

MENINGKATKAN PERAN MASYARAKAT DALAM KONSERVASI KAWASAN MATA AIR DI WILAYAH DESA PURWOSARI, KAPANEWON GIRI MULYO, KABUPATEN KULONPROGO

Suparman¹⁾, Siti Maimunah²⁾, Sentot Purboseno³⁾

^{1,3)} Program Studi Teknik Pertanian, Institut Pertanian Stiper, Yogyakarta

²⁾ Program Studi Kehutanan, Institut Pertanian Stiper, Yogyakarta

suparman.faiz.sf@gmail.com

Abstract

Purwosari Village in Girimulyo District, Kulon Progo Regency, is a part of the Menoreh Hills region that relies on springs as its primary source of clean water. In recent years, field observations and hydrological studies have shown a significant decrease in water flow, with some springs even drying up during the peak dry season. This phenomenon is caused by degradation of catchment areas, changes in land use, uncontrolled water use, climate variability, and suboptimal village water management institutions. This Community Service Program (PKM) aims to provide education on water resource conservation and the application of Appropriate Technology (TTG) such as conservation biopores, infiltration wells, and the planting of buffer vegetation. The implementation method is an empowerment approach and conservation technology appropriate to the hydrogeomorphological characteristics of Menoreh. The results of the PKM implementation are increased community capacity in sustainable management of spring areas, and the output of appropriate technology is the construction of biopores and infiltration wells. The impact of the PKM implementation is that farmers are starting to implement soil and water conservation techniques, and water is becoming more available for households and agriculture.

Keywords: Clean water, biopores, conservation, springs, appropriate technology.

Abstrak

Desa Purwosari di Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo merupakan salah satu wilayah Perbukitan Menoreh yang bergantung pada mata air sebagai sumber utama penyediaan air bersih. Dalam beberapa tahun terakhir, hasil observasi lapangan dan kajian hidrologi menunjukkan adanya penurunan debit yang signifikan, bahkan beberapa mata air mengalami kekeringan pada puncak musim kemarau. Fenomena ini disebabkan oleh degradasi daerah resapan, perubahan penggunaan lahan, pemanfaatan air yang tidak terkontrol, variabilitas iklim, serta belum optimalnya kelembagaan pengelolaan air desa. Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini bertujuan untuk memberi edukasi tentang konservasi sumber daya air, penerapan Teknologi Tepat Guna (TTG) seperti biopori konservasi, sumur resapan, dan penanaman vegetasi penyangga. Metode pelaksanaan adalah dengan cara melalui pendekatan pemberdayaan dan teknologi konservasi yang sesuai dengan karakteristik hidrogeomorfologi Menoreh. Hasil pelaksanaan PKM adalah meningkatnya kapasitas peran masyarakat dalam pengelolaan kawasan mata air secara berkelanjutan dan luaran teknologi tepat guna berupa pembuatan biopori dan sumur resapan. Dampak pelaksanaan PKM adalah Petani mulai menerapkan teknik konservasi tanah dan air serta air lebih tersedia untuk rumah tangga dan pertanian.

Keywords: Air bersih, biopori, konservasi, mata air, teknologi tepat guna.

PENDAHULUAN

Desa Purwosari yang berada di wilayah Perbukitan Menoreh, Kapanewon Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, merupakan kawasan yang memiliki potensi sumber daya air yang penting bagi kebutuhan domestik, pertanian, dan keberlanjutan ekosistem setempat. Keberadaan beberapa mata air utama seperti Mata Air Purwosari Utama, Mata Air Lumut (Patihombo), dan Mata Air Goa menjadi sumber air yang menopang kehidupan masyarakat sepanjang tahun. Berdasarkan pemetaan GIS Mata Air Kecamatan Girimulyo (2019), wilayah ini memiliki sebaran mata air yang cukup banyak dengan karakteristik debit dan pola kemunculan yang beragam. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kawasan Purwosari memiliki nilai ekologis dan hidrologis yang tinggi sehingga perlu dijaga keberlanjutannya.

Meskipun memiliki potensi sumber daya air yang melimpah, kondisi beberapa mata air di Desa Purwosari menunjukkan adanya kecenderungan penurunan debit, terutama pada musim kemarau. Debit Mata Air Purwosari Utama yang sebelumnya tercatat sekitar 0,21 m³/detik mengalami penurunan pada periode tertentu sehingga memengaruhi ketersediaan air bagi masyarakat. Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian Hendrayana et al. (2021) yang menyebutkan bahwa wilayah Girimulyo dan Samigaluh secara berkala mengalami kekeringan hidrologis. Penurunan debit mata air dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain karakteristik hidrogeomorfologi wilayah, berkurangnya kemampuan infiltrasi tanah, perubahan penggunaan lahan, serta meningkatnya tekanan perubahan iklim yang berdampak pada siklus hidrologi.

Kajian hidrogeomorfologi di kawasan Menoreh menunjukkan bahwa sistem mata air sangat dipengaruhi oleh struktur geologi, permeabilitas batuan, serta keberadaan rekahan yang berfungsi sebagai jalur aliran airtanah. Dominasi batuan andesit tua dan breksi vulkanik menyebabkan kapasitas infiltrasi relatif rendah sehingga cadangan airtanah menjadi terbatas, terutama pada musim kemarau. Selain faktor alami tersebut, perubahan tutupan lahan dan berkurangnya vegetasi pada daerah resapan turut mempercepat aliran permukaan dan mengurangi pengisian kembali airtanah. Kondisi ini berpotensi menurunkan kemampuan kawasan dalam mempertahankan debit mata air secara berkelanjutan.

Permasalahan konservasi mata air tidak hanya berkaitan dengan aspek fisik lingkungan, tetapi juga dipengaruhi oleh aspek sosial dan kelembagaan masyarakat. Hasil observasi awal menunjukkan bahwa pemahaman masyarakat mengenai fungsi kawasan resapan, pentingnya konservasi mata air, serta praktik konservasi berbasis masyarakat masih perlu ditingkatkan. Kegiatan perlindungan daerah tangkapan air belum dilakukan secara terstruktur dan berkelanjutan, sementara keterlibatan masyarakat dalam upaya konservasi masih terbatas pada kegiatan yang bersifat insidental. Padahal, keberhasilan konservasi sumber daya air sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat sebagai pengguna sekaligus penjaga kawasan mata air.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan konservasi berbasis masyarakat mampu meningkatkan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air karena mendorong tumbuhnya rasa memiliki, tanggung jawab bersama, dan perilaku konservatif terhadap lingkungan. Oleh

karena itu, diperlukan upaya pemberdayaan masyarakat yang tidak hanya berfokus pada peningkatan pengetahuan, tetapi juga pada penguatan kapasitas dan keterampilan dalam melakukan tindakan konservasi secara nyata.

Berdasarkan kondisi tersebut, Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya kawasan resapan dan konservasi mata air, memperkuat peran serta kapasitas masyarakat dalam menjaga dan mengelola kawasan mata air secara berkelanjutan, serta mengimplementasikan kegiatan konservasi teknis melalui pembuatan biopori dan sumur resapan sebagai upaya meningkatkan infiltrasi air dan menjaga keberlangsungan sumber daya air di Desa Purwosari.

METODE

Program Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) dilaksanakan di Desa Purwosari, Kapanewon Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo dengan pendekatan partisipatif yang menempatkan masyarakat sebagai subjek utama kegiatan konservasi mata air. Metode pelaksanaan dirancang untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan partisipasi masyarakat dalam upaya perlindungan kawasan resapan serta konservasi sumber daya air secara berkelanjutan. Kegiatan dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu persiapan, edukasi masyarakat, dan implementasi teknologi tepat guna (TTG) konservasi.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan diawali dengan koordinasi bersama Pemerintah Desa Purwosari dan tokoh masyarakat

setempat untuk menyamakan persepsi mengenai tujuan program, menentukan lokasi prioritas konservasi, serta menetapkan kelompok sasaran yang akan terlibat dalam kegiatan. Koordinasi awal menjadi langkah penting untuk memastikan kesesuaian program dengan kebutuhan masyarakat dan kondisi lingkungan setempat. Selain itu, dilakukan survei lapangan dan pemetaan awal untuk mengidentifikasi kondisi eksisting kawasan mata air, meliputi lokasi sumber mata air, karakteristik topografi, kondisi vegetasi, pola pemanfaatan lahan, serta potensi permasalahan yang dapat memengaruhi keberlanjutan sumber daya air. Hasil survei digunakan sebagai dasar dalam penyusunan materi edukasi dan penentuan teknologi konservasi yang sesuai dengan karakteristik wilayah.

Materi edukasi disusun berdasarkan hasil kajian hidrogeomorfologi kawasan Menoreh dan prinsip konservasi sumber daya air pada wilayah perbukitan vulkanik. Materi mencakup konsep daerah resapan, hubungan antara kondisi geologi dan ketersediaan air tanah, serta penerapan teknologi konservasi yang relevan dengan karakteristik batuan andesit tua dan tanah berpermeabilitas rendah yang mendominasi wilayah Purwosari.

Tahap Edukasi Masyarakat

Tahap edukasi dilaksanakan melalui penyuluhan, diskusi kelompok, dan demonstrasi lapangan. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya menjaga kawasan resapan dan mata air sebagai sumber kehidupan masyarakat. Materi yang diberikan meliputi fungsi daerah resapan dalam siklus hidrologi, karakteristik hidrogeomorfologi mata air di Perbukitan Menoreh, hubungan antara vegetasi dan keberlanjutan debit

mata air, teknik pembuatan lubang biopori dan sumur resapan, serta dampak perubahan iklim terhadap ketersediaan sumber daya air.

Metode edukasi partisipatif dipilih agar masyarakat tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga mampu mengidentifikasi permasalahan lingkungan yang terjadi di wilayahnya serta merumuskan solusi konservasi yang dapat diterapkan secara mandiri. Melalui kegiatan ini diharapkan terbentuk kesadaran kolektif dan komitmen masyarakat untuk berpartisipasi aktif dalam upaya pelestarian kawasan mata air.

Tahap Implementasi Teknologi Tepat Guna Konservasi

Tahap implementasi dilakukan melalui penerapan teknologi tepat guna konservasi yang disesuaikan dengan kondisi fisik wilayah Perbukitan Menoreh. Teknologi yang diterapkan meliputi pembuatan lubang biopori konservasi dan sumur resapan skala rumah tangga.

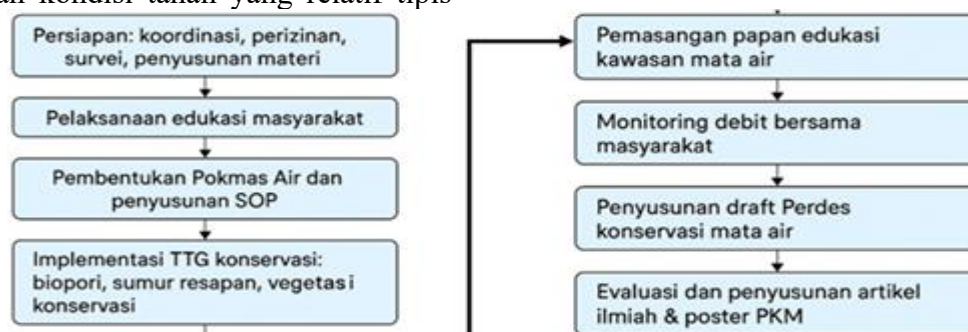
Lubang biopori dibuat pada lahan milik warga yang berada di sekitar kawasan resapan dan daerah tangkapan air. Teknologi ini bertujuan meningkatkan kemampuan infiltrasi air hujan ke dalam tanah, mengurangi limpasan permukaan, serta membantu menjaga ketersediaan cadangan airtanah pada musim kemarau. Pemilihan biopori didasarkan pada kesesuaiannya dengan kondisi tanah yang relatif tipis

dan berbatu sehingga memungkinkan peningkatan peresapan air secara sederhana dan berbiaya rendah.

Selain itu, dilakukan pembangunan sumur resapan skala rumah tangga sebagai sarana konservasi air hujan. Sumur resapan berfungsi menampung air limpasan untuk kemudian diresapkan kembali ke dalam tanah sehingga dapat meningkatkan pengisian ulang airtanah dangkal. Implementasi teknologi ini diharapkan dapat membantu memperkuat cadangan airtanah lokal serta mendukung keberlanjutan debit mata air yang menjadi sumber air utama masyarakat Desa Purwosari.

Evaluasi Kegiatan

Evaluasi dilakukan melalui observasi langsung terhadap pelaksanaan kegiatan, tingkat partisipasi masyarakat, serta kemampuan peserta dalam memahami dan menerapkan teknologi konservasi yang telah diperkenalkan. Selain itu, dilakukan penilaian terhadap peningkatan pengetahuan masyarakat menggunakan kuesioner pre-test dan post-test yang diberikan sebelum dan sesudah kegiatan edukasi. Hasil evaluasi digunakan untuk menilai efektivitas program dalam meningkatkan kapasitas masyarakat dan mendukung upaya konservasi kawasan mata air secara berkelanjutan. Berikut diagram alir PKM konservasi mata air:



Gambar 1. Diagram Alir PKM Konservasi Mata Air

HASIL DAN PEMBAHASAN

Meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pentingnya kawasan resapan dan konservasi

mata air.

Salah satu tujuan utama kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini adalah meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya kawasan resapan sebagai penyangga keberlanjutan sumber daya air serta upaya konservasi mata air di Desa Purwosari, Kapanewon Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo. Untuk mencapai tujuan tersebut, tim pelaksana menyelenggarakan kegiatan penyuluhan dan edukasi kepada masyarakat yang membahas fungsi kawasan resapan, peran vegetasi dalam menjaga ketersediaan air, faktor-faktor yang memengaruhi debit mata air, serta berbagai upaya konservasi yang dapat dilakukan secara mandiri oleh masyarakat.

Kegiatan yang dilaksanakan oleh tim dosen dan mahasiswa Institut Pertanian Stiper (INSTIPER) Yogyakarta bekerja sama dengan Pemerintah Kalurahan Purwosari berlangsung dengan lancar sesuai dengan rencana yang telah disusun. Dukungan dari pemerintah desa, tokoh masyarakat, serta warga setempat menjadi faktor penting yang menunjang keberhasilan pelaksanaan program. Selama kegiatan berlangsung, peserta menunjukkan tingkat partisipasi yang tinggi, terlihat dari keaktifan dalam mengikuti sesi penyuluhan, diskusi, serta penyampaian berbagai permasalahan yang dihadapi terkait pengelolaan sumber daya air di lingkungan mereka.

Antusiasme masyarakat juga tercermin dari tingginya minat peserta

dalam memahami keterkaitan antara kondisi daerah resapan dengan keberlangsungan debit mata air yang selama ini menjadi sumber air utama bagi masyarakat. Melalui proses edukasi yang dilakukan secara partisipatif, masyarakat memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai pentingnya menjaga tutupan vegetasi, mengurangi aktivitas yang berpotensi merusak daerah resapan, serta menerapkan teknologi konservasi sederhana untuk meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah.

Hasil kegiatan menunjukkan bahwa program penyuluhan mampu meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya konservasi sumber daya air berbasis masyarakat. Peningkatan pemahaman ini menjadi modal sosial yang penting dalam mendukung pengelolaan kawasan mata air secara berkelanjutan. Temuan tersebut sejalan dengan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa keberhasilan konservasi sumber daya air tidak hanya ditentukan oleh kondisi biofisik lingkungan, tetapi juga dipengaruhi oleh tingkat pengetahuan, kesadaran, dan partisipasi masyarakat dalam menjaga fungsi ekologis kawasan resapan.

Secara umum, pelaksanaan PKM di Desa Purwosari tidak mengalami kendala yang berarti. Tingginya dukungan dan keterlibatan masyarakat menunjukkan bahwa program konservasi mata air yang berbasis pemberdayaan masyarakat memiliki peluang besar untuk dikembangkan secara berkelanjutan. Bahkan, masyarakat dan pemerintah desa menyampaikan harapan agar kegiatan serupa dapat dilanjutkan pada tahun-tahun berikutnya dengan cakupan program yang lebih luas sehingga mampu memperkuat kapasitas masyarakat dalam menjaga

keberlanjutan sumber daya air di wilayah Perbukitan Menoreh.



Gambar 2. Penyuluhan tentang pentingnya kawasan resapan dan konservasi mata air di Kantor Desa Purwosari.

Meningkatkan peran dan kapasitas Masyarakat dalam menjaga, melindungi dan mengelola kawasan mata air secara berkelanjutan.

Cara mengetahui dampak atau peran Masyarakat dalam kegiatan PKM konservasi sumber daya air ini, kami melakukan korespondensi dengan warga Masyarakat Purwosari sebanyak 30 responden. Dari hasil responden kita dapatkan kesimpulan bahwa sebelum adanya PKM masyarakat Purwosari belum memahami tentang konservasi mata air dan Teknologi Tepat Guna konservasi mata air, tetapi setelah adanya PKM masyarakat menjadi lebih mengerti tentang konservasi mata air dan Teknologi Tepat Guna konservasi mata air

Mengimplementasikan kegiatan konservasi teknis di daerah resapan

Mengimplementasikan kegiatan konservasi teknis di daerah resapan dengan cara membuat biopori dan sumur resapan. Kegiatan PKM ini menghasilkan Teknologi Tepat Guna (TTG) berupa Biopori dan sumur resapan. Biopori adalah, lubang resapan yang dibuat dengan sengaja, dengan ukuran tertentu yang telah ditentukan (diameter 10 sampai 30 cm dengan panjang 30 sampai 100 cm) yang

ditutupi sampah organik yang berfungsi sebagai penyerap air ke tanah dan membuat kompos alami. Biopori merupakan metode alternatif untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah, selain dengan sumur resapan.

Cara pembuatan Biopori adalah sebagai berikut :

1. Buat lubang silindris secara vertikal ke dalam tanah dengan diameter 10 cm. Kedalaman kurang lebih 100 cm atau tidak sampai melampaui muka air tanah bila air ternyata dangkal. Jarak antar lubang antara 50 – 100 cm.
2. Mulut lubang dapat diperkuat dengan semen selebar 2-3 cm dengan tebal 2 cm di sekeliling mulut lubang.
3. Isi lubang dengan sampah organik yang berasal dari sampah dapur, sisa tanaman, dedaunan, atau pangkasan rumput.
4. Sampah organik perlu selalu ditambahkan ke dalam lubang yang isinya sudah berkurang dan menyusut akibat proses pelapukan.
5. Kompos yang terbantuk dalam lubang dapat diambil pada setiap akhir musim kemarau bersamaan dengan pemeliharaan lubang resapan.

Alat dan bahan pembuat biopori

1. Bor biopori
2. Cetok
3. Linggis
4. Pisau
5. Graji
6. Bor Listrik untuk membuat lobang
7. Pralon
8. Tutup pralon



Gambar 3. Biopori dari pralon diameter 10 cm, panjang bervariasi yaitu 40 cm, 50 cm, 60 cm.



Gambar 4. Biopori yang sudah dimasukkan ke dalam tanah



Gambar 5. Sumur resapan dari bus beton diameter 80 cm

Dampak kegiatan PKM

Outcome (dampak) kegiatan bagi mitra (masyarakat) pada kegiatan PKM ini adalah sebagai berikut.

a. Peningkatan kesadaran lingkungan

Kegiatan penyuluhan membuat masyarakat lebih memahami pentingnya menjaga kawasan tangkapan air. Dampaknya:

- Masyarakat mulai mengurangi aktivitas yang merusak hutan atau vegetasi.
- Partisipasi warga dalam kegiatan konservasi meningkat.

b. Perubahan perilaku pengelolaan lahan

Setelah penyuluhan dan pelatihan:

- Petani mulai menerapkan teknik konservasi tanah dan air.
- Penggunaan lahan lebih memperhatikan keberlanjutan lingkungan.

c. Peningkatan ketersediaan air untuk kebutuhan sehari-hari

Dengan terjaganya mata air:

- Air lebih tersedia untuk rumah tangga dan pertanian.
- Risiko kekeringan di musim kemarau dapat berkurang.

1. Dampak kegiatan PKM bagi Kampus Instiper adalah Kampus Instiper lebih dikenal oleh warga Masyarakat Purwosari, Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo dan Dosen bisa menjalankan Tri Darma Perguruan Tinggi, salah satunya adalah melakukan pengabdian kepada masyarakat.

2. Dampak terhadap keberlanjutan wilayah adalah bisa menjaga ketahanan sumber daya air jangka panjang. Konservasi kawasan tangkapan air membantu menjaga siklus hidrologi sehingga sumber air tetap tersedia dalam jangka panjang. Selain itu dampak terhadap keberlanjutan wilayah adalah dapat mengurangi risiko bencana. Daerah hulu yang terjaga dapat mengurangi risiko banjir di daerah hilir. serta menurunkan potensi longsor di kawasan perbukitan.

SIMPULAN

Kesimpulan kegiatan PKM (Pengabdian Kepada Masyarakat) di Desa Purwosari, Girimulyo, Kabupaten Kulonprogo yang diselenggarakan oleh team Dosen dari Kampus Instiper Yogyakarta bersama dengan mitra PKM yaitu Kelurahan Purwosari adalah telah berhasil meningkatkan pemahaman masyarakat tentang pentingnya kawasan resapan dan konservasi mata air, telah berhasil meningkatkan peran dan kapasitas masyarakat dalam menjaga, melindungi dan mengelola kawasan mata air secara berkelanjutan, dan telah dilakukan praktek kegiatan konservasi

teknis di daerah resapan dengan cara membuat biopori dan sumur resapan

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Kelurahan Purwosari, Kapanewon Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, serta seluruh masyarakat Desa Purwosari yang telah berpartisipasi aktif dan memberikan dukungan dalam pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat yang berjudul **"Meningkatkan Peran Masyarakat dalam Konservasi Kawasan Mata Air di Wilayah Desa Purwosari, Kapanewon Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo"**. Partisipasi, antusiasme, dan komitmen masyarakat dalam mengikuti kegiatan edukasi serta implementasi teknologi konservasi menjadi faktor penting dalam keberhasilan program ini.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Institut Pertanian STIPER (INSTIPER) Yogyakarta atas dukungan yang diberikan dalam penyelenggaraan kegiatan pengabdian ini, serta kepada seluruh dosen, mahasiswa, dan pihak terkait yang telah berkontribusi dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi program. Semoga kolaborasi yang telah terjalin dapat terus berlanjut dalam mendukung upaya konservasi sumber daya air dan pemberdayaan masyarakat secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (2003). Seasonal variability of Indonesian rainfall in the Indonesian Maritime Continent. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–

1452.
<https://doi.org/10.1002/joc.950>
- Arsyad, S., & Nugraha, R. (2020). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap ketersediaan air di DAS kecil. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 44(2), 123–136. <https://doi.org/10.21082/jti.v44n2.2020>
- Ayele, G. T., et al. (2020). Land-use change impacts on groundwater recharge in mountainous regions. *Journal of Environmental Management*, 274, 111186. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111186>
- Babu, R., Mallika, A., & Sedhuraman, S. (2014). Freshwater resource sustainability in rural communities. *Geomedia*, 20(1).
- Bakalowicz, M. (2020). Karst groundwater: A resource in a changing world. *Hydrogeology Journal*, 28(2), 367–391. <https://doi.org/10.1007/s10040-019-02066-z>
- Barbieri, M., et al. (2021). Springs as indicators of groundwater vulnerability to climate change. *Water*, 13(5), 661. <https://doi.org/10.3390/w13050661>
- BMKG. (2023). *Indeks Kekeringan Meteorologis Indonesia 2023*. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. <https://www.bmkg.go.id>
- Cosgrove, W., & Loucks, D. (2015). Water management for sustainable development. *Geomedia*, 20(1).
- Dalcanale, F., et al. (2011). Sustainability of groundwater systems in tropical regions. *Geomedia*, 20(1).
- de Graaf, I. E. M., et al. (2019). Climate change exacerbates groundwater depletion worldwide. *Nature*, 574, 90–94. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1597-1>
- Fan, Y. (2019). Are catchments leaky? Interactions of groundwater with climate, vegetation, and Earth surface. *Reviews of Geophysics*, 57(2), 259–280. <https://doi.org/10.1029/2018RG000633>
- Foster, S., & MacDonald, A. (2021). Sustainable groundwater management—Global lessons for community-based protection of springs. *Hydrogeology Journal*, 29, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02219-4>
- Ghufron, M. A., et al. (2021). Efektivitas sumur resapan terhadap peningkatan cadangan airtanah di wilayah Perbukitan Kapur. *Jurnal Hidrologi Tropis*, 5(1), 33–45. <https://doi.org/10.33019/jht.v5i1.2242>
- Handayani, E., & Yuliani, D. (2023). Analisis kekeringan hidrologis di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan indeks SPEI. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 15(1), 25–36. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol15.iss1.art3>
- Hendrayana, H., Sudarmadji, S., & Widiyanto, P. (2020). Neraca airtanah CAT Menoreh dan Wates. *Geomedia*, 18(2), 149–160.
- Hendrayana, H., Sudarmadji, S., Purnama, S., & Nugroho, S. (2021). Kajian daerah sulit air di Kabupaten Kulon Progo. *La Geografia*, 19(2), 157–168. <https://doi.org/10.15294/lageografia.v19i2.53133>

- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
- Kresic, N., & Stevanovic, Z. (2010). *Groundwater hydrology of springs: Engineering, theory, management, and sustainability*. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-502-9.00001-7>
- Kumar, R., et al. (2020). Impact of nature-based solutions on groundwater recharge in tropical watersheds. *Science of the Total Environment*, 712, 136437.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136437>
- KLHK. (2022). *Status Sumber Daya Air Indonesia 2022*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Lee, J. (2015). Climatic drivers in tropical hydrology. *Geomedia*, 20(1).
- Mallika, A., et al. (2016). Hydrological challenges in highland regions. *Geomedia*, 20(1).
- Maryani, E., et al. (2020). Peran kelembagaan lokal dalam pengelolaan sumber daya air berbasis masyarakat. *Jurnal Masyarakat & Budaya*, 22(1), 45–60.
<https://doi.org/10.14203/jmb.v22i1.910>