



Pemetaan Tutupan dan Penggunaan Lahan Perkotaan Beresolusi Tinggi Menggunakan Fotogrametri Berbasis Drone untuk Mendukung Evaluasi Pemanfaatan Ruang

(High-Resolution Urban Land Cover and Land Use Mapping Using Drone-Based Photogrammetry for Supporting Spatial Utilization Evaluation)

Ivan Frits^{1,2}, Willem A. Siahaya¹, Rafael M. Osok^{1*}

¹ Program Studi Magister Pengelolaan Lahan, Program Pascasarjana Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233, Maluku, Indonesia.

² Kantor Badan Pertanahan Kota Ambon, Jl. Jenderal Sudirman No. 1 Tantui, Kelurahan Pandan Kasturi, Kota Ambon Maluku 97128, Indonesia

Informasi Artikel:

Submission : 18 Maret 2026
Revised : 02 Juni 2026
Accepted : 03 Juni 2026
Published : 04 Juni 2026

*Penulis Korespondensi:

Rafael M. Osok
Program Studi Magister Pengelolaan Lahan, Program Pascasarjana Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233, Maluku, Indonesia.
e-mail: rafael.osok@lecturer.unpatti.ac.id
Telp: +62 821-9975-0454

Makila 20 (1) 2026: 198-213

DOI:

<https://doi.org/10.30598/makila.v20i1.25151>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#)

Copyright ©2026 Author(s): Ivan Frits, Willem A. Siahaya & Rafael M. Osok

Journal homepage:

<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila>

Journal e-mail: makilajournal@gmail.com

Research Article · [Open Access](#)

ABSTRACT

Accurate and high-resolution land cover and land use (LCLU) data are essential for spatial utilization evaluation in urban areas. This study aimed to produce a detailed LCLU map of Masohi District using UAV-based photogrammetry and evaluate its geometric accuracy. UAV aerial photographs were processed through geometric correction and supervised classification using the Maximum Likelihood algorithm. Geometric accuracy was assessed using Independent Check Points (ICP), Root Mean Square Error (RMSE), and Circular Error 90% (CE90). The classification identified 44 LCLU classes, with settlements and yards as the dominant land uses. The resulting map achieved a CE90 value of 11.604 cm, meeting national photogrammetric mapping standards. Overlay analysis showed strong spatial agreement between the classified map and UAV imagery. These findings demonstrate that UAV photogrammetry can provide accurate and high-resolution spatial data to support spatial utilization evaluation and urban planning in data-limited regions.

KEYWORDS: UAV photogrammetry; land cover and land use; geometric accuracy; urban planning; spatial utilization evaluation.

INTISARI

Data tutupan dan penggunaan lahan (LCLU) beresolusi tinggi diperlukan untuk mendukung evaluasi pemanfaatan ruang di kawasan perkotaan. Penelitian ini bertujuan menghasilkan peta LCLU Kecamatan Masohi menggunakan fotogrametri berbasis drone serta mengevaluasi akurasi geometriknnya. Foto udara UAV diolah melalui koreksi geometrik dan klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma *Maximum Likelihood*. Akurasi geometrik dievaluasi menggunakan *Independent Check Points* (ICP), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Circular Error 90%* (CE90). Hasil klasifikasi mengidentifikasi 44 kelas tutupan dan penggunaan lahan dengan pekarangan dan permukiman sebagai kelas dominan. Peta yang dihasilkan memiliki nilai

CE90 sebesar 11,604 cm dan memenuhi standar nasional pemetaan fotogrametri. Analisis tumpang susun menunjukkan kesesuaian spasial yang tinggi antara hasil klasifikasi dan citra foto udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fotogrametri berbasis drone mampu menyediakan data spasial yang akurat dan beresolusi tinggi untuk mendukung evaluasi pemanfaatan ruang dan perencanaan wilayah perkotaan.

KATA KUNCI: fotogrametri berbasis drone; tutupan dan penggunaan lahan; akurasi geometrik; perencanaan wilayah; evaluasi pemanfaatan ruang.

PENDAHULUAN

Tutupan lahan (*land cover*) dan penggunaan lahan (*land use*) merupakan komponen penting dalam pemantauan perubahan lingkungan karena merepresentasikan kondisi fisik permukaan bumi serta bentuk pemanfaatannya oleh aktivitas manusia (Wahyuni dkk., 2021; Jauhari dkk., 2024). Informasi mengenai tutupan dan penggunaan lahan menjadi dasar dalam memahami dinamika interaksi antara sistem lingkungan dan aktivitas manusia, khususnya yang berkaitan dengan perubahan penggunaan lahan, degradasi lingkungan, dinamika ekosistem, serta tekanan pembangunan wilayah (Ati dkk., 2025; Tikaputra dkk., 2025). Dalam konteks wilayah perkotaan, informasi tersebut juga berperan penting dalam mendukung evaluasi tata ruang dan pengelolaan pembangunan yang berkelanjutan.

Dalam dua dekade terakhir, kebutuhan terhadap data tutupan dan penggunaan lahan yang akurat dan mutakhir semakin meningkat seiring dengan pesatnya urbanisasi, perubahan penggunaan lahan, dan meningkatnya tekanan terhadap keberlanjutan tata ruang. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kualitas dan resolusi data tutupan dan penggunaan lahan berpengaruh terhadap tingkat akurasi berbagai model lingkungan, seperti model hidrologi, analisis dinamika ekosistem, dan kajian perubahan iklim (Nugroho dkk., 2025; Laban dkk., 2025; Rohman dkk., 2025). Ketidakakuratan klasifikasi dapat menyebabkan bias dalam estimasi limpasan permukaan, neraca air, maupun evaluasi jasa ekosistem. Selain itu, ketersediaan data spasial beresolusi tinggi menjadi semakin penting dalam mendukung evaluasi kebijakan tata ruang, perencanaan pembangunan berkelanjutan, serta mitigasi risiko lingkungan, terutama pada wilayah perkotaan dengan tekanan pemanfaatan ruang yang tinggi (Saraswati dkk., 2025; Anggraeni dkk., 2025; Tehupeiori dkk., 2025; Souhuwat dkk., 2025).

Wilayah perkotaan umumnya dicirikan oleh heterogenitas spasial yang tinggi, ditandai oleh keberagaman objek seperti permukiman, jaringan jalan, fasilitas publik, ruang terbuka hijau, kawasan perdagangan, serta unsur lingkungan lainnya dalam ruang yang relatif padat. Karakteristik tersebut menuntut ketersediaan data tutupan dan penggunaan lahan beresolusi spasial tinggi dengan akurasi geometrik yang baik agar mampu menggambarkan kondisi aktual di

lapangan secara detail. Dalam konteks ini, teknologi penginderaan jauh telah lama digunakan sebagai pendekatan yang efektif dalam memperoleh informasi permukaan bumi secara cepat, luas, dan relatif efisien (Cholidah dan Irawan, 2024; Wael dan Siahaya, 2022; Susanti dkk., 2020; Sampurno dan Thoriq, 2016). Namun demikian, penggunaan citra satelit resolusi menengah pada wilayah perkotaan sering menghadapi keterbatasan dalam membedakan objek dengan ukuran kecil dan pola spasial yang kompleks.

Seiring dengan perkembangan teknologi penginderaan jauh jarak dekat, pemanfaatan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) berbasis fotogrametri semakin berkembang dalam pemetaan tutupan dan penggunaan lahan perkotaan. Teknologi ini mampu menghasilkan citra dengan resolusi spasial sangat tinggi sehingga memungkinkan identifikasi objek permukaan bumi secara rinci, seperti bangunan, jaringan jalan, ruang terbuka hijau, dan badan air yang umumnya sulit dibedakan menggunakan citra resolusi menengah (Junarto dkk., 2020; Koeva et al., 2016). Selain menghasilkan detail spasial yang lebih tinggi, fotogrametri berbasis drone juga memiliki fleksibilitas akuisisi data dan ketelitian geometrik yang baik sehingga sesuai diterapkan pada wilayah perkotaan dengan heterogenitas tinggi dan cakupan area relatif terbatas (Dwicaksono, 2025).

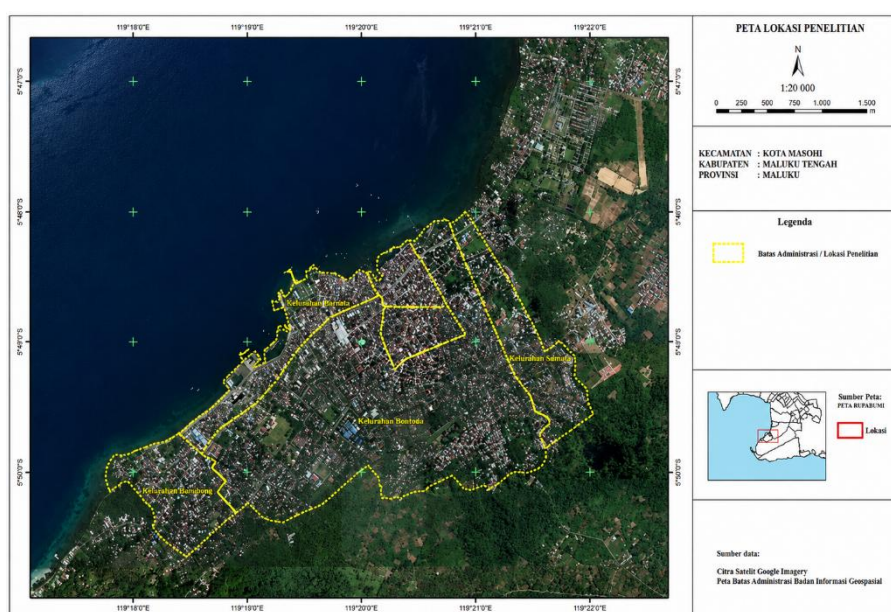
Kecamatan Kota Masohi merupakan hasil pemekaran dari Kecamatan Amahai yang ditetapkan sebagai kecamatan definitif pada tahun 2003. Sebagai ibu kota Kabupaten Maluku Tengah, Kecamatan Kota Masohi mengalami perkembangan wilayah yang relatif pesat, ditandai dengan meningkatnya aktivitas permukiman, perdagangan, jasa, serta pembangunan infrastruktur pendukung. Dinamika perkembangan tersebut berimplikasi terhadap perubahan tutupan dan penggunaan lahan, khususnya pada kawasan perkotaan dengan tekanan pemanfaatan ruang yang tinggi. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidaksesuaian antara rencana tata ruang dengan kondisi pemanfaatan ruang aktual di lapangan (Souhuwat dkk., 2025). Namun demikian, ketersediaan data tutupan dan penggunaan lahan beresolusi tinggi yang mampu menggambarkan kondisi aktual wilayah Kota Masohi masih relatif terbatas, terutama sebagai dasar evaluasi pemanfaatan ruang pada wilayah perkotaan skala kecamatan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan menghasilkan peta tutupan dan penggunaan lahan perkotaan di Kecamatan Kota Masohi menggunakan fotogrametri berbasis drone serta mengevaluasi akurasi geometriknya untuk mendukung evaluasi pemanfaatan ruang. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada penyediaan peta tutupan dan penggunaan lahan perkotaan beresolusi tinggi berbasis drone pada skala kecamatan di Kota Masohi sebagai pusat kabupaten di wilayah kepulauan, yang selama ini masih memiliki keterbatasan data spasial detail. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penyediaan informasi spasial mutakhir untuk mendukung evaluasi kesesuaian pemanfaatan ruang terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), khususnya pada kota kecil dan pusat pertumbuhan wilayah kepulauan yang menghadapi dinamika perkembangan perkotaan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Kota Masohi, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku, yang merupakan ibu kota Kabupaten Maluku Tengah. Secara administratif, wilayah penelitian memiliki luas sekitar $\pm 37,3 \text{ km}^2$. Kecamatan Kota Masohi dipilih sebagai lokasi penelitian karena mengalami perkembangan wilayah perkotaan yang relatif pesat, ditandai dengan meningkatnya aktivitas permukiman, perdagangan, jasa, serta pembangunan infrastruktur yang berpotensi memengaruhi dinamika tutupan dan penggunaan lahan perkotaan. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Alat dan Data

Penelitian ini menggunakan berbagai perangkat dan data spasial untuk mendukung proses pemetaan tutupan dan penggunaan lahan perkotaan berbasis fotogrametri drone

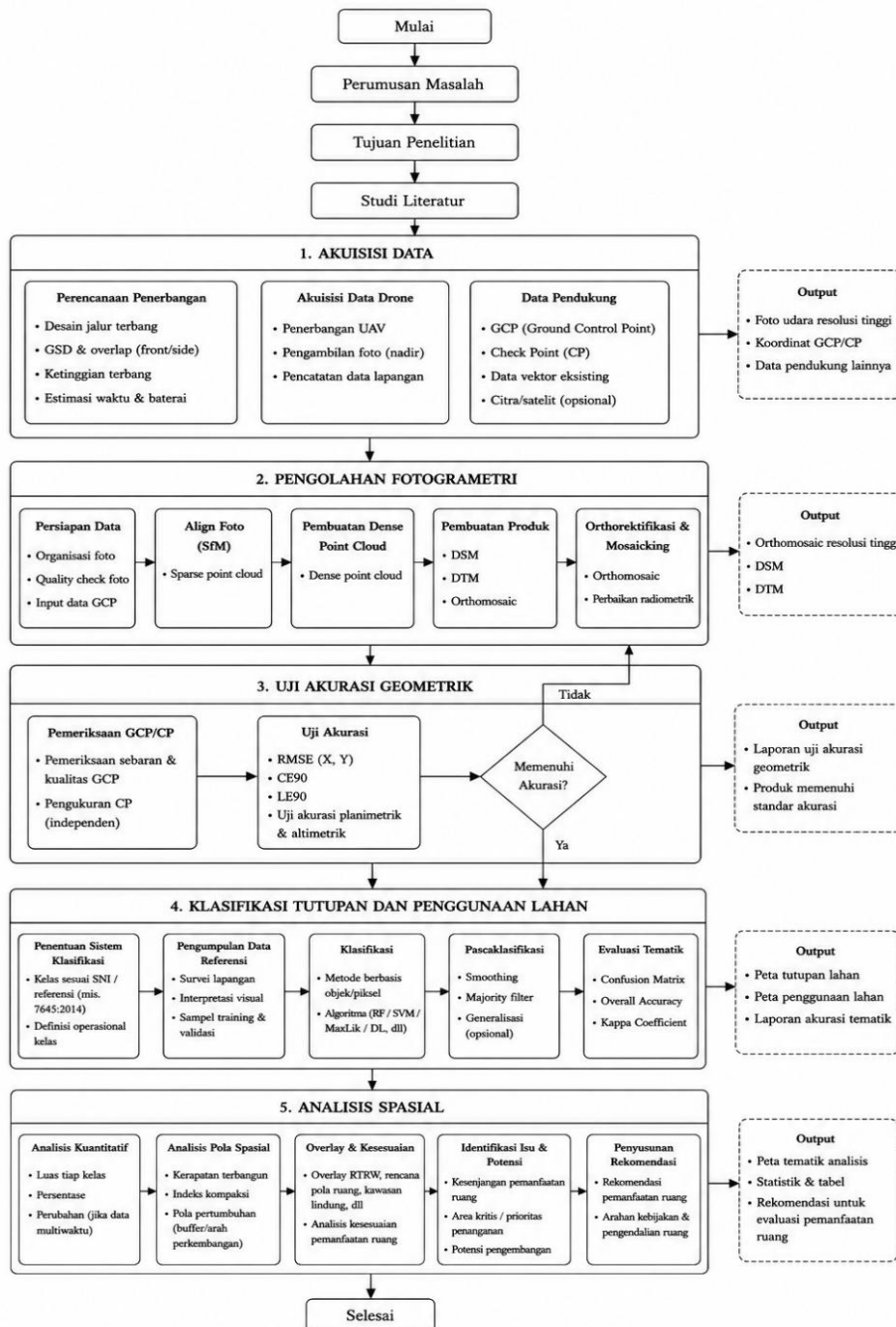
Peralatan utama yang digunakan meliputi: *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) tipe *rotary wing* (copter) dengan kamera non-metrik untuk akuisisi foto udara; Perangkat *Global Navigation Satellite System* (GNSS) geodetik untuk pengukuran koordinat *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP); Perangkat lunak *Agisoft Metashape* untuk pengolahan data fotogrametri dan pembentukan ortofoto; dan Perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti *ArcMap* untuk interpretasi, klasifikasi, dan analisis spasial tutupan dan penggunaan lahan.

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian meliputi:

- Peta administrasi digital Kabupaten Maluku Tengah yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai dasar batas administrasi wilayah penelitian.

- b. Foto udara hasil akuisisi Pesawat Udara Nirawak (PUNA)/ *drone* tahun 2023 yang diperoleh dari Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kantor Pertanahan Kabupaten Maluku Tengah sebagai data utama pemetaan.
- c. Data titik GCP dan ICP, yang diperoleh melalui survei GNSS untuk keperluan georeferensi dan pengujian akurasi geometrik ortofoto.
- d. Data survei lapangan, yang digunakan untuk membantu interpretasi visual dan verifikasi kelas tutupan dan penggunaan lahan



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pengolahan dan Analisis Data

Tahapan penelitian meliputi akuisisi data, pengolahan fotogrametri, uji akurasi geometrik, klasifikasi tutupan dan penggunaan lahan, serta analisis spasial.

1. Akuisisi Data Foto Udara dan Pengukuran Titik Kontrol

Akuisisi foto udara dilakukan menggunakan UAV tipe *rotary wing (copter)* dengan kamera non-metrik. Selain pengambilan foto udara, dilakukan pengukuran titik kontrol tanah berupa *Ground Control Point (GCP)* dan *Independent Check Point (ICP)* menggunakan metode survei GNSS statik.

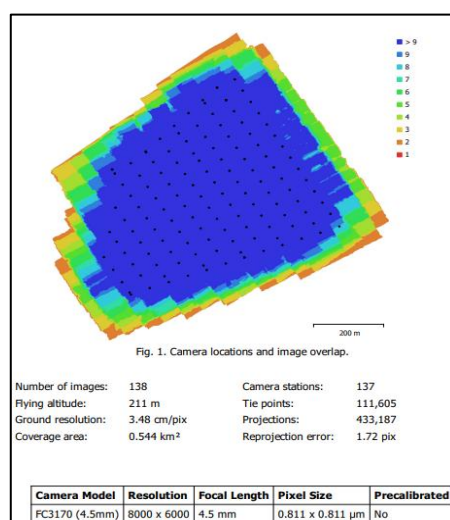
Titik GCP digunakan untuk proses georeferensi dan ortorektifikasi foto udara guna meningkatkan ketelitian geometrik ortofoto. Sementara itu, titik ICP digunakan secara independen untuk mengevaluasi tingkat akurasi geometrik hasil ortofoto. Pengamatan GNSS pada setiap titik dilakukan selama ± 15 menit untuk memperoleh koordinat dengan ketelitian tinggi.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Ketelitian Peta Nomor 8202:2019, jumlah minimum titik GCP untuk proses ortorektifikasi adalah 12 titik. Namun, penelitian ini menggunakan sebanyak 110 titik GCP karena cakupan pemetaan dibagi ke dalam 11 segmen ortofoto guna meningkatkan akurasi geometrik hasil pemetaan.

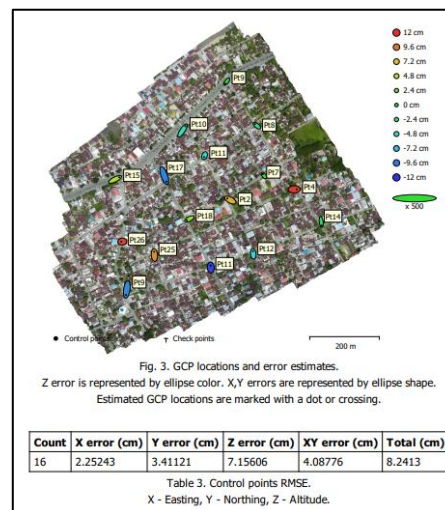
2. Pengolahan Data GNSS dan Fotogrametri

Data hasil pengamatan GNSS pada titik GCP dan ICP diolah menggunakan layanan *Indonesia Continuously Operating Reference Station (InaCORS)* milik Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk memperoleh koordinat dengan akurasi tinggi.

Pengolahan data foto udara dilakukan menggunakan perangkat lunak Agisoft Metashape untuk menghasilkan ortofoto terkoreksi geometrik. Tahapan pengolahan meliputi: (1) *add photos*, (2) *align photos*, (3) *georeferensi menggunakan titik GCP*, (4) *pembentukan dense point cloud*, (5) *pembuatan Digital Surface Model (DSM)* melalui interpolasi data *point cloud* tiga dimensi, dan (6) *pembuatan ortofoto (orthophoto)* (Gambar 3 dan Gambar 4).



Gambar 3. Report hasil Align Foto dan kalibrasi kamera



Gambar 4. Report hasil Orthophoto dan ketelitian georeferensi peta drone

3. Uji Akurasi Geometrik Ortofoto

Uji akurasi geometrik dilakukan menggunakan titik *Independent Check Point* (ICP). Koordinat hasil pengamatan GNSS pada titik ICP dibandingkan dengan koordinat titik yang sama pada ortofoto hasil ortorektifikasi untuk memperoleh nilai kesalahan posisi horizontal. Akurasi geometrik dihitung menggunakan *Root Mean Square Error* horizontal (*RMSE_r*) dengan persamaan:

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{data} - X_{cek})^2 + (Y_{data} - Y_{cek})^2}{n}} \quad (1)$$

Selanjutnya, nilai *RMSE_r* digunakan untuk menghitung akurasi horizontal *Circular Error* 90% (*CE90*) menggunakan persamaan:

$$CE90 = 1.5175 \times RMSE_r \quad (2)$$

Nilai *CE90* yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar ketelitian peta berdasarkan SNI Ketelitian Peta Nomor 8202:2019 untuk menentukan tingkat ketelitian geometrik ortofoto.

4. Klasifikasi Tutupan dan Penggunaan Lahan

Pemetaan tutupan dan penggunaan lahan dilakukan menggunakan ortofoto hasil pengolahan sebagai data utama. Klasifikasi dilakukan melalui pendekatan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Penentuan kelas dilakukan berdasarkan karakteristik spektral, bentuk, pola, tekstur, asosiasi objek, serta hasil interpretasi visual pada ortofoto resolusi tinggi.

Untuk meningkatkan ketelitian interpretasi, dilakukan survei lapangan sebagai dasar verifikasi objek dan validasi kelas hasil klasifikasi. Proses delineasi dilakukan secara visual dan digital untuk mengidentifikasi serta memisahkan objek-objek tutupan dan penggunaan lahan secara rinci. Hasil klasifikasi menghasilkan 44 kelas tutupan dan penggunaan lahan perkotaan yang mencerminkan kompleksitas karakteristik spasial wilayah penelitian, meliputi permukiman,

pekarangan, jaringan jalan, fasilitas publik, ruang terbuka hijau, kawasan perdagangan, serta unsur lingkungan lainnya.

Analisis Spasial

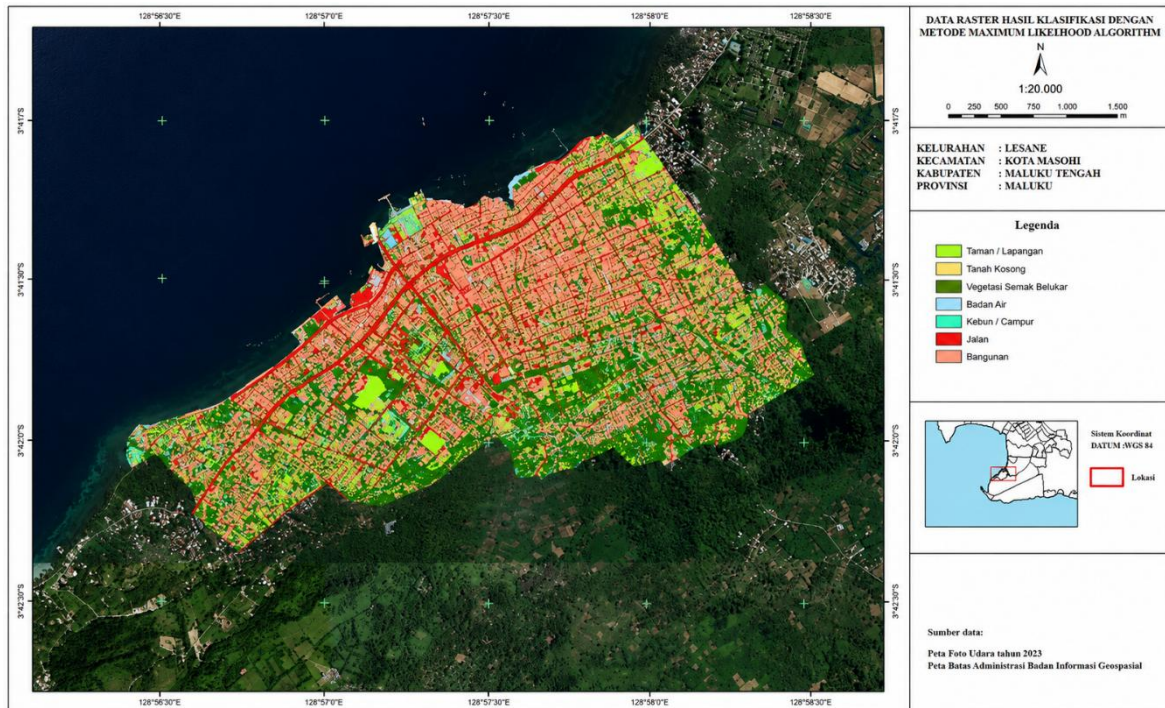
Hasil klasifikasi tutupan dan penggunaan lahan selanjutnya dianalisis secara spasial menggunakan teknik *overlay* untuk mengevaluasi kesesuaian kondisi aktual pemanfaatan ruang terhadap karakteristik spasial wilayah Kecamatan Kota Masohi. Analisis ini bertujuan mendukung penyediaan informasi spasial yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi pemanfaatan ruang perkotaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data tutupan dan penggunaan lahan pada lokasi penelitian diperoleh dari hasil pengolahan foto udara berbasis fotogrametri drone yang merepresentasikan kondisi eksisting wilayah Kecamatan Kota Masohi. Foto udara yang digunakan telah melalui tahapan koreksi geometrik dan radiometrik serta pengujian akurasi geometrik, sehingga memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai dasar analisis spasial. Data citra berasal dari hasil akuisisi tahun 2023, sehingga klasifikasi yang dihasilkan menggambarkan kondisi aktual tutupan dan penggunaan lahan pada saat akuisisi data.

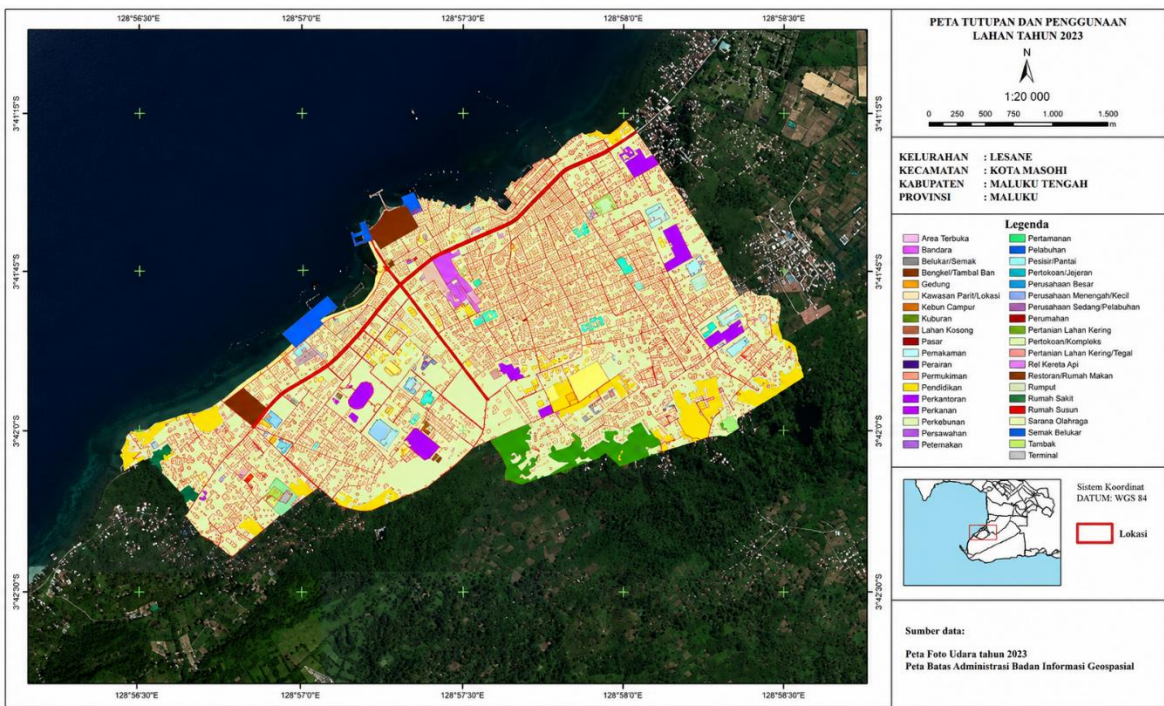
Klasifikasi tutupan dan penggunaan lahan dilakukan secara terselia (*supervised classification*) menggunakan metode *Maximum Likelihood* pada perangkat lunak ArcMap. Metode ini dipilih karena mampu mengakomodasi keragaman karakteristik spektral objek permukaan bumi, khususnya pada wilayah perkotaan dengan tingkat heterogenitas spasial yang tinggi. Karakteristik wilayah perkotaan Kecamatan Kota Masohi yang terdiri atas berbagai objek terbangun dan non-terbangun, seperti permukiman, jaringan jalan, fasilitas publik, ruang terbuka hijau, kawasan perdagangan, pekarangan, dan vegetasi, memerlukan pendekatan klasifikasi yang mampu membedakan objek dengan variasi spektral yang kompleks. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa peta foto udara tahun 2023 berhasil diekstraksi menjadi 44 kelas tutupan dan penggunaan lahan (**Gambar 6** dan **Tabel 1**).

Hasil klasifikasi pada **Gambar 5** menunjukkan tingkat fragmentasi spasial yang relatif tinggi, terutama pada kawasan terbangun dan permukiman. Kondisi ini mencerminkan karakteristik wilayah perkotaan Kecamatan Kota Masohi yang berkembang secara dinamis dengan pola penggunaan ruang yang beragam. Keberadaan berbagai kelas tutupan dan penggunaan lahan dengan ukuran, bentuk, dan pola sebaran yang berbeda mengindikasikan tingginya heterogenitas spasial wilayah penelitian. Temuan ini menunjukkan bahwa citra resolusi tinggi berbasis fotogrametri drone dapat mendukung identifikasi objek permukaan bumi secara lebih rinci, terutama pada wilayah perkotaan dengan pola spasial yang kompleks.



Gambar 5. Hasil klasifikasi raster peta foto udara berbasis fotogrametri *drone* tahun 2023

Untuk mendukung analisis spasial lanjutan, hasil klasifikasi raster selanjutnya dikonversi menjadi data vektor melalui proses vektorisasi. Tahapan ini bertujuan mengubah piksel hasil klasifikasi menjadi poligon-poligon tutupan dan penggunaan lahan sehingga lebih mudah dianalisis dalam lingkungan Sistem Informasi Geografis (SIG). Setelah proses vektorisasi, dilakukan tahapan *simplify polygon* untuk menyederhanakan bentuk geometris poligon tanpa menghilangkan karakteristik spasial utama masing-masing kelas. Proses ini penting untuk mengurangi kompleksitas geometri sekaligus meningkatkan keterbacaan peta pada skala analisis wilayah perkotaan. Hasil vektorisasi dan penyederhanaan poligon. Peta tutupan dan penggunaan lahan hasil vektorisasi pada **Gambar 6** menunjukkan representasi spasial yang lebih jelas dibandingkan data raster, sehingga memudahkan interpretasi visual dan analisis spasial lanjutan.



Gambar 6. Petautupan dan penggunaan lahan Kecamatan Kota Masohi tahun 2023 hasil vektorisasi dan penyederhanaan geometri dari klasifikasi peta foto udara berbasis fotogrametri *drone*.

Tabel 1. Klasifikasiutupan dan penggunaan lahan berdasarkan penggunaan lahan tahun 2023 hasil fotogrametri *drone*

No	Penggunaan lahan	Luas	
		ha	%
1	Area terbuka	1,82	0,40
2	Embung	0,70	0,15
3	Fasilitas olahraga	3,23	0,70
4	Gedung serbaguna	0,10	0,02
5	Gereja	0,59	0,13
6	Hamparan pasir laut	0,02	0,01
7	Hotel dan Penginapan	0,13	0,03
8	Hutan kota	11,06	2,41
9	Industri aneka	0,06	0,01
10	Instansi pemerintah	5,73	1,25
11	Jalan	33,07	7,20
12	Jalur hijau	0,12	0,03
13	Kantor pemerintah	4,00	0,87
14	KODIM	0,18	0,04
15	Lahan terbuka	5,94	1,29
16	Lapangan olahraga	1,12	0,24
17	LAPAS	0,29	0,06
18	Makam	3,20	0,70
19	Masjid	1,01	0,22
20	Mushola	0,03	0,01
21	Pantai	0,23	0,05
22	Pasar	2,21	0,48
23	Pekarangan	216,02	47,06
24	Pelabuhan	4,42	0,96
25	Pendidikan	2,00	0,44
26	Pendidikan dasar	1,29	0,28
27	Pendidikan lainnya	0,29	0,06
28	Pendidikan menengah atas	1,76	0,38
29	Pendidikan menengah pertama	1,69	0,37
30	Pendidikan tinggi	0,57	0,12

31	Pergudangan	0,22	0,05
32	Perkebunan campuran	0,53	0,12
33	Permukiman	125,56	27,36
34	Pertokoan dan jasa	1,22	0,27
35	Polres	0,44	0,10
36	Pura	0,015	0,00
37	Rawa	1,39	0,30
38	Rumah dinas	2,41	0,53
39	Rumah sakit	1,27	0,28
40	Semak belukar	20,60	4,49
41	SPBU	0,09	0,02
42	Sungai	0,07	0,02
43	Taman	1,36	0,30
44	Terminal	0,97	0,21
TOTAL		459,02	100

Sumber: Analisis data primer, 2024

Berdasarkan hasil klasifikasi pada **Tabel 1**, penggunaan lahan pekarangan merupakan kelas yang paling dominan dengan luas 216,02 ha (47,06%), diikuti oleh permukiman seluas 125,56 ha (27,36%), dan jaringan jalan sebesar 33,07 ha (7,20%). Dominasi ketiga kelas tersebut menunjukkan bahwa Kecamatan Kota Masohi memiliki karakter wilayah perkotaan yang berkembang dengan intensitas aktivitas permukiman dan mobilitas yang cukup tinggi sebagai pusat pemerintahan dan aktivitas ekonomi Kabupaten Maluku Tengah.

Besarnya proporsi pekarangan menunjukkan bahwa struktur spasial kawasan perkotaan di Kecamatan Kota Masohi masih didominasi oleh ruang terbuka privat yang menyatu dengan kawasan permukiman. Kondisi ini mengindikasikan pola perkembangan perkotaan dengan kepadatan bangunan yang relatif tidak terlalu tinggi dibandingkan kota-kota besar, di mana pekarangan masih menjadi bagian penting dari konfigurasi ruang permukiman. Sementara itu, luas jaringan jalan yang mencapai 33,07 ha menunjukkan peran infrastruktur transportasi dalam membentuk pola perkembangan kawasan terbangun, yang tampak berkembang mengikuti koridor jalan utama dan menyebar menuju wilayah pinggiran.

Di sisi lain, penggunaan lahan non-terbangun masih ditemukan pada beberapa bagian wilayah penelitian. Kelas semak belukar mencakup area seluas 20,60 ha (4,49%), sedangkan hutan kota sebesar 11,06 ha (2,41%) dan lahan terbuka mencapai 5,94 ha (1,29%). Keberadaan elemen non-terbangun tersebut menunjukkan bahwa sebagian wilayah Kecamatan Kota Masohi masih memiliki ruang ekologis yang berpotensi mendukung fungsi lingkungan perkotaan, seperti resapan air, pengendalian suhu mikro, dan peningkatan kualitas lingkungan. Selain itu, keberadaan kawasan pesisir, rawa, embung, dan sungai meskipun memiliki proporsi relatif kecil tetap menunjukkan adanya variasi bentang alam yang memengaruhi pola pemanfaatan ruang perkotaan.

Keberadaan fasilitas pelayanan publik juga terlihat cukup beragam, meliputi instansi pemerintah (5,73 ha; 1,25%), kantor pemerintah (4,00 ha; 0,87%), pelabuhan (4,42 ha; 0,96%), fasilitas olahraga (3,23 ha; 0,70%), pasar (2,21 ha; 0,48%), serta berbagai fasilitas pendidikan dan kesehatan. Sebagai ibu kota kabupaten, keberadaan berbagai fasilitas tersebut menunjukkan fungsi Kecamatan

Kota Masohi sebagai pusat pelayanan pemerintahan, ekonomi, pendidikan, dan sosial bagi wilayah sekitarnya.

Hasil pemetaan ini memberikan informasi spasial yang lebih detail mengenai distribusi tutupan dan penggunaan lahan perkotaan di Kecamatan Kota Masohi. Ketersediaan data spasial beresolusi tinggi berbasis fotogrametri drone dapat mendukung evaluasi kesesuaian pemanfaatan ruang terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), khususnya pada kota kecil dan pusat pertumbuhan di wilayah kepulauan yang memiliki dinamika perkembangan spasial cukup tinggi. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran kondisi aktual tutupan dan penggunaan lahan pada saat akuisisi data, tetapi juga menyediakan basis data spasial yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung evaluasi dan pengendalian pemanfaatan ruang perkotaan secara lebih akurat.

Hasil pemetaan berbasis fotogrametri drone menunjukkan kemampuan yang tinggi dalam mengidentifikasi penggunaan lahan skala detail, termasuk objek berukuran kecil yang umumnya sulit dikenali pada citra resolusi menengah seperti Landsat atau Sentinel-2. Temuan ini sejalan dengan Sugandhi dkk. (2023) yang menyatakan bahwa citra UAV efektif digunakan pada kawasan perkotaan dengan tingkat heterogenitas tinggi karena mampu meminimalkan kesalahan klasifikasi akibat *mixed pixel*. Selain itu, penggunaan UAV memiliki fleksibilitas temporal yang lebih tinggi dibandingkan citra satelit komersial karena akuisisi data dapat dilakukan sesuai kebutuhan penelitian dan kondisi lapangan (Saihu dkk., 2023).

Secara keseluruhan, hasil klasifikasi tutupan dan penggunaan lahan di Kecamatan Kota Masohi menunjukkan karakteristik kota kecil yang berkembang dengan dominasi kawasan hunian, intensitas aktivitas perkotaan yang meningkat, serta masih tersedianya ruang ekologis pada beberapa bagian wilayah. Ketersediaan data spasial beresolusi tinggi berbasis drone dapat menjadi basis penting dalam evaluasi kesesuaian pemanfaatan ruang terhadap RTRW, pengendalian ekspansi kawasan terbangun, serta penyusunan kebijakan pembangunan perkotaan yang lebih terarah dan berkelanjutan.

Uji akurasi geometrik peta foto udara berbasis fotogrametri drone dilakukan menggunakan titik *Independent Check Point* (ICP) untuk mengevaluasi tingkat ketelitian posisi horizontal peta. Pengujian dilakukan dengan membandingkan koordinat hasil pengukuran lapangan pada titik ICP terhadap koordinat objek yang bersesuaian pada peta foto udara. Berdasarkan hasil perhitungan selisih koordinat diperoleh nilai *Root Mean Square Error* (RMSEr) sebagai berikut:

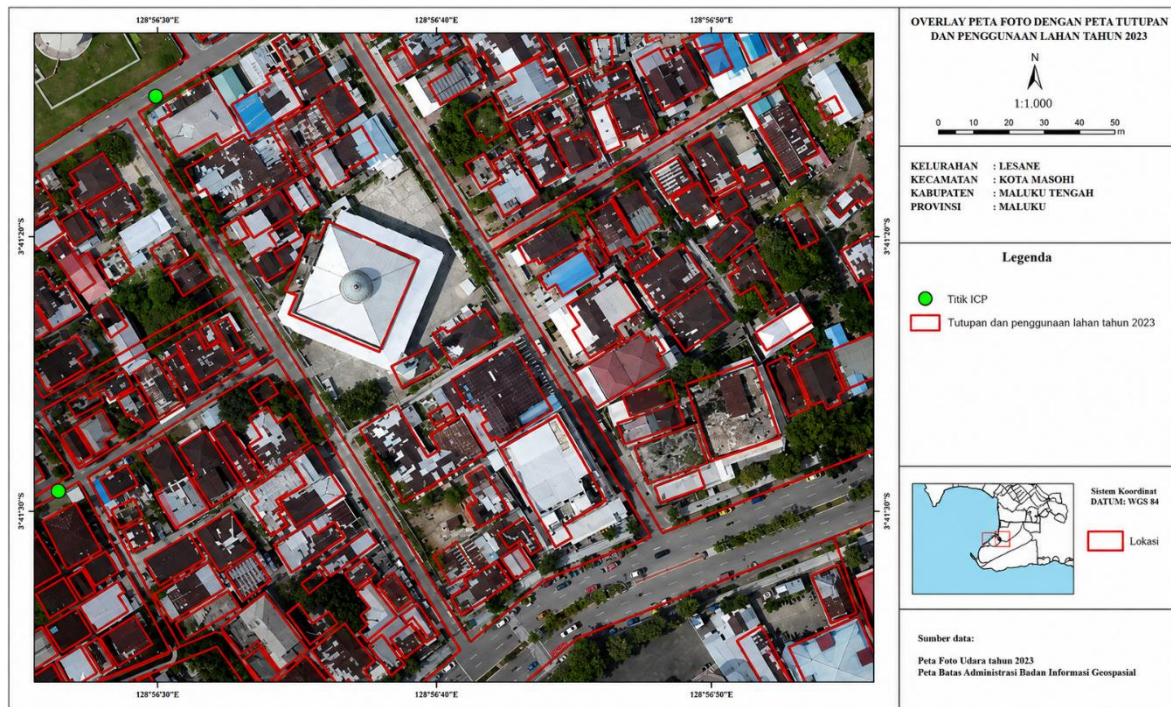
$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{data} - X_{cek})^2 + (Y_{data} - Y_{cek})^2}{n}}$$

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{0,64326}{110}}$$

$$RMSE_r = 0,07647$$

$$CE90 = 1,5175 \times 0,07647$$

$$CE90 = 0,11604$$



Gambar 7. Overlay peta tutupan dan penggunaan lahan hasil klasifikasi tahun 2023 dengan peta foto udara dengan ketelitian $CE_{90} = 11,604$ cm

Gambar 7 memperlihatkan overlay antara peta tutupan dan penggunaan lahan hasil klasifikasi tahun 2023 dengan peta foto udara berbasis fotogrametri drone. Garis merah pada peta menunjukkan batas poligon hasil klasifikasi yang diekstraksi dari peta foto udara, khususnya pada objek terbangun seperti permukiman, jaringan jalan, dan fasilitas perkotaan. Secara visual, batas poligon hasil klasifikasi menunjukkan kesesuaian posisi yang relatif baik dengan bentuk fisik objek pada peta foto udara. Kondisi ini mengindikasikan bahwa data dasar fotogrametri yang digunakan memiliki kualitas geometrik yang memadai untuk mendukung interpretasi spasial tutupan dan penggunaan lahan.

Uji akurasi geometrik peta foto udara dilakukan menggunakan titik *Independent Check Point* (ICP) untuk mengevaluasi tingkat ketelitian posisi horizontal. Hasil pengujian menunjukkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSEr) sebesar 0,07647 m, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung ketelitian horizontal menggunakan parameter *Circular Error 90%* (CE_{90}). Nilai CE_{90} yang diperoleh sebesar 0,11604 m atau setara dengan 11,604 cm. Nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas toleransi kesalahan geometrik untuk pemetaan fotogrametri skala detail sebesar 50 cm sesuai Petunjuk Teknis Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) Tahun 2024. Dengan demikian, peta foto udara berbasis drone pada penelitian ini memiliki ketelitian geometrik yang memadai untuk digunakan sebagai dasar analisis spasial.

Meskipun overlay spasial pada **Gambar 7** menunjukkan kesesuaian posisi antara batas poligon hasil klasifikasi dan objek nyata pada peta foto udara, ketelitian geometrik yang baik tidak secara langsung merepresentasikan tingkat akurasi tematik hasil klasifikasi. Akurasi tematik

tutupan dan penggunaan lahan memerlukan pengujian tersendiri, misalnya melalui matriks konfusi (*confusion matrix*), *overall accuracy*, *producer's accuracy*, *user's accuracy*, atau koefisien Kappa. Oleh karena itu, hasil uji geometrik pada penelitian ini lebih menunjukkan bahwa posisi spasial objek pada peta dasar memiliki tingkat ketelitian yang baik untuk mendukung proses klasifikasi dan analisis spasial.

Dalam konteks pemetaan wilayah perkotaan seperti Kecamatan Kota Masohi yang memiliki heterogenitas penggunaan lahan tinggi, data foto udara berbasis drone memberikan manfaat praktis karena mampu merepresentasikan objek permukaan bumi secara rinci, termasuk objek berukuran relatif kecil yang sering sulit diidentifikasi pada citra resolusi menengah. Selain itu, resolusi spasial tinggi dan fleksibilitas waktu akuisisi data memungkinkan pemutakhiran informasi spasial secara lebih adaptif terhadap dinamika perkembangan wilayah perkotaan. Dengan tingkat ketelitian geometrik yang diperoleh, peta tutupan dan penggunaan lahan hasil fotogrametri drone pada penelitian ini dinilai memadai untuk mendukung evaluasi pemanfaatan ruang dan pengendalian tata ruang perkotaan di Kecamatan Kota Masohi.

KESIMPULAN

Fotogrametri berbasis drone mampu menghasilkan peta tutupan dan penggunaan lahan beresolusi tinggi di Kecamatan Kota Masohi dengan tingkat detail spasial yang baik. Hasil klasifikasi mengidentifikasi 44 kelas tutupan dan penggunaan lahan yang mencerminkan heterogenitas spasial kawasan perkotaan, dengan pekarangan dan permukiman sebagai penggunaan lahan dominan. Uji akurasi geometrik menunjukkan nilai CE90 sebesar 11,604 cm yang memenuhi standar ketelitian pemetaan fotogrametri skala detail, sehingga data yang dihasilkan layak digunakan sebagai dasar analisis spasial. Temuan ini menunjukkan bahwa fotogrametri berbasis drone efektif untuk menyediakan data spasial yang akurat dan mutakhir guna mendukung evaluasi pemanfaatan ruang dan perencanaan wilayah perkotaan, khususnya pada kota kecil dan wilayah kepulauan yang memiliki keterbatasan data spasial detail.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Kantor Pertanahan Kabupaten Maluku tengah yang telah membantu dalam penyediaan data dan peralatan lapangan yang dibutuhkan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, F.N., Mataburu, I.B., dan Setianingsih, A.I. 2025. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2014 2024 terhadap RTRW Di Kabupaten Ogan Komering Ilir. MKG Vol. 26, No.2, Desember 2025 (200 - 218).DOI:<https://doi.org/10.23887/mkg.v26i2.100512>
- Ati, A, Aldiansyah, S., Hasan, HJ., Windayani, W., Bahar, H., Qadri, M.H., Ladianto, A.J., dan Putra, A. 2025. Perubahan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan Menggunakan Metode Maximum Likelihood. Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi. Volume 10 No. 1 Januari 2025. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>.
- Bashit, N., Prasetyo, Y., dan Suprayogi, A. 2019. Klasifikasi Berbasis Objek untuk Pemetaan Penggunaan Lahan menggunakan Citra SPOT 5 di Kecamatan Ngaglik. TEKNIK, 40 (2), 2019, 122-128. http://ejournal.undip.ac.id/index.php/T_Teknik
- Cholidah. N.N.Z., dan Irawan, L.Y. 2024. Pemanfaatan Penginderaan Jauh Untuk Pemetaan Alih Fungsi Lahan Sawah di Kabupaten Nganjuk. Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS) Vol. 5 No. 1 (2024) 43-54. DOI: <https://doi.org/10.23960/jgrs.ft.unila.203>
- Dwicaksono, A. 2025. Teknologi Pesawat Nirawak dan Fotogrametri untuk Akurasi Pemetaan Kawasan Kumuh. <https://pengabdian.dpmk.itb.ac.id/information>
- Faldi, M.I., Siswanto, S., Suhardiman, A., Ruslim, Y., dan Aquastini, D. 2023. Pemetaan Tutupan Dan Penggunaan Lahan Menggunakan Drone Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Desa Jonggon Jaya. Jurnal Pertanian Terpadu 11(2): 137-148, Desember 2023. <https://doi.org/10.36084/jpt.v8i2.273>
- Irsan, L.M., Hasanah, N., Musyawarah, R., Garusu, E.H., dan Aldiansyah, S. 2024. Analisis Transformasi Lahan Menggunakan Citra Satelit Landsat Multi Temporal. Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi, Volume 9 No. 1 Januari 2024, 34-43. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>.
- Jauhari, S.H., Iskandarsyah, T.Y.W.M, dan Listiawan, Y. 2024. Analisis Perubahan Tutupan Lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citeureup Menggunakan Supervised Classification dan Validasi Citra Google Earth. Padjadjaran Geoscience Journal. Vol. 8, No. 2, April 2024: 1992-1998.
- Junarto, R., Djurdjani, Permadi, F.B., Ferdiansyah, D., Admaja, P.K., Sholikin, A.R., dan Rahmansani, R. 2020. Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Untuk Pemetaan Kadaster. BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan. Vol. 6 No. 1 Mei 2020, 105-118. DOI: [10.31292/jb.v6i1.428](https://doi.org/10.31292/jb.v6i1.428)
- Koeva, M., Muneza, Gevaert, C., Gerke, M., and Nex, F. 2016. Using UAVs for Map Creation And Updating. A case study in Rwanda, Survey Review, 2018 VOL 50 NO 361, 312-325. DOI:[10.1080/00396265.2016.1268756](https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1268756)
- Laban, S., Zubair, H., Nugraha, F., dan Fajeriana, N. 2025. Pemodelan Hidrograf Untuk Menilai Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Karakteristik Aliran Sungai Di Sub-DAS Tanralili, Sulawesi Selatan. Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Vol. 9 No.1, April 2025: 1-22. doi <https://doi.org/10.59465/jppdas.2025.9.1.1-22>.
- Nugroho, A.E.J.K., Mahdia, I., Utami, S.D., Wijayantia, P., dan Noviania, R. 2025. Pemodelan Spasial Untuk Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Di Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah. Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota. Vol. 21, No. 2, 2025, 198 - 214.<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/pwk/index>.
- Purba, H. A., dan Tarigan, A. P. M. 2024. Penggunaan Teknologi Uav Untuk Monitoring Perubahan Vegetasi Pantai. Scientica: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi, 2(3), 239-246. <https://doi.org/10.572349/scientica.v2i3.1140>
- Rahmani, E., Karang, I.W.G.A., dan Putra, I.G.N.N. 2022. Pemetaan Habitat Bentik Menggunakan Citra Sentinel-2A dan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) di Perairan Pemuteran, Bali. Journal Of Marine Research And Technology. Volume 5 No. 1 Tahun 2023, Halaman: 29-39. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JMRT>
- Rohman, M.S., Afrinaldi, Syauqani, A., dan Safira, M. 2025. Prediksi Perubahan Tutupan Lahan di Kabupaten Bogor Tahun 2026 Menggunakan Random Forest dengan Citra Satelit Sentinel-2

- Terklasifikasi. *Tunas Agraria*, 8 (2), 192-218, May 2025. DOI: <https://doi.org/10.31292/jta.v8i2.413>.
- Rotua, S.H., Fajriyanto, dan Sumanjaya, E. 2025. Analisis Peta Penggunaan Lahan Citra Satelit Sentinel-2 Berbasis Metode Object Based Image Analysis (OBIA) terhadap Orthophoto Pesawat Udara Nir Awak (PUNA). *DATUM Journal of Geodesy and Geomatics* Vol.5, No. 2 Desember 2025 (39-48)
- Saihu, E.U.K., Purba, A., dan Sarkowi, M. 2023. Pemanfaatan Teknologi *drone* Guna Pemetaan Kesesuaian Ruang Untuk Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan. *Jurnal Profesi Insinyur (JPI)* e-ISSN 2722-5771 Vol 4 No 1 Juni 2023, 13-18. <http://jpi.eng.unila.ac.id/index.php/ojs>
- Sampurno, R.M., dan Thoriq, A. 2016. Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) Di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan* Vol. 10 No. 2, November 2016, 61-70.
- Saraswati, G. S., Asdak, C., dan Joy, B. 2025. Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS) Air Bengkulu dan Perubahan Penggunaan Lahannya dalam Kaitannya dengan Kejadian Banjir. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 23(4), 915-922, doi:10.14710/jil. 23.4.915-922
- Sari, C.P., Wiryanto, dan Setyono, P, 2019. Aplikasi Penginderaan Jauh Untuk Mengkaji Tutupan Vegetasi Kawasan Urban Kota Surakarta 2017 Menggunakan Citra Satelit Sentinel 2A. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* Vol. 9 No. 1 (Maret 2019): 152- 158
- Sewiko, R., Pranoto, A.K., Pasaribu, R.P., Djari, A.A., dan Rahman, A. 2023. Peran Teknologi *Drone* Dalam Monitoring Berbasis Masyarakat Di Kawasan Pesisir Kabupaten Karawang. *GERVASI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* Vol. 7, No. 2, Agustus 2023, 874-885
- Souhuwat, J.O., Siahaya, W.A., dan Osok. R.M. 2025. Evaluasi Kemampuan Lahan Rencana Detail Tata Ruang Wilayah Perkotaan Masohi Kabupaten Maluku Tengah. *Journal of Regional and Rural Development Planning (Jurnal Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Perdesaan)* Juni 2025, 9 (2): 157-176 DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jp2wd.2025.9.2.157-176>
- Sugandhi, n., Rakuasa, h., Zainudin, Wahab, W.A., Kamiludin, Jaelani, A., Ramdhani, dan Rinaldi, M. 2023. Pemanfaatan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Untuk Pemetaan Penggunaan Lahan di Sekitar Waduk Pondok Ranggon, Provinsi DKI Jakarta. *ULILALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin* Vol.2, No.7, Juni 2023, 3109-3118.
- Susanti, S., Syafrudin, dan Helmi, M. 2020. Analisa Perubahan Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Serayu Hulu Dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi* Volume 13, Nomor 1 Halaman 23-30. Februari 2020. DOI: <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v13i1.37825>
- Tehupeiory, S.F., Siahaya, W.A., dan Osok, R.M. 2025. Penggunaan Tanah di Kecamatan Teluk Ambon Baguala dan Kesesuaiannya Terhadap Rencana Tata Ruang Kota Ambon 2011 – 2031. *Tunas Agraria*, 8 (3), 324-344, September 2025. DOI: <https://doi.org/10.31292/jta.v8i3.478>.
- Tikaputra, F., Puspaningsih, N., dan Tiryana, T. 2025. Monitoring Land Cover Change Using Change Vector Analysis (CVA) in Central Bengkulu Regency, Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, 25 (3): 3060-3072. DOI: <http://doi.org/10.29303/jbt.v25i3.9724>
- Wael, K., dan Siahaya, W.A. 2022. Klasifikasi Tutupan Lahan Pulau Kei Kecil Tahun 2019 Berdasarkan Analisis Citra Multispektral. *Jurnal Budidaya Pertanian* Vol. 18(1): 18-27 Th. 2022. DOI: [10.30598/jbdp.2022.18.1.18](https://doi.org/10.30598/jbdp.2022.18.1.18).
- Wahyuni, N.I., Hasyim, A.W., dan Soemarno 2021. Dinamika Perubahan Penggunaan Dan Tutupan Lahan Di Kabupaten Banyuwangi PERIODE 1995 – 2019. *Jurnal WASIAN* Vol.8 No.2 Tahun 2021:121-132. DOI: [10.20886/jwas.v8i2.6707](https://doi.org/10.20886/jwas.v8i2.6707).