. Kerentanan ini mengacu pada kemungkinan adanya aktivitas manusia yang dapat mencemari air tanah. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan air sungai bawah tanah untuk menjaga air tanah supaya tidak tercemar.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk mengatasi permasalahan air layak pakai adalah metode kualitatif. Metode kualitatif dilakukan melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Data hasil wawancara dan pengamatan mengenai masalah di lapangan dapat dianalisis menggunakan metode kualitatif yang menggambarkan permasalahan di lapangan. Wawancara dilakukan dengan menemui kepala Dusun Gaduhan dengan mengajukan beberapa pertanyaan. Hal tersebut bertujuan untuk mengatasi permasalahan yang ada di Dusun Gaduhan dengan menggali informasi dan mengamati kegiatan penduduknya. Selain itu, penelitian ini menggunakan sistematik literatur. Sistematik literatur adalah cara untuk mengumpulkan, mengevaluasi, dan menyajikan inovasi dari berbagai sumber studi penelitian mengenai topik yang diangkat.

Populasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Populasi yang menjadi objek kajian yaitu sungai bawah

tanah dan gua yang tercakup dalam daerah tangkapan SBT Bribin. Wilayah Gunungkidul memiliki beberapa wilayah, sehingga diperlukan sampel survei yang dapat dijadikan sebagai bagian dari populasi sasaran. Subjek adalah wakil dari populasi. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah warga Dusun Gaduhan, Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta. Subjek penelitian ini merupakan level makro yang dapat mencakup masyarakat luas guna mengatasi air bersih layak pakai yang berasal dari sumur bawah tanah. Bahan yang digunakan untuk menguji alat filtrasi yaitu air sampel air pada sungai bawah tanah.

Sumber data yang digunakan untuk penelitian adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan dari karya lapangan penelitian ini adalah data kualitatif dan *quantitative* data. Data kualitatif diperoleh dengan pendekatan observasi dan wawancara. Aktor sumber yang teridentifikasi adalah kepala dusun Gaduhan, tokoh masyarakat, dan petugas Bribin II. *Quantitative* data diperoleh dari wawancara yang mendalam dengan tiga belas pertanyaan. Pertanyaan terbuka dan tertutup dirancang untuk mengetahui permasalahan air, keadaan sekitar dari segi pekerjaan, jumlah penduduk Dusun Gaduhan, jumlah peternak, dan solusi yang dilakukan ketika kekeringan. Penentuan data kekeringan, persebaran ponor, dan kebutuhan air minum per orang/hari melalui data sekunder.

Hasil dan Pembahasan

1. Pemeliharaan Sungai Bawah Tanah

Air sungai bawah tanah yang melimpah dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat terutama untuk keperluan sehari-hari seperti pada pertanian, peternakan, mandi, mencuci, dan konsumsi. Selain itu, memanfaatkan potensi sungai bawah tanah juga diperlukan adanya upaya dalam memelihara daerah aliran sungai bawah tanah agar air sungai bawah tanah yang menjadi sumber mata air masyarakat tidak tercemar oleh zat-zat pencemar yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan. Beberapa solusi untuk menanggulangi adanya pencemaran dan kerusakan daerah aliran sungai bawah tanah dan sumber air bawah tanah yaitu dengan cara mengolah limbah peternakan menjadi energi terbarukan, mengolah limbah peternakan menjadi pupuk organik, menggunakan pupuk organik di bidang pertanian, dan melindungi daerah ponor agar tidak digunakan sebagai pembuangan sampah. Semua upaya tersebut bertujuan untuk menjaga air bawah tanah dan daerah aliran sungai bawah tanah.

Upaya pertama untuk melindungi sungai bawah tanah agar tidak tercemar yaitu di bidang peternakan dengan cara mengolah limbah peternakan. Sebagian

besar masyarakat Gunungkidul bekerja sebagai petani (Taata Setiawan et al., 2018). Aktivitas peternakan menghasilkan nilai ekonomi dari penjualan hewan ternak, tetapi menghasilkan limbah yang bisa mencemari lingkungan.



Gambar 2. Kandang Sapi

Kotoran hewan ternak terutama sapi dan kambing di Dusun Gaduhan belum banyak dimanfaatkan sehingga hanya dibiarkan menumpuk di kandang lalu membuangnya. Jumlah sapi yang ada di Dusun Gaduhan berjumlah 200 sapi. Dalam satu hari jumlah kotoran sapi di kelompok ternak sapi Dusun Gaduhan rerata mencapai 2000 kg atau 10 kg per sapi. Hal ini berpotensi merusak lingkungan terutama dapat mencemari sungai bawah tanah, membuat kandang tidak baik, dan menimbulkan bau di sekitar kandang. Oleh karena itu, limbah kotoran ternak tersebut perlu dimanfaatkan agar tidak mencemari lingkungan. Pemanfaatan limbah ternak di Dusun Gaduhan dapat berupa energi terbarukan, yaitu biogas.

Tabel 1. Potensi gas dari jenis limbah

Jenis Limbah	Potensi gas yang dihasilkan (m ³ /kg kotoran)
Sapi/kerbau	0,020-0,040
Babi	0,040-0,059
Ayam	0,065-0,116
Manusia	0,020-0,0

(Sumber: Pratiwi et al., 2019)

Dalam pembuatan biogas lebih baik jika diperhitungkan terlebih dahulu biogas yang akan diperoleh dengan bahan/limbah yang tersedia (Pratiwi et al.,

2019). Jika reaktor biogas berkapasitas 0,5 m³ maka dapat diisi pupuk kandang hingga 60% dari gas yang dihasilkan dan lama fermentasi 20 hari dengan perbandingan pupuk kandang terhadap air 1:3 (Sunaryo, 2014). Dengan demikian, biogas yang akan diperoleh dan ukuran penampung gas yang akan dipasang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Gaya yang dihasilkan} &= \text{potensi gas yang dihasilkan} \times \text{jumlah kotoran} \\ &= 0,040 \text{ m}^3/\text{kg kotoran} \times 2000 \text{ kg/hari} \\ &= 80 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Menurut (Pratiwi et al., 2019) dalam 1 m³ gas setara dengan 0,5 kg gas elpiji. Berdasarkan perhitungan tersebut gas yang dihasilkan sebanyak 80 m³/hari atau setara 40 kg gas elpiji. Sementara itu, perhitungan kebutuhan kotoran dan air dalam satu hari sebagai berikut.

Kebutuhan isi

$$\begin{aligned}&= 500 \text{ liter} \times 60\% \\ &= 300 \text{ liter isi/20 hari} \\ &= 15 \text{ liter isi/hari}\end{aligned}$$

Kotoran ternak yang diperlukan

$$\begin{aligned}&= 1/3 \times 15 \text{ liter} \\ &= 5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Air yang diperlukan

$$\begin{aligned}&= 2/3 \times 15 \text{ liter} \\ &= 10 \text{ kg}\end{aligned}$$

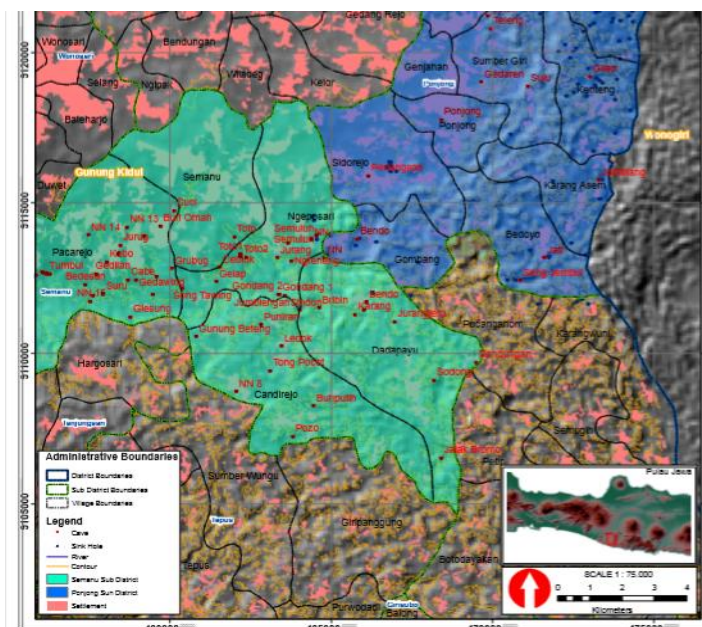
Limbah dari biogas berupa kotoran sapi yang telah hilang kandungan gas nya, tetapi masih memiliki kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium (Pratiwi et al., 2019). Menurut (Wahyuni & MP, 2018) Zat-zat tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik di bidang pertanian sehingga mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat mencemari sungai bawah tanah di kawasan karst.

2. Pemeliharaan Ponor

Upaya kedua untuk melindungi sungai bawah tanah agar tidak tercemar yaitu, ditinjau melalui metode konversi DAS di karst melalui perlindungan ponor. Sungai bawah tanah memiliki metode konservasi dan kualitas air yang berbeda dengan lainnya. Untuk tanah karst, sumber utama warga ketika kekeringan adalah sungai bawah tanah dan memanfaatkan air hujan. Dengan demikian,

sungai bawah tanah harus dilindungi dari polusi dan pencemaran air.

Metode konservasi Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai bawah tanah terbilang unik karena sungai bisa dari Utara ke Selatan, tetapi DAS dari Barat ke Timur. Hal tersebut menjadi karakteristik karst dan air yang masuk sungai bawah tanah melalui goa-goa vertikal (ponor) (BANI & PULUNG ARYA, 2012). Ponor terbentuk karena proses karstifikasi (proses pelarutan) yang setiap ada air hujan menggerus sehingga tanah yang tergerus menjadi lubang vertikal (Haryono & Adji, 2017). Air dari sungai bawah tanah belum sepenuhnya layak untuk dikonsumsi sehingga untuk menanggulangi adanya pencemaran dan kerusakan daerah aliran sungai bawah tanah, yaitu dengan konservasi titik kerapatan ponor dan memerhatikan tata guna lahan. Daerah ponor yang rapat menjadi daerah yang berkontribusi dalam memasukkan air hujan ke sungai bawah tanah. Oleh karena itu, daerah yang ponor nya rapat harus dilakukan konservasi.



Gambar 3. Peta Persebaran Ponor

Langkah-langkah yang dilakukan untuk konservasi yaitu daerah yang kerapatan ponor nya tinggi tidak boleh digunakan untuk lahan peternakan, kegiatan yang menghasilkan polusi. Kualitas sungai bawah tanah bergantung oleh penggunaan daerah sekitar ponor. Hasil observasi yang dilakukan peneliti ditemukan ponor yang ada di Dusun Gaduhan digunakan untuk pembuangan sampah oleh masyarakat sekitar seperti terlihat pada gambar. Untuk menanggulangi tersebut di sekitar ponor harus diberi pembatas dan tumpukan batu agar sampah tidak bisa masuk ke ponor, tetapi air masih bisa menyerap.

Karena kualitas air sungai bawah tanah bergantung dengan penggunaan daerah di sekitar ponor.



Gambar 4. Salah Satu Ponor di Gunungkidul

3. Filter *Healthwater*

Selain itu, upaya guna mengatasi kondisi air yang keruh di Dusun Gaduhan adalah memberikan alat filter *healthwater* untuk mengolah air bawah tanah menjadi air layak konsumsi. Alat ini memiliki ukuran 6,3 m x 3 m x 1,45 m.



Gambar 5. Filter Healthwater

Komponen bahan yang terdapat pada filter *healthwater* yang digunakan untuk mendapatkan air layak konsumsi antara lain:

- a. Ruang sekat yang pertama digunakan untuk pengendapan yang dibantu menggunakan biji kelor. Hasil wawancara peneliti dengan salah satu masyarakat mendapatkan hasil bahwa keluhan warga yaitu air yang mereka dapatkan terkadang keruh bahkan coklat saat musim hujan dan saat musim kemarau sedikit keruh dan mengandung pasir dan kapur.
- b. Komponen filter yang kedua adalah pasir silika. Fungsi pasir silika pada filter *healthwater*, yaitu untuk menghilangkan partikel padatan dalam air yang akan diolah. Pasir silika mengandung mineral kuarsa yang

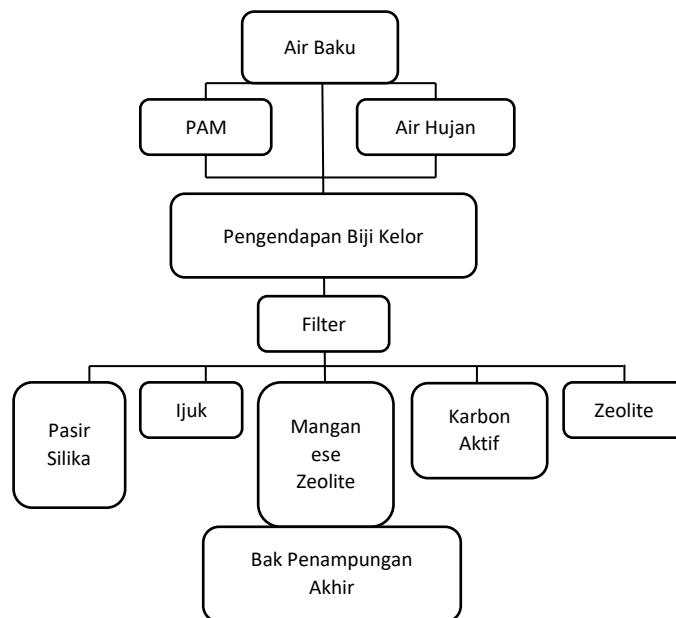
- mengandung silika (SiO_2) (Mugiyantoro et al., 2017). Pasir silika berpotensi dalam menyaring lumpur dan bahan padat lainnya.
- c. Komponen selanjutnya yaitu ijuk. Ijuk berfungsi untuk menyaring kotoran dari komponen filter kedua.
 - d. *Manganese zeolite* juga berperan penting dalam langkah filtrasi air layak konsumsi. *Manganese zeolite* digunakan untuk menghilangkan mangan dan zat besi yang terdapat pada air. Air yang mengandung kandungan mangan berlebihan mengakibatkan bau logam yang amis dan terdapat rasa. Selain itu, kandungan mangan dapat meninggalkan warna ke coklatan.
 - e. Untuk ruang sekat selanjutnya diisi oleh karbon aktif. Karbon aktif berfungsi menyerap zat-zat yang dapat mencemari air bawah tanah. Selain itu, karbon aktif sebagai penyerap warna, bau, klorin, dan membuat rasa air segar. Dengan demikian, penggunaan karbon aktif pada filter *healthwater* berperan penting pada proses menuju air layak konsumsi.
 - f. Komponen filter selanjutnya adalah *zeolite*. Zeolit mampu membunuh bakteri di dalam air dan mengikat kandungan logam.

Air dari sungai bawah tanah yang sudah melewati komponen filter di atas sudah dapat layak digunakan untuk mandi, tetapi belum layak untuk dimasak. Oleh karena itu, setiap rumah diberikan inovasi filter pot keramik guna menuju air layak untuk dimasak. Filter yang diterapkan di setiap rumah menggunakan bahan tanah liat yang dibakar dengan sekam padi. Campuran tanah liat dan sekam padi dibentuk pot dengan suhu tinggi menggunakan cetakan pers. Filter ini dilapisi dengan campuran perak koloidal dengan tujuan mematikan mikroorganisme patogen sehingga air layak dikonsumsi untuk dimasak.

Filter pot keramik adalah sistem pengolahan yang dapat digunakan untuk memasok air minum yang aman terutama bagi orang-orang yang tinggal di daerah pedesaan (Wiyono et al., 2017). Menurut (Jean 2011) melaporkan bahwa dari 37 pilihan pengolahan air, filter pot keramik yang diterapkan di setiap rumah terbukti menjadi salah satu dari lima pilihan *treatment* terbaik yang tersedia untuk mengurangi kekeruhan dan bakteri lebih dari 99%. Pot keramik diletakkan di dalam wadah plastik sehingga praktis diterapkan di rumah masing-masing seperti terlihat pada gambar.



Gambar 6. Penerapan Filter Pot Keramik



Gambar 7. Bagan Alir Pengolahan Air Di Karst di Gunungkidul

Diskusi

Berdasarkan analisis diatas, kualitas air setelah dilakukan filtrasi menghasilkan air yang jernih dan tidak berbau. Air yang awalnya berwarna keruh berubah menjadi lebih bening. Hal tersebut membuktikan bahwa bahan yang digunakan seperti biji kelor, pasir silika, ijuk, *manganese zeolite*, karbon aktif, dan *zeolite* dapat bekerja dengan maksimal. Penggunaan bahan yang semakin tebal dan semakin banyak mampu menyaring air kotor lebih bersih dari sebelumnya. Diharapkan setelah dilakukan analisis pengolahan air tanah di wilayah karst ini didapatkan potensi yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutan berupa penerapan alat dan melakukan uji coba alat. Kemudian dilakukan tahap pengujian kualitas air di laboratorium agar kandungan pada air dapat diketahui dengan jelas dan aman untuk pemenuhan kebutuhan air masyarakat

Kesimpulan

Pengembangan dan pemanfaatan air tanah dapat dilakukan dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan. Pemeliharaan sungai bawah tanah di daerah karst yaitu dengan pengolahan biogas dari peternakan yang diolah menjadi pupuk sehingga tidak mencemari lingkungan. Pemeliharaan tersebut sangat mudah dilakukan oleh warga setempat dan membawa banyak manfaat karena pupuk yang diolah mampu menjadi pupuk organik bagi para petani dan tidak mencemari lingkungan. Daya dukung lahan akan bertahan lama apabila pengelolaan kawasan karst dapat diterapkan secara maksimal. Oleh karena itu, lingkungan karst harus dimanfaatkan secara efisien, tidak boleh rusak agar air yang meresap ke bawah tanah tetap terjaga kualitasnya, dan harus dilakukan konservasi agar tetap terjaga kelestariannya. Lingkungan akan memberikan timbal balik positif apabila masyarakat mau menjaga ekosistem dan kualitas lingkungan.

Pengakuan/Acknowledgements

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Potensi air yang ada pada sungai bawah tanah dapat digunakan dalam memenuhi kebutuhan hidup masyarakat terutama untuk keperluan sehari-hari seperti untuk pertanian, peternakan, mandi, mencuci, dan konsumsi. Oleh karena itu, perlu adanya pemeliharaan sungai bawah tanah dengan cara mengolah limbah peternakan menjadi energi terbarukan, mengolah limbah peternakan menjadi pupuk organik, dan menggunakan pupuk organik di bidang pertanian. Upaya tersebut bertujuan untuk menjaga air bawah tanah dan daerah aliran sungai bawah tanah.
2. Air dari sungai bawah tanah belum sepenuhnya layak untuk dikonsumsi sehingga untuk menanggulangi adanya pencemaran dan kerusakan daerah aliran sungai bawah tanah perlu adanya perlindungan daerah ponor agar tidak digunakan sebagai pembuangan sampah dengan konservasi titik kerapatan ponor dan memerhatikan tata guna lahan. Langkah-langkah yang dilakukan untuk konservasi, yaitu daerah yang kerapatan ponornya tinggi tidak boleh digunakan untuk lahan peternakan dan kegiatan yang menghasilkan polusi. Persebaran ponor harus diberi pembatas dan tanda tulisan agar warga tidak membuang sampah di lubang vertikal ke bawah.
3. Upaya untuk mengatasi kondisi air yang keruh di Dusun Gaduhan adalah membuat filter *healthwater* untuk mengolah air bawah tanah menjadi air layak

konsumsi. Pasir kuarsa, ijuk, mangan zeolit, karbon aktif dan zeolit digunakan sebagai bahan filter. Air yang disalurkan ke rumah-rumah warga tersebut sudah layak untuk dikonsumsi sebagai kebutuhan pokok seperti mandi, mencuci, memasak, dan lainnya. Akan tetapi, untuk kebutuhan air minum masih belum layak untuk dikonsumsi dan perlu difiltrasi kembali menggunakan filtrasi keramik yang diletakkan pada suatu wadah. Alat filter ini diberikan kepada rumah-rumah warga. Setiap rumah perlu mempunyai alat filter ini untuk konsumsi air minum

Daftar Referensi

- BANI, N., & PULUNG ARYA, P. (2012). KLASIFIKASI GEOTEKNIK GOA SUNGAI BAWAH TANAH DAERAH SEROPANWONOSARI-GUNUNG KIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA. *Prosiding Simposium Dan Seminar Nasional Geomekanika Ke-1 Tahun 2012: Menggagas Masa Depan Rekayasa Batuan Dan Terowongan Di Indonesia*, 1–3.
- Cahyadi, A. (2014). Keunikan Hidrologi Kawasan Karst: Suatu Tinjauan in Ekologi Lingkungan Kawasan Karst Indonesia. *Menjaga Asa Kelestarian Kawasan Karst Indonesia*, 1–13.
- Haryono, E., & Adji, T. N. (2017). *Geomorfologi dan hidrologi karst*.
- Heliani, H., Mareta, F., Rina, E., Rahayu, M. S., & Ramdaniansyah, M. R. (2021). Liquidity, Profitability and Asset Growth towards the Dividend Payout Ratio. *AFRE (Accounting and Financial Review)*, 4(2), 225–232. <https://doi.org/10.26905/afr.v4i2.6324>
- Mugiyantoro, A., Rekinagara, I. H., Primaristi, C. D., & Soesilo, J. (2017). Penggunaan bahan alam zeolit, pasir silika, dan arang aktif dengan kombinasi teknik shower dalam filterisasi fe, mn, dan mg pada air tanah di upn “veteran” yogyakarta. *Seminar Nasional Kebumihan Ke-10*, (492), 1127–1137.
- Pratiwi, I., Permatasari, R., & Homza, O. F. (2019). Pemanfaatan limbah kotoran ternak sapi dengan reaktor biogas di kabupaten ogan ilir. *IKRA-ITH ABDIMAS*, 2(3), 1–10.
- Rini Syahril Fauziah, & Fadhilah, N. H. K. (2022). The Impact of Credit Risk on The Profitability With Characteristics Bank as Control Variables. *JAK (Jurnal Akuntansi) Kajian Ilmiah Akuntansi*, 9(2), 145–158. <https://doi.org/10.30656/jak.v9i2.4346>
- Sunaryo, S. (2014). Rancang bangun reaktor biogas untuk pemanfaatan limbah kotoran ternak sapi di desa limbangan kabupaten banjarnegara. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 1(1), 21–30.
- Sunyoto, S., Saputro, D. D., & Suwahyo, S. (2016). Pengolahan sampah organik menggunakan reaktor biogas di Kabupaten Kendal. *Rekayasa: Jurnal Penerapan Teknologi Dan Pembelajaran*, 14(1), 29–36.
- Taat Setiawan, S. T., Isnaini, S., Asghaf, N. M. A., & Effendi, I. (2018). Sistem Imbuhan Air Tanah Karst Pada Sub-sistem Hidrogeologi Wonosari–Baron, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Berdasarkan Analisis Isotop ^{18}O dan ^2H . *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 9(3), 143–155.
- Wahyuni, S., & MP, S. E. (2018). *BIOGAS: Hemat Energi Pengganti Listrik, BBM, dan Gas Rumah Tangga*. AgroMedia.
- Wiyono, N., Faturrahman, A., & Syauqiah, I. (2017). Sistem pengolahan air minum sederhana (portable water treatment). *Jurnal Konversi UNLAM*, 6(1), 27–35.