

Pemanfaatan Drone untuk Evaluasi Spasial dalam Pengembangan Kawasan Wisata Kopirejo Pasca Bencana di Kecamatan Wajak

Dinna Hadi Sholikhah*¹, Dimas Prabowo Harliando², Chosa Zahro Fatiha³, Atiqah Aulia Hanuf⁴, M.Wasilul Lutfi⁵, Soemarno⁶

^{1,4,5} Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

^{2,3,6} Departemen Ilmu Tanah, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

*e-mail: dinna.hadi.fp@upnjatim.ac.id¹, dimas.prabowo.fp@upnjatim.ac.id², chosa.zahro.fp@upnjatim.ac.id³, atiqahaulia@ub.ac.id⁴, ,mwl@ub.ac⁵,

Abstrak

Kawasan Kopirejo, yang terletak di Desa Bambang, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang, merupakan daerah pasca erupsi Gunung Semeru yang sedang dikembangkan sebagai desa wisata dengan komoditas utama kopi dan durian. Wilayah ini memiliki karakteristik tanah dominan berpasir dan topografi yang bervariasi, dengan risiko erosi yang cukup tinggi. Dalam upaya mendukung pengelolaan lahan secara berkelanjutan, teknologi drone digunakan sebagai alat monitoring kondisi fisiografi lahan secara real-time. Pengabdian masyarakat ini dilakukan melalui pendekatan pemetaan partisipatif, yang mengintegrasikan data hasil observasi lapangan dengan pemetaan drone beresolusi tinggi. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa kondisi biofisik lahan mempengaruhi produktivitas tanaman kopi dan durian, serta perlunya strategi konservasi yang sesuai. Pemanfaatan drone terbukti efektif dalam memberikan informasi spasial mengenai kemiringan lereng, tutupan lahan, serta perubahan kondisi tanah pasca erosi. Implementasi teknologi drone diharapkan dapat meningkatkan pengelolaan kebun kopi rakyat, memperkuat upaya revegetasi, serta mengoptimalkan pengembangan desa wisata Kopirejo secara sosial-ekonomi dan agroekosistem. Integrasi antara akademisi, masyarakat, dan pemerintah menjadi kunci keberlanjutan program ini.

Kata Kunci: Drone, Pemetaan, Kopi, Konservasi Lahan, Agroforestry

Abstract

The Kopirejo area, located in Bambang Village, Wajak District, Malang Regency, is a post-eruption zone of Mount Semeru. It is being developed into a tourism village with coffee and durian as its primary commodities. The region features sandy soil and varied topography, with a high erosion risk. To support sustainable land management, drone technology is a real-time monitoring tool for physiographic conditions. This community service initiative employs a participatory mapping approach, integrating field observation data with high-resolution drone mapping. The findings indicate that the area's biophysical conditions impact the productivity of coffee and durian crops, necessitating appropriate conservation strategies. Drones have proven effective in providing spatial information on slope gradients, land cover, and soil conditions post-erosion.

The implementation of drone technology is expected to enhance the management of local coffee farms, strengthen revegetation efforts, and optimize the sustainable development of Kopirejo tourism village from social, economic, and agroecosystem perspectives. Collaboration between academics, local communities, and government officials is key to ensuring the long-term success of this initiative.

Keywords: Drone, Mapping, Coffee, Land Conservation, Agroforestry

1. PENDAHULUAN

Kawasan kopirejo terletak di Desa Bambang, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang. Kawasan ini merupakan daerah pasca erupsi Gunung Semeru yang sedang mengembangkan desa wisata untuk komoditas durian dan kopi. Desa Bambang terletak pada Kecamatan Wajak hasil overview dan identifikasi kondisi fisiografi lahan secara langsung, dengan karakteristik wilayah dengan tekstur tanah dominan berpasir dan topografi lahan bergelombang hingga curam memiliki potensi bahaya erosi cukup tinggi (Sholikah, Wicaksono, *et al.*, 2024). Berdasarkan hasil wawancara kepada masyarakat sekitar, sebelumnya kawasan ini didominasi oleh penggunaan lahan tegalan dengan komoditas utama berupa tanaman jagung. Akan tetapi, beberapa tahun setelahnya terjadi erosi yang mengakibatkan perubahan kondisi biofisik lingkungan dan perekonomian masyarakat. Untuk mengatasi adanya permasalahan erosi karena kondisi tutupan lahan yang minim dan kondisi biofisik lahan kurang mendukung untuk pengembangan komoditas semusim, maka masyarakat beralih untuk mengembangkan komoditas tahunan berupa tanaman tahunan yang menghasilkan seperti durian dan kopi.

Kondisi biofisik lahan dengan topografi beragam dan kondisi tanah berpasir telah menarik perhatian berbagai peneliti untuk memperbaiki kondisi tanah berpasir untuk pengembangan komoditas di wilayah ini. Upaya yang telah dilakukan yaitu memperbaiki kondisi tanah berpasir melalui pemanfaatan lubang resapan biopori yang dikombinasikan dengan penambahan bahan organik untuk memperbaiki agregasi tanah berpasir (Hanuf and Soemarno, 2020), meningkatkan kapasitas penyimpanan air (Hanuf, Prijono and Soemarno, 2021), meningkatkan kesuburan tanah (Soemarno *et al.*, 2021). Adanya kebaharuan inovasi pengembangan di kawasan ini memicu masyarakat setempat menginisiasi untuk menciptakan kawasan desa wisata kopi untuk meningkatkan perekonomian dan upaya revegetasi kawasan ini.

Upaya pengembangan kawasan kopirejo perlu mempertimbangkan kondisi karakteristik lahan terlebih dahulu. Hal ini digunakan untuk mengetahui pengelolaan terbaik pada masing-masing kebun kopi rakyat oleh petani. Pengetahuan pengelolaan yang baik, diharapkan petani tidak hanya terfokuskan pada perbaikan ekonomi masyarakat, namun mempertahankan kelestarian lahan secara berkelanjutan. Sehingga kawasan kopirejo yang akan dikembangkan dapat berkelanjutan baik secara sosial-ekonomi masyarakat dan agroekosistemnya. Budidaya tanaman tahunan berupa buah durian dan kopi perlu mempertimbangkan kondisi kemampuan lahan sebagai dasar pengelolaan kebun (Mujiyo *et al.*, 2022).

Monitoring lahan secara spasial, telah banyak dilakukan menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk membantu memantau kondisi fisiografi lahan. Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk memonitoring kondisi lahan secara aktual dan *real time* menggunakan pesawat tanpa awak (*drone*). Integrasi teknologi drone ke dalam pertanian merevolusi praktik pertanian dengan meningkatkan presisi, efisiensi, dan keberlanjutan. Drone memfasilitasi pertanian presisi melalui pencitraan beresolusi tinggi dan pengumpulan data waktu nyata tentang kesehatan tanaman, kelembaban tanah, dan tingkat nutrisi, sehingga memungkinkan intervensi spesifik lokasi yang mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan memaksimalkan hasil panen (Putra *et al.*, 2021; Rishikesavan *et al.*, 2024). Dilengkapi dengan alat seperti pencitraan multispektral dan termal, drone mendukung pengambilan keputusan berbasis data dan pengelolaan hama dan gulma yang efektif melalui aplikasi agrokimia yang ditargetkan, sehingga mengurangi dampak lingkungan (García-Munguía *et al.*, 2024). Oleh karena itu, inisiatif kebijakan yang

mendorong akses yang terjangkau, pelatihan, dan perubahan pola pikir sangat penting untuk implementasi pertanian berbasis drone yang lebih luas (McCarthy *et al.*, 2023).

Integrasi antara kondisi kemampuan lahan secara aktual dan pemanfaatan teknologi drone tidak hanya berhenti sebagai database, namun harus terdapat diseminasi dan implementasi oleh masyarakat sebagai sasaran utama dalam mengimplementasikan informasi ini. Mentransfer teknologi dalam pemetaan memiliki tantangan tersendiri.

Meskipun telah menerapkan berbagai metode pemetaan partisipatif (Cochrane and Corbett, 2020). Penting untuk menciptakan sinergi antara akademisi, pemerintah, dan masyarakat multisektoral yang memanfaatkan peta untuk pembangunan daerah. Menumbuhkan rasa kepemilikan di antara kelompok-kelompok ini akan mendorong pemetaan partisipatif yang sesuai dengan harapan semua pihak (Tiller *et al.*, 2021). Sebagai tokoh sentral dalam transfer teknologi ini, para akademisi harus memperhitungkan seberapa mudahnya teknologi tersebut diadopsi oleh masyarakat. Pengembangan lahan pertanian perlu adanya kegiatan observasi kondisi lahan, pemetaan kondisi lahan secara aktual, dan menentukan evaluasi kondisi lahan. Hasil evaluasi lahan berbasis pemetaan (Prabowo, Sundaro and AR, 2024) diharapkan akan menjadi salah satu strategi yang dapat dikembangkan oleh pemerintah setempat, masyarakat, serta akademisi dalam menentukan strategi pengelolaan lahannya.

Tujuan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilakukan untuk menginventarisasi kondisi biofisik lahan untuk pengembangan kawasan wisata kopirejo di Desa Bambang dengan memanfaatkan drone. Hasil pemetaan drone diharapkan dapat menjadi strategi pengelolaan kebun kopi oleh masyarakat setempat berdasarkan pendekatan pemetaan partisipatif antara masyarakat, pemerintah desa, dan akademisi. Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Bambang akan menjadi upaya pengembangan kawasan kopirejo yang dapat berkelanjutan berdasarkan aspek sosial, ekonomi, dan agroekosistem.

2. METODE

Kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan menggunakan metode pemetaan partisipatif. Pemetaan partisipatif sebagai metode untuk melakukan pendekatan kepada masyarakat, meningkatkan perencanaan tata ruang dan penyediaan layanan publik dengan mengintegrasikan pengetahuan lokal, mendorong kolaborasi pemangku kepentingan, dan mempromosikan keterlibatan masyarakat. Pemetaan partisipatif memungkinkan masyarakat untuk mengartikulasikan secara visual persepsi mereka mengenai penggunaan lahan, jasa ekosistem, dan tantangan lokal, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang terinformasi dan inklusif (Lim *et al.*, 2021). Dengan mendorong partisipasi aktif, pemetaan partisipatif dapat memperkuat rasa memiliki dan akuntabilitas masyarakat terhadap layanan publik melalui mekanisme umpan balik dan transparansi yang lebih baik (Toro-Hernandez *et al.*, 2020). Selain itu, pemetaan partisipatif mendukung inisiatif pengurangan risiko bencana dan kesehatan masyarakat dengan memasukkan wawasan lokal ke dalam identifikasi risiko dan intervensi kebijakan (Douglas *et al.*, 2020). Kemampuannya untuk menjembatani sistem pengetahuan yang beragam semakin memudahkan dialog antara masyarakat dan pembuat kebijakan, sehingga menghasilkan strategi perencanaan yang peka terhadap konteks dan terintegrasi (Crosse *et al.*, 2021).

Tahapan kegiatan pengabdian masyarakat dilakukan melalui identifikasi wilayah kawasan kopirejo. Hal yang perlu diidentifikasi yaitu permasalahan di lahan yang berpotensi menjadi faktor pembatas dalam budidaya komoditas

yang dikembangkan yaitu kopi dan durian. Kegiatan identifikasi dimulai dari analisis kondisi fisiografi lahan dan diskusi dengan masyarakat untuk menentukan permasalahan yang terjadi secara aktual di lapangan (*ground*). Selanjutnya melakukan monitoring kondisi lahan secara spasial menggunakan foto udara yang diambil menggunakan drone. Setelah informasi diperoleh, maka dilakukan analisis kondisi aktual berdasarkan data dari foto udara dan kondisi aktual di lapangan. Informasi tersebut akan menjadi dasar dalam melakukan pemetaan partisipatif antar semua stakeholder, baik petani, pemangku kebijakan, dan akademisi. Adapun kerangka tahapan kegiatan pengabdian masyarakat disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Pengabdian Masyarakat di Kawasan Kopirejo, Desa Bambang

Tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat di Kawasan Kopirejo, Desa Bambang, dibagi kedalam empat tahap, tahap pertama yaitu identifikasi fisiografi lahan. Tahap ini berfokus pada pengamatan dan analisis terhadap kondisi fisik lahan yang akan dikembangkan. Identifikasi ini mencakup pemahaman terhadap topografi, jenis tanah, vegetasi, serta potensi lain yang dapat mempengaruhi rencana pengembangan wisata. Tahap kedua adalah proses diskusi dengan petani. Proses diskusi ini melibatkan komunikasi dengan petani setempat untuk memperoleh wawasan tentang kondisi lahan serta potensi yang dapat dikembangkan. Proses diskusi ini memastikan partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan dan pemanfaatan lahan, sehingga proyek pengembangan wisata berjalan selaras dengan kebutuhan dan aspirasi lokal. Tahap ketiga adalah proses penerbangan drone. Pada tahap ini, drone digunakan untuk mengumpulkan data spasial berupa gambar dan peta dengan ketinggian pengamatan 150 meter, dan resolusi kamera yang digunakan adalah 5 MP.. Teknologi ini memungkinkan pemetaan yang akurat dan efisien untuk keperluan analisis lebih lanjut. Setelah data hasil penerbangan diperoleh, kemudian dilakukan pemetaan partisipatif. Proses pemetaan ini melibatkan berbagai pihak, termasuk masyarakat setempat, dalam proses pemetaan lahan. Langkah ini bertujuan untuk menghasilkan informasi spasial yang lebih akurat dan sesuai dengan kebutuhan lokal.

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Kawasan Kopirejo

Kegiatan identifikasi kondisi lahan menjadi tahap pertama dalam menentukan karakteristik dan faktor pembatas untuk pengembangan komoditas secara berkelanjutan. Berdasarkan hasil identifikasi langsung di lapangan ditemukan kondisi tanah dominan berpasir karena merupakan material vulkan dari Gunung Semeru. Distribusi pasir merata di Desa Bambang, karena kawasan ini berada di lereng Gunung Semeru. Pada kedalaman >150 cm, sudah ditemukn batuan berupa kerikil-kerikil berukuran

>2 cm. Kondisi tanah yang didominasi oleh fraksi pasir, memiliki permeabilitas tanah relatif cepat, yang menunjukkan tanah semakin mudah dalam meloloskan air, kemampuan tanah menyimpan air rendah. Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan, Tekstur pasir di Desa Bambang berkisar antara 58,33-87,05% dengan kelas tekstur berupa lempung berpasir, pasir berlempung, dan pasir, permeabilitas berkisar antara 5,22-20,03 cm/jam (sedang-cepat), sedang bahan organik berkisar antara 1,23-2,85% (Sholikah, Naufal, *et al.*, 2024). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan karakteristik sifat fisik tanah untuk perkembangan zona perakaran tanaman kopi yaitu kedalaman tanah di Desa Bambang memiliki kedalaman tanah berkisar antara 158-165 cm. Kedalaman tanah tidak menjadi faktor pembatas dalam budidaya tanaman kopi maupun durian. Sifat fisik di Desa Bambang yang dapat berpengaruh terhadap produksi kopi yaitu berat isi, berat jenis, porositas, dan fraksi pasir. Tingginya fraksi pasir dapat menurunkan produksi kopi (Sholikah, Bratawijaya, *et al.*, 2024; Sholikah *et al.*, 2025). Kondisi sifat fisik tanah berdasarkan hasil identifikasi langsung di lapangan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sifat Fisik Tanah Berpasir di Kawasan Kopirejo, Desa Bambang

Gambar 2 memberikan gambaran mengenai sifat fisik tanah pada kawasan Kopirejo. Adapun kondisi sifat fisik tanahnya adalah berpasir. Penentuan sifat fisik ini dilakukan secara langsung di lapangan. Selain melakukan pengamatan sifat fisik tanah, dilakukan juga pengamatan kondisi lereng pada Kawasan Kopirejo, Desa Bambang seperti yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondisi Lereng di Kawasan Kopirejo Desa Bambang

Berdasarkan hasil identifikasi fisiografi lahan pada gambar 3, kawasan ini memiliki lereng agak miring hingga curam. Kondisi tersebut dapat menyebabkan tingginya bahaya yang mampu memicu bencana erosi apabila tidak dilakukan upaya konservasi dengan tepat (Harliando *et al.*, 2022). Selama proses observasi langsung juga ditemukan bahwa pada Kawasan Kopirejo terdapat lahan bekas tambang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Lahan Bekas Tambang Pasir Yang Dibiarkan

Hasil observasi secara langsung pada beberapa lahan, ditemukan adanya lahan bekas tambang pasir yang dibiarkan terbengkalai (Gambar 4). Kondisi ini apabila dibiarkan dapat memicu adanya penurunan fungsi lahan di masa yang akan datang. Selain itu, dapat memengaruhi keberlanjutan produktivitas lahan dalam mendukung obyek yang di atasnya. Perubahan kondisi

ini dapat menyebabkan adanya perubahan penggunaan lahan serta dapat memicu terjadinya bencana longsor (Sholikah, Wicaksono, *et al.*, 2024). Selain pengamatan lahan hasil tambang, dilakukan juga pengamatan jenis tutupan lahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5. Komoditas Kopi dan Durian yang Dibudidayakan

Gambar 5 memberikan gambaran mengenai jenis tutupan lahan pada Kawasan Kopirejo. Tanaman kopi dan durian ditanam pada lahan pekarangan serta lahan bekas penambangan sebagai upaya masyarakat untuk revegetasi di lokasi ini untuk meningkatkan tutupan lahan pada lahan yang terbuka (Harliando, Setyawan and Mawandha, 2023). Lokasi telah membudidayakan tanaman kopi dan durian selama 5 tahun terakhir (Gambar 5). Akan tetapi masih belum optimal terkait penataan komposisi tanaman untuk dapat dikembangkan sebagai kawasan desa wisata kebun kopi dan durian. Saat ini, masyarakat mengoptimalkan pada pertumbuhan tanaman dan peningkatan produktivitas kedua tanaman ini untuk memperbaiki ekonomi.

3.2 Diskusi dengan Petani Kawasan Kopirejo

Wawancara serta diskusi telah dilakukan dengan salah satu petani setempat yang memiliki lahan di daerah lereng Gunung Semeru (Gambar 6). Daerah tersebut memiliki tanah yang berasal dari material vulkanik khususnya pasir asli dari Gunung Semeru. Tanah yang berasal dari lereng gunung semeru sebagian besar subur namun masalah utama dari wilayah tersebut adalah struktur tanah yang remah sehingga saat musim hujan mudah terjadi erosi (Sukarman et al., 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Sholikah *et al.* (2024) menunjukkan bahwa wilayah seperti Wajak yang memiliki tekstur tanah pasir dan kemiringan >25% sangat rawan terhadap erosi dan longsor. Selain itu penambangan pasir aktif dilakukan di sekitar lahan pertanian yang

memberikan dampak langsung namun juga berpotensi mempercepat kerusakan struktur tanah dan memicu ketidakstabilan lereng. berdasarkan hasil wawancara dengan petani pada periode sebelumnya lahan ini digunakan untuk budidaya tanaman jagung. Perakaran pada tanaman jagung yang dangkal tidak mampu menahan tanah secara efektif sehingga meningkatkan potensi erosi pada daerah tersebut. Berdasarkan beberapa penelitian kondisi lahan tersebut dapat dialihkan menjadi sistem agroforestri. Penggunaan tanaman seperti mahoni, pinus, durian, dan kopi yang diharapkan mampu memperbaiki struktur tanah.



Gambar 6. Kegiatan Pengumpulan Informasi Melalui Wawancara dengan Petani

3.3 Demonstrasi Penerbangan Drone untuk Monitoring Kondisi Lahan

Demonstrasi penerbangan drone kepada petani sebagai proses inisiasi pemanfaatan teknologi terkini dalam bidang pertanian (Gambar 7). Integrasi teknologi drone ke dalam pertanian menawarkan manfaat yang besar bagi masyarakat setempat dengan meningkatkan produktivitas, mengoptimalkan pengelolaan sumber daya, dan mempromosikan pendidikan petani. Drone memungkinkan pertanian presisi melalui pemantauan tanaman, tanah, dan sistem irigasi secara real-time, memfasilitasi intervensi tepat waktu yang meningkatkan hasil panen dan mengurangi pemborosan input (McCarthy *et al.*, 2023). Data spektral dari drone mendukung aplikasi air dan pupuk yang ditargetkan, sehingga berkontribusi pada kelestarian lingkungan. Inisiatif pendidikan dan demonstrasi masyarakat semakin mendorong adopsi dan pemahaman tentang teknologi drone, memberdayakan petani dengan alat bantu pengambilan keputusan berbasis data (Dutta and Goswami, 2020).



Gambar 7. Demonstrasi Penerbangan Drone Kepada Petani

Drone yang digunakan untuk mengambil foto udara adalah DJI Phantom 4. Tahapan pertama dalam penerbangan drone dimulai dari menentukan lokasi penerbangan drone, kemudian menentukan jalur terbang sesuai lokasi yang telah ditentukan. Terdapat beberapa pengaturan yaitu banyaknya foto yang dapat diambil, luasan area, panjang garis terbang drone, jenis kamera yang digunakan, kecepatan terbang drone sesuai kecepatan angin di lokasi pengabdian, mengatur ketinggian terbang drone sesuai ketinggian obyek di sekitarnya agar tidak menjadi gangguan saat penerbangan drone, serta mengatur rasio tumpang tindih antar foto udara (*overlay*). Tahap kedua yaitu mempersiapkan kebutuhan penerbangan drone meliputi komponen drone berupa badan drone, baling-baling, baterai, *remote control*. Tahap ketiga yaitu memasang baterai dan memastikan baterai dalam kondisi penuh. Tahap keempat yaitu memasang baling-baling sesuai arahnya (Gambar 8).



Gambar 8. Pemasangan Komponen Drone

Tahap kelima yaitu memastikan semua komponen telah terpasang dengan tepat. Tahap keenam yaitu menghidupkan drone dengan menekan tombol power pada baterai. Tahap ketujuh yaitu menghubungkan drone pada remote kontrol. Tahap kedelapan yaitu melakukan kalibrasi drone dan memastikan drone siap terbang. Tahap kesembilan yaitu penerbangan drone untuk mengambil kenampakan obyek di permukaan lahan (Gambar 9).



Gambar 9. Penerbangan Drone

3.4 Pemetaan Partisipatif

Pemetaan partisipatif dilakukan dengan mengkaji pada berbagai stakeholder, baik pemangku kebijakan di desa, masyarakat, dan akademisi. Peran stakeholder dalam pemetaan partisipatif dapat menjadi pedoman dalam penentuan rekomendasi yang tepat dalam melakukan pengembangan desa wisata di kawasan kopirejo, Desa Bambang. Pemetaan partisipatif berfungsi sebagai alat penting dalam pengembangan desa wisata, memfasilitasi keterlibatan masyarakat dan mendorong praktik-praktik yang berkelanjutan. Peran pembuat kebijakan dalam memanfaatkan pemetaan partisipatif untuk pengembangan desa wisata sangat penting, karena pemetaan partisipatif dapat memandu perencanaan strategis sekaligus mendorong keterlibatan dan kohesi masyarakat. Para pembuat kebijakan memfasilitasi lingkungan kolaboratif di mana masyarakat lokal dapat mengidentifikasi aset mereka, berbagi kebutuhan mereka, dan terlibat dalam pengembangan pariwisata berkelanjutan yang mencerminkan konteks budaya dan lingkungan. Fungsi utama pembuat kebijakan adalah menciptakan kerangka kerja yang mendorong keterlibatan masyarakat melalui pemetaan partisipatif. Kebijakan terstruktur yang memungkinkan pemangku kepentingan lokal untuk berkontribusi secara aktif dalam perencanaan pariwisata akan menghasilkan pengelolaan pariwisata yang lebih berkelanjutan dan berorientasi pada masyarakat (Sulistyo *et al.*, 2025). Dengan melibatkan anggota masyarakat dalam proses pemetaan, pembuat kebijakan dapat lebih memahami karakteristik dan tantangan lokal, sehingga memungkinkan mereka untuk menyesuaikan strategi pengembangan pariwisata yang meningkatkan kondisi sosial-ekonomi penduduk dan daya tarik desa bagi pengunjung. Para pembuat kebijakan juga memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa proses pemetaan partisipatif bersifat inklusif dan memberdayakan suara-suara yang terpinggirkan di dalam masyarakat. Tanpa pemahaman yang komprehensif tentang potensi dan manfaat lokal, para pembuat kebijakan mungkin tidak dapat menyalurkan sumber daya secara efektif ke dalam proyek-proyek pariwisata yang benar-benar melayani kepentingan masyarakat. Dengan demikian, fasilitasi pemetaan partisipatif dapat membantu memastikan bahwa semua segmen masyarakat terwakili, yang mengarah pada inisiatif pariwisata yang mendorong inklusivitas dan ketangguhan (Rashid, 2020). Koordinasi dengan pemangku kebijakan dalam lingkup desa disajikan pada Gambar 10



Gambar 10. Keterlibatan Pemangku Kebijakan Desa dalam Kegiatan Pemetaan Partisipasi

Akademisi dan dosen memainkan peran penting dalam pemetaan partisipatif untuk pengembangan desa wisata dengan berkontribusi dalam penelitian, peningkatan kapasitas, pelibatan pemangku kepentingan, dan perencanaan keberlanjutan. Keahlian mereka menginformasikan strategi pariwisata yang peka terhadap budaya dan layak secara ekonomi, mendukung pelatihan masyarakat dalam pengelolaan pariwisata, dan memfasilitasi pengambilan keputusan yang inklusif melalui pemetaan pemangku kepentingan (Aji and Faniza, 2023). Upaya dalam meningkatkan kerangka kerja tata kelola dengan memberikan saran tentang kebijakan pariwisata berkelanjutan dan mempromosikan keterlibatan masyarakat dalam perencanaan pariwisata yang mencerminkan identitas lokal (Utami, Rahadian and Samuel, 2022). Adapun kegiatan diskusi antar akademis disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Peran akademisi dalam pemetaan partisipasi

Dengan melibatkan penduduk lokal secara aktif dalam proses pemetaan, para pemangku kepentingan dapat meningkatkan pemahaman mereka tentang lanskap sosial-budaya dan lingkungan sambil memastikan bahwa proyek-proyek pariwisata selaras dengan kebutuhan dan aspirasi masyarakat. Salah satu manfaat utama pemetaan partisipatif dalam pengembangan desa wisata adalah kemampuan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan aset dan sumber daya lokal. Pendekatan yang disesuaikan ini memberdayakan masyarakat secara ekonomi dan menumbuhkan rasa kepemilikan atas proyek pengembangan pariwisata. Selain itu, pemetaan partisipatif menyediakan platform untuk mengintegrasikan pengetahuan lokal ke dalam perencanaan pariwisata. Pentingnya masukan dari masyarakat dalam menentukan zonasi pariwisata, yang membantu menyeimbangkan kegiatan wisata dengan pelestarian mata pencaharian dan lingkungan setempat (Purnomo, Idris and Kurniawan, 2020).

Zonasi yang jelas membantu menghindari konflik antara pariwisata dan kehidupan sehari-hari masyarakat, sehingga mendorong koeksistensi dan praktik pembangunan berkelanjutan. Peta desa partisipatif tidak hanya berfungsi sebagai alat perencanaan strategis tetapi juga sebagai sumber daya pendidikan bagi masyarakat. Lokakarya pemetaan partisipatif memfasilitasi dialog interaktif dan reflektif di antara para peserta, yang membantu memperkuat partisipasi publik dan keterlibatan masyarakat dalam tata kelola pemerintahan lokal (Akbar *et al.*, 2021). Peningkatan kesadaran ini mengarah pada anggota masyarakat yang lebih terinformasi dan memiliki posisi yang lebih baik untuk mengadvokasi kepentingan mereka dalam proses pembangunan pariwisata. Selain itu, pemetaan partisipatif mendorong praktik pariwisata berkelanjutan dengan memasukkan pertimbangan lingkungan ke dalam kerangka kerja perencanaan. Seperti yang diamati oleh Nugraha dkk., proses pemetaan dapat membantu mengidentifikasi zona ekologi kritis dan situs warisan budaya yang membutuhkan perlindungan, sehingga mengurangi dampak buruk pariwisata terhadap ekosistem lokal (Nugraha *et al.*, 2024). Dengan menekankan praktik-praktik berkelanjutan, masyarakat dapat memastikan bahwa pariwisata berkontribusi positif terhadap ekonomi lokal dan pelestarian lingkungan. Pemetaan partisipatif antar masyarakat di kawasan kopirejo disajikan pada Gambar 12.



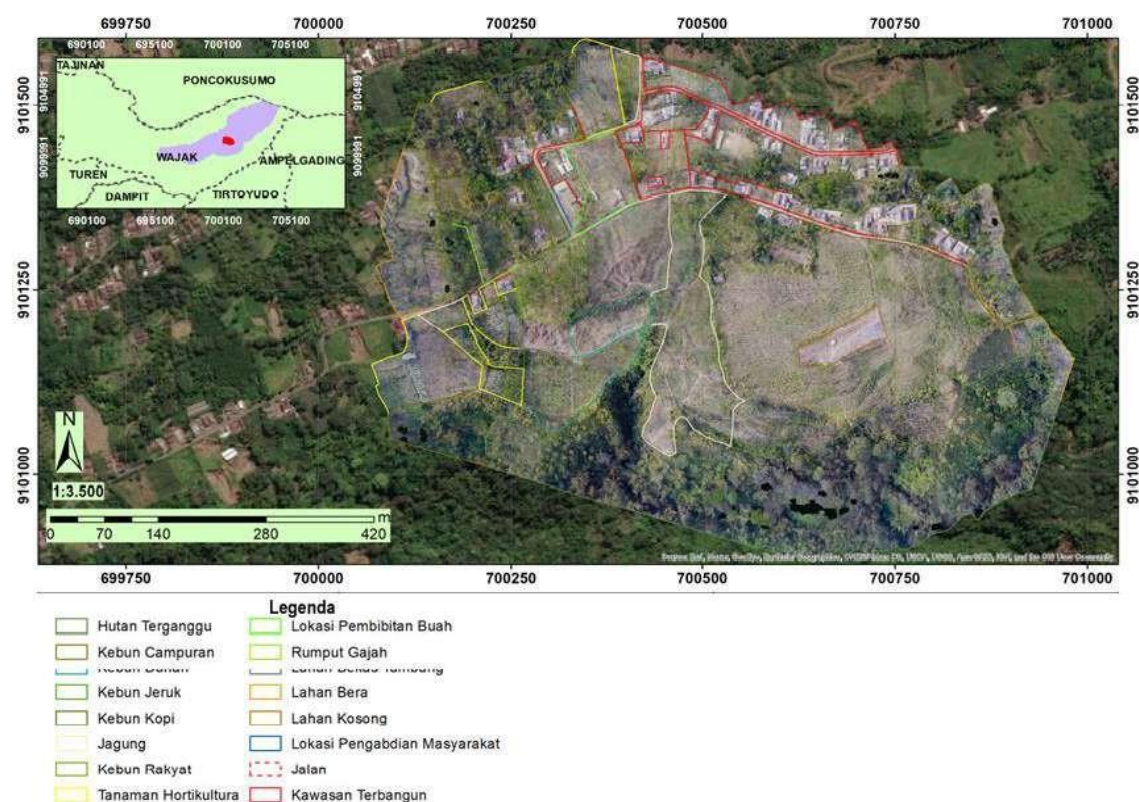
Gambar 12. Pemetaan Partisipasi dengan Masyarakat

3.5 Monitoring Kondisi Lahan Berdasarkan Data Foto Udara Drone

Drone merupakan wahana dalam membantu untuk monitoring kondisi lahan secara horizontal dan mampu mencakup kawasan lahan yang beragam secara spasial. Hasil foto udara yang diambil menggunakan drone memiliki resolusi dan kedetailan tinggi. Adapun hasil monitoring lahan ditunjukkan pada Gambar 13. berdasarkan hasil monitoring, dapat dilihat bahwa kawasan Kopirejo memiliki kemiringan yang cukup bervariasi, mulai dari dataran rendah hingga lereng yang curam. Selain itu juga terdapat juga informasi mengenai penggunaan lahan seperti kebun campuran, perkebunan kopi, hortikultura, hingga hutan terganggu. Kedua informasi tersebut dapat dikaitkan dan digunakan sebagai dasar dalam menentukan strategi pengolahan

lahan yang berkelanjutan.

Wilayah Bambang dan sekitarnya juga dijadikan sebagai tempat penambangan pasir, akan tetapi lahan pasca tambang seringkali menghadapi tantangan akibat lingkungan akibat perubahan struktur tanah dan hilangnya vegetasi alami, salah satunya adalah terjadinya longsor. Oleh karena itu diperlukan pendekatan yang tepat agar lahan tersebut dapat direvitalisasi menjadi kawasan produktif yang memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat. Salah satunya adalah dengan mengembangkan kebun rakyat berbasis *agroforestry* atau sistem pertanian yang mengintegrasikan tanaman perkebunan dengan unsur kehutanan untuk menjaga ekosistem yang berkelanjutan. Proses revegetasi menjadi langkah awal dalam pemulihan lahan pasca tambang. Salah satunya dengan memilih tanaman perkebunan yang memiliki nilai jual tinggi, sehingga masyarakat dapat merubah lahan yang tidak produktif menjadi salah satu sumber ekonomi yang berdaya guna. Tanaman yang dapat menjadi pilihan utama revegetasi adalah kopi. Selain memberikan manfaat ekonomi, kopi juga dapat berperan dalam memperbaiki kualitas tanah serta meningkatkan keanekaragaman hayati.



Gambar 13. Peta Penggunaan Lahan Aktual Hasil Pemotretan Foto Udara Drone di Kawasan Kopirejo, Desa Bambang

Pendekatan *agroforestry* tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi, tetapi juga berkontribusi terhadap keseimbangan ekologi. Pola tanam yang mengkombinasikan pepohonan dan tanaman perkebunan membantu mengurangi erosi, meningkatkan cadangan air tanah, serta menciptakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna. Dengan demikian, konsep ini tidak hanya menciptakan sumber mata pencaharian bagi masyarakat, tetapi juga memperkuat ketahanan lingkungan dalam jangka panjang.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan menggunakan teknologi drone di Desa Bambang, dapat disimpulkan bahwa Pemanfaatan drone dalam pemetaan lahan telah memberikan wawasan mendalam mengenai karakteristik wilayah, mendukung pengembangan desa wisata berbasis agroforestry, serta membantu analisis biofisik secara lebih akurat. Hasil pemetaan menunjukkan rekomendasi tanaman kopi dan durian sebagai pilihan terbaik berdasarkan kondisi tanah yang berpasir dan topografi yang bervariasi, memberikan panduan bagi masyarakat dalam pengelolaan lahan berkelanjutan. Kolaborasi antara teknologi, masyarakat, akademisi, dan pemerintah berperan penting dalam keberhasilan pengelolaan lahan dan pengembangan desa wisata, dengan pemanfaatan drone sebagai alat utama untuk transformasi lahan yang optimal dan berkelanjutan. Namun kegiatan ini juga menghadapi sejumlah kelemahan yang perlu dicermati untuk perbaikan ke depan seperti keterbatasan kapasitas masyarakat dalam memahami dan mengoperasikan teknologi drone, yang memerlukan pelatihan lanjutan dan pendampingan jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kerjasama dalam kegiatan pengabdian masyarakat kepada team Universitas Brawijaya dan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur atas kerjasama yang baik dalam mensukseskan kegiatan pengabdian ini. Serta penulis mengucapkan terima kasih Hibah Pengabdian PNPB FP UB 2023 yang telah memaberikan dikungan secara finansial terhadap pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cochrane, L. and Corbett, J. (2020) 'Participatory Mapping', in J. Servaes (ed.) *Handbook of Communication for Development and Social Change*. Singapore: Springer Singapore, pp. 705–713. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-15-2014-3_6.
- Crosse, A.M. *et al.* (2021) 'Bridging knowledge systems: a community-participatory approach to EcoHealth', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23), p. 12437.
- Douglas, J.A. *et al.* (2020) 'Using participatory mapping to diagnose upstream determinants of health and prescribe downstream policy-based interventions', *Preventing Chronic Disease*, 17, p. E138.
- García-Munguía, A. *et al.* (2024) 'A Review of Drone Technology and Operation Processes in Agricultural Crop Spraying', *Drones*, 8(11), p. 674. Available at: <https://doi.org/10.3390/drones8110674>.
- Hanuf, A.A., Prijono, S. and Soemarno, S. (2021) 'Improvement of soil available water capacity using biopore infiltration hole with compost in a coffee plantation', *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 8(3), p. 2791.
- Hanuf, A.A. and Soemarno, S. (2020) 'Teknologi Biopori Berkompos Guna Memperbaiki Kualitas Tanah di Kebun Kopi', in. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL IPPeMas*, pp. 48–57.
- Harliando, D.P. *et al.* (2022) 'RUSLE CP factor optimization for soil erosion modeling in tropical watershed of Indonesia', in *International Conference on Sustainable Environment, Agriculture and Tourism (ICOSEAT 2022)*. Atlantis Press, pp. 275–280. Available at: <https://www.atlantispress.com/proceedings/icoseat-22/125981471> (Accessed: 6 May 2025).
- Harliando, D.P., Setyawan, C. and Mawandha, H.G. (2023) 'Spatial modeling of vegetation cover for soil erosion control based on arc GIS and the RUSLE models.'

Available at: https://www.academia.edu/download/100702157/pdf_1.pdf (Accessed: 6 May 2025).

Lim, V.-C. *et al.* (2021) 'Eliciting local knowledge of ecosystem services using participatory mapping and Photovoice: A case study of Tun Mustapha Park, Malaysia', *Plos one*, 16(7),

p. e0253740.

McCarthy, C. *et al.* (2023) 'Can drones help smallholder farmers improve agriculture efficiencies and reduce food insecurity in Sub-Saharan Africa? Local perceptions from Malawi', *Agriculture*, 13(5), p. 1075.

Available at: <https://doi.org/10.3390/agriculture13051075>.

Mujiyo, M. *et al.* (2022) 'Evaluasi kemampuan lahan sebagai dasar rekomendasi penggunaan lahan di Kecamatan Ngadirojo Kabupaten Wonogiri', *Agrikultura*, 33(1), pp. 56–67.

Prabowo, D., Sundaro, H. and AR, R.A.P. (2024) 'Pelatihan Pemrograman Python Tingkat Dasar Untuk Pemetaan Wilayah Di SMA Ksatrian 02 Semarang', *ABDINE: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1), pp. 114–119.

Putra, A.N. *et al.* (2021) 'Pineapple biomass estimation using unmanned aerial vehicle in various forcing stage: Vegetation index approach from ultra-high-resolution image', *Smart Agricultural Technology*, 1, p. 100025. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100025>.

Rishikesavan, S. *et al.* (2024) 'Prospects and challenges of drone technology in sustainable agriculture', *Plant Science Today*, 11, p. 5761. Available at: <https://doi.org/10.14719/pst.5761>.

Sholikah, D.H., Naufal, R., *et al.* (2024) 'Analisis Erodibilitas Tanah Dan Hubungannya Dengan Produktivitas Tanaman Kopi Di Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang', *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 11(1), pp. 125–134. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.1.14>.

Sholikah, D.H., Wicaksono, K.S., *et al.* (2024) 'Landslide mitigation through NDSI-based soil erodibility value prediction on coffee land in Wajak subdistrict, Malang Regency, East Java', in *PROCEEDINGS OF THE TRANSDISCIPLINARY SYMPOSIUM ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY (TSET) 2022: Development of Digital and Green Technology on Post Pandemic Era. AIP Conference Proceedings*, AIP Publishing. Available at: <https://doi.org/10.1063/5.0209394>.

Sholikah, D.H., Bratawijaya, S.S., *et al.* (2024) 'Studi Karakteristik Fisika Tanah Zona Perakaran dan Produksi Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) di Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(3), pp. 731–742. Available at: <https://doi.org/10.14710/jil.22.3.731-742>.

Sholikah, D.H. *et al.* (2025) 'Evaluasi Karakteristik Zona Perakaran Kebun Kopi Rakyat Di Wilayah Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang', *AGROINOTEK*, 4(1), pp. 1–10.

Soemarno, S. *et al.* (2021) 'Aplikasi Lubang Resapan Biopori Berkompos terhadap Peningkatan Fosfor pada Agroekosistem Kebun Kopi Robusta', *Agrotechnology Research Journal*, 5(1), pp. 49–55.

Tiller, R.G. *et al.* (2021) 'Understanding stakeholder synergies through system dynamics: integrating multi-sectoral stakeholder narratives into quantitative environmental models', *Frontiers in Sustainability*, 2, p. 701180.

Toro-Hernandez, M.L. *et al.* (2020) 'Factors that influence the use of community assets by people with physical disabilities: results of participatory mapping in Envigado, Colombia', *BMC Public Health*, 20(1), p. 181. Available at: <https://doi.org/10.1186/s12889-020-8285-9>.