

Pendampingan Perencanaan Sistem Plambing Berbasis Bangunan Hijau pada Agrowisata Desa Bulu

Muhammad Nafis Yassar¹, Muhammad Muhajir^{2*}, Rahmadi Yotenka³

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Islam Indonesia

^{2,3} Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Islam Indonesia

* mmuhajir@uii.ac.id

Abstrak

Pengembangan agrowisata desa memerlukan sarana sanitasi yang aman, fungsional, dan ramah lingkungan, namun mitra di Desa Bulu belum memiliki dokumen teknis sistem plambing sebagai acuan pembangunan. Kegiatan ini bertujuan menghasilkan rancangan awal penyediaan air bersih, penyaluran dan pengolahan air buangan, ventilasi pipa, pengelolaan air hujan, serta estimasi biaya untuk fasilitas agrowisata. Pendampingan dilakukan kepada pengelola dan pemangku kepentingan desa melalui koordinasi kebutuhan, observasi lokasi, inventarisasi bangunan dan alat saniter, perhitungan kebutuhan air dengan tiga pendekatan, penentuan dimensi jaringan, penyusunan rekomendasi pengolahan, dan perhitungan daftar kuantitas serta anggaran biaya. Hasilnya berupa rancangan sistem tangki atap; kebutuhan air rencana 564,7 liter per hari; pemisahan air limbah nonkaku dan kaku; rekomendasi tangki septik dan biofilter sederhana; jaringan air hujan dan satu bangunan resapan; serta estimasi biaya Rp91.623.900,00. Manfaat langsung bagi mitra ialah tersedianya acuan teknis dan anggaran untuk berkomunikasi dengan pelaksana pembangunan dan menentukan prioritas pekerjaan. Pendampingan berbasis dokumen ini mengintegrasikan efisiensi air, pengendalian pencemaran, dan konservasi limpasan sejak tahap perencanaan. Implementasi fisik tetap memerlukan verifikasi kondisi lapangan dan standar terbaru.

Kata Kunci: *agrowisata, bangunan hijau, pendampingan teknis, plambing, sanitasi*

Pendahuluan

Agrowisata menghubungkan kegiatan pertanian, edukasi, rekreasi, dan pemberdayaan ekonomi desa. Daya tarik kawasan perlu ditopang prasarana dasar yang menjaga kesehatan dan kenyamanan pengunjung, terutama air bersih, sanitasi, dan pengendalian limpasan. Persoalan air limbah domestik di Indonesia masih berkaitan dengan keterbatasan pengumpulan, pengolahan, dan pengelolaan sistem setempat; karena itu, rancangan fasilitas baru perlu mencegah pencemaran sejak tahap awal (Widyarani et al., 2022). Integrasi pemanenan air hujan dan daur ulang air nonkaku juga berpotensi menekan konsumsi air bersih serta debit buangan bangunan (Habibullah et al., 2023).

Sistem plambing menjamin air tersedia dalam jumlah dan tekanan yang memadai, mengalirkan air buangan tanpa menimbulkan bau atau kontaminasi, dan mengendalikan

air hujan. Dalam pendekatan bangunan hijau, sistem tersebut tidak berhenti pada pemasangan pipa, melainkan mencakup efisiensi sumber daya, konservasi air, pengurangan limpasan, dan pemilihan teknologi pengolahan yang sepadan dengan skala fasilitas. Tinjauan lingkungan menunjukkan bahwa kinerja pemanenan air hujan sangat dipengaruhi pola curah hujan, kebutuhan, kapasitas penyimpanan, dan kondisi setempat (Teston et al., 2022). Kombinasi atap hijau dan pemanenan air hujan dapat memberi manfaat ganda bagi konservasi air dan pengurangan limpasan, tetapi desain harus disesuaikan dengan iklim serta pola permintaan (Almeida et al., 2023).

Pada kawasan perdesaan, keputusan desain perlu mempertimbangkan kriteria teknis, sosial, dan ekonomi secara bersamaan (Prieto-Jiménez et al., 2024). Kajian di Indonesia juga memperlihatkan peluang pemanenan air hujan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber konvensional dan menekan risiko limpasan (de Vries & Shi, 2024; Suprpti et al., 2025). Sementara itu, teknologi pengolahan air limbah terdesentralisasi dapat dipilih dari proses biologis, biofilm, lahan basah buatan, atau sistem hibrida sesuai kapasitas pengelolaan lokal (Li et al., 2024; Sha et al., 2024).

Desa Bulu, Kecamatan Polokarto, Kabupaten Sukoharjo, sedang mengembangkan fasilitas agrowisata dan memerlukan acuan teknis sistem plambing. Melalui kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Islam Indonesia, tim melakukan pendampingan perencanaan kepada pengelola dan pemangku kepentingan desa. Persoalan mitra bukan hanya ketiadaan gambar jaringan, tetapi juga belum tersedianya basis perhitungan kebutuhan air, skema pengolahan air buangan, bangunan resapan, serta estimasi biaya yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan.

Kegiatan ini bertujuan menghasilkan dokumen perencanaan awal yang mencakup sistem air bersih, air buangan dan ventilasi, air hujan, pengolahan setempat, bangunan resapan, daftar kuantitas pekerjaan, dan rencana anggaran biaya. Manfaat yang diharapkan ialah meningkatnya kesiapan mitra dalam menentukan prioritas pembangunan, berkomunikasi dengan tenaga teknis, dan menerapkan prinsip bangunan hijau secara realistis pada skala desa.

Metode Pelaksanaan

Tempat, Periode, dan Mitra Kegiatan

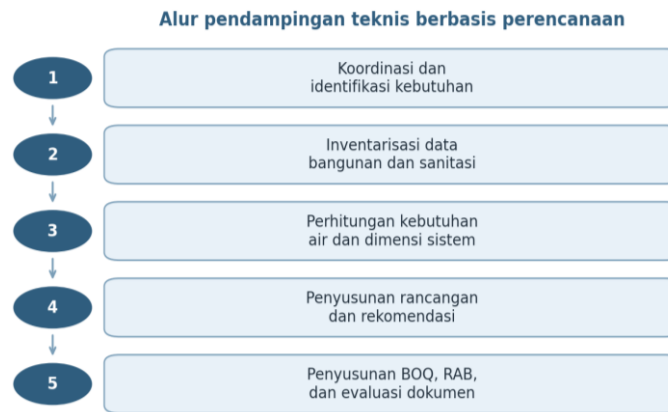
Kegiatan dilaksanakan di Desa Bulu, Kecamatan Polokarto, Kabupaten Sukoharjo, selama periode pelaksanaan KKN Universitas Islam Indonesia. Mitra kegiatan adalah pengelola fasilitas agrowisata dan pemangku kepentingan desa yang berkaitan langsung dengan pengembangan fasilitas. Pemilihan mitra dilakukan secara bertujuan berdasarkan perannya dalam penetapan kebutuhan, pemanfaatan hasil perencanaan, dan koordinasi pembangunan. Lokasi administratif kegiatan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema lokasi administratif kegiatan di Desa Bulu, Kecamatan Polokarto, Kabupaten Sukoharjo

Pendekatan dan Tahapan Pendampingan

Pendampingan menggunakan pendekatan teknis berbasis perencanaan. Data awal diperoleh melalui koordinasi, observasi lokasi, dan inventarisasi luas bangunan, kebutuhan ruang, jumlah alat plambing, sumber air, jalur penyaluran, serta komponen sistem. Tahapan kegiatan diringkas pada Gambar 2 dan Tabel 1.



Gambar 2. Alur pendampingan perencanaan sistem plambing

Tabel 1. Tahapan pendampingan dan luaran yang dihasilkan

Tahap	Kegiatan	Luaran
1	Koordinasi dan identifikasi kebutuhan pengelola serta pemangku kepentingan desa	Ruang lingkup fasilitas dan persoalan prioritas
2	Observasi dan inventarisasi data bangunan, alat plambing, sumber air, serta jalur penyaluran	Data dasar perhitungan air bersih, air buangan, dan air hujan
3	Perhitungan kebutuhan air dengan metode jumlah pemakai, jenis alat, dan unit beban alat plambing	Nilai kebutuhan air dan debit rencana
4	Perencanaan jaringan air bersih, air buangan, ventilasi, air hujan, dan bangunan resapan	Skema sistem, dimensi awal, dan rekomendasi komponen
5	Penyusunan rekomendasi tangki septik dan biofilter sederhana	Konsep pengolahan air limbah setempat
6	Penyusunan daftar kuantitas pekerjaan dan rencana anggaran biaya	Estimasi material, jasa, dan biaya pelaksanaan

Dasar Perhitungan dan Evaluasi

Kebutuhan air dihitung melalui tiga pendekatan untuk memberikan rentang keputusan. Perencanaan awal dalam dokumen kegiatan menggunakan SNI 8153:2015, sedangkan pemeriksaan sebelum konstruksi harus merujuk revisi terbaru, yaitu SNI 8153:2025 (Badan Standardisasi Nasional [BSN], 2015, 2025a). Air buangan dipisahkan menjadi air limbah nonkaku dan kaku; pengolahan direncanakan secara setempat dengan mempertimbangkan kemampuan operasi mitra. Bukti eksperimental menunjukkan bahwa sistem pengolahan terdesentralisasi perlu memperhatikan beban hidraulik karena memengaruhi kontak, kinerja pengolahan, dan kestabilan proses (Rahman et al., 2023).

Perencanaan air hujan menggunakan data curah hujan dokumen teknis awal dan konsep bangunan resapan. Rancangan awal mengacu pada SNI 8456:2017, tetapi ukuran

akhir harus diverifikasi terhadap SNI 8456:2025, hasil uji permeabilitas tanah, muka air tanah, jarak aman, dan luas lahan tersedia (BSN, 2017, 2025b). Evaluasi kegiatan dilakukan pada tingkat keluaran melalui pemeriksaan keterpenuhan komponen dokumen, konsistensi angka antartabel, keterlacakan dasar perhitungan, dan kegunaan dokumen sebagai bahan komunikasi awal. Evaluasi fisik, kualitas efluen, serta kepuasan pengguna belum dilakukan karena kegiatan berhenti pada tahap perencanaan.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Objek dan Kebutuhan Mitra

Objek perencanaan berupa fasilitas agrowisata atau penginapan satu lantai dengan luas sekitar 19,5 m² sesuai dokumen awal. Ruang lingkup pekerjaan meliputi sistem air bersih, air buangan dan ventilasi, air hujan, pengolahan setempat, bangunan resapan, serta estimasi biaya. Kebutuhan utama mitra adalah acuan yang menghubungkan rencana ruang dengan dimensi sistem, komponen, dan biaya agar proses pembangunan tidak dilakukan berdasarkan perkiraan semata.

Manfaat aktual yang telah diperoleh mitra pada tahap ini adalah tersedianya dokumen perencanaan untuk membahas prioritas pekerjaan dengan perangkat desa, perencana, tukang, dan calon penyandang dana. Manfaat operasional berupa peningkatan kualitas sanitasi dan kenyamanan pengunjung masih bersifat prospektif karena konstruksi dan uji kinerja belum dilaksanakan. Perbedaan antara keluaran dokumen dan dampak fisik ini penting agar keberhasilan kegiatan tidak dinyatakan melampaui bukti yang tersedia.

Rancangan Sistem Air Bersih

Sistem air bersih direkomendasikan menggunakan reservoir bawah, pompa, dan tangki atap. Air dari sumur atau jaringan penyedia air ditampung pada reservoir bawah, dipompa ke tangki atap, lalu didistribusikan secara gravitasi menuju alat plambing. Konfigurasi ini dipilih karena sederhana, relatif mudah dirawat, dan memberikan cadangan operasional ketika pasokan atau pompa mengalami gangguan sementara.

Perbandingan hasil tiga metode perhitungan kebutuhan air disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan air bersih berdasarkan tiga metode perhitungan

Metode	Qd (L/hari)	Qh (L/jam)	Qh maks (L/jam)	Qm maks (L/menit)
Jumlah pemakai	240	30	45	1,5
Jenis dan jumlah alat plambing	564,7	70,6	105,9	5,3
Unit beban alat plambing	800	100	150	5

Nilai 564,7 L/hari dari pendekatan jenis dan jumlah alat dipilih sebagai basis rancangan karena mencerminkan peralatan yang tersedia dan tetap memberikan cadangan dibandingkan metode jumlah pemakai. Keputusan ini tidak berarti angka tersebut final untuk seluruh kondisi operasi. Jumlah pengunjung, pola puncak, kehilangan air, kapasitas tangki, dan tekanan minimum perlu diperbarui ketika data operasional telah tersedia.

Rancangan Air Buangan dan Ventilasi

Jaringan air buangan memisahkan air limbah nonkaku dari wastafel, urinoar, dan pembuangan lantai dengan air limbah kaku dari kloset. Pemisahan memberi fleksibilitas pengolahan: air limbah kaku diarahkan ke tangki septik, sedangkan air limbah nonkaku diarahkan ke biofilter sederhana. Kajian Indonesia menunjukkan bahwa kinerja sistem domestik tidak hanya ditentukan pilihan teknologi, tetapi juga kesinambungan operasi dan pemeliharaan (Widyarani et al., 2022). Karena itu, akses pengurusan, inspeksi, dan tanggung jawab pengelola perlu ditetapkan sebelum konstruksi.

Pipa ventilasi direncanakan untuk menjaga keseimbangan tekanan, mencegah hilangnya perangkat air, dan mengurangi risiko bau. Dokumen awal menetapkan diameter 3 inci pada jaringan ventilasi yang dirancang. Angka tersebut harus diperiksa kembali terhadap jumlah unit beban, panjang ekuivalen, konfigurasi cabang, dan ketentuan SNI 8153:2025 sebelum menjadi gambar kerja. Pilihan biofilter sesuai dengan arah pengolahan terdesentralisasi berskala kecil, tetapi konfigurasi media, waktu tinggal, beban organik, dan mutu efluen harus dirinci pada tahap desain lanjutan (Li et al., 2024; Sha et al., 2024).

Mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi perlu diperiksa menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Apabila air hasil olahan dibuang atau dimanfaatkan, desain dan operasi juga perlu memenuhi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 11 Tahun 2025 tentang baku mutu dan standar teknologi pengolahan air limbah domestik.

Rancangan Air Hujan dan Bangunan Resapan

Air hujan dari atap dan halaman dialirkan melalui pipa vertikal dan horizontal menuju bangunan resapan. Data dokumen awal mencatat curah hujan tahunan 3.394 mm atau rata-rata 282,8 mm per bulan. Besaran tersebut adalah kedalaman curah hujan, bukan debit; debit rencana tetap memerlukan luas tangkapan, koefisien limpasan, dan intensitas hujan rancangan. Pemanfaatan air hujan dapat mengurangi limpasan dan tekanan pada sumber air, tetapi kapasitas simpan perlu diseimbangkan dengan pola hujan dan kebutuhan (Teston et al., 2022; Almeida et al., 2023).

Dokumen awal merekomendasikan satu bangunan resapan berukuran 6,5 m × 6,5 m × 2,7 m. Ukuran yang relatif besar dibandingkan luas bangunan harus diperlakukan sebagai rancangan pendahuluan. Sebelum implementasi, dimensi perlu dikaji ulang menggunakan data intensitas hujan, permeabilitas tanah, muka air tanah, jarak terhadap fondasi dan sumber air, serta ketersediaan lahan. Pendekatan multi-kriteria relevan karena sistem pemanenan atau resapan di wilayah perdesaan harus layak secara teknis, sosial, dan ekonomi (Prieto-Jiménez et al., 2024). Model komunal di Jakarta juga menunjukkan bahwa pengelolaan bersama dapat meningkatkan fungsi penyediaan air sekaligus imbuhan air tanah, asalkan organisasi dan pemeliharaan diperjelas (Suprapti et al., 2025).

Keluaran Perencanaan dan Manfaat bagi Mitra

Kegiatan menghasilkan seluruh paket keluaran yang direncanakan. Namun, indikator keberhasilan dibatasi pada kelengkapan dokumen, bukan perubahan pengetahuan peserta atau kinerja sanitasi. Jumlah peserta, hasil penilaian sebelum-sesudah, mutu air,

dan kepuasan pengguna tidak tersedia dalam dokumen kegiatan. Oleh sebab itu, klaim manfaat difokuskan pada kesiapan perencanaan dan dukungan pengambilan keputusan.

Tabel 3. *Keluaran teknis dan manfaat langsung bagi mitra*

Komponen	Hasil perencanaan	Manfaat langsung bagi mitra
Air bersih	Reservoir bawah, pompa, tangki atap, jaringan distribusi, dan kebutuhan 564,7 L/hari	Acuan kapasitas dan pemasangan komponen
Air buangan dan ventilasi	Pemisahan aliran nonkakus-kakus, dimensi awal pipa, dan jaringan ventilasi	Acuan pencegahan bau, sumbatan, dan kontaminasi
Pengolahan setempat	Tangki septik untuk air limbah kakus dan biofilter untuk air limbah nonkakus	Dasar pembahasan teknologi dan kebutuhan operasi
Air hujan	Jaringan pipa dan satu bangunan resapan pendahuluan	Dasar konservasi limpasan dan verifikasi lapangan
Biaya	Daftar kuantitas pekerjaan dan rencana anggaran biaya	Bahan menentukan prioritas, pendanaan, dan tahapan konstruksi

Rencana Anggaran Biaya

Estimasi biaya disusun untuk menggambarkan kebutuhan material, alat saniter, dan jasa pemasangan. Nilai ini berfungsi sebagai dasar diskusi, bukan harga kontrak, karena harga satuan, merek, volume akhir, dan kondisi lapangan dapat berubah. Ringkasan biaya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. *Rencana Anggaran Biaya Sistem Plambing*

No.	Kegiatan	Biaya
1	Penyediaan alat saniter	Rp40.266.800,00
2	Pipa jaringan air bersih	Rp769.400,00
3	Aksesori pipa jaringan air bersih	Rp3.923.100,00
4	Pipa jaringan air buangan dan ventilasi	Rp769.400,00
5	Aksesori pipa jaringan air buangan dan ventilasi	Rp1.205.500,00
6	Pipa jaringan air hujan	Rp5.007.600,00
7	Aksesori pipa jaringan air hujan	Rp492.100,00
8	Jasa pemasangan alat saniter	Rp7.630.000,00
9	Jasa pemasangan pipa dan aksesori air bersih	Rp7.280.000,00
10	Jasa pemasangan pipa dan aksesori air buangan serta ventilasi	Rp2.080.000,00
11	Jasa pemasangan pipa dan talang air hujan	Rp2.080.000,00
12	Jasa pemasangan tangki atap dan pompa	Rp3.880.000,00
13	Galian reservoir bawah, bangunan resapan, dan biofilter sederhana	Rp16.240.000,00
Total biaya		Rp91.623.900,00

Komponen alat saniter merupakan porsi biaya terbesar, diikuti pekerjaan galian dan konstruksi pengolahan atau resapan. Informasi ini membantu mitra menyusun tahapan pembangunan. Prioritas pertama dapat diarahkan pada sistem air bersih, air buangan, dan pengolahan yang menentukan fungsi dasar sanitasi; komponen konservasi dan peningkatan layanan dapat diselaraskan dengan ketersediaan dana tanpa menghilangkan

kewajiban pengendalian limpasan dan pencemaran. Seluruh harga perlu diperbarui pada saat pengadaan.

Kontribusi, Keterbatasan, dan Keberlanjutan

Kontribusi utama kegiatan adalah menerjemahkan prinsip bangunan hijau menjadi keputusan teknis yang dapat dipahami dan digunakan mitra: menghitung kebutuhan air, memisahkan aliran limbah, menyediakan ventilasi, mengendalikan limpasan, dan menyiapkan anggaran. Pendekatan ini konsisten dengan temuan bahwa sistem air terdesentralisasi perlu disesuaikan dengan konteks, kapasitas pengelola, dan kebutuhan lokal (Li et al., 2024; Sha et al., 2024).

Keterbatasan kegiatan meliputi belum adanya implementasi fisik, uji perkolasi tanah, pengukuran kualitas air, uji kinerja pengolahan, data rinci jumlah pengguna, serta evaluasi pengetahuan atau kepuasan mitra. Rancangan juga disusun menggunakan standar yang berlaku ketika dokumen awal dibuat; oleh karena itu, seluruh dimensi harus diperiksa terhadap SNI 8153:2025 dan SNI 8456:2025 sebelum konstruksi.

Keberlanjutan kegiatan memerlukan empat tindak lanjut: validasi desain di lokasi bersama tenaga kompeten, pembaruan data pengguna dan harga satuan, penyusunan prosedur operasi-pemeliharaan, serta pemantauan berkala terhadap kebocoran, pengurasan tangki, mutu efluen, dan fungsi resapan. Dengan tindak lanjut tersebut, dokumen pendampingan dapat berkembang menjadi gambar kerja yang aman dan dapat dipertanggungjawabkan.

Kesimpulan

Pendampingan menghasilkan dokumen perencanaan sistem plambing untuk agrowisata Desa Bulu yang mencakup penyediaan air bersih 564,7 L/hari, pemisahan air limbah nonkaku dan kaku, ventilasi pipa, rekomendasi tangki septik dan biofilter, pengelolaan air hujan, bangunan resapan, serta estimasi biaya Rp91.623.900,00. Keberuan praktis kegiatan terletak pada pengintegrasian efisiensi air, pengendalian pencemaran, konservasi limpasan, dan kesiapan anggaran dalam satu dokumen yang dapat digunakan mitra untuk menentukan prioritas pembangunan.

Dokumen tersebut masih merupakan rancangan pendahuluan. Kegiatan berikutnya disarankan melakukan verifikasi kondisi tanah dan bangunan, pembaruan jumlah pengguna dan harga, penyesuaian terhadap SNI terbaru, penyusunan gambar kerja, serta evaluasi implementasi melalui mutu air, kinerja sistem, dan kepuasan pengguna.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada perangkat dan masyarakat Desa Bulu, pengelola fasilitas agrowisata, Dosen Pembimbing Lapangan Kuliah Kerja Nyata, serta Universitas Islam Indonesia atas dukungan terhadap kegiatan pendampingan perencanaan sistem plambing.

Referensi

- Almeida, A. P., Liberalesso, T., Silva, C. M., & Sousa, V. (2023). Combining green roofs and rainwater harvesting systems in university buildings under different climate conditions. *Science of the Total Environment*, 887, 163719. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163719>
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI 8153:2015: Sistem plambing pada bangunan gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8456:2017: Sumur dan parit resapan air hujan. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2025a). SNI 8153:2025: Sistem plambing pada bangunan gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2025b). SNI 8456:2025: Sumur dan parit resapan air hujan. Badan Standardisasi Nasional.
- de Vries, W. T., & Shi, J. (2024). Assessing rainwater risks and rainwater harvesting opportunities for the new capital city of Indonesia. *Sustainability*, 16(22), 9999. <https://doi.org/10.3390/su16229999>
- Habibullah, N., Sahrir, S., & Ponrahono, Z. (2023). Integrating rainwater harvesting and greywater recycling to increase water efficiency in office buildings. *Planning Malaysia*, 21(29), 253–266. <https://doi.org/10.21837/pm.v21i29.1369>
- Li, X., Zhang, X., Zhao, M., Zheng, X., Wang, Z., & Fan, C. (2024). Application of decentralized wastewater treatment technology in rural domestic wastewater treatment. *Sustainability*, 16(19), 8635. <https://doi.org/10.3390/su16198635>
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Standar Teknologi Pengolahan Air Limbah untuk Air Limbah Domestik.
- Prieto-Jiménez, D., Oviedo-Ocaña, E. R., Gómez-Isidro, S., & Domínguez, I. C. (2024). A multicriteria decision analysis for selecting rainwater harvesting systems in rural areas: A tool for developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 31, 42476–42491. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33734-8>
- Rahman, K. Z., Chen, X., Blumberg, M., Bernhard, K., Müller, R. A., Mackenzie, K., Trabitzsch, R., & Moeller, L. (2023). Effect of hydraulic loading rate on treatment performance of a pilot wetland roof treating greywater from a household. *Water*, 15(19), 3375. <https://doi.org/10.3390/w15193375>
- Sha, C., Shen, S., Zhang, J., Zhou, C., Lu, X., & Zhang, H. (2024). A review of strategies and technologies for sustainable decentralized wastewater treatment. *Water*, 16(20), 3003. <https://doi.org/10.3390/w16203003>
- Suprpti, S., Kusuma, M. S. B., Kardhana, H., Cahyono, M., & Juliana, I. C. (2025). Communal-based domestic rainwater harvesting system: A novel approach to alternative solutions for increasing water supply and recharging groundwater in Jagakarsa urban area, South Jakarta. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 11, 101126. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2025.101126>

- Teston, A., Piccinini Scolaro, T., Kuntz Maykot, J., & Ghisi, E. (2022). Comprehensive environmental assessment of rainwater harvesting systems: A literature review. *Water*, 14(17), 2716. <https://doi.org/10.3390/w14172716>
- Widyarani, Wulan, D. R., Hamidah, U., Komarulzaman, A., Rosmalina, R. T., & Sintawardani, N. (2022). Domestic wastewater in Indonesia: Generation, characteristics and treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 32397–32414. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19057-6>