

PENYUSUNAN DESAIN PENYEDIAAN AIR BERSIH DI KECAMATAN GETASAN, KABUPATEN SEMARANG

Ingerawi Sekaring Bumi^{1*}, Syamsul Bahri¹, Tia Hetwisari¹, Wildan Herwindo¹, Didit Puji
Riyanto¹, Sutarto Edhisono¹, Mariana Wulandari², Dani Hamdani³

¹ Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Air, Politeknik Pekerjaan Umum

² Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum

³ Program Studi Teknologi Konstruksi Jalan Jembatan, Politeknik Pekerjaan Umum

Email : ingerawi@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel :

Diterima : 20 April 2025

Disetujui : 28 Mei 2025

Kata Kunci : Air Bersih,
Ketersediaan Air, Desain,
Kabupaten Semarang.

ABSTRAK

Desa Batur merupakan salah satu desa yang terletak di kaki Gunung Merbabu. Secara administrasi daerah ini termasuk dalam Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi desa yang berada di daerah dataran tinggi menyebabkan Desa Batur memiliki potensi pertanian hortikultura. Komoditas sayuran yang dikembangkan di Desa Batur antara lain kacang panjang, labu siam, lotus, sawi putih, kubis, kentang, baby buncis dan brokoli. Selain itu Desa Batur juga memiliki potensi pariwisata. lokasi Desa Batur berada di jalur pendakian Gunung Merbabu sehingga menjadi tempat disinggahi bagi para pendaki gunung. Dalam rangka mendukung kegiatan tersebut, maka diperlukan ketersediaan air bersih yang dapat diandalkan secara konsisten. Dusun Thekelan merupakan salah satu dusun yang terletak di Desa Batur. Dusun tersebut memiliki permasalahan terkait dengan ketersediaan air yang melimpah pada musim hujan namun relatif sulit pada kemarau. Peristiwa ini diperparah dengan terjadinya kebakaran hutan yang sempat memutus jaringan distribusi air yang berasal dari mata air. Hal ini menyebabkan terganggunya aktivitas warga seperti bertani dan pariwisata. Mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu upaya pengendalian ketersediaan air. Kegiatan perencanaan desain dilakukan untuk memberikan alternatif metode untuk mengoptimalkan ketersediaan air. Kegiatan desain didukung oleh investigasi pengambilan data lapangan. Hal ini bertujuan untuk memberikan hasil yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi di lapangan. Melalui kegiatan tersebut, dilakukan desain jaringan pipa dan bangunan tampungan air. Kegiatan ini diharapkan dapat menjadi alternatif masyarakat dalam upaya meningkatkan ketersediaan dan keterjangkauan air.

ARTICLE INFO

Riwayat Artikel :

Received : 20 April 2025

Accepted : 28 May 2025

Key words: Clean water, Water
Availability, Design , Semarang
Regenc

ABSTRACT

Batur Village is one of the villages located on the hillside of Mount Merbabu. This area is located in Getasan District, Semarang Regency, Central Java Province. The village situated at the highlands causes Batur Village to have potential for horticultural agriculture. Vegetable commodities developed in Batur Village include long beans, chayote, lotus, Chinese cabbage, cabbage, potatoes, baby beans and broccoli. In addition, Batur Village also has tourism potential. The location

of Batur Village is on the Mount Merbabu climbing route so it becomes a shelter for climbers. To support these activities, the availability of clean water that can be relied on consistently is needed. Thekelan is one of the hamlets located in Batur Village. The hamlet has problems related to the availability of abundant water during the rainy season but is relatively difficult during the dry season. This incident was exacerbated by forest fires that had cut off the water distribution network from springs. This disrupted community activities such as farming and tourism. To overcome these problems, an effort is needed to control water availability. Design planning activities are carried out to provide alternative methods to optimize water availability. The design is supported by field data collected from field investigations. This aims to provide more accurate results following field conditions. The design of the pipe network and water storage building. Through these activities, it is hoped that it can be an alternative for the community in an effort to increase the availability and affordability of water.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan Gunung Merbabu pada bulan Oktober 2023 seluas 848,5 hektar yang berdampak pada wilayah Kabupaten Magelang, Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Semarang. Balai Taman Nasional Gunung Merbabu menyebutkan bahwa kebakaran tersebut telah merusak sebagian pipa penyediaan air bersih di tiga Kabupaten tersebut (Rukmorini 2023) Desa Batur, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang merupakan salah satu wilayah yang terdampak krisis air bersih.

Desa Batur memiliki luas wilayah lebih dari seribu hektar dengan topografi yang relatif curam hingga terjal. Desa ini memiliki curah hujan rata-rata 2.500 mm/tahun. Kondisi tersebut, memuat daerah ini cocok untuk dikembangkan sebagai lahan pertanian (Hetwisari dkk. 2024).

Pada tahun 2010, komoditas sayuran yang diproduksi oleh petani pada daerah ini telah menerima sertifikasi dari Lembaga Sertifikasi Organik yang telah diverifikasi oleh Otoritas Kompeten Pangan Organik dari Kementerian Pertanian Republik Indonesia (Nababan 2018).

Komoditas sayuran yang dikembangkan di Desa Batur antara lain kacang panjang, labu siam, lotus, sawi putih, kubis, kentang, *baby* buncis dan brokoli. Lebih dari 70% produk pertanian organik yang telah berhasil menembus pasar internasional (Amalia 2019). Produk sayuran lainnya dipasok ke supermarket lokal di beberapa kota di Jawa seperti Solo, Semarang,

Salatiga, Bogor dan Jogjakarta dengan berbagai label seperti (Nugroho 2021).

Realitasnya, prospek pertanian tersebut mengalami beberapa kendala karena hasil panen yang tidak menentu. Salah satunya dipengaruhi oleh kondisi ketersediaan air. Tingginya kemiringan lahan pada kawasan tersebut, mengakibatkan ketersediaan air terbatas. Jumlah air relatif berlebih di musim kemarau, namun berkurang cukup signifikan pada musim kemarau. Hal ini mengakibatkan petani kesulitan untuk bercocok tanam pada musim kemarau.

Desa Batur juga memiliki potensi wisata, diantaranya karena lokasi Dusun Thekelan berada di jalur pendakian Gunung Merbabu sehingga membuat Dusun Thekelan salah satu lokasi yang bisa disinggahi oleh para pendaki gunung. Selain itu, Dusun Thekelan memiliki udara yang sejuk sehingga berpotensi menjadi tempat wisata. Hal ini tentunya perlu didukung dengan ketersediaan air bersih yang memadai.

Ketersediaan air yang tidak merata pada setiap waktu setiap lokasi merupakan permasalahan yang dihadapi warga Desa Batur, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang. Ketersediaan air yang cukup besar pada musim hujan belum dapat dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Hal ini menyebabkan keterbatasan cadangan air pada musim kemarau.

Kelebihan air pada musim hujan dapat ditampung dan dialirkan menuju daerah lain yang belum terdapat jaringan air bersih. Hal ini bermanfaat bagi masyarakat sekitar yaitu untuk memperluas jangkauan air bersih. Bagi

masyarakat di hulu, hal ini juga dapat mengurangi potensi banjir akibat air limpasan (Herwindo dan Bumi 2023). Hal ini sejalan dengan prinsip konservasi sumber daya air yaitu zero delta Q (Hariyanto dkk. 2024). Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan alternatif desain dan rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk merealisasikan desain tersebut.

2. METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan dengan menggunakan metode campuran kualitatif dan kuantitatif. Kegiatan dilaksanakan dengan pengumpulan data, perencanaan desain dan verifikasi lapangan.

Pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur dan observasi lapangan. Kegiatan ini dilakukan untuk meningkatkan kapasitas dan pengetahuan tentang penyusunan desain penyediaan air bersih. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari publikasi/ buku/pedoman terkait sistem penyediaan air bersih.

Pada kegiatan ini, juga dilakukan pengumpulan data dengan menggunakan metode observasi lapangan. Kegiatan ini merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara langsung mengamati, mencatat, dan memahami fenomena, situasi, atau objek yang terjadi di lapangan. Tujuannya adalah untuk memperoleh informasi faktual, mendetail, dan relevan yang sulit diperoleh melalui sumber lain, seperti dokumen atau wawancara (Sugiyono 2015).

Perencanaan desain adalah langkah awal dalam proses pengembangan suatu kegiatan. Pada tahap ini dilakukan perancangan beberapa alternatif desain yang efektif, efisien, dan sesuai dengan tujuan yang diinginkan (Susilowati, Utaminingsih, dan Ginting 2020). Kegiatan ini juga meliputi analisis data bersama seluruh anggota tim PKM dan warga untuk mendapatkan alternatif desain dan rencana anggaran biaya pembangunan sesuai dengan kondisi di lokasi pengabdian.

Verifikasi lapangan merupakan proses pengecekan langsung ke lokasi untuk memastikan bahwa informasi, data, atau hasil yang telah diperoleh sebelumnya telah sesuai dengan kondisi nyata di lapangan (Bumi dan Rezagama 2023). Verifikasi ini dilakukan untuk mengevaluasi desain dan mengetahui potensi

penerapan desain yang telah direncanakan. Verifikasi dilakukan dengan peninjauan langsung ke lapangan, pengamatan, wawancara dan diskusi dengan tokoh masyarakat (Supriatna 2014). Kegiatan ini diharapkan dapat memberikan alternatif desain yang paling efektif dan dapat dilaksanakan di lapangan.

Setelah dilakukan seluruh rangkaian kegiatan di atas, maka pada akhir periode pelaksanaan kegiatan dapat dilakukan kegiatan monitoring serta evaluasi. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa tujuan dan sasaran yang telah direncanakan tercapai dengan efektif dan efisien sesuai dengan yang direncanakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Survei Pendahuluan

Survey pendahuluan dilakukan untuk pengumpulan data merupakan tahap awal dalam suatu perencanaan. Kegiatan ini dilakukan untuk memperoleh data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan observasi secara langsung dan data sekunder diperoleh dari mengumpulkan literasi yang berkaitan. Pada kegiatan ini dilakukan beberapa kegiatan lapangan seperti peninjauan lokasi dan pengukuran.



Gambar 1. Peninjauan Lokasi Kegiatan

3.2. Perencanaan Penampungan Air

Dusun Thekelan memiliki satu tandon utama untuk penyimpanan air yang mampu menampung air hingga 3 m³ yang terbuat dari beton. Tampungan air ini digunakan untuk mengalirkan air ke masyarakat melalui pipa. Pada waktu tertentu, debit air yang masuk ke dalam tandon melebihi kapasitas tandon sehingga terjadi limpasan. Oleh karena itu, kami

berusaha mengoptimalkan limpasan air tersebut untuk mengalirkan pada area lain yang belum terjangkau air bersih.

Berdasarkan wawancara kepada masyarakat dan observasi lapangan, diperoleh informasi bahwa hampir seluruh rumah telah memiliki jaringan air bersih untuk memenuhi kebutuhan MCK, namun tidak dengan area pertanian. Hingga pada saat tersebut, kawasan pertanian belum terjangkau air bersih untuk irigasi lahan.



Gambar 2. Tampungan Air Eksisting

Area pertanian saat ini tidak memiliki jaringan irigasi maupun sumber air di sekitar lahan, sehingga masyarakat umumnya membawa air dari rumah untuk digunakan di sawah. Penyimpanan air berfungsi untuk mendekatkan sumber air dengan lahan pertanian sehingga memudahkan petani untuk memenuhi kebutuhan air pada area pertanian.

Penyimpanan air dapat dilakukan dalam wadah-wadah seperti tangki penampungan yang dapat terbuat dari material seperti beton, plastik, atau logam. Selain itu, penyimpanan air dalam skala besar dapat dilakukan dengan membuat waduk atau embung.

Penyimpanan air pada kegiatan ini direncanakan dengan menambahkan 3 tangki pada 3 titik yang berbeda. Bahan tangki direncanakan menggunakan bahan *polyethylene* (PE) berkualitas tinggi atau *rotational molded polyethylene*. Penggunaan tangki ini dipilih karena ringan dan mudah untuk dipindah-

pindah. Sketsa penempatan tangki dapat dilihat pada gambar 3.

Peletakan tangki pertama akan diposisikan berdekatan dengan bak penampungan utama. Air limpasan dari bak tersebut, akan dialirkan menuju tangki pertama. Pada lokasi ini dipilih tangki ukuran besar sehingga dapat menampung air secara maksimal. Tangki kedua diletakkan pada tengah jaringan di sekitar area persawahan. Tandon ini berfungsi untuk distribusi air pada area pertanian area kanan. Tandon terakhir diletakkan pada ujung jaringan pipa. Tampungan ini berfungsi untuk distribusikan air pada lahan pertanian area kiri. Setiap tandon dilengkapi dengan keran air sehingga dapat dimanfaatkan petani untuk mengambil air guna memenuhi kebutuhan di lahan.



Gambar 3. Skema Titik Penyimpanan Air

3.3. Perencanaan Jaringan Distriibusia Air

Penulisan satuan di dalam artikel memperhatikan aturan sebagai-berikut:

Desa Batur mengalami permasalahan berupa distribusi jaringan air yang terbatas. Jaringan air yang sudah ada telah menjangkau rumah-rumah warga, namun belum menjangkau area irigasi. Hal ini menyebabkan warga membuat warga harus membawa air dalam jarak yang cukup jauh untuk mengairi lahan.

Keterbatasan akses jalan juga menjadi kendala bagi masyarakat dalam pengangkutan air tersebut. Guna meningkatkan efisiensi distribusi air untuk memenuhi kebutuhan kegiatan pertanian, maka direncanakan jaringan distribusi air dengan menggunakan pipa.

Alternatif jaringan pipa yang direncanakan yaitu dengan membuat jaringan pipa baru dari tandon penampungan utama hingga ke area makam. Panjang jaringan pipa yang dibutuhkan sekitar ± 856 m.



Gambar 4. Desain Jalur Distribusi Air

Sistem distribusi pipa dipilih karena memiliki beberapa kelebihan seperti lebih efisien, minim kehilangan air dan lebih fleksibel (Andreas Juvano, Yermadona, dan Susanti Yusman 2022). Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan dimana jumlah air relatif kecil sehingga lebih efektif untuk dialirkan melalui pipa. Selain itu, kontur yang bervariasi lebih memudahkan untuk dikembangkan oleh masyarakat dengan menggunakan pipa.

Pembuatan jalur pipa terpisah dengan jaringan pipa yang sudah ada sehingga tidak mengganggu pengambilan air domestik. Jalur pipa direncanakan dipasang melewati kawasan pemukiman sehingga pada beberapa titik diperlukan komunikasi dengan warga untuk mengurangi potensi konflik sosial. Pada area pertanian, pipa diletakan di dekat jalan utama

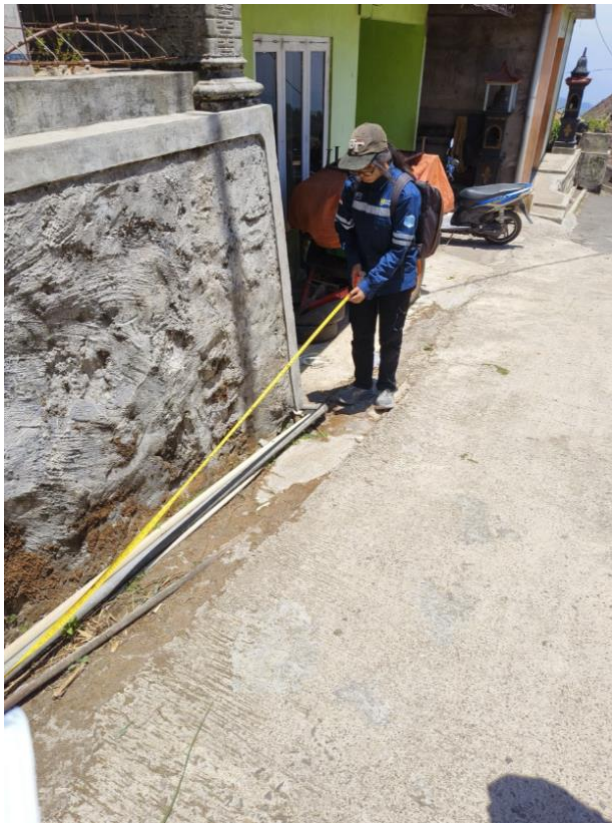
sehingga memudahkan dalam pemasangan dan pengawasan.

Desain yang telah direncanakan kemudian dilakukan didiskusikan dengan tokoh-tokoh masyarakat. Kegiatan ini bertujuan untuk menyampaikan hasil kegiatan dan sosialisasi kepada tokoh-tokoh masyarakat.

Hasil akhir desain yang telah disepakati kemudian dilakukan verifikasi lapangan. Kegiatan ini bertujuan untuk memastikan fisibilitas desain yang direncanakan. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk mendetailkan pekerjaan-pekerjaan yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan detail. Desain hasil verifikasi merupakan desain yang digunakan sebagai dasar dalam perhitungan rencana anggaran biaya.



Gambar 5. Diskusi Desain Tahap Akhir



Gambar 6. Verifikasi Lapangan

3.3. Potensi Pengembangan Kegiatan

Peningkatan ketersediaan air juga dapat dilakukan dengan melakukan pemanenan air hujan (*rain water harvesting*). Metode ini dapat dilakukan dengan menampung air hujan yang jatuh pada atap-atap rumah untuk dialirkan pada suatu bak tampungan (Sharma dan Malaviya 2021). Air tersebut nantinya dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air seperti menyirami tanaman.

Dapat dikembangkan sumber air lainnya yang berasal dari kabut. Kondisi desa yang sering mengalami terletak pada ketinggian, relatif sering muncul kabut. Kabut tersebut memiliki potensi untuk melakukan pemanenan kabut (*fog harvesting*) dan mengubahnya menjadi air bersih (Erwanto, Ilmi, dan Husamadi 2021).

Terkait kualitas air yang dihasilkan melalui metode pemanenan air hujan dan pemanenan kabut, perlu dilakukan uji kualitas air. uji kualitas air dapat dilakukan secara fisik, kimia maupun biologi (Rezagama dkk. 2019). Diharapkan air yang dihasilkan dari metode tersebut memiliki baku mutu yang layak untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

4. PENUTUP

4.1. Simpulan

Lokasi Desa Batur sebagai kawasan hortikultura dan pariwisata perlu didukung dengan berbagai fasilitas dasar. Salah satu fasilitas dasar yang dibutuhkan pada kawasan tersebut adalah air bersih. Ketersediaan air bersih yang berlimpah pada musim hujan dan kekurangan air pada musim kemarau menjadi permasalahan masyarakat. Guna mengatasi permasalahan tersebut, maka direncanakan desain tampungan air dan jaringan distribusi air bersih. Melalui kegiatan tersebut, diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai ketersediaan air serta metode distribusi air bagi masyarakat Desa Batur, Kabupaten Semarang.

Peningkatan ketersediaan air dilakukan dengan menampung air limpasan dari tampungan utama. Air limpasan tersebut dialirkan menuju tempat penyimpanan (tandon/bak) air yang lain. Tempat penyimpanan air diletakkan pada area pertanian guna memenuhi kebutuhan air untuk pengairan tanaman.

Distribusi air dilakukan dengan menggunakan pipa untuk mengurangi risiko kontaminasi dan risiko kehilangan air. Terdapat tiga alternatif desain jaringan distribusi air. Berdasarkan kesepakatan, dipilih sistem distribusi air dengan memanfaatkan air limpasan dan dipasang pada jalur utama. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pelaksanaan dan pemeliharaan serta perawatan jaringan distribusi air.

Seluruh alternatif desain yang telah direncanakan telah dilakukan survei lapangan dan didiskusikan dengan tokoh-tokoh masyarakat guna menentukan desain yang paling efektif untuk dibangun di lapangan. Desain yang telah disepakati digunakan sebagai dasar dalam perhitungan rencana anggaran biaya.

4.2. Saran

Kegiatan ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan memanfaatkan perkembangan teknologi. Beberapa alternatif sumber air baku yang memiliki potensi untuk dikembangkan pada area tersebut meliputi pemanenan air hujan dan pemanenan kabut. Penerapan metode tersebut perlu disertai uji kualitas air untuk

memastikan air yang dihasilkan layak untuk dikonsumsi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Aghnia Azka. 2019. "Analisis Hubungan Dinamika Kelompok dengan Efektivitas Kelompok Tani Tranggulasi Di Desa Batur, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang." *AGRISAINTEFIKA: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* 2(2):94. doi: 10.32585/ags.v2i2.258.
- Andreas Juvano, Riski, Helga Yermadona, dan Ana Susanti Yusman. 2022. "TINJAUAN PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KENAGARIAN TARAM KECAMATAN HARAU." *Ensiklopedia Research and Community Service Review* 1(2):147–53. doi: 10.33559/err.v1i2.1138.
- Bumi, Ingerawi Sekaring, dan Arya Rezagama. 2023. "Pemodelan Banjir Dua Dimensi Sungai Seruyan dengan Menggunakan Aplikasi HEC-RAS." *Jurnal Inovasi Konstruksi* 2(1):11–19. doi: 10.56911/jik.v2i1.36.
- Erwanto, Zulis, M. Rizalul Ilmi, dan M. Rafli Husamadi. 2021. "Penerapan Teknologi Menara Penangkap Kabut (Fog Harvesting) Untuk Kebutuhan Air Bersih." *Jurnal Pengabdian Kepada (DIKEMAS) Masyarakat* 5(1):32–38.
- Hariyanto, Hariyanto, Ariyani Ariyani, Erwando Tommy Al-Hanif, Rahma Hayati, dan Ingerawi Sekaring Bumi. 2024. "PEMBERDAYAAN SANTRI UNTUK KONSERVASI SUMBERDAYA AIR DI KALISEGORO, KOTA SEMARANG, JAWA TENGAH." *Jurnal Diseminasi Konstruksi* 1(1):13–21. doi: 10.56911/jdk.v1i1.107.
- Herwindo, Wildan, dan Ingerawi Sekaring Bumi. 2023. "ANALISIS RESAPAN LIMPASAN AIR HUJAN DALAM RANGKA PENERAPAN ZERO DELTA Q DI POLITEKNIK PU." *JURNAL TEKNIK HIDRAULIK* 14(2):95–104. doi: 10.32679/jth.v14i2.743.
- Hetwisari, Tia, Wildan Herwindo, Ingerawi Sekaring Bumi, Andi Patiroy, dan Tri Aryani. 2024. "SOSIALISASI PENERAPAN TEKNOLOGI IRIGASI TETES UNTUK BUDIDAYA TANAMAN SAYURAN DI KABUPATEN SEMARANG." *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (APTEKMAS)* 7(1):13–21.
- Nababan, Anggie Jumatri. 2018. "PENGARUH PERAN KELOMPOK TANI TRANGGULASI TERHADAP PENERAPAN PERTANIAN SAYURAN ORGANIK, DESA BATUR, KECAMATAN GETASAN, KABUPATEN SEMARANG." *Universitas Diponegoro*.
- Nugroho, Illene Naomi. 2021. "THE IMPACT OF COVID-19 PANDEMIC ON MANAGEMENT AND MARKETING STRATEGY OF ORGANIC VEGETABLES." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROINFO GALUH* 8.
- Rezagama, Arya, Anik Sarminingsih, Ajeng Yasinta Rahmadani, dan Afifah Nadya Aini. 2019. "Pemodelan Peningkatan Kualitas Air Sungai melalui Variasi Debit Suplesi." *TEKNIK* 40(2):106. doi: 10.14710/teknik.v39i3.23893.
- Rukmorini, Regina. 2023. "Kebakaran di Gunung Merbabu Mencapai 848,5 Hektar, Sebagian Lahan Pertanian." *Kebakaran di Gunung Merbabu Mencapai 848,5 Hektar, Sebagian Lahan Pertanian*. Diambil (<https://www.kompas.id/baca/nusantara/2023/10/31/kebakaran-di-gunung-merbabu-mencapai-8485-hektar-sebagian-lahan-pertanian>).
- Sharma, Rozi, dan Piyush Malaviya. 2021. "Management of Stormwater Pollution Using Green Infrastructure: The Role of Rain Gardens." *WIRES Water* 8(2). doi: 10.1002/wat2.1507.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan : Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Vol. 1. 21 ed. Bandung, Indonesia: Alfabeta.
- Supriatna, Asep. 2014. "RELEVANSI METODE PARTICIPATORY RURAL APPRAISAL DALAM MENDUKUNG

IMPLEMENTASI UNDANG-
UNDANG PEMERINTAHAN DESA.”
(1).

Susilowati, -, Widya Utaminingsih, dan Segel Ginting. 2020. “Optimasi rencana tanam dan pemberian air irigasi menuju modernisasi irigasi di Daerah Irigasi Ciliman.” *Jurnal Irigasi* 15(2):95–108. doi: 10.31028/ji.v15.i2.95-108.