



Pemberdayaan Kelompok Sadar Wisata melalui Implementasi Perkerasan Resap Air sebagai Teknologi Drainase Alami

Kinanti Wijaya ^(1*), *Baharuddin* ⁽²⁾, *Ahmad Zulfikar* ⁽³⁾, *Aula Sekar Arum Pertiwi* ⁽⁴⁾, *I Gede Wyana Lokantara* ⁽⁵⁾, *Sahroni* ⁽⁶⁾, *Trimailuzi* ⁽⁷⁾

^{1,7} Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

^{3,4,5} Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

⁶ Kelompok Sadar Wisata Kampung Jatirejo, Deli Serdang, Indonesia

Received: 2026, 08,16 Accepted: 2026, 08,25

Available online: 2026, 08, 31

*Corresponding author.

E-mail addresses: kinanti.w@unimed.ac.id

Kata Kunci :

Perkerasan Jalan Resap Air, Drainase Alami, Teknologi Tepat Guna, Wisata Edukasi, Pemberdayaan Masyarakat.

Copyright © 2026 Celebes Journal of Community Services. All rights reserved.

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menerapkan teknologi perkerasan jalan resap air untuk mengurangi genangan, meningkatkan kualitas akses, serta mendukung keberlanjutan kawasan wisata edukasi Kampung Jatirejo, Kecamatan Percut Sei Tuan. Kegiatan melibatkan 30 peserta yang terdiri atas anggota Kelompok Sadar Wisata dan masyarakat setempat. Tahapan pelaksanaan mencakup survei lokasi, identifikasi titik rawan genangan, perancangan teknis, sosialisasi, pelatihan, pembangunan prototipe perkerasan berpori, praktik lapangan, pendampingan, serta evaluasi. Pengetahuan peserta dievaluasi melalui pre-test dan post-test, sedangkan kinerja awal penerapan teknologi diamati melalui kondisi permukaan jalan dan kemampuan aliran air masuk ke lapisan bawah. Prototipe perkerasan resap air berbasis kombinasi grass block dan beton berpori berhasil diterapkan pada jalur akses wisata. Nilai rata-rata pengetahuan peserta meningkat dari 62 menjadi 84 atau sebesar 35,5%. Peserta juga menunjukkan peningkatan pemahaman mengenai prinsip infiltrasi, pemasangan material, pengelolaan limpasan, dan pemeliharaan perkerasan. Secara visual, kondisi jalur menjadi lebih tertata dan potensi genangan berkurang setelah penerapan teknologi. Pendekatan partisipatif digunakan untuk memastikan keterlibatan mitra dalam proses pembangunan dan transfer pengetahuan. Evaluasi lapangan juga menunjukkan bahwa peserta mampu menjelaskan prosedur perawatan dasar, termasuk pembersihan permukaan, pengendalian sedimentasi, dan pemeriksaan jalur infiltrasi setelah hujan secara mandiri dan berkala. Teknologi ini berpotensi menjadi solusi drainase sederhana, media pembelajaran lingkungan, serta model teknologi tepat guna yang dapat direplikasi pada kawasan berbasis masyarakat dengan permasalahan serupa.

Pendahuluan

Perubahan tutupan lahan menjadi permukaan kedap air memperbesar limpasan hujan dan mengurangi kesempatan air untuk meresap ke tanah. Kondisi tersebut menjadi persoalan pada kawasan wisata berbasis masyarakat karena kualitas jalur akses, kenyamanan pengunjung, dan fungsi drainase saling berkaitan. Park et al. (2020) menguji perkerasan pada intensitas hujan 36, 48, 60, dan 72 mm/jam dan menunjukkan bahwa beton permeabel serta blok permeabel mampu mengalihkan sebagian air dari limpasan permukaan menuju infiltrasi. Lee et al. (2023) melaporkan bahwa perkerasan permeabel menurunkan debit puncak sebesar 60–75% dibandingkan perkerasan umum. Pemantauan selama satu tahun juga menunjukkan reduksi limpasan rata-rata 14,7% pada lokasi perkerasan permeabel berdasarkan 41 kejadian hujan (Chen et al., 2022). Kinerja tersebut tetap dipengaruhi kondisi permukaan dan umur layanan. Boogaard dan Lucke (2019) menguji 16 instalasi perkerasan permeabel dan menemukan hanya empat lokasi yang masih memiliki kapasitas infiltrasi lebih tinggi dari standar 194 mm/jam. Perbedaan antara pengukuran infiltrasi pada kondisi jenuh dan tidak jenuh bahkan dapat mencapai 300%. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas teknologi dipengaruhi jenis material, desain, kondisi tapak, dan pemeliharaan. Permasalahan serupa ditemukan di Kampong Jatirejo, Kecamatan Percut Sei Tuan. Berdasarkan observasi awal tim, area wisata edukasi seluas 962 m² menghadapi genangan saat hujan, akses yang licin dan lembek, serta kerusakan permukaan jalan. Sistem drainase belum bekerja optimal dan masyarakat belum terbiasa dengan pengelolaan air hujan berbasis resapan. Kondisi tersebut menempatkan perbaikan jalur akses dan pengendalian genangan sebagai kebutuhan langsung bagi pengembangan kawasan wisata edukasi.

Perkerasan resap air menawarkan fungsi ganda sebagai prasarana akses sekaligus sistem pengelolaan limpasan. Air melewati lapisan permukaan, masuk ke lapisan agregat, lalu disimpan sementara atau diteruskan ke tanah. Liu et al. (2021) membandingkan empat struktur perkerasan skala penuh dengan lima intensitas hujan buatan dan menunjukkan bahwa konfigurasi lapisan memengaruhi kapasitas infiltrasi serta kemampuan menahan beban. Dai et al. (2022) menunjukkan bahwa perkerasan permeabel prefabrikasi dapat menunda limpasan dan menurunkan aliran permukaan. Perbandingan porous asphalt, pervious concrete, permeable interlocking concrete pavement, dan grid pavement menunjukkan respons berbeda sehingga pemilihan sistem perlu mengikuti kondisi lokasi (Ciriminna et al., 2022). Manfaatnya mencakup kualitas air. Selbig et al. (2019) memantau tiga jenis perkerasan selama 22 bulan dan memperoleh penyisihan total suspended solids sekitar 60%. Reduksi fosfor total mencapai hampir 20% pada permeable interlocking concrete pavers dan porous asphalt, sedangkan pervious concrete mencapai 43%. Efisiensi penyisihan logam tercatat 40%, 42%, dan 49% pada porous asphalt, permeable interlocking concrete pavers, dan pervious concrete. Winston et al. (2020) menunjukkan bahwa perkerasan permeabel dapat menjadi tahap pengolahan awal dalam sistem pemanenan air hujan. Poor et al. (2023) menunjukkan bahwa kualitas air perlu dikaji karena perkerasan dapat menjadi media pengolahan atau jalur perpindahan kontaminan tergantung kondisi lokasi. Tantangan utama muncul saat pori atau sambungan terisi sedimen. Yang et al. (2019) menemukan bahwa intensitas dan durasi hujan memengaruhi pergerakan sedimen dan penyumbatan. Simpson et al. (2021) melaporkan pemulihan fungsi hidraulik melalui kombinasi pressure washing dan vacuuming. Yang et al. (2022) menguji tujuh metode pembersihan dan memperoleh peningkatan laju infiltrasi hingga 20,9% menggunakan injeksi air bertekanan tinggi yang dikombinasikan dengan vacuuming.

Aspek teknis tersebut menjadi lebih penting ketika teknologi diterapkan pada kawasan wisata yang dikelola masyarakat. Keberhasilan program tidak cukup dinilai dari terbangunnya perkerasan, tetapi juga dari kemampuan mitra memahami fungsi sistem, melakukan perawatan, dan mempertahankan kinerjanya setelah kegiatan selesai. Muttuvelu et al. (2024) menegaskan pentingnya pengukuran infiltrasi lapangan pada perkerasan permeabel karena kondisi aktual dapat berbeda dari karakteristik material saat pemasangan. Pada konteks pariwisata berbasis masyarakat, keterlibatan

warga juga menjadi komponen penting. Oka et al. (2021) melibatkan 200 responden pada kajian desa wisata dan menemukan bahwa dari 20 indikator persepsi, dua indikator berada pada kategori sangat baik dan 18 indikator pada kategori baik. Lima kelompok faktor, yaitu ekonomi, sosial, budaya, lingkungan, dan politik, berkontribusi terhadap implementasi community-based tourism. Data tersebut relevan bagi Kampung Jatirejo karena mitra kegiatan adalah Kelompok Sadar Wisata dan masyarakat produktif yang akan menggunakan sekaligus merawat infrastruktur. Observasi awal menunjukkan bahwa mitra belum memiliki keterampilan memadai untuk mengidentifikasi titik rawan genangan, memahami hubungan permeabilitas perkerasan dengan infiltrasi tanah, menyusun jadwal pembersihan, serta melakukan pemeriksaan setelah hujan. Program ini dirancang dengan pendekatan partisipatif melalui survei lokasi, perancangan teknis, sosialisasi, pelatihan, praktik pembangunan, pendampingan, dan evaluasi. Teknologi yang diterapkan menggunakan kombinasi grass block dan beton berpori sehingga jalur akses dapat berfungsi sebagai permukaan sirkulasi sekaligus media resapan. Prototipe juga ditempatkan sebagai objek pembelajaran langsung bagi masyarakat dan pengunjung. Artikel ini memfokuskan pembahasan pada implementasi teknologi perkerasan resap air untuk pengendalian genangan, peningkatan kualitas jalur akses, transfer pengetahuan kepada mitra, serta pengembangan model teknologi tepat guna yang sesuai dengan karakter kawasan wisata edukasi Kampung Jatirejo.

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Solusi

Kemitraan masyarakat menjadi salah satu unsur penting dalam pengembangan kawasan wisata berbasis komunitas karena masyarakat tidak hanya berperan sebagai penerima manfaat, tetapi juga sebagai pengguna, pengelola, dan penjaga keberlanjutan hasil program. Konsep community-based tourism menempatkan keterlibatan masyarakat lokal dalam perencanaan, pelaksanaan, pembagian manfaat, dan pengelolaan sumber daya sebagai komponen utama keberlanjutan destinasi. Yanes et al. (2019) menunjukkan bahwa keberhasilan pengembangan pariwisata berbasis masyarakat di negara berkembang sangat dipengaruhi oleh kapasitas lokal, struktur tata kelola, akses terhadap sumber daya, dan ruang yang tersedia bagi masyarakat untuk terlibat dalam proses pengambilan keputusan. Konteks Indonesia memperlihatkan pola serupa. Priatmoko et al. (2021), melalui studi di Desa Pampang, menempatkan perspektif masyarakat desa sebagai dasar dalam merumuskan pengembangan pariwisata yang berkelanjutan. Pendekatan yang berorientasi kepada masyarakat dibutuhkan agar program tidak berhenti sebagai intervensi dari pihak luar, tetapi menjadi bagian dari aktivitas lokal yang dapat dipertahankan setelah program selesai. Bukti kuantitatif juga diberikan oleh Wang et al. (2021) melalui survei terhadap 249 penduduk lokal di Whampoa Ancient Village. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat berpengaruh positif terhadap dukungan penduduk terhadap pengembangan pariwisata. Persepsi terhadap konflik dalam komunitas juga berperan sebagai mediator dalam hubungan tersebut. Pada destinasi ekowisata Lower Kinabatangan, Sabah, Chan et al. (2021) menemukan bahwa hanya 42,4% responden yang memiliki pekerjaan berkaitan langsung dengan aktivitas pariwisata. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberadaan destinasi wisata belum otomatis menghasilkan partisipasi masyarakat yang luas tanpa kesempatan, pengetahuan, dan mekanisme keterlibatan yang memadai.

Keterlibatan masyarakat juga perlu dikembangkan dari sekadar kehadiran dalam kegiatan menuju kemampuan untuk memahami, mengoperasikan, dan memelihara hasil intervensi. Quang et al. (2023) melakukan observasi dan wawancara semi-terstruktur terhadap 19 warga yang terlibat dalam kegiatan pariwisata di Nhon Ly, Vietnam. Sebanyak 13 informan atau 68,4% merupakan laki-laki dengan usia rata-rata 45,3 tahun. Studi tersebut menemukan bahwa pariwisata meningkatkan pendapatan, mendorong perubahan mata pencaharian, dan memperbaiki kesadaran lingkungan. Partisipasi masyarakat masih lebih banyak berada pada tahap penyediaan jasa dan belum berkembang secara kuat pada pengambilan keputusan serta perencanaan program. Keterbatasan keterampilan dan

pengetahuan lokal menjadi salah satu hambatan yang teridentifikasi. Temuan tersebut relevan dengan pendekatan pengabdian kepada masyarakat karena keberhasilan suatu teknologi tidak cukup diukur dari produk fisik yang selesai dibangun. Dampak perlu mencakup perubahan kapasitas penerima manfaat. Feor et al. (2023) melalui tinjauan sistematis mengenai social impact measurement menunjukkan pentingnya pengukuran dampak pascaintervensi untuk mengetahui perubahan yang benar-benar dihasilkan oleh suatu program sosial. Penilaian tidak seharusnya hanya mencatat keluaran kegiatan, tetapi perlu menangkap perubahan pada penerima manfaat dan keberlanjutan manfaat tersebut. Dalam konteks hubungan perguruan tinggi dengan masyarakat, Compan et al. (2024) secara khusus mengembangkan dan memvalidasi indikator keberlanjutan untuk mengukur dampak sosial program university-community engagement. Kerangka tersebut memperkuat kebutuhan untuk mengevaluasi kegiatan pengabdian melalui indikator yang mencerminkan hasil nyata bagi masyarakat. Dengan kerangka ini, pembangunan infrastruktur di Kampong Jatirejo perlu disertai transfer pengetahuan, keterlibatan dalam pembangunan, kemampuan melakukan pemeriksaan sederhana, dan pemahaman mengenai pemeliharaan sistem.

Pada aspek teknis, perkerasan permeabel merupakan pendekatan pengelolaan air hujan yang memberikan ruang bagi air untuk melewati permukaan perkerasan dan masuk ke lapisan di bawahnya. Teknologi ini relevan pada lokasi yang mengalami genangan akibat terbatasnya infiltrasi permukaan. Kinerja perkerasan permeabel telah diuji dalam berbagai kondisi lapangan. Boogaard dan Lucke (2019) mengevaluasi 16 instalasi perkerasan permeabel menggunakan metode infiltrasi skala penuh di Belanda. Standar yang digunakan mensyaratkan kapasitas infiltrasi minimum sebesar 194 mm/jam atau 540 L/s/ha. Hasil pengukuran menunjukkan hanya empat lokasi lama yang masih memenuhi atau melampaui nilai tersebut. Temuan ini memberikan dua informasi penting bagi pengembangan solusi, yaitu kemampuan infiltrasi perkerasan permeabel dapat tetap tinggi dalam kondisi tertentu, tetapi kinerjanya sangat dipengaruhi umur sistem dan kondisi pemeliharaan. Dai et al. (2022) juga menunjukkan bahwa penggunaan perkerasan permeabel prefabrikasi dapat menunda waktu terbentuknya limpasan serta menurunkan debit puncak pada area parkir. Hasil tersebut mendukung fungsi perkerasan permeabel sebagai bagian dari sistem pengendalian air hujan pada tingkat tapak. Dampak terhadap debit puncak ditunjukkan lebih jelas oleh Lee et al. (2023), yang menemukan bahwa penerapan perkerasan permeabel mampu menurunkan debit puncak sekitar 60–75% dibandingkan kondisi perkerasan konvensional pada skenario yang diteliti. Data tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan perkerasan resap air memiliki dasar teknis yang cukup kuat untuk diterapkan pada jalur akses dengan masalah genangan, selama desain dan pemeliharaan disesuaikan dengan kondisi tapak.

Pengembangan solusi pada kegiatan ini mengintegrasikan dua dimensi yang masih sering diperlakukan secara terpisah dalam literatur, yaitu kinerja teknologi drainase berbasis infiltrasi dan penguatan kapasitas masyarakat sebagai pengelola teknologi. Kondisi awal Kampong Jatirejo menunjukkan adanya area wisata edukasi seluas 962 m² dengan permasalahan genangan, permukaan akses yang licin dan lembek saat hujan, sistem drainase yang belum optimal, serta keterbatasan pengetahuan masyarakat mengenai teknologi perkerasan ramah lingkungan. Solusi fisik dikembangkan melalui kombinasi pore block dan grass block. Material pore block dalam rancangan program terdiri atas semen, zeolit halus, batu pecah berukuran maksimum 10–20 mm, carbon nanotube (CNT), dan air. Pasir tidak digunakan untuk mempertahankan pembentukan rongga yang memungkinkan air permukaan mengalir menuju lapisan tanah di bawahnya. Penerapan teknologi kemudian dipadukan dengan sosialisasi, diskusi, demonstrasi, praktik lapangan, pendampingan, dan evaluasi. Mitra juga dilibatkan dalam penyediaan lokasi serta pelaksanaan kegiatan. Pendekatan tersebut membedakan program ini dari penerapan perkerasan permeabel yang hanya menilai aspek hidrologis. Pengembangan solusi diarahkan pada terbentuknya hubungan antara infrastruktur-pengetahuan-partisipasi-pemeliharaan. Perkerasan resap air berfungsi sebagai solusi fisik terhadap

genangan sekaligus media pembelajaran langsung bagi masyarakat. Pelatihan memberikan dasar agar mitra memahami prinsip infiltrasi dan pemeliharaan. Keterlibatan dalam pembangunan membangun pengalaman praktis serta rasa memiliki terhadap produk. Evaluasi perubahan pengetahuan memberikan bukti mengenai dampak pemberdayaan, sementara pengamatan kondisi jalur menyediakan informasi awal mengenai manfaat teknologi. Kerangka ini menempatkan masyarakat sebagai bagian dari sistem pengelolaan infrastruktur, bukan hanya sebagai penerima hasil pembangunan, sehingga model penerapan memiliki peluang lebih besar untuk dipertahankan dan direplikasi pada kawasan wisata berbasis masyarakat dengan karakteristik permasalahan yang serupa.



Gambar 1.

Kondisi Eksisting Lokasi Mitra di Kawasan Wisata Edukasi Kampung Jatirejo

Metode Pelaksanaan

1. Pendekatan Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan menggunakan pendekatan partisipatif yang menggabungkan edukasi, demonstrasi, praktik lapangan, penerapan teknologi, dan pendampingan. Pendekatan ini dipilih karena permasalahan mitra mencakup dua aspek utama, yaitu kondisi jalur akses yang mengalami genangan saat hujan dan keterbatasan pengetahuan masyarakat mengenai sistem drainase berbasis resapan. Kegiatan tidak hanya diarahkan pada pembangunan infrastruktur fisik, tetapi juga pada peningkatan kemampuan masyarakat dalam memahami prinsip kerja, pemasangan, penggunaan, dan pemeliharaan perkerasan resap air. Mitra dilibatkan sejak tahap identifikasi kondisi lapangan hingga evaluasi hasil penerapan teknologi. Proses edukasi dilakukan melalui penyampaian materi dan diskusi mengenai penyebab genangan, fungsi drainase, prinsip infiltrasi, serta peran perkerasan berpori dalam mengurangi limpasan permukaan. Demonstrasi dan praktik lapangan digunakan untuk memperlihatkan secara langsung proses penyiapan jalur, penataan material, pemasangan perkerasan, dan pemeriksaan kondisi permukaan setelah penerapan. Pendekatan tersebut memungkinkan proses transfer pengetahuan berlangsung bersamaan dengan pembangunan prototipe sehingga peserta memperoleh pemahaman konseptual sekaligus pengalaman praktis. Data kegiatan yang dicatat meliputi karakteristik lokasi, kondisi jalur sebelum dan setelah penerapan teknologi, keterlibatan peserta, nilai pengetahuan sebelum dan setelah kegiatan, serta hasil

pengamatan awal terhadap kemampuan permukaan dalam mengalirkan air menuju lapisan bawah.

2. Profil Mitra dan Lokasi

Kegiatan dilaksanakan di kawasan wisata edukasi Kampong Jatirejo, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Kawasan yang dikembangkan memiliki luas sekitar 962 m² dan dimanfaatkan sebagai area wisata edukasi yang dilengkapi dengan tanaman serta kolam budidaya ikan. Lokasi dipilih berdasarkan hasil observasi awal dan diskusi bersama pengelola kawasan. Jalur masuk masih didominasi material alami dengan kondisi permukaan yang tidak merata pada beberapa bagian. Saat hujan, sejumlah titik mengalami genangan sehingga permukaan menjadi licin dan lembek. Kondisi tersebut mengurangi kenyamanan akses serta berpotensi mempercepat kerusakan jalur. Sistem drainase yang tersedia juga belum mampu mengelola limpasan permukaan secara optimal. Mitra utama kegiatan adalah Kelompok Sadar Wisata Kampong Jatirejo bersama masyarakat setempat. Sebanyak 30 peserta dilibatkan dalam kegiatan edukasi dan praktik lapangan. Penentuan peserta dilakukan secara purposif dengan memprioritaskan anggota kelompok dan masyarakat yang terlibat dalam pengelolaan, penggunaan, atau pemeliharaan kawasan wisata. Pemilihan kelompok tersebut didasarkan pada perannya sebagai pengguna langsung hasil kegiatan dan pihak yang akan melanjutkan pemeliharaan infrastruktur setelah program selesai. Permasalahan mitra tidak hanya berkaitan dengan kebutuhan terhadap jalur akses yang lebih aman, tetapi juga keterbatasan keterampilan dalam mengenali titik rawan genangan, memahami proses infiltrasi, serta melakukan pemeliharaan perkerasan berpori. Kondisi tersebut menjadi dasar penetapan lokasi dan kelompok sasaran kegiatan.

3. Tahapan Pelaksanaan

Pelaksanaan program dilakukan secara berurutan mulai dari survei awal, persiapan kegiatan, edukasi masyarakat, pembangunan prototipe, hingga pendampingan. Tahap pertama berupa survei dan identifikasi kondisi lapangan. Tim bersama mitra mengamati permukaan jalur, titik-titik yang sering mengalami genangan, arah aliran air, kondisi tanah, serta kebutuhan akses pada kawasan wisata. Hasil pengamatan digunakan sebagai dasar penentuan bagian jalur yang menjadi lokasi penerapan teknologi. Dokumentasi foto dan lembar observasi digunakan untuk mencatat kondisi awal. Tahap kedua adalah sosialisasi dan pelatihan kepada 30 peserta. Sebelum penyampaian materi, peserta mengerjakan pre-test untuk memperoleh gambaran awal mengenai pemahaman mereka terhadap drainase, infiltrasi, perkerasan resap air, dan pemeliharaan sistem. Materi kemudian disampaikan melalui penjelasan langsung, diskusi, dan demonstrasi. Peserta memperoleh penjelasan mengenai hubungan antara permukaan kedap air, limpasan hujan, genangan, serta fungsi rongga pada perkerasan berpori. Tahap ketiga berupa persiapan dan penerapan teknologi perkerasan resap air. Sistem yang diterapkan memadukan grass block dan beton berpori sebagai bagian dari jalur akses kawasan wisata. Material pore block yang digunakan dikembangkan dari semen, zeolit halus, batu pecah berukuran maksimum 10–20 mm, carbon nanotube (CNT), dan air. Campuran tidak menggunakan pasir agar terbentuk rongga yang memungkinkan air melewati permukaan dan bergerak menuju lapisan tanah di bawahnya. Pelaksanaan lapangan mencakup penyiapan permukaan, pengaturan elevasi jalur, penempatan material, pemasangan elemen perkerasan, serta pemeriksaan kondisi permukaan setelah pemasangan. Masyarakat dilibatkan dalam praktik sehingga proses pembangunan juga berfungsi sebagai media pembelajaran berbasis objek langsung. Tahap keempat adalah pendampingan penggunaan dan pemeliharaan. Peserta diberikan arahan mengenai pembersihan permukaan, pengendalian sedimen, pemeriksaan rongga atau jalur infiltrasi, serta inspeksi kondisi perkerasan setelah hujan. Seluruh tahapan didokumentasikan melalui catatan kegiatan, lembar observasi, dokumentasi visual, serta hasil evaluasi peserta.

4. Evaluasi Keberhasilan Program

Evaluasi keberhasilan program dilakukan pada aspek peningkatan kapasitas masyarakat dan penerapan awal teknologi di lapangan. Perubahan pengetahuan peserta diukur menggunakan pre-test sebelum kegiatan edukasi dan post-test setelah penyampaian materi serta praktik lapangan. Instrumen mencakup pemahaman mengenai fungsi drainase, prinsip infiltrasi, manfaat perkerasan resap air, pengelolaan limpasan, dan prosedur pemeliharaan. Skor masing-masing peserta dicatat kemudian dibandingkan antara kondisi sebelum dan sesudah kegiatan. Program dinilai berhasil pada aspek pemberdayaan apabila terjadi peningkatan nilai rata-rata pengetahuan peserta dan peserta mampu menjelaskan kembali prosedur dasar pengoperasian serta pemeliharaan sistem. Hasil evaluasi menunjukkan nilai rata-rata peserta meningkat dari 62 pada pre-test menjadi 84 pada post-test, yang menunjukkan peningkatan sebesar 35,5%. Evaluasi teknis dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kondisi prototipe setelah pemasangan. Parameter yang diamati meliputi keteraturan permukaan jalur, keberadaan titik genangan, kemampuan air pada permukaan untuk masuk melalui rongga perkerasan, kondisi sambungan antar elemen, serta potensi akumulasi sedimen yang dapat menghambat infiltrasi. Pengamatan dilakukan secara visual dan didokumentasikan pada lembar observasi serta foto lapangan. Keberhasilan awal penerapan teknologi ditetapkan apabila permukaan jalur berada dalam kondisi lebih tertata, air tidak tertahan dalam waktu lama pada permukaan, dan jalur infiltrasi tetap berfungsi setelah terkena air. Evaluasi juga mencakup kemampuan peserta dalam melakukan pembersihan permukaan, mengenali potensi penyumbatan, dan menjelaskan langkah pemeriksaan setelah hujan. Setelah penerapan teknologi, pendampingan dilakukan secara berkala bersama mitra untuk menjaga fungsi perkerasan serta memastikan bahwa masyarakat dapat melaksanakan pemeliharaan dasar secara mandiri. Evaluasi ini digunakan untuk menilai keberhasilan program sebagai kombinasi antara penerapan teknologi tepat guna dan peningkatan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan infrastruktur wisata berbasis resapan.



Gambar 2.

Peta Lokasi Mitra Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat di Kampong Jatirejo, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang

Hasil dan Pembahasan

Hasil

1. *Dinamika Intervensi dan Penerapan Solusi*

Intervensi dimulai dari identifikasi kondisi jalur akses di kawasan wisata edukasi Kampong Jatirejo. Kondisi awal pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa lokasi masih didominasi permukaan tanah alami dengan jalur yang belum tertata. Pada beberapa bagian terdapat permukaan tidak rata yang berpotensi menjadi tempat tertahannya air ketika hujan. Kondisi ini sesuai dengan hasil observasi awal yang menunjukkan adanya genangan, permukaan licin, dan akses yang kurang nyaman bagi pengguna kawasan. Proses penerapan solusi tidak langsung diarahkan pada pemasangan material. Tim bersama mitra terlebih dahulu menentukan bagian jalur yang membutuhkan penanganan serta memperhatikan arah aliran air dan kondisi permukaan. Intervensi kemudian dilakukan melalui penyiapan jalur, pengaturan permukaan, pemasangan elemen perkerasan, dan penataan ruang antar elemen agar air tetap dapat bergerak menuju lapisan bawah. Proses pembangunan yang ditampilkan pada Gambar 3 juga menunjukkan keterlibatan langsung tim dan masyarakat dalam pekerjaan lapangan. Pendekatan tersebut penting karena perkerasan permeabel bekerja melalui hubungan antara karakter permukaan, struktur lapisan, dan kemampuan air memasuki media di bawahnya. Dai et al. (2022) menunjukkan bahwa perkerasan permeabel dapat menunda terbentuknya limpasan dan mengurangi aliran permukaan apabila struktur sistem dirancang sesuai dengan kondisi lokasi. Lee et al. (2023) juga melaporkan kemampuan beberapa jenis perkerasan permeabel dalam menurunkan debit puncak, meskipun tingkat kinerjanya berbeda menurut jenis material yang digunakan. Pada kegiatan ini, pemilihan kombinasi grass block dan beton berpori memberikan ruang infiltrasi sekaligus membentuk jalur yang lebih teratur. Material pore block dirancang dengan rongga pada struktur permukaan sehingga air dapat diteruskan menuju tanah di bawahnya, bukan hanya dialirkan secara horizontal menuju saluran drainase.

Dinamika penerapan solusi juga terlihat pada proses pengalihan pengetahuan teknis kepada mitra. Masyarakat tidak ditempatkan hanya sebagai penerima infrastruktur, tetapi dilibatkan dalam praktik pemasangan dan diberikan pemahaman mengenai fungsi infiltrasi serta pemeliharaan perkerasan. Pola ini penting karena keberhasilan teknologi resapan sangat bergantung pada kondisi perkerasan setelah digunakan. Boogaard dan Lucke (2019) mengevaluasi 16 instalasi perkerasan permeabel dan menemukan variasi besar pada kapasitas infiltrasi setelah sistem berada di lapangan. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa usia, kondisi permukaan, serta pemeliharaan dapat memengaruhi fungsi hidraulik perkerasan. Tantangan tersebut diantisipasi pada kegiatan ini melalui pemberian arahan mengenai pembersihan permukaan, pengendalian sedimen, pemeriksaan jalur infiltrasi, serta inspeksi setelah hujan. Proses pendampingan menjadi bagian dari penerapan solusi karena keberlanjutan fungsi jalur bergantung pada kemampuan mitra untuk melakukan tindakan sederhana secara mandiri. Pendekatan partisipatif ini sejalan dengan Priatmoko et al. (2021), yang menunjukkan bahwa pengembangan wisata berbasis masyarakat perlu menempatkan perspektif dan keterlibatan warga sebagai bagian dari proses pengelolaan destinasi. Quang et al. (2023) juga menemukan bahwa keterbatasan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dapat menjadi hambatan dalam pengembangan pariwisata berbasis komunitas, sehingga peningkatan kapasitas perlu berjalan bersama pengembangan fasilitas fisik. Hasil intervensi tersebut tercermin pada Tabel 1, yang menunjukkan bahwa satu unit prototipe berhasil dibangun, jalur akses menjadi lebih tertata, fungsi infiltrasi dapat diamati, dan 83,3% peserta mampu melakukan prosedur dasar pemasangan serta pemeliharaan. Sebanyak 83,3% peserta juga mampu menjelaskan prosedur pemeliharaan secara mandiri, termasuk pembersihan permukaan, pengendalian sedimen, dan pemeriksaan pascahujan.

2. *Capaian Keluaran Program*

Capaian keluaran program menunjukkan bahwa intervensi menghasilkan perubahan pada aspek fisik dan kapasitas mitra. Kondisi awal pada Gambar 1 memperlihatkan jalur akses yang masih berupa

permukaan tanah dengan bagian yang tidak rata, licin saat hujan, dan berpotensi menahan air. Setelah intervensi, satu unit prototipe perkerasan jalan resap air berhasil dibangun dan dapat digunakan sebagai jalur akses kawasan wisata, sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Tabel 1 menunjukkan bahwa target pembangunan fisik mencapai 100%, sedangkan kondisi jalur setelah program menjadi lebih tertata dan fungsi infiltrasi mulai teramati melalui masuknya air permukaan ke rongga perkerasan menuju lapisan bawah. Temuan lapangan ini tidak dimaknai sebagai pengukuran hidrologis jangka panjang, tetapi sebagai bukti awal bahwa sistem telah bekerja sesuai fungsi dasar yang direncanakan. Lee et al. (2023) menunjukkan bahwa perkerasan permeabel mampu mengurangi limpasan permukaan dan debit puncak, meskipun tingkat efektivitasnya dipengaruhi jenis serta konfigurasi sistem. Boogaard dan Lucke (2019) juga menemukan variasi besar kapasitas infiltrasi pada 16 instalasi perkerasan permeabel yang telah beroperasi, sehingga keberhasilan pembangunan perlu diikuti pemantauan dan pemeliharaan. Dalam program ini, prototipe tidak hanya berfungsi sebagai infrastruktur. Jalur tersebut juga diarahkan sebagai media pembelajaran berbasis objek langsung bagi masyarakat dan pengunjung. Selain perubahan permukaan jalur, prototipe menyediakan contoh teknologi yang dapat diamati selama kegiatan edukasi. Peserta dapat melihat hubungan antara susunan material, ruang pori, dan aliran air langsung. Bentuk keluaran ini penting karena materi pelatihan tidak hanya diterima secara verbal, tetapi didukung objek yang tersedia setelah program selesai.

Keluaran nonfisik memperlihatkan perubahan yang lebih terukur pada pengetahuan, keterampilan, dan keterlibatan masyarakat. Seluruh 30 peserta yang terdaftar mengikuti kegiatan sehingga tingkat partisipasi mencapai 100%, melampaui kriteria keberhasilan program sebesar 80% seperti tercantum pada Tabel 1. Nilai rata-rata pengetahuan meningkat dari 62 pada pre-test menjadi 84 pada post-test, atau naik sebesar 35,5%. Proporsi peserta yang mampu menjelaskan prinsip infiltrasi dan pengelolaan limpasan meningkat dari 40,0% menjadi 86,7%, setara dengan peningkatan 46,7 poin persentase.



Gambar 3.
Pelaksanaan Pembangunan Perkerasan Jalan Resap Air di Kampong Jatirejo

Tabel 1.
Evaluasi Keberhasilan Program Penerapan Teknologi Perkerasan Jalan Resap Air

No	Indikator Keberhasilan	Kondisi Awal	Hasil Setelah Pelaksanaan Program	Capaian	Kriteria Keberhasilan	Status
1	Partisipasi peserta dalam kegiatan	30 peserta terdaftar	30 peserta mengikuti kegiatan	100%	≥80% peserta berpartisipasi aktif	Tercapai
2	Pengetahuan tentang sistem drainase dan perkerasan resap air	Nilai rata-rata <i>pre-test</i> 62	Nilai rata-rata <i>post-test</i> 84	Meningkat 35,5%	Peningkatan nilai ≥20%	Tercapai
3	Kemampuan peserta memahami prinsip infiltrasi dan pengelolaan limpasan	40,0% peserta memahami konsep dasar	86,7% peserta mampu menjelaskan konsep dengan benar	Meningkat 46,7 poin persentase	≥80% peserta memahami konsep	Tercapai
4	Keterampilan pemasangan dan pemeliharaan perkerasan resap air	Sebagian besar peserta belum memiliki keterampilan teknis	83,3% peserta mampu melakukan prosedur dasar pemasangan dan pemeliharaan	Meningkat signifikan	≥80% peserta mampu melakukan praktik dasar	Tercapai
5	Ketersediaan infrastruktur perkerasan resap air	Belum tersedia	Terbangun 1 unit prototipe jalur perkerasan resap air	100% target fisik	Prototipe terbangun dan dapat digunakan	Tercapai
6	Kondisi jalur akses	Permukaan tanah tidak rata, licin, dan berpotensi tergenang saat hujan	Jalur lebih tertata dan dapat digunakan sebagai akses kawasan wisata	Kondisi fisik membaik	Jalur dapat digunakan secara aman dan nyaman	Tercapai
7	Kemampuan perkerasan mengalirkan air dari permukaan	Air cenderung tertahan pada beberapa bagian jalur	Air dapat masuk melalui rongga perkerasan menuju lapisan bawah	Fungsi infiltrasi teramati	Tidak terbentuk genangan berkepanjangan pada area intervensi	Tercapai

No	Indikator Keberhasilan	Kondisi Awal	Hasil Setelah Pelaksanaan Program	Capaian	Kriteria Keberhasilan	Status
8	Kemampuan mitra melakukan pemeliharaan mandiri	Belum terdapat pemahaman prosedur pemeliharaan	83,3% peserta mampu menjelaskan pembersihan permukaan, pengendalian sedimen, dan pemeriksaan pascahujan	Meningkat	≥80% peserta memahami prosedur pemeliharaan	Tercapai
9	Pemanfaatan prototipe sebagai media pembelajaran	Belum tersedia media pembelajaran berbasis objek langsung	Prototipe dapat diamati dan digunakan sebagai media edukasi teknologi drainase	1 media pembelajaran tersedia	Produk dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan pengunjung	Tercapai

Pada aspek keterampilan, 83,3% peserta mampu melakukan prosedur dasar pemasangan dan pemeliharaan perkerasan resap air. Persentase yang sama mampu menjelaskan pembersihan permukaan, pengendalian sedimen, dan pemeriksaan pascahujan. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa keluaran program tidak berhenti pada transfer informasi, tetapi mulai membentuk kemampuan praktis yang dibutuhkan untuk menjaga infrastruktur setelah kegiatan selesai. Priatmoko et al. (2021) menekankan pentingnya posisi masyarakat sebagai pelaku dalam pengelolaan destinasi wisata berbasis komunitas agar manfaat program dapat dipertahankan. Quang et al. (2023) menemukan bahwa keterbatasan keterampilan, pengetahuan, dan partisipasi masyarakat masih menjadi hambatan penting dalam pengembangan pariwisata berbasis komunitas. Kenaikan kemampuan peserta di Kampong Jatirejo menjadi relevan karena mitra merupakan kelompok yang akan menggunakan dan merawat hasil intervensi secara langsung. Feor et al. (2023) menegaskan bahwa evaluasi dampak pascaintervensi sebaiknya memanfaatkan data operasional, keterlibatan pemangku kepentingan, serta kombinasi informasi kuantitatif dan kualitatif. Tabel 1 telah menyediakan dasar evaluasi tersebut melalui indikator partisipasi, pengetahuan, keterampilan, kondisi fisik, fungsi infiltrasi, dan kemampuan pemeliharaan, sedangkan Gambar 3 memberikan bukti visual mengenai keterlibatan mitra selama penerapan teknologi.

Pembahasan

1. Analisis Dampak dan Evaluasi Kinerja

Dampak program dapat dilihat dari perubahan kondisi fisik jalur dan kemampuan awal teknologi dalam mendukung pengelolaan air permukaan. Gambar 1 menunjukkan kondisi sebelum intervensi yang masih berupa jalur tanah dengan permukaan tidak rata serta rentan menjadi licin dan tergenang saat hujan. Setelah intervensi, satu unit prototipe perkerasan resap air berhasil diterapkan sebagai bagian dari jalur akses kawasan wisata. Proses penerapannya ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan capaian kinerja fisik dirangkum pada Tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa target pembangunan prototipe mencapai 100%, kondisi jalur menjadi lebih tertata, dan air permukaan dapat masuk melalui rongga perkerasan menuju lapisan bawah. Temuan ini menunjukkan bahwa solusi yang diterapkan telah menjalankan fungsi dasar yang dirancang, yaitu menyediakan akses yang lebih baik sekaligus

membuka jalur infiltrasi bagi air hujan. Hasil tersebut memiliki arah yang sejalan dengan Lee et al. (2023), yang menunjukkan bahwa perkerasan permeabel dapat membantu mengurangi debit puncak dibandingkan perkerasan konvensional. Dalam kondisi penelitian mereka, reduksi debit puncak dilaporkan sekitar 60–75%. Besarnya manfaat tersebut tidak dapat langsung disamakan dengan kondisi Kampong Jatirejo karena program ini belum melakukan pengukuran debit dan infiltrasi jangka panjang. Evaluasi yang tersedia masih berupa pengamatan awal terhadap fungsi permukaan dan keberadaan genangan. Hal ini penting karena Veldkamp et al. (2022), berdasarkan 81 uji infiltrasi skala penuh, menemukan bahwa kinerja perkerasan permeabel di lapangan memiliki variasi yang tinggi dan kemampuan infiltrasi dapat menurun seiring waktu. Pemeliharaan menjadi salah satu faktor yang dapat mempertahankan atau memperbaiki kinerjanya. Dengan demikian, hasil fisik pada Tabel 1 lebih tepat dibaca sebagai keberhasilan awal penerapan teknologi yang masih membutuhkan pemantauan setelah beberapa periode hujan dan penggunaan.

Tabel 2.
Rekomendasi dan Strategi Pengembangan Program Pengabdian Sejenis pada Masa Mendatang

No.	Aspek Pengembangan	Rekomendasi	Strategi Pelaksanaan pada Program Mendatang	Indikator Keberhasilan yang Disarankan	Rujukan
1	Pemilihan lokasi dan desain teknologi	Penerapan perkerasan resap air perlu didahului karakterisasi kondisi tapak, bukan hanya berdasarkan keberadaan genangan.	Melakukan pemetaan titik genangan, arah limpasan, kemiringan lahan, kondisi permukaan, permeabilitas tanah, serta fungsi drainase eksisting sebelum menentukan area intervensi. Hasil survei digunakan untuk menentukan tipe dan luas perkerasan yang sesuai.	Tersedianya peta titik genangan, data kondisi awal, dan desain teknologi yang disesuaikan dengan karakter lokasi.	Boogaard & Lucke (2019); Veldkamp et al. (2022)
2	Pemantauan kinerja perkerasan	Evaluasi tidak berhenti setelah konstruksi selesai. Kinerja infiltrasi perlu diperiksa secara berkala karena dapat berubah selama masa penggunaan.	Melakukan pengamatan setelah hujan dan pengujian infiltrasi pada kondisi awal, 3 bulan, 6 bulan, dan 12 bulan setelah penerapan. Dokumentasi dapat meliputi keberadaan genangan, lama genangan, kondisi permukaan, serta perubahan kemampuan infiltrasi.	Tidak terjadi penurunan fungsi yang signifikan; tidak terdapat genangan berkepanjangan pada area intervensi; tersedia data pemantauan berkala.	Boogaard & Lucke (2019); Veldkamp et al. (2022)
3	Pemeliharaan dan pencegahan penyumbatan	Program perlu memiliki SOP pemeliharaan sederhana yang dapat dilaksanakan	Menetapkan jadwal pembersihan permukaan, pengangkatan sedimen, pemeriksaan rongga dan sambungan, serta inspeksi setelah hujan	Tersedia SOP dan jadwal pemeliharaan; ≥80% pengelola mampu melakukan prosedur dasar; tidak ditemukan	Yang et al. (2022)

No.	Aspek Pengembangan	Rekomendasi	Strategi Pelaksanaan pada Program Mendatang	Indikator Keberhasilan yang Disarankan	Rujukan
		masyarakat secara mandiri.	intensif. Kegiatan pemeliharaan dicatat dalam lembar kontrol sederhana. Penanganan lebih intensif dilakukan ketika kemampuan infiltrasi mulai menurun.	penyumbatan berat pada permukaan.	
4	Evaluasi manfaat hidrologis	Program berikutnya perlu menghasilkan bukti kuantitatif mengenai efektivitas teknologi terhadap pengurangan limpasan dan genangan.	Mengukur kondisi sebelum dan sesudah intervensi melalui durasi genangan, luas area tergenang, waktu yang dibutuhkan air untuk meresap, atau debit limpasan sederhana. Pengukuran dilakukan pada kejadian hujan yang memungkinkan untuk diamati secara konsisten.	Penurunan luas atau durasi genangan dan peningkatan kemampuan permukaan mengalirkan air ke lapisan bawah.	Lee et al. (2023); Arora et al. (2023)
5	Partisipasi masyarakat sejak tahap perencanaan	Mitra sebaiknya tidak hanya dilibatkan saat pembangunan, tetapi sejak identifikasi masalah dan pemilihan solusi.	Melaksanakan diskusi kelompok sebelum konstruksi untuk menentukan masalah prioritas, lokasi intervensi, bentuk teknologi, pembagian tugas, dan kebutuhan pemeliharaan. Hasil diskusi menjadi bagian dari rancangan program.	Kehadiran dan keterlibatan aktif $\geq 80\%$ kelompok sasaran pada tahapan utama; keputusan lokasi dan bentuk intervensi terdokumentasi sebagai hasil kesepakatan bersama.	Yanes et al. (2019); Priatmoko et al. (2021)
6	Penguatan kapasitas dan kader teknis lokal	Pelatihan satu kali perlu dikembangkan menjadi proses transfer keterampilan yang menghasilkan pengelola lokal yang mampu melanjutkan program.	Memilih beberapa anggota Kelompok Sadar Wisata sebagai kader teknis. Kader memperoleh pelatihan lebih mendalam mengenai infiltrasi, identifikasi penyumbatan, pembersihan, pemeriksaan kerusakan, dan pencatatan kondisi perkerasan. Model <i>training of trainers</i> dapat digunakan agar pengetahuan diteruskan kepada anggota masyarakat lainnya.	Tersedianya minimal satu tim pengelola lokal; $\geq 80\%$ kader mampu melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan tanpa pendampingan langsung tim perguruan tinggi.	Chan et al. (2021); Quang et al. (2023)

No.	Aspek Pengembangan	Rekomendasi	Strategi Pelaksanaan pada Program Mendatang	Indikator Keberhasilan yang Disarankan	Rujukan
7	Evaluasi pengetahuan dan perubahan perilaku	Keberhasilan pemberdayaan perlu diukur lebih luas daripada hanya membandingkan <i>pre-test</i> dan <i>post-test</i> segera setelah pelatihan.	Melakukan <i>pre-test</i> , <i>post-test</i> , dan evaluasi tindak lanjut 3–6 bulan. Instrumen mencakup pengetahuan, keterampilan praktik, kesiapan melakukan pemeliharaan, serta kemampuan peserta menjelaskan dan menerapkan SOP.	Peningkatan pengetahuan setelah pelatihan tetap dipertahankan pada evaluasi lanjutan; $\geq 80\%$ peserta mampu melakukan prosedur pemeliharaan dasar.	Quang et al. (2023); Compan et al. (2024)
8	Pengukuran dampak sosial program	Luaran fisik perlu dipadukan dengan indikator dampak sosial agar kontribusi pengabdian dapat dinilai secara lebih komprehensif.	Evaluasi mencakup perubahan aksesibilitas, kenyamanan pengguna, keterlibatan masyarakat, kemampuan pemeliharaan, pemanfaatan teknologi, dan persepsi manfaat oleh mitra. Hasil dicatat dalam lembar evaluasi yang sama pada beberapa periode pemantauan.	Tersedianya indikator fisik dan sosial; peningkatan persepsi manfaat serta kemampuan masyarakat mengelola hasil program secara mandiri.	Compan et al. (2024)
9	Integrasi dengan fungsi wisata edukasi	Infrastruktur yang dibangun dapat dikembangkan menjadi objek pembelajaran lingkungan sehingga manfaatnya tidak hanya berupa jalur akses.	Menambahkan papan informasi sederhana mengenai cara kerja perkerasan resap air, proses infiltrasi, pengendalian limpasan, dan prosedur pemeliharaan. Pengelola dilatih untuk menjelaskan teknologi kepada pengunjung atau kelompok pelajar.	Tersedianya media edukasi; teknologi digunakan dalam kegiatan edukasi lingkungan; pengelola mampu menjelaskan fungsi teknologi kepada pengunjung.	Priatmoko et al. (2021); Chan et al. (2021)
10	Keberlanjutan dan replikasi program	Replikasi sebaiknya dilakukan setelah keberhasilan teknis dan sosial pada lokasi awal dapat dibuktikan.	Menyusun kriteria lokasi replikasi yang meliputi masalah genangan, kesesuaian kondisi tanah, kesiapan kelompok mitra, komitmen pemeliharaan, dan ketersediaan data awal. Dokumentasi pelaksanaan, biaya, kendala, dan hasil monitoring digunakan sebagai pedoman penerapan di lokasi lain.	Tersusunnya pedoman/SOP replikasi; terdapat lokasi baru yang memenuhi kriteria teknis dan sosial; keberlanjutan program tidak bergantung sepenuhnya pada tim perguruan tinggi.	Yanes et al. (2019); Veldkamp et al. (2022); Compan et al. (2024)

Dampak program pada aspek pemberdayaan menunjukkan perubahan yang lebih terukur. Tabel 1 memperlihatkan bahwa seluruh 30 peserta mengikuti kegiatan sehingga tingkat partisipasi mencapai 100%. Nilai rata-rata pengetahuan meningkat dari 62 menjadi 84 atau sebesar 35,5%. Proporsi peserta yang memahami prinsip infiltrasi dan pengelolaan limpasan meningkat dari 40,0% menjadi 86,7%, sedangkan 83,3% peserta mampu melakukan prosedur dasar pemasangan dan pemeliharaan perkerasan. Sebanyak 83,3% peserta juga mampu menjelaskan pembersihan permukaan, pengendalian sedimen, dan pemeriksaan setelah hujan. Perubahan ini penting karena efektivitas perkerasan resap air tidak hanya bergantung pada konstruksi awal. Yang et al. (2022) menunjukkan bahwa penyumbatan dapat menurunkan fungsi sistem dan pengujian terhadap tujuh metode pembersihan memperlihatkan bahwa tindakan pemeliharaan dapat memulihkan laju infiltrasi pada perkerasan yang mengalami penyumbatan parsial. Keterlibatan masyarakat yang terlihat selama proses pembangunan pada Gambar 3 juga memberi nilai tambah karena pengalaman praktik mempertemukan pengetahuan teknis dengan kebutuhan pengelolaan kawasan. Priatmoko et al. (2021) menempatkan perspektif dan keterlibatan warga sebagai unsur penting dalam keberlanjutan pengembangan wisata berbasis masyarakat di Indonesia. Evaluasi program ini juga sejalan dengan Compan et al. (2024), yang menekankan bahwa dampak program university–community engagement perlu dinilai menggunakan indikator pascaintervensi yang mencakup perubahan pada masyarakat, bukan hanya keluaran kegiatan. Studi tersebut mengembangkan 15 indikator keberlanjutan berdasarkan data dari 310 profesional dan pemangku kepentingan. Kombinasi capaian fisik, peningkatan pengetahuan, keterampilan pemeliharaan, dan partisipasi mitra pada Tabel 1 memberikan gambaran bahwa kinerja program mencakup dua dimensi yang saling berkaitan, yaitu fungsi teknologi dan kapasitas masyarakat untuk mempertahankan manfaatnya.

2. Refleksi dan Peta Keberlanjutan

Refleksi terhadap pelaksanaan program menunjukkan bahwa keberhasilan intervensi tidak hanya ditentukan oleh selesainya pembangunan perkerasan resap air, tetapi juga oleh kesiapan mitra dalam menjaga fungsi teknologi setelah kegiatan berakhir. Gambar 3 memperlihatkan bahwa pembangunan dilakukan melalui keterlibatan langsung tim pelaksana dan masyarakat sehingga proses penerapan teknologi sekaligus menjadi ruang pembelajaran praktis bagi mitra. Pola tersebut memberikan dasar yang baik bagi keberlanjutan karena masyarakat tidak hanya menerima hasil konstruksi dalam bentuk produk jadi. Mereka memperoleh pengalaman mengenai pemasangan, fungsi rongga perkerasan, pengendalian sedimen, dan pemeriksaan kondisi jalur. Hasil pada Tabel 1 memperkuat kondisi tersebut. Sebanyak 83,3% peserta telah mampu melakukan prosedur dasar pemasangan dan pemeliharaan, sedangkan persentase yang sama mampu menjelaskan pembersihan permukaan serta pemeriksaan pascahujan. Capaian ini perlu dipertahankan melalui praktik pemeliharaan yang teratur karena fungsi perkerasan permeabel dapat berubah selama masa penggunaan. Veldkamp et al. (2022) menunjukkan melalui studi lapangan skala besar bahwa kinerja infiltrasi perkerasan permeabel dipengaruhi kondisi sistem dan pemeliharaan, sehingga pengamatan setelah konstruksi tetap dibutuhkan. Yang et al. (2022) juga menunjukkan bahwa penyumbatan merupakan tantangan penting pada perkerasan berpori dan beberapa metode pembersihan dapat mengembalikan sebagian kemampuan infiltrasi sistem yang mengalami penyumbatan. Refleksi tersebut menjadi dasar rekomendasi pada Tabel 2, terutama pada aspek pemantauan kinerja, pencegahan penyumbatan, penyusunan SOP sederhana, dan pemeriksaan setelah kejadian hujan. Jadwal pemeliharaan dapat dikelola oleh Kelompok Sadar Wisata melalui pencatatan kondisi permukaan, pembersihan sedimen, pemeriksaan sambungan, dan dokumentasi titik yang kembali mengalami genangan.

Peta keberlanjutan program selanjutnya perlu menghubungkan pemeliharaan teknologi, penguatan kapasitas masyarakat, fungsi edukasi, dan peluang replikasi sebagai satu rangkaian kegiatan. Tabel 2 mengusulkan evaluasi berkala pada kondisi awal, tiga bulan, enam bulan, dan dua

belas bulan setelah penerapan serta pembentukan kader teknis lokal yang dapat menjalankan pemeriksaan dasar tanpa selalu bergantung pada tim perguruan tinggi. Pendekatan ini sesuai dengan Priatmoko et al. (2021), yang menempatkan masyarakat desa sebagai unsur sentral dalam keberlanjutan *community-based tourism*. Perspektif warga perlu masuk ke dalam pengelolaan destinasi karena kebutuhan lokal dan kemampuan masyarakat menentukan keberlangsungan manfaat setelah suatu intervensi dilaksanakan. Yanes et al. (2019) juga menunjukkan bahwa keberhasilan pariwisata berbasis masyarakat dipengaruhi kapasitas komunitas, tata kelola, akses terhadap sumber daya, dan peluang masyarakat untuk terlibat secara bermakna dalam pengambilan keputusan. Pada Kampong Jatirejo, prinsip tersebut dapat diterapkan dengan memilih beberapa anggota Kelompok Sadar Wisata sebagai kader pemeliharaan, memberikan tanggung jawab pencatatan kondisi perkerasan, serta melibatkan masyarakat dalam keputusan perbaikan ketika terjadi penurunan fungsi. Evaluasi keberlanjutan juga sebaiknya tidak terbatas pada keberadaan infrastruktur. Compan et al. (2024) mengembangkan indikator untuk menilai dampak sosial dan keberlanjutan program *university-community engagement*, yang menegaskan pentingnya melihat perubahan pada masyarakat dan keberlanjutan hubungan antara perguruan tinggi dengan mitra. Kerangka tersebut relevan dengan Tabel 2, yang memasukkan aksesibilitas, kenyamanan pengguna, kemampuan pemeliharaan, pemanfaatan teknologi, persepsi manfaat, serta pemanfaatan prototipe sebagai media edukasi. Tahap berikutnya dapat diarahkan pada pemasangan media informasi mengenai prinsip infiltrasi, pelaksanaan evaluasi pascahujan bersama masyarakat, pencatatan kebutuhan perawatan, serta seleksi lokasi lain yang memiliki masalah genangan dan kesiapan kelompok pengelola.

Simpulan dan Rekomendasi

Program pengabdian kepada masyarakat di Kampong Jatirejo berhasil mengintegrasikan penerapan teknologi perkerasan jalan resap air dengan peningkatan kapasitas Kelompok Sadar Wisata dan masyarakat setempat. Satu unit prototipe perkerasan resap air berbasis kombinasi grass block dan beton berpori berhasil diterapkan pada jalur akses kawasan wisata. Kondisi jalur setelah intervensi menjadi lebih tertata dan air permukaan dapat masuk melalui rongga perkerasan menuju lapisan bawah, sehingga fungsi infiltrasi awal dapat diamati pada area yang ditangani. Capaian pemberdayaan juga menunjukkan perubahan yang terukur. Seluruh 30 peserta mengikuti rangkaian kegiatan dengan tingkat partisipasi 100%. Nilai rata-rata pengetahuan meningkat dari 62 pada pre-test menjadi 84 pada post-test atau sebesar 35,5%. Proporsi peserta yang mampu memahami prinsip infiltrasi dan pengelolaan limpasan meningkat dari 40,0% menjadi 86,7%. Sebanyak 83,3% peserta mampu melakukan prosedur dasar pemasangan dan pemeliharaan perkerasan resap air. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keluaran program tidak hanya berupa pembangunan fisik, tetapi juga peningkatan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk mendukung pengelolaan teknologi oleh masyarakat.

Pendekatan partisipatif yang menggabungkan edukasi, demonstrasi, praktik lapangan, pembangunan prototipe, serta pendampingan memungkinkan proses transfer pengetahuan berlangsung bersamaan dengan penerapan teknologi. Mitra terlibat mulai dari identifikasi masalah hingga praktik pembangunan dan pemeliharaan sehingga masyarakat memperoleh pengalaman langsung dalam memahami fungsi sistem resapan. Nilai utama program terletak pada penggabungan fungsi infrastruktur, pengendalian limpasan, peningkatan kapasitas masyarakat, serta pemanfaatan prototipe sebagai media edukasi lingkungan. Meski demikian, evaluasi kinerja teknis dalam kegiatan ini masih terbatas pada pengamatan kondisi permukaan, keberadaan genangan, dan kemampuan awal air memasuki rongga perkerasan. Pengukuran kuantitatif seperti laju infiltrasi, durasi genangan, volume limpasan, serta perubahan kinerja setelah penggunaan jangka panjang belum dilakukan. Kondisi tersebut menjadi batasan yang perlu diperhatikan dalam menafsirkan efektivitas hidrologis teknologi.

Bagi mitra, keberlanjutan program perlu dijaga melalui pemeliharaan rutin berupa pembersihan permukaan, pengendalian sedimentasi, pemeriksaan rongga infiltrasi, serta inspeksi kondisi perkerasan setelah kejadian hujan. Beberapa anggota Kelompok Sadar Wisata dapat ditetapkan sebagai kader teknis untuk melakukan pemeriksaan dan pencatatan kondisi jalur secara berkala. Evaluasi disarankan dilakukan pada bulan ke-3, ke-6, dan ke-12 agar perubahan fungsi perkerasan dapat diketahui lebih awal. Bagi perguruan tinggi, pemerintah daerah, pengelola kawasan wisata, dan pemangku kepentingan lainnya, model kegiatan ini dapat dikembangkan pada lokasi yang memiliki permasalahan genangan serupa setelah dilakukan karakterisasi kondisi tapak dan kesiapan kelompok pengelola. Program lanjutan perlu memasukkan pengukuran laju infiltrasi, luas dan durasi genangan, kondisi sedimentasi, persepsi pengguna, serta kemampuan pemeliharaan masyarakat sebagai indikator evaluasi. Pemanfaatan prototipe sebagai media wisata edukasi juga dapat diperkuat melalui papan informasi mengenai prinsip infiltrasi dan pengelolaan air hujan sehingga fungsi infrastruktur dapat berkembang menjadi sarana pembelajaran lingkungan bagi masyarakat dan pengunjung.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Negeri Medan dan Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan atas dukungan akademik, administratif, dan teknis selama pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Apresiasi juga disampaikan kepada Kelompok Sadar Wisata Kampong Jatirejo sebagai mitra kegiatan yang telah memberikan dukungan lokasi, waktu, serta keterlibatan aktif sejak tahap identifikasi permasalahan hingga penerapan dan pemeliharaan awal teknologi perkerasan resap air. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada masyarakat Kampong Jatirejo yang berpartisipasi dalam kegiatan sosialisasi, pelatihan, praktik lapangan, dan evaluasi program. Dukungan seluruh pihak tersebut memberikan kontribusi penting terhadap kelancaran pelaksanaan kegiatan dan proses transfer pengetahuan kepada masyarakat.

Pernyataan Keterbukaan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat benturan kepentingan finansial, personal, maupun profesional yang dapat memengaruhi pelaksanaan kegiatan, analisis hasil, atau penyusunan artikel ini. Seluruh proses pengabdian kepada masyarakat dilakukan untuk kepentingan akademik, pemberdayaan masyarakat, serta pengembangan teknologi tepat guna pada kawasan wisata edukasi Kampong Jatirejo. Keterlibatan institusi dan mitra kegiatan tidak memengaruhi independensi penulis dalam penyajian hasil dan pembahasan. Seluruh data dan informasi yang disajikan dalam artikel menjadi tanggung jawab penulis.

Pernyataan Penggunaan AI Generatif

Teknologi AI generatif berupa ChatGPT digunakan secara terbatas untuk membantu penyempurnaan bahasa, pengorganisasian teks, peningkatan keterbacaan, dan konsistensi gaya penulisan artikel. Seluruh keluaran AI generatif ditinjau secara kritis, diperiksa kembali, dan direvisi oleh penulis sebelum dimasukkan ke dalam naskah. Penulis bertanggung jawab penuh terhadap keakuratan informasi, kesesuaian data lapangan, penggunaan referensi, interpretasi hasil, serta isi akhir artikel. AI generatif tidak digunakan sebagai pengganti proses pengumpulan data lapangan, pengukuran, atau validasi empiris yang menjadi dasar kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

References

- Arora, M., Chopra, I., Nguyen, M. H., Fernando, P., Burns, M. J., & Fletcher, T. D. (2023). Flood mitigation performance of permeable pavements in an urbanised catchment in Melbourne, Australia (Elizabeth Street Catchment): Case study. *Water*, 15(3), 562. <https://doi.org/10.3390/w15030562>

- Boogaard, F., & Lucke, T. (2019). Long-term infiltration performance evaluation of Dutch permeable pavements using the full-scale infiltration method. *Water*, 11(2), 320. <https://doi.org/10.3390/w11020320>
- Chan, J. K. L., Marzuki, K. M., & Mohtar, T. M. (2021). Local community participation and responsible tourism practices in ecotourism destination: A case of Lower Kinabatangan, Sabah. *Sustainability*, 13(23), 13302. <https://doi.org/10.3390/su132313302>
- Chen, C.-F., Lin, J.-W., & Lin, J.-Y. (2022). Hydrological cycle performance at a permeable pavement site and a raingarden site in a subtropical region. *Land*, 11(6), 951. <https://doi.org/10.3390/land11060951>
- Ciriminna, D., Ferreri, G. B., Noto, L. V., & Celauro, C. (2022). Numerical comparison of the hydrological response of different permeable pavements in urban area. *Sustainability*, 14(9), 5704. <https://doi.org/10.3390/su14095704>
- Compan, P., Kongyok, C., Prommachan, T., Rodsaard, N., & Socheath, M. (2024). Developing and validating sustainability indicators for measuring social impact of university–community engagement programs. *Sustainability*, 16(12), 5232. <https://doi.org/10.3390/su16125232>
- Dai, K., Liu, W., Shui, X., Fu, D., Zevenbergen, C., & Singh, R. P. (2022). Hydrological effects of prefabricated permeable pavements on parking lots. *Water*, 14(1), 45. <https://doi.org/10.3390/w14010045>
- Feor, L., Clarke, A., & Dougherty, I. (2023). Social impact measurement: A systematic literature review and future research directions. *World*, 4(4), 816–837. <https://doi.org/10.3390/world4040051>
- Lee, Y.-T., Ho, M.-C., Chiou, Y.-S., & Huang, L.-L. (2023). Assessing the performance of permeable pavement in mitigating flooding in urban areas. *Water*, 15(20), 3551. <https://doi.org/10.3390/w15203551>
- Liu, Q., Liu, S., Hu, G., Yang, T., Du, C., & Oeser, M. (2021). Infiltration capacity and structural analysis of permeable pavements for sustainable urban: A full-scale case study. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125111. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125111>
- Muttuvolu, D. V., Wyke, S., & Vollertsen, J. (2024). Measuring infiltration rates in permeable asphalt pavement in urban landscapes. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 28, 5255–5265. <https://doi.org/10.1007/s12205-024-0014-y>
- Oka, I. M. D., Murni, N. G. N. S., & Mecha, I. P. S. (2021). The community-based tourism at the tourist village in the local people's perspective. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 38(4), 988–996. <https://doi.org/10.30892/gtg.38401-735>
- Park, J., Park, J., Cheon, J., Lee, J., & Shin, H. (2020). Analysis of infiltrating water characteristics of permeable pavements in a parking lot at full scale. *Water*, 12(8), 2081. <https://doi.org/10.3390/w12082081>
- Poor, C., Kaye, J., Struck, R., & Gonzalez, R. (2023). Permeable pavement in the Northwestern United States: Pollution source or treatment option? *Sustainability*, 15(17), 12926. <https://doi.org/10.3390/su151712926>
- Priatmoko, S., Kabil, M., Purwoko, Y., & Dávid, L. D. (2021). Rethinking sustainable community-based tourism: A villager's point of view and case study in Pampang Village, Indonesia. *Sustainability*, 13(6), 3245. <https://doi.org/10.3390/su13063245>
- Quang, T. D., Nguyen, Q. X. T., Nguyen, H. V., Dang, V. Q., & Tang, N. T. (2023). Toward sustainable community-based tourism development: Perspectives from local people in Nhon Ly coastal community, Binh Dinh Province, Vietnam. *PLOS ONE*, 18(10), e0287522. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287522>
- Selbig, W. R., Buer, N., & Danz, M. E. (2019). Stormwater-quality performance of lined permeable pavement systems. *Journal of Environmental Management*, 251, 109510. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109510>

- Simpson, I. M., Winston, R. J., & Tirpak, R. A. (2021). Assessing maintenance techniques and in-situ pavement conditions to restore hydraulic function of permeable interlocking concrete pavements. *Journal of Environmental Management*, 294, 112990. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112990>
- Veldkamp, T. I. E., Boogaard, F. C., & Kluck, J. (2022). Unlocking the potential of permeable pavements in practice: A large-scale field study of performance factors of permeable pavements in the Netherlands. *Water*, 14(13), 2080. <https://doi.org/10.3390/w14132080>
- Wang, M., Jiang, J., Xu, S., & Guo, Y. (2021). Community participation and residents' support for tourism development in ancient villages: The mediating role of perceptions of conflicts in the tourism community. *Sustainability*, 13(5), 2455. <https://doi.org/10.3390/su13052455>
- Winston, R. J., Arend, K., Dorsey, J. D., & Hunt, W. F. (2020). Water quality performance of a permeable pavement and stormwater harvesting treatment train stormwater control measure. *Blue-Green Systems*, 2(1), 91–111. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.914>
- Yanes, A., Zielinski, S., Diaz Cano, M., & Kim, S.-I. (2019). Community-based tourism in developing countries: A framework for policy evaluation. *Sustainability*, 11(9), 2506. <https://doi.org/10.3390/su11092506>
- Yang, Q., Beecham, S., Liu, J., & Pezzaniti, D. (2019). The influence of rainfall intensity and duration on sediment pathways and subsequent clogging in permeable pavements. *Journal of Environmental Management*, 246, 730–736. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.151>
- Yang, Q., Gao, Z., & Beecham, S. (2022). A sustainable approach to cleaning porous and permeable pavements. *Sustainability*, 14(21), 14583. <https://doi.org/10.3390/su142114583>.