

Pemetaan Permasalahan Akses, Drainase Alami, dan Stabilitas Lahan pada Area Perkebunan Kopi Pegasing, Aceh Tengah

Aghnia Zahrah¹, Alvisyahri^{2*}, Syahrul Fathi³

¹*Program Studi Teknik Arsitektur, Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh, 23111, Indonesia.*

²*Program Studi Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar, Alue Peunyareng, Aceh Barat, 23615, Indonesia.*

⁴*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Teuku Umar, Alue Peunyareng, Aceh Barat, 23615, Indonesia.*

*Corresponding author: alvisyahri@utu.ac.id

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat pada area perkebunan kopi di Kecamatan Pegasing, Kabupaten Aceh Tengah, dilakukan sebagai upaya identifikasi awal terhadap permasalahan infrastruktur sederhana yang memengaruhi mobilitas, keselamatan, dan keberlanjutan pengelolaan lahan. Kawasan perkebunan kopi pada wilayah dataran tinggi memiliki karakteristik topografi bervariasi, vegetasi yang relatif rapat, jalur akses terbatas, serta kedekatan dengan alur sungai. Kondisi tersebut berimplikasi pada munculnya persoalan aksesibilitas, drainase alami, dan stabilitas lahan yang perlu dipetakan secara sistematis. Kegiatan ini bertujuan mengidentifikasi kondisi eksisting lapangan, memetakan titik-titik permasalahan utama, serta merumuskan rekomendasi teknis awal yang dapat diterapkan secara partisipatif oleh masyarakat. Metode pelaksanaan menggunakan observasi lapangan terstruktur, dokumentasi visual, diskusi partisipatif dengan masyarakat, dan analisis deskriptif kualitatif serta kuantitatif sederhana terhadap kondisi jalur kebun, limpasan permukaan, serta potensi gangguan stabilitas tanah. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa permasalahan dominan meliputi jalur kebun yang masih berupa tanah alami dan ditumbuhi vegetasi, belum tertatanya drainase permukaan, indikasi erosi pada area yang berdekatan dengan alur sungai, serta potensi penurunan kualitas akses pada saat hujan. Rekomendasi teknis yang diusulkan mencakup penegasan jalur prioritas, pembuatan drainase mikro, penguatan vegetatif pada titik rawan, dan penyusunan peta sederhana lokasi prioritas penanganan. Pendekatan pengabdian berbasis observasi teknis terbukti efektif sebagai langkah awal menuju pengelolaan kawasan perkebunan kopi yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: pengabdian masyarakat; perkebunan kopi; aksesibilitas lahan; drainase alami; stabilitas lahan

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Aceh Tengah merupakan salah satu wilayah penghasil kopi arabika yang memiliki peran penting dalam perekonomian masyarakat dataran tinggi Gayo. Aktivitas perkebunan kopi di wilayah ini tidak hanya berkaitan dengan proses budidaya dan panen, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi fisik lahan serta ketersediaan infrastruktur pendukung skala mikro. Dalam konteks tersebut, jalur akses kebun, drainase permukaan, dan stabilitas lahan merupakan komponen penting yang menentukan kelancaran aktivitas produksi, mobilitas pekerja, serta keberlanjutan pengelolaan lahan [1],[2].

Pada kawasan perkebunan dengan topografi bergelombang hingga berbukit, persoalan teknis lapangan umumnya tidak muncul sebagai kerusakan besar sejak awal, melainkan berkembang dari gangguan-gangguan kecil yang berlangsung secara berulang. Jalur yang belum tertata dapat menjadi licin dan sukar dilalui pada musim hujan, limpasan permukaan yang tidak terarah dapat mengikis tanah penutup, sedangkan tepi lahan yang berdekatan dengan alur air berpotensi mengalami degradasi stabilitas secara bertahap [3],[4]. Proses tersebut secara kuantitatif dapat dijelaskan melalui model *Universal Soil Loss Equation* (USLE) yang menunjukkan bahwa tingkat kehilangan tanah dipengaruhi oleh intensitas hujan, kondisi tanah, topografi, penutupan lahan, dan praktik konservasi [5]. Apabila kondisi tersebut tidak dikenali lebih dini, maka risiko kerusakan akan meningkat dan pada akhirnya dapat mengganggu aktivitas masyarakat di kebun, bahkan mengancam keselamatan pekerja.

Studi tentang aksesibilitas spasial dalam konteks permukiman dan kawasan menunjukkan bahwa aksesibilitas fisik merupakan prasyarat mendasar bagi fungsi sosial-ekonomi suatu kawasan [6],[7]. Zahrah et al. [6] menegaskan bahwa aksesibilitas yang memadai diukur dari keterjangkauan lokasi dan kelengkapan sarana pendukung yang merupakan faktor penentu kualitas dan inklusivitas suatu kawasan bagi penggunaannya. Prinsip ini berlaku pula pada kawasan perkebunan, di mana kualitas jalur akses menentukan efisiensi dan keselamatan petani dalam menjalankan aktivitas sehari-hari [7],[8]. Kondisi aksesibilitas yang buruk di wilayah seperti Aceh Tengah bahkan terbukti menjadi salah satu faktor kritis yang menghambat kelancaran pekerjaan dan program pembangunan [8].

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat pada dasarnya tidak selalu harus diwujudkan melalui pembangunan fisik skala besar. Dalam banyak kasus, tahap paling penting justru terletak pada identifikasi permasalahan, peningkatan pemahaman teknis masyarakat, dan perumusan rekomendasi penanganan awal yang sesuai dengan kondisi lokal. Bagi disiplin teknik sipil, pengabdian berbasis observasi lapangan menjadi sarana yang relevan untuk menerapkan pengetahuan tentang aksesibilitas kawasan, konservasi lahan, pengelolaan drainase, dan pengurangan risiko kerusakan lingkungan [2],[9]. Pendekatan berbasis komunitas yang dikaji oleh Iswara dan Zahrah [10] pada kawasan permukiman kaum dhuafa di Aceh memperlihatkan bahwa intervensi yang berangkat dari kebutuhan nyata masyarakat dan berbasis potensi lokal terbukti lebih dapat diterima dan diimplementasikan secara bertahap. Prinsip serupa relevan diterapkan pada konteks infrastruktur perkebunan rakyat.

Kunjungan lapangan yang dilakukan pada pertengahan tahun 2025 di area perkebunan kopi Pegasing, Aceh Tengah, memperlihatkan adanya interaksi langsung antara jalur kebun, vegetasi rapat, lahan perkebunan, dan koridor sungai. Berdasarkan dokumentasi lapangan, beberapa area menunjukkan kondisi jalur yang masih alami, ruang sirkulasi yang tertutup vegetasi, serta lokasi tepi sungai yang berpotensi mengalami pengikisan. Temuan tersebut menunjukkan perlunya pemetaan awal yang lebih sistematis terhadap permasalahan akses, drainase alami, dan stabilitas lahan. Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah dalam kegiatan ini adalah: (1) bagaimana kondisi akses pada area perkebunan kopi di Pegasing, (2) bagaimana karakteristik drainase alami dan limpasan permukaan pada lokasi kegiatan, dan (3) bagaimana indikasi awal stabilitas lahan berdasarkan observasi lapangan. Adapun tujuan kegiatan ini adalah memetakan kondisi eksisting lapangan, mengidentifikasi titik-titik permasalahan utama, dan menyusun rekomendasi teknis awal sebagai dasar program pengabdian lanjutan. Kegiatan ini diharapkan dapat memberikan manfaat praktis bagi masyarakat dan menjadi kontribusi akademik teknik sipil dalam penguatan infrastruktur pendukung perkebunan rakyat.

2. METODE

Kegiatan pengabdian dilaksanakan pada area perkebunan kopi di Kecamatan Pegasing, Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Aceh. Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui pendekatan observasional partisipatif dengan menempatkan masyarakat sebagai mitra diskusi lapangan. Fokus pengamatan diarahkan pada tiga aspek utama, yaitu kondisi akses kebun, drainase alami, dan stabilitas lahan.

Tahapan pelaksanaan kegiatan terdiri atas tiga tahap. Tahap pertama adalah persiapan, yang meliputi penentuan fokus observasi, penyusunan poin-poin identifikasi lapangan, dan penyiapan dokumentasi kegiatan. Tahap kedua adalah pelaksanaan observasi lapangan melalui penelusuran area kebun, jalur sirkulasi, dan koridor sungai yang berdekatan dengan lahan perkebunan. Pada tahap ini dilakukan dokumentasi visual dan diskusi langsung dengan masyarakat mengenai kondisi lahan, kendala akses, serta permasalahan yang sering muncul pada saat hujan. Tahap ketiga adalah analisis deskriptif kualitatif untuk mengelompokkan temuan lapangan ke

dalam kategori permasalahan dan merumuskan rekomendasi teknis awal. Analisis dilakukan dengan menelaah keterkaitan antara kondisi topografi, permukaan jalur, keberadaan vegetasi, pola limpasan permukaan, dan indikasi gangguan stabilitas tanah. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk tahap awal pengabdian yang bertujuan menghasilkan peta masalah kualitatif dan usulan penanganan sederhana yang dapat diterapkan secara bertahap oleh masyarakat. Fokus indikator observasi yang digunakan dalam kegiatan ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Fokus observasi lapangan pada kegiatan pengabdian

Aspek	Indikator Observasi	Tujuan Identifikasi
Akses kebun	Kondisi permukaan jalur, lebar jalur, hambatan vegetasi, kenyamanan sirkulasi	Menilai tingkat aksesibilitas dan kebutuhan penataan jalur
Drainase alami	Arah limpasan, titik genangan, alur air alami, kedekatan dengan sungai	Mengidentifikasi pola aliran permukaan dan potensi erosi
Stabilitas lahan	Kemiringan lokal, material lepas, erosi tepi, perubahan bentuk tanah	Menilai indikasi awal gangguan kestabilan lahan
Aktivitas masyarakat	Pola penggunaan jalur, titik berkumpul, area yang sering dilalui	Menentukan lokasi prioritas penanganan



Gambar 1. Kegiatan observasi dan diskusi lapangan pada area kebun kopi untuk mengidentifikasi kondisi akses dan permasalahan pengelolaan lahan.

Proses perencanaan dan alur kegiatan pengabdian dapat diringkas sebagai berikut: identifikasi lokasi, observasi lapangan, diskusi dengan masyarakat, analisis permasalahan, dan penyusunan rekomendasi teknis. Alur tersebut berjalan berurutan untuk menjamin objektivitas data teknis pendukung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Akses pada Area Perkebunan Kopi

Hasil observasi menunjukkan bahwa jalur sirkulasi pada area perkebunan kopi masih didominasi oleh permukaan tanah alami dengan tutupan rumput dan vegetasi liar pada beberapa segmen. Kondisi tersebut menyebabkan batas jalur belum terbaca secara tegas dan menurunkan kenyamanan pergerakan pejalan kaki. Dalam perspektif teknik sipil, jalur yang belum tertata seperti ini berpotensi mengalami penurunan fungsi saat menerima beban lalu lintas harian, terutama ketika kadar air tanah meningkat akibat hujan [3]. Selain itu, jalur di antara petak kebun memperlihatkan lebar yang terbatas dan belum dilengkapi penguatan tepi maupun material pengeras. Meskipun kondisi ini masih dapat mendukung mobilitas manual, kualitas akses menjadi kurang andal untuk mendukung aktivitas yang lebih intensif, termasuk perawatan tanaman, pengangkutan hasil panen, dan mobilisasi peralatan sederhana. Jalur yang tertutup vegetasi juga meningkatkan risiko pengguna memilih lintasan alternatif sehingga memperluas gangguan terhadap permukaan lahan. Temuan lapangan tersebut menunjukkan bahwa aksesibilitas pada kawasan perkebunan kopi di lokasi kegiatan masih bersifat fungsional minimum. Oleh karena itu, dibutuhkan penegasan koridor akses utama yang diikuti oleh pembersihan vegetasi rutin dan penambahan material lokal pada titik-titik yang sering dilalui. Langkah ini penting untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi pergerakan masyarakat di kebun.



Gambar 2. Kondisi jalur sirkulasi di antara petak perkebunan kopi yang masih didominasi vegetasi penutup dan permukaan tanah alami.

B. Kondisi Drainase Alami dan Limpasan Permukaan

Karakteristik drainase alami pada lokasi kegiatan sangat dipengaruhi oleh topografi lahan, keberadaan vegetasi, dan kedekatan area kebun dengan alur sungai. Pada area yang relatif terbuka, limpasan permukaan cenderung mengikuti kemiringan alami lahan menuju bagian yang lebih rendah. Ketika jalur aliran ini tidak diarahkan dengan baik, air berpotensi melewati jalur kebun dan mengikis tanah permukaan secara bertahap [2],[11]. Keberadaan vegetasi di satu sisi berperan sebagai penahan energi tumbukan air hujan dan membantu meningkatkan infiltrasi sehingga mengurangi volume limpasan permukaan [12].

Namun demikian, vegetasi yang tumbuh tidak terkelola pada koridor sirkulasi dapat mengganggu jalur aliran alami dan menciptakan konsentrasi limpasan pada titik tertentu. Kondisi ini dapat memicu terbentuknya alur kecil pada jalur tanah, menyebabkan permukaan menjadi tidak rata, serta mempercepat pelunakan tanah di area injakan.

Di sekitar koridor sungai, kondisi drainase menjadi lebih kompleks karena dipengaruhi interaksi langsung antara aliran permukaan dari lahan kebun dan dinamika debit sungai. Area tepi sungai yang belum dilindungi secara memadai menunjukkan kerentanan terhadap pengikisan lokal, terutama pada bagian yang permukaannya terdiri atas material lepas. Oleh sebab itu, pengelolaan drainase alami perlu diarahkan pada prinsip pengendalian limpasan sejak dari area hulu kebun hingga titik pertemuan dengan alur air sebagaimana direkomendasikan oleh Suripin [11] dan Morgan [12]. Selain itu, FAO menegaskan bahwa sistem drainase pada wilayah pedesaan harus dirancang untuk mengendalikan aliran permukaan, mengurangi genangan, serta mengarahkan limpasan ke saluran alami yang stabil guna mencegah kerusakan infrastruktur tanah [13].



Gambar 3. Kondisi koridor sungai dan area berbatu pada lokasi observasi yang menunjukkan perlunya perhatian terhadap arah limpasan dan pengikisan lokal.

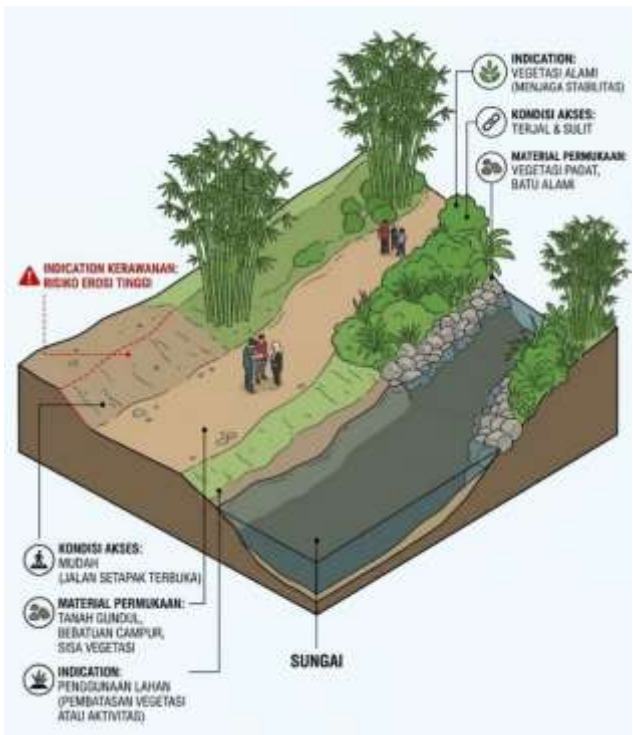
C. Indikasi Stabilitas Lahan

Stabilitas lahan pada lokasi kegiatan dipengaruhi oleh kombinasi antara kemiringan lokal, kadar air tanah, penutupan vegetasi, dan intensitas aktivitas masyarakat. Berdasarkan pengamatan visual, area yang berdekatan dengan jalur sirkulasi dan koridor sungai menunjukkan potensi gangguan yang lebih tinggi dibandingkan area kebun yang relatif datar dan tertutup vegetasi rapat. Hal ini sejalan dengan konsep bahwa stabilitas lereng sangat ditentukan oleh keseimbangan antara gaya penahan dan gaya penggerak yang dipicu oleh kondisi geometri, air, dan sifat tanah [4], [14]. Proses degradasi lahan tidak hanya bersifat instan, tetapi berkembang secara bertahap melalui akumulasi erosi jangka panjang yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan perubahan penggunaan lahan. Montgomery menjelaskan bahwa tekanan antropogenik pada wilayah berlereng dapat mempercepat ketidakstabilan geomorfologi dan meningkatkan risiko erosi progresif [15]. Pada beberapa titik, dijumpai material lepas, perubahan bentuk permukaan, dan indikasi pengikisan pada bagian tepi area yang berhadapan langsung dengan aliran air.

Meskipun tidak ditemukan bukti longsor besar saat kegiatan berlangsung, gejala minor tersebut tetap penting dicatat sebagai indikator awal penurunan stabilitas. Pengamatan ini memperlihatkan bahwa gangguan stabilitas lahan pada kawasan perkebunan tidak selalu muncul dalam bentuk kegagalan lereng yang spektakuler, melainkan dapat berkembang secara perlahan melalui erosi dan pelunakan tanah. Keberadaan vegetasi bambu dan pohon peneduh berperan ganda terhadap kestabilan lahan. Akar tanaman dapat membantu memperkuat tanah melalui efek pengikat mekanis [12] , tetapi tutupan vegetasi yang terlalu rapat dapat membatasi visibilitas dan menghambat inspeksi terhadap perubahan kondisi permukaan. Oleh sebab itu, strategi penguatan vegetatif perlu diikuti dengan penataan ruang tumbuh dan pemeliharaan jalur inspeksi agar kondisi lahan tetap mudah dipantau.



Gambar 4. Kegiatan identifikasi lapangan pada area sempadan sungai untuk mengamati kondisi akses, material permukaan, dan indikasi stabilitas lahan.



Gambar 5. Ilustrasi eksisting pada area sempadan sungai untuk mengamati kondisi akses, material permukaan, dan indikasi stabilitas lahan.

D. Analisis Kuantitatif Distribusi Titik Masalah Lahan

Untuk memberikan pemahaman yang komprehensif bagi perencanaan perbaikan, dilakukan rekapitulasi jumlah titik temuan masalah di lapangan. Berdasarkan total 40 titik tinjauan spesifik yang diobservasi, permasalahan didominasi oleh kendala akses kebun (40%), diikuti oleh masalah penataan drainase alami (35%), dan kerawanan stabilitas lahan mikro (25%). Data kuantitatif ini disajikan secara mendetail pada Tabel 2 dan divisualisasikan pada Grafik 1.

Tabel 2. Distribusi kuantitatif titik temuan masalah di area perkebunan kopi

No.	Kategori Permasalahan	Jumlah Titik	Persentase (%)
1	Akses Kebun (Jalur Alami Belum Tertata)	16	40%
2	Drainase Alami (Limpasan Tidak Terarah)	14	35%
3	Stabilitas Lahan (Erosi Tepi & Material Lepas)	10	25%
Total		40	100%

E. Pemetaan Kualitatif Permasalahan dan Rekomendasi Penanganan

Berdasarkan hasil observasi, titik permasalahan pada lokasi kegiatan dapat dipetakan secara kualitatif ke dalam tiga kelompok utama. Kelompok pertama adalah jalur kebun yang memerlukan penegasan koridor akses dan peningkatan kualitas permukaan. Kelompok kedua adalah area transisi antara kebun dan koridor aliran air yang memerlukan pengaturan limpasan. Kelompok ketiga adalah tepi sungai atau lereng kecil yang memerlukan upaya pengendalian erosi dan penguatan vegetatif. Hasil identifikasi dan rekomendasi penanganan awal disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Identifikasi permasalahan utama dan rekomendasi teknis awal

No.	Permasalahan Utama	Indikasi Lapangan	Dampak Potensial	Rekomendasi Awal
1	Jalur kebun belum tertata	Permukaan tanah alami, vegetasi menutup jalur	Mobilitas terganggu, risiko licin meningkat	Penegasan jalur utama, pembersihan vegetasi, penambahan material lokal
2	Drainase permukaan belum terarah	Limpasan mengikuti jalur kebun dan kontur alami	Pengikisan tanah, terbentuk alur-alur kecil	Pembuatan drainase mikro dan saluran pengarah sederhana
3	Area dekat sungai rawan pengikisan	Material lepas dan tepi terbuka	Erosi lokal dan gangguan akses	Penguatan vegetatif, pembatasan injakan, susunan batu sederhana
4	Titik rawan belum terpetakan	Penanganan masih bersifat insidental	Prioritas kerja tidak jelas	Penyusunan peta sederhana titik prioritas penanganan

F. Pemetaan Kualitatif Permasalahan dan Rekomendasi Penanganan

Temuan lapangan memberikan dasar yang cukup kuat untuk merancang program pengabdian lanjutan yang lebih aplikatif. Iswara dan Zahrah [10] menunjukkan bahwa program berbasis komunitas yang berangkat dari identifikasi masalah faktual seperti yang dilakukan dalam kegiatan ini dapat menghasilkan program aksi yang lebih berkelanjutan dibandingkan intervensi yang didesain dari luar komunitas. Program lanjutan dapat diarahkan pada penyusunan desain sederhana jalur kebun, pelatihan pembuatan drainase mikro, penanaman vegetasi penguat tepi, dan pendampingan pemetaan partisipatif lokasi rawan. Dengan demikian, pengabdian tidak berhenti pada tahap identifikasi, tetapi berkembang menjadi proses perbaikan teknis bertahap yang berbasis kebutuhan nyata masyarakat. Sinergi antara perguruan tinggi, pemerintah gampong, dan kelompok tani menjadi kunci keberhasilan program aksi lanjutan ini seperti yang dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Prioritas tindak lanjut program aksi pengabdian

Prioritas	Kegiatan Pengabdian	Keluaran yang Diharapkan	Pelaksana Utama
Tinggi	Penegasan jalur akses utama	Jalur kebun lebih jelas dan aman dilalui	Kelompok tani dan tim pendamping
Tinggi	Pembuatan drainase mikro	Limpasan permukaan lebih terarah	Masyarakat setempat
Sedang	Penguatan vegetatif pada titik rawan	Pengurangan potensi erosi lokal	Masyarakat dan aparaturnya desa
Sedang	Pemetaan partisipatif titik prioritas	Tersedianya dokumen sederhana prioritas penanganan	Tim pengabdian dan masyarakat
Lanjutan	Pengukuran teknis sederhana	Dasar perencanaan kegiatan berikutnya	Perguruan tinggi dan mitra lokal

4. PENUTUP

Kegiatan pengabdian pada area perkebunan kopi di Kecamatan Pegasing, Kabupaten Aceh Tengah, menunjukkan bahwa persoalan akses, drainase alami, dan stabilitas lahan merupakan isu yang saling terkait dan berpengaruh langsung terhadap aktivitas masyarakat di lapangan. Hasil observasi memperlihatkan bahwa jalur kebun masih didominasi permukaan tanah alami dan vegetasi penutup, drainase permukaan belum tertata secara memadai, serta beberapa area yang berdekatan dengan koridor sungai menunjukkan indikasi pengikisan lokal dan potensi gangguan stabilitas lahan.

Berdasarkan hasil pemetaan kualitatif, titik permasalahan utama dapat dikelompokkan pada jalur akses kebun, area transisi limpasan, dan tepi sungai atau lereng kecil yang memerlukan penanganan preventif. Rekomendasi teknis awal yang diusulkan meliputi penegasan jalur prioritas, pembuatan drainase mikro, penguatan vegetatif pada titik rawan dan penyusunan peta sederhana area prioritas. Temuan ini menegaskan bahwa pengabdian masyarakat berbasis observasi teknis dapat menjadi pintu masuk yang efektif dalam mendukung pengelolaan perkebunan kopi yang lebih aman, efisien, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Arsyad, Konservasi Tanah dan Air. Bogor: IPB Press, 2010.
[2] C. Asdak, Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, revisi ed. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2023.

- [3] H. C. Hardiyatmo, *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2015.
- [4] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 2*, ed. ke-6. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2014.
- [5] Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*. USDA Agriculture Handbook No. 537. Washington, DC.
- [6] A. Zahrah, S. F. Rizky, and K. Egidia, "Housing Facilities as Spatial Factors for Assessment of Inclusivity in Settlements (Case Study: Gampong Keudah, Banda Aceh)," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. VIII, pp. 6152-6160, 2023, ISSN 2528-3561.
- [7] A. Zahrah and A. Gamal, "Balanced Housing as the Implementation of the Principle of Inclusivity," in *Proc. 2nd Int. Conf. on Smart Grid and Smart Cities (ICSGSC)*, Kuala Lumpur, Malaysia, Aug. 2018, pp. 16-20. DOI: 10.1109/ICSGSC.2018.8541367.
- [8] A. Rauzana, A. Zahrah, and W. Dharma, "Critical delay factors for construction projects in Central Aceh District, Indonesia," *F1000Research*, vol. 11, p. 474, 2022. DOI: 10.12688/f1000research.109792.1.
- [9] R. J. Kodoatie and R. Sjarief, *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: Andi, 2010.
- [10] H. Iswara and A. Zahrah, "Pendekatan arsitektur berkelanjutan pada kawasan permukiman kaum dhuafa Desa Geulanggang Tengoh," *Jurnal RAUT*, vol. 13, no. 1, pp. 47-55, 2023.
- [11] Suripin, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Andi, 2004.
- [12] R. P. C. Morgan, *Soil Erosion and Conservation*, 3rd ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.
- [13] Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). *Rural Roads: A Guide to Planning and Management of Drainage Systems*. Rome: FAO.
- [14] S. Sosrodarsono and K. Takeda, *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2003.
- [15] Montgomery, D. R. (2007). *Dirt: The Erosion of Civilizations*. University of California Press.
- [16] Direktorat Jenderal Perkebunan, *Pedoman Umum Pengelolaan Perkebunan Berkelanjutan*. Jakarta: Kementerian Pertanian, 2022.