



Implementasi Metode Fotogrametri dalam Program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) di Desa Jorok, Kabupaten Sumbawa

Rahmad Rosyadi Perdana¹, Yolli Eka Putri^{1*}

¹Program Studi Magister Manajemen Inovasi, Sekolah Pascasarjana, Universitas Teknologi Sumbawa, Indonesia

*Corresponding Author's e-mail: yolli.eka.putri@uts.ac.id

Article History:

Received: July 31, 2026

Revised: August 16, 2026

Accepted: August 31, 2026

Keywords:

Complete Systematic Land Registration (PTSL),
Photogrammetry,
Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Effectiveness,
Efficiency

Abstract: Complete Systematic Land Registration (PTSL) is a national strategic program intended to accelerate legal certainty over land rights. The Sumbawa Regency Land Office has implemented an Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-based photogrammetric method in accordance with Technical Guideline Number 3/Juknis-HK.02/III/2023 to improve the performance of cadastral mapping. This study analyzes the implementation, effectiveness, and efficiency of the photogrammetric method in Jorok Village, Untir Iwes District, and identifies its supporting and inhibiting factors. A qualitative descriptive approach was employed. Data were collected through in-depth interviews, observation, and documentation involving six informants directly engaged in the PTSL process, and were analyzed using the interactive model of Miles, Huberman, and Saldaña. The findings show that photogrammetry accelerates spatial data acquisition and produces high-resolution orthophotos with reported horizontal accuracy of approximately 2-5 cm when ground control points are properly distributed. Daily mapping productivity increased from about 50-60 parcels using terrestrial surveying to 100 parcels or more using photogrammetry. A village area of approximately 400 hectares could be photographed in seven days and processed within one to two additional days. Nevertheless, only about 60-70% of parcels could be identified directly from orthophotos, while dense vegetation, hilly terrain, weather, and unclear boundary markers required terrestrial verification. Therefore, an integrated photogrammetric-terrestrial approach is the most effective, efficient, and technically accountable model for PTSL implementation in Jorok Village.

Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open access article under the CC-BY-SA license



How to cite: Perdana, R. R., & Putri, Y. E. (2026). Implementasi Metode Fotogrametri dalam Program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) di Desa Jorok, Kabupaten Sumbawa. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(8), 4144-4161. <https://doi.org/10.55681/sentri.v5i8.7041>

PENDAHULUAN

Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) memegang mandat strategis dalam penyelenggaraan administrasi agraria, pertanahan, dan tata ruang. Mandat tersebut diarahkan untuk menjamin kepastian dan perlindungan hukum atas hak-hak masyarakat terhadap tanah, mengurangi potensi sengketa, serta membangun tertib administrasi pertanahan yang mendukung pembangunan. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1960 menempatkan pendaftaran tanah sebagai instrumen negara untuk memastikan hubungan hukum antara subjek hak dan objek tanah dapat dibuktikan secara sah, sedangkan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 mengatur rangkaian

pengumpulan, pengolahan, pembukuan, dan penyajian data fisik maupun data yuridis secara berkesinambungan. Dalam kerangka tersebut, kualitas data spasial menjadi unsur mendasar karena kesalahan posisi, batas, atau luas bidang dapat memengaruhi validitas produk hukum pertanahan dan berpotensi menimbulkan konflik di kemudian hari (Presiden Republik Indonesia, 1960; Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1997; Kementerian ATR/BPN, 2025).

Program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) dikembangkan sebagai kebijakan percepatan untuk mendaftarkan seluruh objek tanah dalam satu wilayah desa atau kelurahan secara serentak. Program ini tidak hanya menghasilkan sertipikat, tetapi juga membentuk basis data pertanahan yang lengkap, terpetakan, dan dapat dipertanggungjawabkan. Besarnya cakupan target nasional menuntut perubahan cara kerja dari pola pengukuran yang lambat dan terfragmentasi menjadi pendekatan berbasis wilayah, standar teknis yang seragam, dan penggunaan teknologi. Peraturan Menteri ATR/BPN Nomor 6 Tahun 2018 menegaskan bahwa pengumpulan data fisik harus menjamin kepastian batas, ketelitian, dan keterhubungan antarbidang tanah. Oleh karena itu, percepatan PTSL tidak dapat hanya dipahami sebagai peningkatan jumlah bidang terdaftar, melainkan juga sebagai upaya menjaga mutu, akurasi, dan konsistensi data spasial agar dapat digunakan untuk pelayanan pertanahan jangka panjang (Kementerian ATR/BPN, 2018).

Pelaksanaan PTSL di tingkat daerah masih berhadapan dengan keterbatasan sumber daya manusia, durasi pekerjaan lapangan, kebutuhan biaya operasional, variasi topografi, serta ketidaksiapan tanda batas tanah. Metode terestris konvensional memiliki ketelitian tinggi karena titik-titik sudut bidang diukur langsung menggunakan total station atau GNSS geodetik. Namun, metode ini menuntut surveyor bergerak dari satu bidang ke bidang lain, membawa instrumen, menempatkan target pada setiap titik batas, dan melibatkan tenaga pendamping dalam jumlah relatif banyak. Pada wilayah dengan ribuan bidang, pendekatan tersebut berpotensi memperpanjang waktu penyelesaian dan meningkatkan biaya perjalanan, konsumsi, honor pendamping, serta beban fisik petugas. Tantangan tersebut semakin kompleks di wilayah perdesaan yang memiliki pekarangan rimbun, kebun rakyat, kontur berbukit, dan batas tanah yang belum dipasang secara tegas, seperti yang ditemukan di Kabupaten Sumbawa.

Perkembangan teknologi geospasial menawarkan metode fotogrametri berbasis Unmanned Aerial Vehicle (UAV) sebagai alternatif pengumpulan data spasial. UAV membawa kamera digital untuk merekam citra permukaan bumi secara bertampalan, kemudian citra diolah menggunakan prinsip fotogrametri digital menjadi ortofoto, model permukaan, dan mosaik citra yang telah dikoreksi secara geometrik. Dibandingkan pengukuran titik per titik, satu misi terbang mampu mencakup area luas dalam waktu lebih singkat serta menyediakan representasi visual yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tembok, pagar, jalan, gang, pematang sawah, dan tanda batas lain yang terlihat dari udara. Penggunaan titik kontrol tanah atau Ground Control Point (GCP) dan sistem GNSS Real-Time Kinematic (RTK) berperan penting dalam menjaga ketelitian geometris produk foto udara (Wolf et al., 2014; Nex & Remondino, 2014).

Kementerian ATR/BPN menerbitkan Petunjuk Teknis Nomor 3/Juknis-HK.02/III/2023 sebagai pedoman pengumpulan data fisik PTSL menggunakan metode fotogrametris. Pedoman tersebut mengatur tahapan perencanaan area, jalur terbang, pemasangan titik kontrol, akuisisi citra, pengolahan data, pembentukan ortofoto, interpretasi batas, dan validasi lapangan. Kehadiran petunjuk teknis menunjukkan bahwa

foto udara tidak digunakan hanya sebagai ilustrasi visual, tetapi menjadi bagian dari prosedur teknis yang harus memenuhi standar ketelitian dan dapat diuji. Meskipun demikian, ortofoto tidak secara otomatis menggantikan pemeriksaan lapangan. Ketika batas tertutup vegetasi, bangunan, bayangan topografi, atau tidak diberi tanda, verifikasi menggunakan metode terestris tetap diperlukan agar kepastian batas tanah tidak ditentukan berdasarkan interpretasi citra semata (Direktorat Jenderal Survei dan Pemetaan Pertanahan dan Ruang, 2023).

Kantor Pertanahan Kabupaten Sumbawa mulai mengintegrasikan metode fotogrametri dalam pemetaan kadastral sejak tahun 2023 sebagai respons terhadap tuntutan percepatan PTSL. Pada tahun 2026, Desa Jorok di Kecamatan Untir Iwes ditetapkan sebagai salah satu lokasi pelaksanaan program. Desa ini memiliki lanskap yang heterogen berupa permukiman, persawahan terbuka, pekarangan, perkebunan rimbun, dan wilayah berbukit. Variasi tersebut menjadikan Desa Jorok sebagai konteks empiris yang relevan untuk menguji kemampuan teknologi foto udara: pada satu sisi, area terbuka memungkinkan akuisisi dan interpretasi cepat; pada sisi lain, kanopi vegetasi dan topografi menciptakan blank spot yang dapat menurunkan keterbacaan batas. Implementasi di lokasi ini sekaligus memperlihatkan hubungan antara karakteristik teknologi, kesiapan organisasi, dan partisipasi masyarakat.

Efektivitas implementasi fotogrametri dapat ditelaah melalui tingkat pencapaian tujuan program. Dalam penelitian ini, tujuan tersebut diterjemahkan ke dalam kecepatan penyelesaian pemetaan, produktivitas jumlah bidang, kualitas dan akurasi ortofoto, kelengkapan identifikasi batas, serta kontribusi terhadap pencapaian target PTSL. Suatu metode dikatakan efektif apabila mampu menghasilkan keluaran yang sesuai dengan sasaran yang telah ditetapkan, bukan hanya karena menggunakan teknologi baru. Dengan demikian, penilaian efektivitas perlu membedakan antara keberhasilan teknis menghasilkan citra berkualitas, keberhasilan operasional mempercepat pekerjaan, dan keberhasilan substantif memastikan seluruh batas bidang dapat dipertanggungjawabkan (Mahmudi, 2019; Steers, 1985).

Efisiensi menekankan hubungan antara input dan output, khususnya pemanfaatan waktu, biaya, dan tenaga kerja untuk menghasilkan keluaran maksimal. Metode fotogrametri memerlukan investasi awal yang relatif tinggi berupa drone spesifikasi industri, receiver RTK, komputer pengolah data, baterai, dan perangkat lunak. Akan tetapi, investasi tersebut berpotensi diimbangi oleh penurunan durasi kerja lapangan, pengurangan jumlah personel, dan peningkatan jumlah bidang yang dipetakan setiap hari. Perspektif ini penting dalam manajemen inovasi karena sebuah teknologi tidak dinilai hanya dari harga alat, tetapi dari keseluruhan biaya siklus kerja dan nilai produktivitas yang dihasilkan. Efisiensi juga harus ditempatkan dalam batas mutu: penghematan sumber daya tidak dapat dibenarkan apabila mengurangi akurasi atau kepastian batas bidang tanah (Mahmudi, 2020; Mulyamah, 1987).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa UAV dapat mempercepat pemetaan kadastral, menghasilkan citra beresolusi tinggi, serta mendukung transformasi digital pelayanan pertanahan. Namun, sebagian kajian lebih berorientasi pada uji akurasi, resolusi citra, atau prosedur teknis pengolahan data. Kajian mengenai efektivitas dan efisiensi implementasi pada tingkat operasional desa, termasuk pengalaman petugas, perangkat desa, dan peserta PTSL, masih relatif terbatas. Selain itu, tidak semua wilayah memiliki karakter fisik yang sama; hasil pada area terbuka belum tentu langsung berlaku pada permukiman perdesaan yang dipenuhi pohon pelindung dan kebun rakyat.

Kesenjangan tersebut menuntut kajian kontekstual yang mengintegrasikan dimensi teknis, organisasi, ekonomi, sosial, dan regulasi (Hasymi Salim et al., 2025; Ruskin et al., 2025; Buana et al., 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis alasan adopsi inovasi fotogrametri oleh Kantor Pertanahan Kabupaten Sumbawa, mendeskripsikan tahapan penerapannya di Desa Jorok, menilai efektivitas dan efisiensinya, serta mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat. Kontribusi penelitian diarahkan pada penyusunan model implementasi yang realistis: fotogrametri digunakan sebagai instrumen utama untuk mempercepat pengumpulan dan digitasi data pada area yang dapat terlihat, sedangkan metode terestris digunakan secara selektif untuk menyelesaikan batas yang tertutup atau ambigu. Model integratif tersebut diharapkan mendukung PTSL yang lebih cepat, hemat sumber daya, akurat, dan tetap berorientasi pada kepastian hukum hak atas tanah.

LANDASAN TEORI

Pendaftaran Tanah dan Program PTSL

Pendaftaran tanah merupakan rangkaian kegiatan pemerintah yang dilakukan secara terus-menerus dan teratur untuk mengumpulkan, mengolah, membukukan, serta menyajikan data fisik dan yuridis bidang tanah. Tujuan utamanya adalah memberi kepastian dan perlindungan hukum kepada pemegang hak, menyediakan informasi bagi pihak yang berkepentingan, dan membangun tertib administrasi. PTSL merupakan bentuk pendaftaran pertama kali yang dilaksanakan secara serentak terhadap seluruh objek pendaftaran tanah dalam satu wilayah desa atau kelurahan. Karena pendekatannya berbasis wilayah, keberhasilan PTSL bergantung pada keterpaduan data spasial, data yuridis, partisipasi masyarakat, dan kemampuan organisasi pelaksana memenuhi target tanpa mengurangi kualitas (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, 1997; Kementerian ATR/BPN, 2018).

Pemetaan Kadastral dan Kepastian Batas

Pemetaan kadastral adalah proses pengukuran, pemetaan, dan pencatatan bidang tanah untuk memperoleh informasi letak, batas, luas, serta hubungan spasial antarbidang. Data ini menjadi dasar peta pendaftaran, daftar tanah, surat ukur, dan produk administrasi pertanahan lainnya. Metode terestris mengukur titik batas secara langsung menggunakan total station atau GNSS, sedangkan metode fotogrametri memperoleh informasi spasial dari citra udara yang telah direktifikasi. Dalam konteks hukum pertanahan, akurasi geometris harus selalu disertai kepastian tanda batas dan persetujuan pihak yang berbatasan; oleh sebab itu, citra yang jelas tetap memerlukan validasi sosial dan lapangan ketika posisi batas belum tegas (Sudarsono & Nugraha, 2012; Direktorat Jenderal Survei dan Pemetaan Pertanahan dan Ruang, 2023).

Fotogrametri Berbasis UAV

Fotogrametri merupakan teknik memperoleh informasi bentuk, ukuran, dan posisi objek melalui pengukuran pada foto. Pada sistem UAV, citra direkam dengan overlap tertentu agar perangkat lunak dapat mengenali titik-titik yang sama, membentuk model tiga dimensi, dan menghasilkan ortofoto yang memiliki skala seragam. Kualitas hasil dipengaruhi oleh ketinggian terbang, resolusi kamera, pencahayaan, stabilitas wahana, sebaran GCP, koreksi RTK, dan kemampuan operator. Keunggulan utama metode ini adalah jangkauan wilayah yang luas, kecepatan akuisisi, visualisasi makro, dan kemudahan digitasi; keterbatasannya adalah ketidakmampuan kamera optik menembus

kanopi, bayangan, atau objek yang menutupi tanda batas (Wolf et al., 2014; Nex & Remondino, 2014).

Konsep Efektivitas

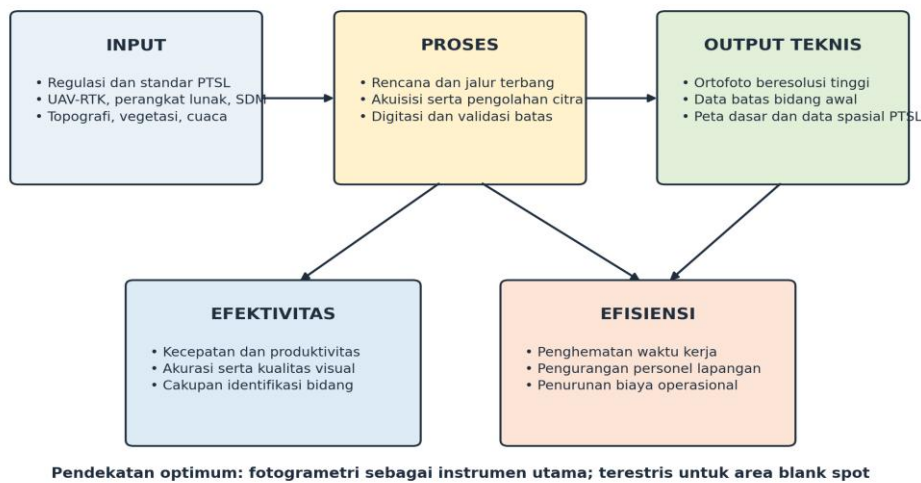
Efektivitas menunjukkan tingkat keberhasilan kegiatan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Indikator penelitian meliputi kecepatan penyediaan peta dasar, jumlah bidang yang dapat dipetakan per hari, kualitas visual dan ketelitian horizontal, persentase bidang yang dapat diidentifikasi, serta kemampuan mendukung target PTSL. Penilaian tidak berhenti pada keluaran teknologi berupa ortofoto, tetapi juga mempertimbangkan apakah hasil tersebut dapat digunakan untuk menentukan batas secara benar. Efektivitas karena itu bersifat multidimensi: metode dapat sangat efektif dalam mempercepat akuisisi, tetapi hanya efektif secara parsial dalam mengidentifikasi seluruh bidang apabila sebagian batas tertutup vegetasi (Mahmudi, 2019; Steers, 1985).

Konsep Efisiensi

Efisiensi menggambarkan perbandingan antara sumber daya yang digunakan dan hasil yang diperoleh. Dalam penelitian ini, input terdiri atas waktu kerja, personel, biaya investasi, dan biaya operasional; sedangkan output meliputi cakupan wilayah, jumlah bidang teridentifikasi, dan ketersediaan data spasial. Investasi awal teknologi dapat dinilai efisien apabila meningkatkan produktivitas, mengurangi perjalanan lapangan, dan menurunkan biaya per bidang dalam jangka panjang. Namun, efisiensi harus memperhitungkan pekerjaan korektif pada area blank spot sehingga perbandingan yang tepat bukan antara metode yang berdiri sendiri, melainkan antara terestris penuh dan metode kombinasi yang mengalokasikan sumber daya sesuai karakter medan (Mahmudi, 2020; Mulyamah, 1987).

Adopsi Inovasi dan Manajemen Inovasi Pertanian

Rogers (2003) menjelaskan bahwa inovasi lebih mudah diadopsi ketika memiliki keunggulan relatif, sesuai dengan kebutuhan organisasi, dapat diuji, mudah diamati hasilnya, dan tidak terlalu kompleks bagi pengguna. Fotogrametri menunjukkan keunggulan relatif melalui percepatan, kompatibilitas dengan agenda digitalisasi ATR/BPN, dan hasil visual yang dapat diamati. Akan tetapi, keberhasilan adopsi ditentukan pula oleh kompetensi pilot dan pengolah data, dukungan perangkat, prosedur keselamatan, kolaborasi dengan pemerintah desa, serta penerimaan masyarakat. Dalam perspektif manajemen inovasi, integrasi teknologi dan proses sosial menjadi kunci agar perubahan alat ukur benar-benar menghasilkan perubahan kinerja pelayanan. Hubungan konseptual antara adopsi teknologi, efektivitas, efisiensi, dan faktor implementasi dirangkum pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Implementasi Fotogrametri dalam Program PTSL

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif untuk memahami implementasi fotogrametri berdasarkan pengalaman para pelaksana dan kondisi alamiah di lapangan. Pendekatan ini dipilih karena efektivitas dan efisiensi tidak hanya tercermin dalam angka produktivitas, tetapi juga dalam prosedur kerja, pertimbangan teknis, koordinasi kelembagaan, persepsi pengguna, serta cara petugas menyelesaikan keterbatasan teknologi. Desain deskriptif memungkinkan temuan disajikan secara sistematis mengenai tahapan implementasi, kualitas keluaran, penggunaan sumber daya, dan hambatan yang muncul (Creswell & Poth, 2018; Moleong, 2021).

Penelitian dilaksanakan di Kantor Pertanahan Kabupaten Sumbawa dan Desa Jorok, Kecamatan Untir Iwes, Kabupaten Sumbawa, pada April-Juni 2026. Kantor Pertanahan dipilih sebagai organisasi yang mengadopsi dan mengoperasikan teknologi, sedangkan Desa Jorok menjadi lokasi implementasi PTSL tahun 2026. Karakter desa yang mencakup permukiman, persawahan terbuka, pekarangan rimbun, kebun, dan area berbukit memberikan variasi kondisi yang diperlukan untuk menilai kinerja fotogrametri pada medan yang mendukung maupun membatasi keterbacaan citra.

Fokus penelitian terdiri atas empat dimensi. Dimensi efektivitas mencakup kecepatan pemetaan, akurasi dan kualitas ortofoto, ketercapaian target, serta kelengkapan identifikasi batas. Dimensi efisiensi mencakup waktu, kebutuhan tenaga kerja, biaya investasi, dan biaya operasional. Dimensi percepatan pemetaan kadastral menilai peningkatan jumlah bidang serta produktivitas tim. Dimensi faktor implementasi mengidentifikasi dukungan perangkat keras dan lunak, kompetensi sumber daya manusia, koordinasi dengan perangkat desa, partisipasi masyarakat, topografi, vegetasi, cuaca, dan kejelasan tanda batas.

Data penelitian terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari wawancara mendalam dan observasi proses pemetaan, mulai dari persiapan penerbangan, penggunaan UAV, pengolahan citra, digitasi, hingga verifikasi lapangan. Data sekunder diperoleh dari petunjuk teknis, dokumen PTSL, peta kerja, ortofoto, laporan kegiatan, foto dokumentasi, peraturan perundang-undangan, buku, dan artikel ilmiah. Penggabungan

kedua jenis data digunakan untuk menghubungkan pengalaman informan dengan bukti visual, dokumen teknis, serta standar regulasi.

Informan ditentukan melalui purposive sampling berdasarkan pengetahuan dan keterlibatan langsung dalam PTSL. Enam informan mencakup dua petugas ukur, seorang pilot drone sekaligus penguji akurasi, staf desa sekaligus peserta pendaftaran tanah, kepala dusun yang mendampingi petugas di lapangan, serta operator desa yang juga menjadi pendamping dan peserta PTSL. Komposisi tersebut memungkinkan triangulasi perspektif antara pelaksana teknis, pemerintah desa, dan penerima layanan, sekaligus menjaga fokus pada pihak yang benar-benar mengetahui proses implementasi (Sugiyono, 2023), Komposisi dan peran keenam informan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Informan Penelitian

Kode	Peran dalam PTSL
AK	Petugas ukur
HM	Petugas ukur
W	Pilot drone dan penguji akurasi
R	Staf desa dan peserta pendaftaran tanah
J	Kepala Dusun Ganninggara dan pendamping petugas ukur
SA	Operator desa, pendamping petugas ukur, dan peserta pendaftaran tanah

Sumber: Data diolah, 2026.

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam, observasi, dan dokumentasi. Wawancara menggunakan format semi-terstruktur agar pertanyaan tetap mengacu pada indikator penelitian, tetapi dapat dikembangkan sesuai pengalaman informan. Observasi diarahkan pada penggunaan UAV, kondisi medan, proses interpretasi ortofoto, dan verifikasi batas. Dokumentasi digunakan untuk menelaah peta, sebaran GCP, foto hasil drone, kegiatan digitasi, pengukuran terestris, dan ketentuan teknis. Ketiga teknik saling melengkapi serta mengurangi ketergantungan pada satu sumber data.

Peneliti merupakan instrumen utama yang dibantu pedoman wawancara. Pertanyaan efektivitas menggali kecepatan, akurasi, dan pencapaian target; pertanyaan efisiensi menilai waktu, biaya, dan personel; pertanyaan percepatan menilai jumlah bidang dan produktivitas; sedangkan pertanyaan faktor implementasi menggali teknologi, kompetensi, vegetasi, topografi, cuaca, dan partisipasi masyarakat. Pedoman berfungsi menjaga konsistensi antarwawancara, sementara pertanyaan lanjutan digunakan untuk memperoleh penjelasan rinci dan contoh empiris. Rincian fokus, indikator, dan bukti yang ditelaah ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Fokus dan Indikator Penelitian

Dimensi	Indikator Utama	Bukti yang Ditelaah
Efektivitas	Kecepatan, akurasi, target, keterbacaan batas	Wawancara, ortofoto, GCP, capaian bidang
Efisiensi	Waktu, personel, biaya investasi dan operasional	Durasi pemotretan/pengolahan, formasi tim, pengalaman petugas
Percepatan	Produktivitas dan cakupan wilayah	Bidang per hari dan luas area pemotretan
Faktor implementasi	Teknologi, SDM, kolaborasi, vegetasi, topografi, cuaca, tanda batas	Observasi, dokumentasi, dan perbandingan sumber

Sumber: Diolah dari fokus penelitian, 2026.

Analisis menggunakan model interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña melalui kondensasi atau reduksi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Data dikelompokkan sesuai tema efektivitas, efisiensi, percepatan, dan faktor implementasi, kemudian disajikan dalam narasi, matriks, dan gambar. Keabsahan dijaga melalui triangulasi sumber, triangulasi teknik, member check, dan kecukupan referensi. Interpretasi akhir dilakukan dengan membandingkan pernyataan informan, observasi, dokumentasi, teori efektivitas-efisiensi, teori difusi inovasi, serta regulasi PTSL (Miles et al., 2014; Sugiyono, 2023).

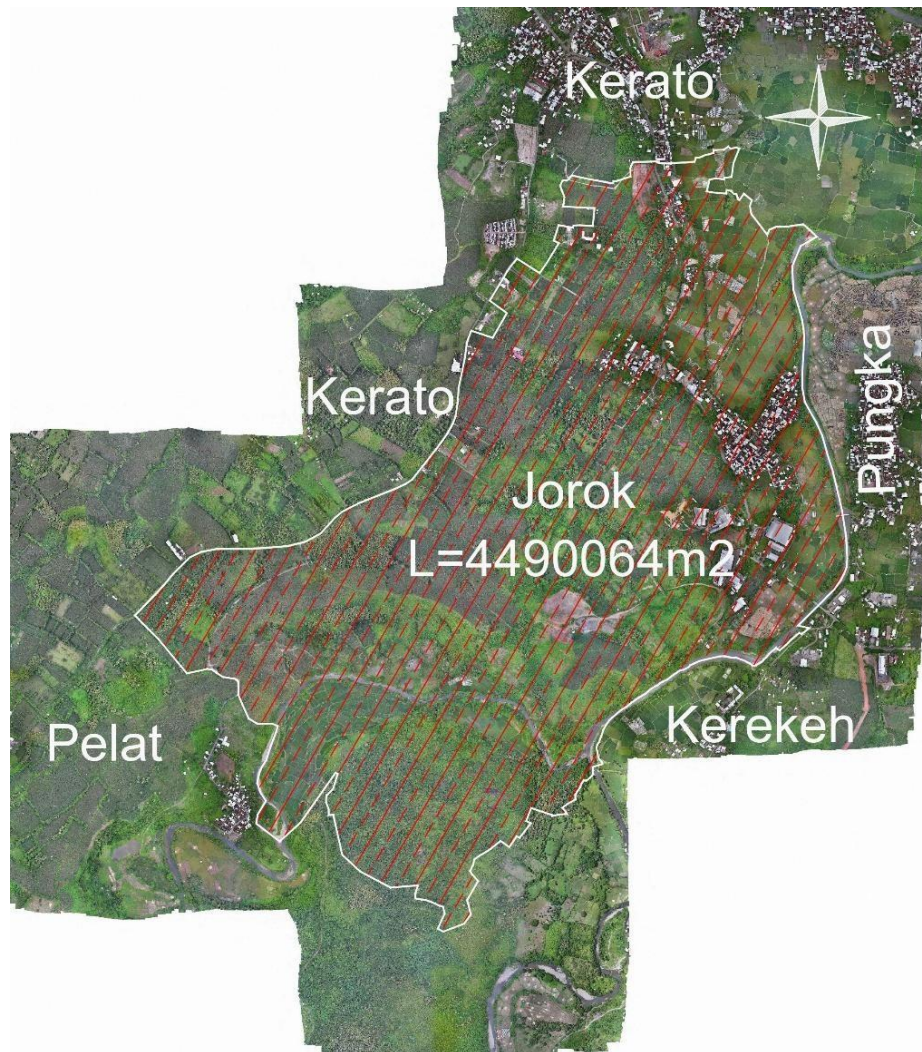
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Lokasi dan Latar Belakang Adopsi

Desa Jorok ditetapkan sebagai lokasi PTSL tahun 2026 dengan lanskap sekitar 400 hektare yang terdiri atas area permukiman, persawahan, pekarangan, kebun, dan kontur berbukit. Kantor Pertanahan Kabupaten Sumbawa mengadopsi fotogrametri setelah terbitnya Petunjuk Teknis Nomor 3/Juknis-HK.02/III/2023. Keputusan tersebut didorong oleh kebutuhan menyediakan peta dasar dalam waktu singkat, meningkatkan produktivitas pengumpulan data fisik, dan mengurangi beban pengukuran titik per titik. Temuan wawancara memperlihatkan bahwa inovasi tidak dipilih untuk menggantikan seluruh alat ukur sebelumnya, melainkan untuk mengalihkan pekerjaan yang dapat dilakukan secara massal ke citra udara, sehingga petugas terestris dapat difokuskan pada bidang yang sulit atau tidak terbaca. Batas wilayah dan area pemetaan Desa Jorok ditunjukkan pada Gambar 2.

Adopsi Inovasi dalam Perspektif Rogers

Dari perspektif difusi inovasi, fotogrametri memiliki keunggulan relatif karena satu penerbangan mencakup wilayah yang jauh lebih luas dibandingkan perjalanan surveyor dari bidang ke bidang. Teknologi ini kompatibel dengan kebutuhan PTSL berbasis wilayah dan agenda transformasi digital pertanahan. Hasilnya dapat diamati melalui ortofoto yang tajam, sedangkan prosedurnya dapat diuji terlebih dahulu pada area tertentu sebelum diterapkan pada seluruh desa. Aspek kompleksitas tetap muncul karena operasi UAV, penempatan GCP, pengolahan citra, dan pengujian akurasi membutuhkan kompetensi khusus. Oleh karena itu, keberhasilan adopsi di Sumbawa berasal dari kombinasi manfaat teknologi, tersedianya operator, dukungan alat, dan prosedur resmi, bukan semata-mata karena keberadaan drone (Rogers, 2003).



Gambar 2. Batas Wilayah dan Area Pemetaan Desa Jorok

Tahapan Penerapan Metode Fotogrametri

Implementasi dimulai dari penentuan area pemotretan, penyusunan jalur terbang, pemeriksaan cuaca, penyiapan drone, kamera, baterai, dan GNSS RTK. Tim kemudian memasang atau mengukur titik kontrol tanah, menjalankan misi terbang dengan overlap yang memenuhi standar, serta memeriksa kelengkapan foto. Ribuan citra selanjutnya diproses melalui tahapan stitching, koreksi geometrik, dan rektifikasi untuk menghasilkan ortofoto serta model permukaan. Batas yang terlihat didigitasi di komputer bersama perangkat desa atau kepala dusun, lalu diverifikasi dengan pemilik tanah. Batas yang tidak tampak ditandai sebagai area yang memerlukan pemeriksaan terestris. Urutan ini memperlihatkan bahwa foto udara menjadi dasar kerja kolaboratif, bukan keputusan batas yang berdiri sendiri, tahapan dan keluaran tiap proses diringkas pada Tabel 3.

Tabel 3. Tahapan Implementasi Fotogrametri pada PTSL

Tahap	Kegiatan Utama	Keluaran
Perencanaan	Penentuan area, jalur terbang, cuaca, peralatan dan titik kontrol	Rencana misi dan kesiapan teknis
Akuisisi	Pemasangan/pengukuran GCP dan pemotretan bertampalan dengan UAV	Kumpulan citra udara terikat koordinat

Pengolahan	Stitching, rektifikasi, koreksi geometrik, pembentukan DSM/ortofoto	Ortofoto dan data dasar spasial
Identifikasi	Digitasi batas yang tampak bersama perangkat desa/pemilik	Data awal bidang dan daftar blank spot
Validasi	Pengecekan lapangan dan pengukuran terestris pada batas ambigu	Data fisik yang terverifikasi

Sumber: Diolah dari hasil penelitian dan Juknis Nomor 3/Juknis-HK.02/III/2023.

Perangkat Teknologi dan Kualitas Produk

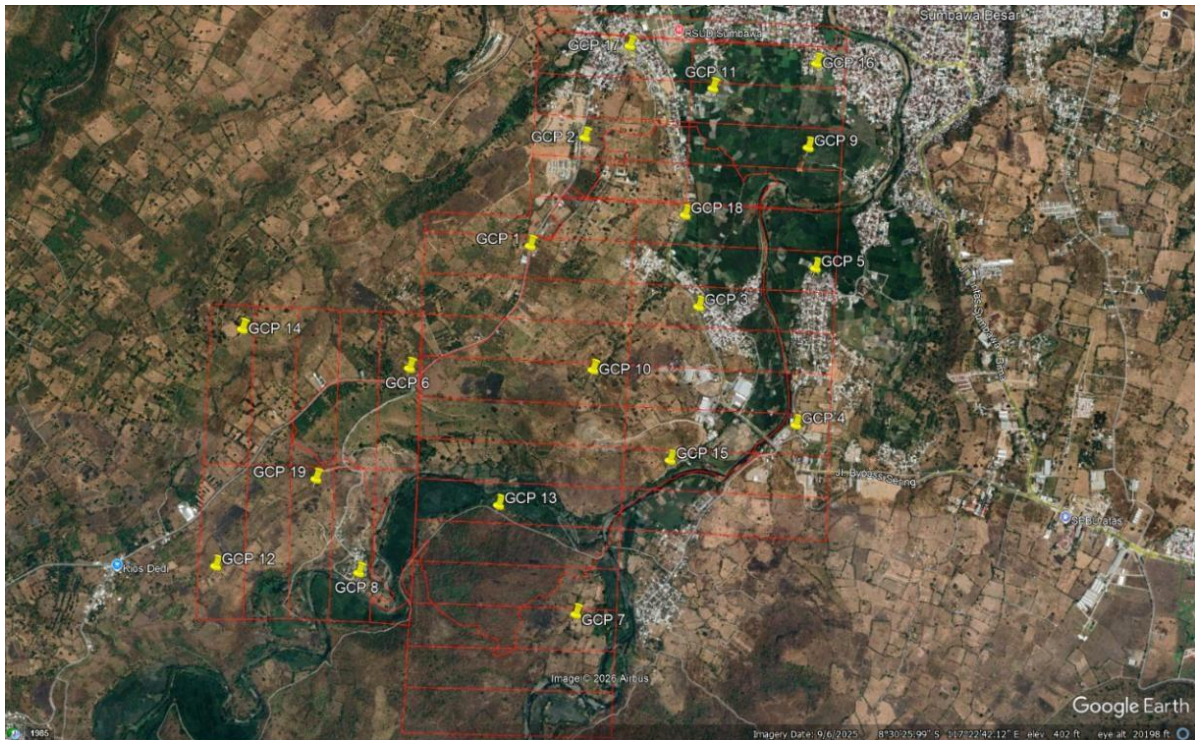
Kegiatan di Desa Jorok menggunakan drone Autel Evo II Enterprise yang diintegrasikan dengan sistem RTK dan titik GCP. Data citra diproses menggunakan perangkat lunak fotogrametri untuk menghasilkan ortofoto yang tegak dan terikat pada sistem koordinat. Petugas menilai hasil visual tetap tajam ketika diperbesar dua hingga tiga kali, sehingga objek permanen seperti tembok, pagar, gang, jalan, dan pematang sawah dapat diidentifikasi dengan lebih mudah. Kejelasan tersebut mengurangi kebutuhan petugas berjalan menyusuri seluruh bidang hanya untuk memperoleh gambaran awal. Namun, kualitas visual tidak identik dengan kepastian hukum; petugas tetap memerlukan penunjukan dan persetujuan batas oleh pihak yang berwenang atau berkepentingan.

Akurasi Spasial dan Sebaran GCP

Informan teknis menyatakan bahwa sebaran GCP yang proporsional dan koreksi RTK menghasilkan ketelitian horizontal sekitar 2-5 sentimeter. Rentang ini dipandang memenuhi kebutuhan teknis kadastral pada kondisi penerbangan dan pengolahan yang baik. Ketelitian tersebut juga membantu meminimalkan overlap antarbidang atau gap yang muncul akibat kesalahan georeferensi. Temuan ini menegaskan pentingnya tahapan pra-terbang: ortofoto beresolusi tinggi tidak akan memiliki posisi yang dapat dipertanggungjawabkan tanpa kontrol koordinat, perencanaan jalur, dan pengujian akurasi. Dengan demikian, mutu produk merupakan hasil dari keseluruhan sistem kerja, bukan hanya spesifikasi kamera drone. Sebaran GCP dan jalur terbang UAV yang menjadi dasar kontrol geometrik ditunjukkan pada Gambar 3.

Kecepatan Penyediaan Peta Dasar

Fotogrametri menunjukkan efektivitas tinggi dalam penyediaan peta dasar. Pemotretan wilayah desa seluas kurang lebih 400 hektare diselesaikan sekitar tujuh hari, sedangkan pengolahan data memerlukan satu hingga dua hari. Secara keseluruhan, ortofoto siap digunakan dalam kisaran tujuh sampai sepuluh hari, bergantung pada cuaca, daya baterai, dan kendala teknis. Waktu tersebut jauh lebih singkat dibandingkan apabila seluruh area harus diukur titik per titik. Kecepatan ini memiliki dampak manajerial penting karena tahap identifikasi, pengumpulan data yuridis, dan penyelesaian bidang dapat dimulai lebih awal setelah peta dasar tersedia.



Gambar 3. Sebaran GCP dan Jalur Terbang UAV di Desa Jorok

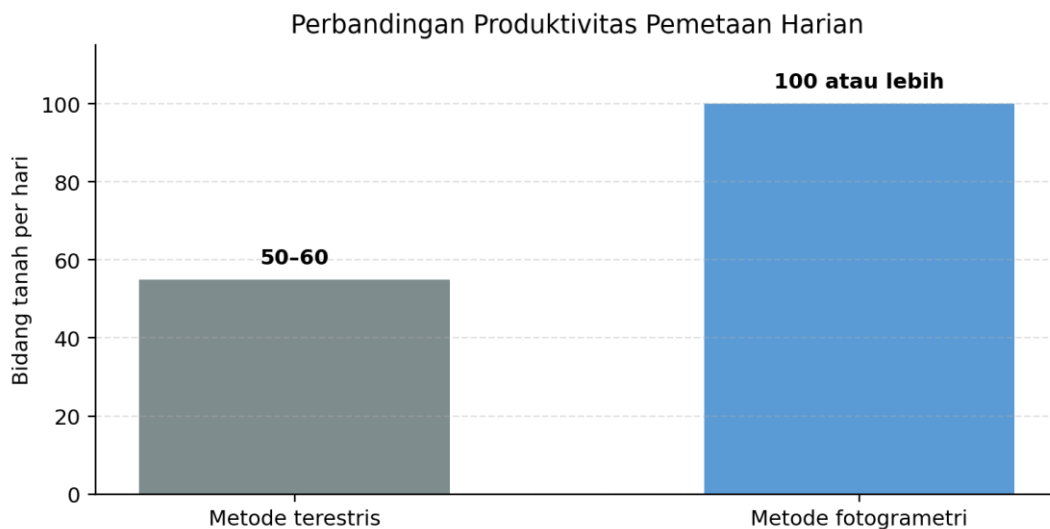
Peningkatan Produktivitas Harian

Perbandingan pengalaman petugas menunjukkan peningkatan produktivitas yang nyata. Metode terestris rata-rata menyelesaikan sekitar 50-60 bidang tanah per hari, sedangkan digitasi berbasis ortofoto dapat mencapai 100 bidang atau lebih ketika batas terlihat jelas dan perangkat desa mampu membantu identifikasi. Kenaikan hampir dua kali lipat tidak hanya berasal dari kecepatan drone, tetapi dari perubahan lokasi kerja: sebagian besar penarikan batas awal dilakukan melalui komputer, sehingga waktu berjalan, memindahkan alat, dan mengulang setup instrumen dapat dikurangi. Produktivitas tersebut harus dibaca sebagai kapasitas pada kondisi ideal; angka dapat menurun ketika tanda batas tidak tersedia atau diperlukan verifikasi lapangan. Ringkasan capaian operasional disajikan pada Tabel 4, sedangkan perbandingan produktivitas pemetaan harian divisualisasikan pada Gambar 4.

Tabel 4. Ringkasan Capaian Operasional Fotogrametri

Indikator	Hasil Penelitian
Cakupan pemotretan	Kurang lebih 400 hektare
Durasi pemotretan	Sekitar 7 hari
Durasi pengolahan citra	Sekitar 1-2 hari
Produktivitas harian	Sekitar 100 bidang atau lebih; terestris sekitar 50-60 bidang

Sumber: Diolah dari hasil wawancara dan dokumentasi, 2026.



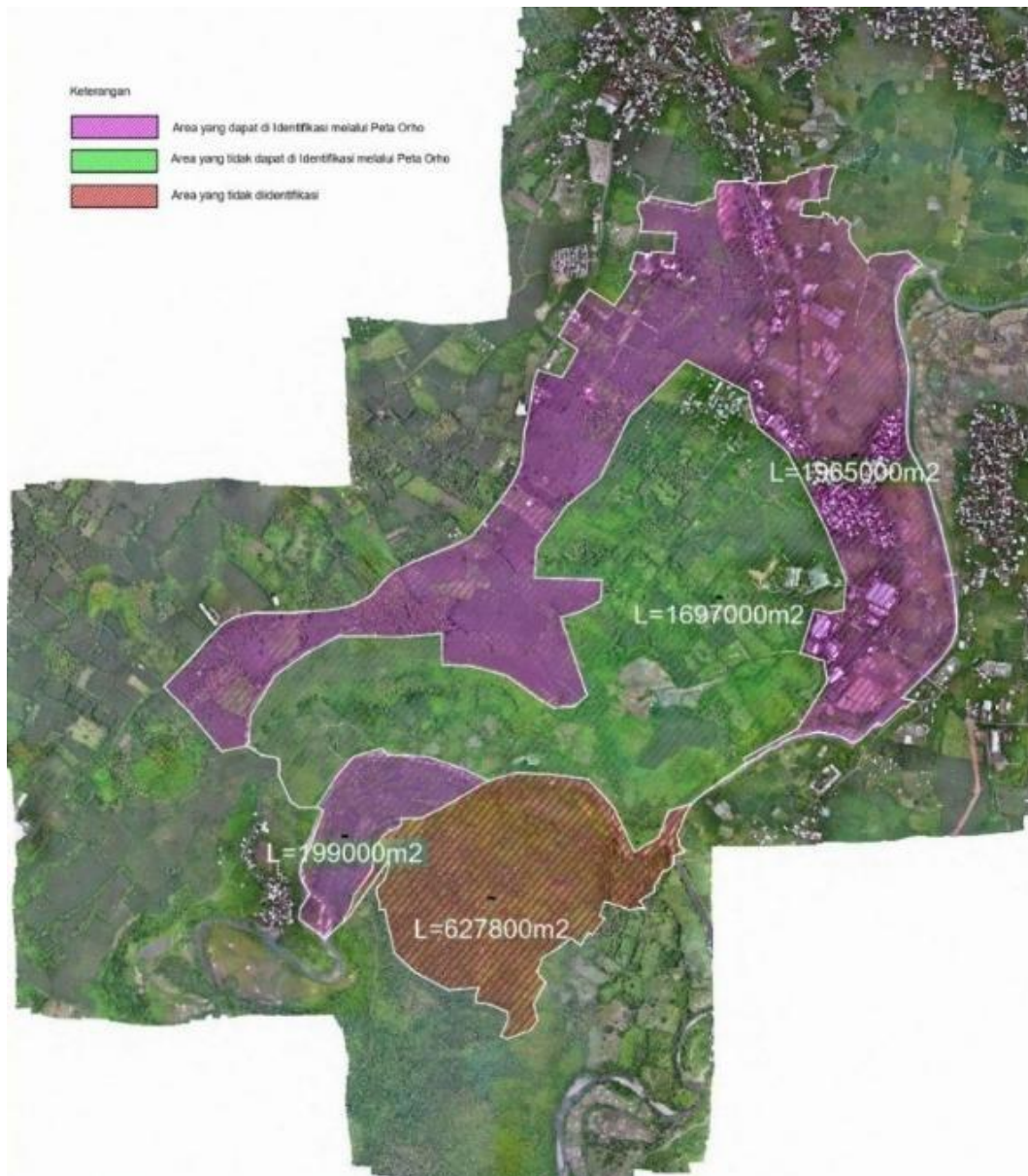
Gambar 4. Perbandingan Produktivitas Pemetaan Harian

Efektivitas Parsial dan Cakupan Identifikasi

Meskipun cepat dan akurat, metode fotogrametri tidak mampu mengidentifikasi seluruh bidang secara mandiri. Sekitar 60-70% bidang dapat didelineasi langsung karena batas tampak pada ortofoto, sedangkan 30-40% lainnya terhambat vegetasi rimbun, pohon besar, atap bangunan, bayangan lereng, atau tanda batas yang tidak dipasang. Kondisi ini menunjukkan efektivitas parsial: instrumen sangat efektif pada area terbuka, tetapi kehilangan fungsi visual ketika objek hukum yang harus ditentukan tertutup dari pandangan kamera. Penggunaan persentase tersebut juga menegaskan bahwa evaluasi teknologi perlu membedakan cakupan pemotretan, yang dapat mencapai seluruh desa, dari cakupan identifikasi batas, yang bergantung pada kondisi setiap bidang. Perbedaan area yang dapat dan tidak dapat diidentifikasi melalui ortofoto ditunjukkan pada Gambar 5.

Efisiensi Waktu Kerja

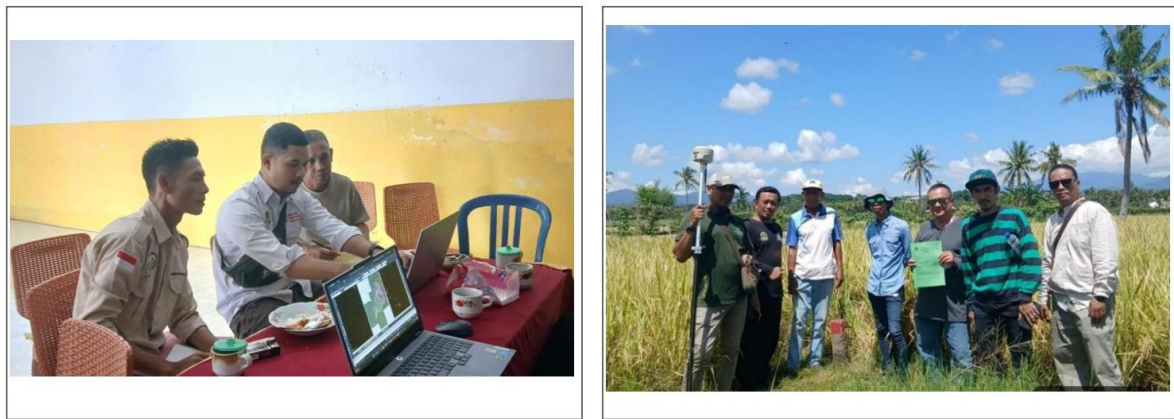
Efisiensi waktu terjadi pada tiga tahap. Pertama, akuisisi foto mencakup area luas dalam satu rangkaian misi. Kedua, digitasi dilakukan di kantor atau kantor desa tanpa seluruh tim harus kembali ke setiap bidang. Ketiga, verifikasi lapangan diarahkan hanya pada bidang bermasalah. Pola ini mengubah survei dari pendekatan menyeluruh menjadi pendekatan berbasis pengecualian. Petugas tidak menghilangkan tahapan verifikasi, tetapi mengalokasikan waktu pada titik yang benar-benar memerlukan pemeriksaan. Berdasarkan konsep input-output, peningkatan jumlah bidang dengan durasi lebih singkat menunjukkan efisiensi yang lebih baik dibandingkan terestris penuh (Mulyamah, 1987; Mahmudi, 2020), sebagaimana konteks keterbacaan dan blank spot diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Area yang Dapat dan Tidak Dapat Diidentifikasi melalui Ortofoto

Efisiensi Sumber Daya Manusia

Pada tahap digitasi, pekerjaan dapat dilakukan oleh satu sampai tiga petugas ukur dengan pendampingan perangkat desa atau kepala dusun yang mengetahui sejarah kepemilikan dan batas setempat. Formasi ini lebih ramping daripada pengukuran terestris yang membutuhkan petugas alat, pembantu ukur, pemegang target atau rover, dan pendamping yang bergerak bersama di lapangan. Efisiensi personel tidak berarti mengurangi peran masyarakat; justru informasi lokal menjadi semakin penting karena interpretasi citra harus dikonfirmasi. Temuan tersebut memperlihatkan pergeseran kompetensi dari pekerjaan fisik berulang menuju kemampuan interpretasi spasial, pengoperasian perangkat lunak, koordinasi, dan pengambilan keputusan berbasis data. Keterkaitan antara digitasi berbasis ortofoto dan verifikasi terestris ditunjukkan pada Gambar 6.



Identifikasi dan digitasi melalui ortofoto

Verifikasi lapangan dengan metode terestris

Gambar 6. Digitasi Berbasis Ortofoto dan Verifikasi Terestris**Efisiensi Biaya: Investasi dan Operasional**

Struktur biaya fotogrametri memperlihatkan trade-off antara investasi awal dan penghematan operasional. Drone enterprise, receiver RTK, workstation, baterai, dan perangkat lunak memerlukan anggaran awal yang besar. Namun, durasi lapangan yang lebih singkat dan jumlah personel yang lebih sedikit menurunkan biaya transportasi, konsumsi, uang harian, honor pendamping, serta biaya logistik lain. Ketika produktivitas meningkat, biaya per bidang berpotensi menurun dalam jangka panjang. Penelitian ini tidak menghitung unit cost secara kuantitatif, sehingga kesimpulan biaya bersifat deskriptif berdasarkan pengalaman informan. Walaupun demikian, konsistensi pernyataan antar sumber menunjukkan bahwa manfaat operasional dipandang lebih besar daripada beban investasi ketika alat digunakan berulang pada banyak lokasi PTSL.

Perbandingan Metode Terestris dan Fotogrametri

Metode terestris unggul dalam fleksibilitas dan kepastian pengukuran objek yang tertutup karena surveyor dapat menempatkan alat langsung di bawah pohon atau pada sudut fisik bidang. Akurasinya sangat tinggi, tetapi kapasitas harian terbatas dan pekerjaan padat tenaga. Fotogrametri unggul dalam cakupan makro, visualisasi, kecepatan, dan penghematan personel, tetapi bergantung pada cuaca serta keterlihatan batas dari udara. Kedua metode karena itu tidak berada dalam hubungan substitusi total. Hubungan yang ditemukan bersifat simbiotik-komplementer: fotogrametri menjadi instrumen utama akselerasi, sedangkan terestris menjadi instrumen koreksi dan penyelesaian blank spot. Integrasi tersebut menghasilkan keseimbangan antara kecepatan dan kepastian batas, ringkasan perbandingan kedua metode disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Metode Terestris dan Fotogrametri

Dimensi	Terestris	Fotogrametri
Pendekatan	Pengukuran langsung titik per titik	Akuisisi citra udara dan digitasi jarak jauh
Produktivitas	Sekitar 50-60 bidang per hari	Sekitar 100 bidang atau lebih per hari
Personel	Lebih banyak petugas/pembantu lapangan	Sekitar 1-3 orang pada tahap digitasi
Akurasi	Sangat tinggi karena objek diukur langsung	Sekitar 2-5 cm dengan GCP/RTK yang baik

Kompatibilitas medan	Andal pada vegetasi rimbun dan batas tertutup	Optimal pada area terbuka dan batas terlihat
Cuaca	Relatif lebih fleksibel	Sangat dipengaruhi hujan, cahaya dan angin
Biaya	Investasi relatif lebih rendah, operasional lebih lama	Investasi awal tinggi, operasional jangka panjang lebih hemat

Sumber: Diolah dari hasil penelitian, 2026.

Faktor Pendukung Implementasi

Faktor pendukung utama meliputi ketersediaan drone Autel Evo II Enterprise, sistem RTK, perangkat lunak pengolahan, dan petugas yang memahami operasi serta pengujian akurasi. Dukungan kedua adalah kolaborasi antara petugas Kantor Pertanahan, pemerintah desa, kepala dusun, pendamping, dan masyarakat. Pengetahuan lokal mempercepat identifikasi pemilik serta batas yang terlihat pada citra. Dukungan ketiga berasal dari dominasi area persawahan dan akses jalan yang terbuka, sehingga sebagian besar bidang dapat diinterpretasi secara cepat. Kombinasi teknologi, kompetensi, dan kolaborasi menjelaskan mengapa manfaat foto udara dapat direalisasikan dalam pekerjaan nyata, bukan berhenti pada kemampuan teknis alat.

Faktor Penghambat dan Risiko Implementasi

Hambatan utama adalah kanopi vegetasi yang menutupi patok atau garis batas, topografi bergelombang yang menimbulkan bayangan dan variasi resolusi, serta ketidakdisiplinan sebagian masyarakat dalam memasang dan membersihkan tanda batas sebelum pemotretan. Cuaca mendung, hujan mendadak, angin kencang, dan keterbatasan baterai dapat menunda misi atau mengurangi kualitas hasil. Bangunan yang menjorok dan batas yang hanya dipahami secara sosial tanpa tanda fisik juga menimbulkan ambiguitas. Faktor-faktor tersebut menunjukkan bahwa inovasi geospasial tetap berinteraksi dengan perilaku masyarakat dan kondisi ekologis. Strategi teknis tidak akan optimal tanpa sosialisasi pra-terbang dan kesiapan batas di tingkat bidang. Klasifikasi faktor pendukung, penghambat, dan implikasinya dirangkum pada Tabel 6.

Tabel 6. Faktor Pendukung dan Penghambat Implementasi

Kelompok	Faktor	Implikasi
Pendukung	UAV enterprise, RTK, perangkat lunak dan kompetensi operator	Meningkatkan kualitas citra dan ketelitian posisi
Pendukung	Kolaborasi petugas, desa, kepala dusun dan masyarakat	Mempercepat identifikasi serta validasi batas
Pendukung	Persawahan dan jalan yang relatif terbuka	Meningkatkan cakupan digitasi langsung
Penghambat	Kanopi vegetasi, kebun rimbun dan bangunan	Menimbulkan blank spot dan memerlukan terestris
Penghambat	Topografi berbukit dan bayangan	Mengurangi konsistensi keterbacaan citra
Penghambat	Cuaca, angin, baterai dan tanda batas tidak jelas	Menunda misi dan menurunkan efektivitas

Sumber: Diolah dari wawancara, observasi, dan dokumentasi, 2026.

Model Implementasi Terintegrasi dan Implikasi Manajemen

Temuan keseluruhan mendukung model implementasi terintegrasi. Sebelum penerbangan, desa perlu melakukan sosialisasi, pemasangan patok yang kontras, dan pembersihan vegetasi di sekitar batas. Tim fotogrametri kemudian memetakan area

terbuka secara masif, membentuk ortofoto, dan mengklasifikasikan bidang menjadi teridentifikasi dan blank spot. Tim terestris bekerja secara paralel atau selektif pada klaster perkebunan rimbun, lereng, dan batas ambigu. Model ini sesuai dengan prinsip ketelitian dalam Permen ATR/BPN Nomor 6 Tahun 2018 dan fungsi alternatif fotogrametri dalam Juknis 2023. Dari perspektif manajemen inovasi, keberhasilan bukan ditentukan oleh penggantian teknologi lama, melainkan oleh desain proses yang menggabungkan keunggulan setiap metode, mengembangkan kompetensi baru, dan menempatkan masyarakat sebagai bagian dari pengendalian kualitas.

SOP Harian Operasional Metode Terintegrasi

Berdasarkan urutan kerja yang ditemukan, SOP operasional dapat disusun secara bergulir per blok pemetaan. Pada hari atau shift pertama untuk setiap blok, tim melakukan pemeriksaan cuaca, pengecekan peralatan, pemasangan atau validasi GCP, akuisisi citra, dan quality control awal. Pada hari berikutnya, citra blok yang telah selesai diproses menjadi ortofoto dan dioverlay dengan peta kerja. Petugas ukur bersama perangkat desa kemudian melakukan delineasi serta memberi kode visual pada hasil overlay: batas yang terbaca dapat diteruskan ke verifikasi, batas yang masih memerlukan konfirmasi diberi penanda, sedangkan blank spot akibat vegetasi, bayangan, bangunan, atau tanda batas yang tidak jelas diberi prioritas untuk suplesi terestris. Tim terestris selanjutnya turun secara selektif ke klaster bermasalah, mengukur atau mengonfirmasi titik batas, lalu hasilnya diintegrasikan kembali ke data fisik. Pola rolling ini memungkinkan akuisisi pada blok berikutnya berjalan bersamaan dengan pengolahan dan verifikasi blok sebelumnya, sehingga durasi pemotretan seluruh desa tidak harus menunda dimulainya identifikasi bidang. Secara manajerial, SOP tersebut mengubah pekerjaan lapangan dari pemeriksaan menyeluruh menjadi pemeriksaan berbasis pengecualian dan dapat digunakan sebagai dasar penjadwalan harian tim fotogrametri-terestris.

KESIMPULAN

Implementasi metode fotogrametri dalam PTSL di Desa Jorok terbukti efektif untuk mempercepat penyediaan peta dasar, meningkatkan produktivitas, dan menghasilkan ortofoto berketelitian tinggi. Ketelitian horizontal yang dilaporkan berkisar 2-5 sentimeter ketika GCP dan RTK digunakan secara proporsional. Produktivitas meningkat dari sekitar 50-60 bidang per hari dengan terestris menjadi 100 bidang atau lebih dengan dukungan ortofoto, sedangkan area kurang lebih 400 hektare dapat dipotret dalam tujuh hari dan diproses selama satu sampai dua hari. Efektivitas tersebut bersifat parsial karena hanya sekitar 60-70% bidang dapat diidentifikasi langsung, sementara 30-40% memerlukan verifikasi terestris akibat vegetasi, topografi, bangunan, cuaca, atau batas yang tidak tampak.

Dari sisi efisiensi, fotogrametri mengurangi waktu lapangan dan kebutuhan personel pada tahap digitasi menjadi sekitar satu sampai tiga orang dengan pendampingan perangkat desa. Investasi awal teknologi relatif tinggi, tetapi biaya operasional berpotensi lebih rendah karena durasi, transportasi, konsumsi, dan kebutuhan tenaga lapangan berkurang. Metode terestris tetap unggul pada batas tertutup dan objek yang memerlukan pengukuran langsung. Oleh sebab itu, model terbaik bukan substitusi total, melainkan kombinasi: fotogrametri menjadi instrumen utama akselerasi pada area terbuka, sedangkan terestris menyelesaikan blank spot dan memastikan kepastian batas.

Kantor Pertanahan Kabupaten Sumbawa perlu menstandarkan sosialisasi pra-terbang, klasifikasi area kerja, dan penerapan metode kombinasi sejak tahap perencanaan.

Pemerintah desa perlu memastikan masyarakat memasang patok yang kontras, membersihkan vegetasi di sekitar batas, dan hadir pada proses identifikasi. Peningkatan kompetensi pilot, pengolah data, dan petugas digitasi perlu dilakukan secara berkelanjutan, disertai pemeliharaan peralatan, manajemen baterai, rencana cadangan cuaca, dan dokumentasi pengujian akurasi. Langkah tersebut dapat meningkatkan persentase bidang yang dapat diidentifikasi melalui ortofoto sekaligus menjaga akuntabilitas teknis hasil PTSL.

Penelitian selanjutnya disarankan menghitung unit cost secara kuantitatif untuk membandingkan terestris penuh, fotogrametri penuh, dan metode kombinasi pada beberapa tipe medan. Kajian lain dapat menguji penggunaan sensor alternatif seperti LiDAR pada area bervegetasi lebat, menganalisis dampak kompetensi sumber daya manusia terhadap kualitas data, serta mengevaluasi keberlanjutan pemanfaatan ortofoto untuk pemeliharaan data pertanahan setelah program PTSL selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Buana, Z. R., Dwianto, D. N., Santoso, M. R. Y., & Fikri, M. A. H. (2024). Urgensi pemanfaatan teknologi drone dalam PTSL guna meningkatkan efisiensi pemetaan lahan. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 1(6). <https://doi.org/10.61722/jmia.v1i6.2813>
2. Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). Sage Publications.
3. Direktorat Jenderal Survei dan Pemetaan Pertanahan dan Ruang. (2023). *Petunjuk Teknis Nomor 3/Juknis-HK.02/III/2023 tentang pemetaan foto udara untuk Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap*. Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional.
4. Hasymi Salim, M. F., Syafri, & Jaya, B. (2025). Percepatan pemetaan bidang tanah pada program PTSL dengan menggunakan UAV di Kabupaten Jeneponto. *Urban and Regional Studies Journal*. <https://doi.org/10.35965/ursj.v8i1.7660>
5. Junarto, R., Djurjani, D., Permadi, F. B., Ferdiansyah, D., Admaja, P. K., Sholikin, A. R., & Rahmansani, R. (2020). Pemanfaatan teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) untuk pemetaan kadaster. *Bhumi: Jurnal Agraria dan Pertanahan*, 6(1). <https://doi.org/10.31292/jb.v6i1.428>
6. Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (2018). *Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap*.
7. Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (2025). *Profil Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional*.
8. Mahmudi. (2019). *Manajemen kinerja sektor publik*. UPP STIM YKPN.
9. Mahmudi. (2020). *Manajemen kinerja sektor publik* (Edisi terbaru). UPP STIM YKPN.
10. Mardiasmo. (2018). *Akuntansi sektor publik*. Andi Offset.
11. Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Sage Publications.
12. Moleong, L. J. (2021). *Metodologi penelitian kualitatif* (Edisi revisi). PT Remaja Rosdakarya.
13. Mulyamah. (1987). *Manajemen perubahan*. Yudhistira.

14. Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
15. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.
16. Presiden Republik Indonesia. (1960). *Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria*.
17. Presiden Republik Indonesia. (2024). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 176 Tahun 2024 tentang Kementerian Agraria dan Tata Ruang*.
18. Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
19. Ruskin, A. M., Muhibuddin, A., & Jaya, B. (2025). Efektivitas pemetaan terintegrasi dengan pemanfaatan UAV drone pada program PTSL di Kabupaten Bantaeng. *Urban and Regional Studies Journal*. <https://doi.org/10.35965/ursj.v8i1.7465>
20. Sandria, R., Cordova, K., & Rassarandi, F. D. (2025). Uji akurasi peta foto udara skala 1:5000 sebagai peta dasar berdasarkan Juknis PTSL Tahun 2023. *Jurnal Integrasi*, 17(2). <https://doi.org/10.30871/ji.v17i2.9003>
21. Steers, R. M. (1985). *Efektivitas organisasi*. Erlangga.
22. Sudarsono, B., & Nugraha, A. L. (2012). *Pemetaan kadastral*.
23. Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kualitatif*. Alfabeta.
24. Wolf, P. R., Dewitt, B. A., & Wilkinson, B. E. (2014). *Elements of photogrammetry with applications in GIS* (4th ed.). McGraw-Hill Education.