

## Analisis Efektivitas Metode Digitasi *On-Screen* dan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) Melalui Foto Udara dalam Pemetaan Bidang Tanah Kawasan Permukiman (Studi Kasus di Desa Ciwaruga, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat)

*The Effectiveness Analysis of On-Screen Digitizing and Object-Based Image Analysis Method from Unmanned Aerial Vehicle Data for Cadastral Boundary Mapping In Settlement Area (Case Study in Ciwaruga Village, Parongpong Subdistrict, West Bandung Regency)*

Nandia Putri\*<sup>1</sup>, Darsiharjo<sup>2</sup>, Nanin Trianawati Sugito<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sains Informasi Geografi, Departemen Pendidikan Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia, Kota Bandung, 40154, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Pendidikan Geografi, Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial, Universitas Pendidikan Indonesia, Kota Bandung, 40154, Indonesia

\*Korespondensi penulis: nandiaputri@upi.edu

Diterima: 25032022; Diperbaiki: 27082022; Disetujui: 23082023; Dipublikasi: 08092023

**Abstrak:** Desa Ciwaruga berada di wilayah suburban yang berpotensi mengakibatkan perubahan penggunaan dan kepemilikan tanah kawasan permukiman secara cepat. Kondisi ini berdampak pada upaya pemantauan kepemilikan bidang tanah permukiman yang perlu dilakukan pembaruan data bidang tanah. Proses untuk memetakan dan mengetahui letak, batas, dan luas suatu bidang tanah kawasan permukiman di atas peta tidak terlepas dari beberapa kendala. Khususnya pemetaan dengan metode *direct techniques* seperti terestrial ataupun survei satelit memiliki keterbatasan dan kendala dari segi teknis, waktu, biaya, dan sumber daya manusia. Kendala tersebut dapat diatasi dengan metode pemetaan *indirect techniques* dengan data foto udara. Metode ini dapat memetakan dan memperbarui data bidang tanah dengan lebih cepat untuk cakupan wilayah yang lebih luas. Terdapat dua metode untuk pemetaan bidang tanah menggunakan data foto udara yaitu metode digitasi *on-screen* dan metode *object-based image analysis* (OBIA). Melalui penelitian ini, akan dikaji analisis efektivitas kedua metode dalam memetakan bidang tanah kawasan permukiman menggunakan data foto udara. Analisis ini menggunakan pengujian toleransi ketelitian planimetrik luas dan jarak berdasarkan peraturan Badan Pertanahan Nasional. Toleransi kesalahan luas adalah  $\pm 0.5\sqrt{\text{luas sebenarnya}}$ , dan toleransi kesalahan jarak adalah  $\leq 0.3$  mm pada skala peta. Berdasarkan pengujian dan perbandingan ketelitian luas dan jarak, jumlah bidang, dan bentuk bidang yang dihasilkan, dapat dikatakan bahwa pemetaan dengan metode digitasi *on-screen* lebih unggul dari metode *object-based image analysis* (OBIA). Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa peta bidang tanah hasil digitasi *on-screen* dapat dipertimbangkan menjadi peta bidang dalam sertifikat tanah, karena memenuhi toleransi kesalahan planimetrik luas dan jarak berdasarkan peraturan Badan Pertanahan Nasional.

Copyright © 2023 Geoid. All rights reserved.

**Abstract:** Ciwaruga Village is located in a suburban area, consequently this village has potential for rapid changes in settlement land ownership. This condition has an impact on the process to monitoring land ownership by cadastral data updates through mapping process. The process of mapping the location, boundaries, and area of settlement areas parcel is inseparable from several obstacles. Specially mapping with the direct technique method such as terrestrial or satellite surveys has limitations and constraints in terms of technical, time, cost, and human resources. These obstacles can be overcome by indirect technique method using aerial imagery data from drones. This approach allows for faster mapping and updating of cadastral data for wider area coverage. There are two methods for cadastral mapping using aerial imagery, i.e., on-screen digitizing and object-based image analysis (OBIA). This study will analyze the effectiveness of two methods in mapping informal and formal settlement parcel using drone aerial imagery data. This analysis uses a planimetric area and distance error assessment based on National Land Agency regulations. The area error tolerance is  $\pm 0.5\sqrt{\text{actual area}}$ , and the distance error tolerance is 0.3 mm on the map scale. Based on a comparison of accuracy and planimetric errors, the number of lands, and the form of the land produced, it can be stated that mapping the settlement areas parcel with on-screen digitizing is foremost to the object-based image analysis (OBIA) method. From this study it can be concluded that on-screen digitized cadastral map can be regarded as a parcel map in the land certificate, as it meets the tolerances based on the planimetric area and distance errors specified by National Land Agency.

Kata kunci: Bidang Tanah Permukiman; Digitasi *on-screen*; Foto Udara; *Object-based Image Analysis*

---

Cara untuk sitasi: Nandia, P., Darsiharjo, Sugito, N.T. (2023). Analisis Efektivitas Metode Digitasi *On-Screen* dan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) Melalui Foto Udara dalam Pemetaan Bidang Tanah Kawasan Permukiman (Studi Kasus di Desa Ciwaruga, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat). *Geoid*, 19(1), 73 - 87.

---

## Pendahuluan

Kebutuhan pengukuran dan pemetaan bidang tanah di Indonesia tergolong masih sangat tinggi. Hal ini terjadi karena masih banyaknya bidang-bidang tanah yang belum terpetakan. Dari tahun 2016 pemerintah Indonesia melaksanakan percepatan pendaftaran tanah sistematis lengkap dengan target pada tahun 2025 seluruh bidang tanah di Indonesia telah terdaftar. Berdasarkan estimasi tahun 2020, jumlah bidang tanah di seluruh Indonesia adalah  $\pm 126.000.000$  (seratus dua puluh enam juta) bidang dan jumlah bidang tanah yang sudah terdaftar sampai dengan akhir tahun 2020 mencapai 87.562.158 bidang (Kementerian ATR/BPN, 2021). Sampai akhir tahun 2020, persentase jumlah tanah yang terdaftar mencapai 69,49% sehingga terdapat 30,51% bidang tanah yang belum terdaftar. Oleh karena itu, pemerintah dalam hal ini Badan Pertanahan Nasional sebagai instansi yang menangani kebutuhan kadastral di Indonesia perlu melakukan pemetaan bidang tanah secara masif dan dalam jumlah besar untuk menunjang terlaksananya pemetaan seluruh bidang tanah di Indonesia.

Saat ini, pengukuran bidang tanah metode *direct techniques* dengan *total station* dan GPS geodetik merupakan metode konvensional untuk survei kadaster yang sering digunakan. Kedua metode survei ini memerlukan banyak waktu, biaya dan sumber daya manusia (Hassan dkk., 2019; Mulelid, 2013). Teknik pemetaan bidang tanah yang efektif dalam akuisisi data serta efisien dari segi waktu, biaya operasional, sumber daya manusia dan wilayah cakupan tentunya dibutuhkan untuk menunjang percepatan pemetaan bidang tanah di Indonesia (Adi dkk., 2017). Kendala tersebut dapat diatasi dengan metode pemetaan *indirect techniques* dengan data foto udara.

Terdapat dua metode *indirect techniques* yang dapat digunakan untuk pemetaan bidang tanah kawasan permukiman menggunakan data dasar foto udara yaitu metode digitasi *on-screen* dan metode *object-based image analysis*. Metode digitasi *on-screen* merupakan teknik ekstraksi penarikan batas-batas kadaster secara manual oleh interpretasi manusia. Sedangkan metode *object-based image analysis* merupakan teknik ekstraksi batas-batas kadaster secara otomatis melalui algoritma klasifikasi citra berbasis objek (Crommelinck dkk., 2016).

*Object-based image analysis* merupakan salah satu metode yang telah banyak digunakan dalam ekstraksi informasi objek dari data citra satelit resolusi tinggi. Contohnya dalam penelitian Khadanga dkk., (2016) *object-based image analysis* digunakan untuk ekstraksi bidang tanah secara otomatis dari citra satelit resolusi tinggi dan membantu pembaruan peta kadaster. Teknik otomatisasi *object-based image analysis* ini dapat menjadi alat pendukung untuk pembuatan batas bidang digital, yang memungkinkan pendaftaran dan pemetaan hak atas tanah yang lebih cepat (Nyandwi dkk., 2019).

Seiring berkembangnya teknologi penginderaan jauh, kehadiran kendaraan udara tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle/UAV*) dan foto udara yang dihasilkannya mulai bersaing dengan citra satelit. Melalui citra satelit resolusi setengah meter, bangunan kecil dan jalan setapak yang sempit sebagai karakteristik permukiman yang tidak direncanakan akan sulit diinterpretasi (Kuffer dkk., 2014; Shukla, 2020). Sedangkan hasil foto udara UAV memiliki keunggulan dalam resolusi yang sangat tinggi dan menjadi alternatif yang efektif untuk ekstraksi objek permukiman karena dapat menangkap detail spasial yang tidak terlihat dalam citra satelit resolusi tinggi (Gevaert dkk., 2016; Shukla, 2020). Saat ini, data foto udara dari UAV menjadi sangat populer karena resolusi spasial yang tinggi, menghasilkan data yang *real-time*, biaya rendah, dan kompleksitas rendah (Crommelinck dkk., 2016).

Pemetaan bidang tanah menggunakan foto udara dari *unmanned aerial vehicle* sudah banyak diterapkan karena foto yang dihasilkan dapat menunjukkan batas-batas kadaster yang dapat mudah dideteksi dan didigitasi secara

manual. Penelitian Stöcker dkk., (2020) menunjukkan bahwa data foto udara dapat digunakan untuk membuat dan memperbarui peta kadaster karena kualitas informasi geospasial yang diturunkan dari foto udara termasuk baik, sehingga mendukung proses pemetaan dan pengambilan keputusan yang melibatkan hak atas tanah masyarakat. Dari beberapa hasil penelitian, diketahui bahwa pemetaan bidang tanah dengan foto udara hasil perekaman UAV bisa seakurat dan jauh lebih murah daripada survei lapangan (Adi dkk., 2017; Fariz dkk., 2020; Hartono & Darmawan, 2019; Ramadhani dkk., 2018; Utomo, 2018).

Selain bidang tanah pada umumnya, data foto udara hasil UAV juga memiliki penerapan yang signifikan dalam klasifikasi dan ekstraksi bidang tanah di kawasan permukiman yakni objek bangunan di daerah perkotaan maupun pedesaan. Bidang tanah kawasan permukiman penting untuk dipetakan terutama berkaitan dengan pembaruan data bidang tanah perkotaan. Bidang tanah perkotaan cenderung memiliki karakteristik cepat berubah karena adanya faktor urbanisasi dan penambahan penduduk yang berdampak pada perubahan penggunaan dan kepemilikan lahan (Alwan dkk., 2018; Hassan dkk., 2019; Tahir, 2018). Perubahan tersebut terjadi karena urbanisasi dan penambahan penduduk akan meningkatkan kebutuhan ruang untuk tempat tinggal serta tempat kegiatan kehidupan sosial ekonomi dan budaya. Namun, pada kenyataannya penyediaan lahan di pusat kota semakin terbatas dan langka dengan harga lahan yang sangat mahal. Kondisi ini menyebabkan perkembangan perkotaan cenderung "mencaplok" wilayah pinggiran perkotaan yang masih memiliki ketersediaan lahan dan harga yang lebih terjangkau (Yunus, 2015). Adanya pemekaran kota ke wilayah pinggiran akan memicu munculnya lahan terbangun baru.

Desa Ciwaruga merupakan salah satu desa di Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat yang berbatasan langsung dengan Kota Bandung. Desa Ciwaruga termasuk kedalam kawasan pinggiran peri-urban Metropolitan Bandung Raya yang memiliki tingkat pertumbuhan penduduk tinggi (Vitriana, 2020). Berdasarkan penelitian Wahyudi (2017), Desa Ciwaruga termasuk kedalam tiga desa dengan lahan terbangun yang terluas di Kecamatan Parongpong karena laju pertumbuhan penduduk dan pembangunan yang pesat bersama dengan Desa Sariwangi dan Desa Cihideung. Minimnya lahan untuk permukiman di Kota Bandung dapat menyebabkan pengembangan permukiman untuk mendukung aktivitas urban Kota Bandung yang melebar ke Desa Ciwaruga. Pengembangan perumahan formal dan informal di daerah ini cukup cepat mengingat lokasinya yang berdekatan dengan area perkotaan (Maryati, 2019). Hal tersebut didukung dengan adanya paradigma penggunaan wilayah peri-urban yang dianggap sebagai tempat tinggal yang nyaman karena bebas dari kemacetan, polusi udara, dan kepadatan sebagaimana yang terjadi di wilayah kota (Vitriana, 2020).

Kondisi geografis dari Desa Ciwaruga yang telah dijelaskan di atas dapat menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan dan kepemilikan lahan kawasan permukiman di Desa Ciwaruga secara cepat. Kondisi ini berdampak pada upaya pemantauan kepemilikan hak bidang tanah permukiman di Desa Ciwaruga yang perlu dilakukan pembaruan data bidang tanah. Kondisi ini juga mengakibatkan Desa Ciwaruga memiliki jenis permukiman yang beragam yaitu permukiman formal dan informal. Berdasarkan kondisi tersebut, maka Desa Ciwaruga sesuai untuk digunakan sebagai lokasi penelitian dalam menguji efektivitas metode digitasi *on-screen* dan *object-based image analysis* pada pemetaan bidang tanah kawasan permukiman formal dan informal menggunakan data dari foto udara.

Pemetaan bidang tanah di Desa Ciwaruga juga penting dilakukan sebagai langkah penyusunan basis data permukiman tingkat desa. Basis data permukiman penting untuk dibuat karena berkaitan dengan pajak bumi dan bangunan, pendaftaran sertifikat tanah, penanganan sengketa kepemilikan tanah, serta legalisasi dan manajemen aset desa. Berdasarkan pemaparan tersebut maka upaya pemetaan bidang tanah kawasan permukiman di Desa Ciwaruga penting untuk dilakukan. Pada penelitian ini akan diambil sampel pemetaan di satu kawasan rukun warga yang memiliki jenis permukiman lengkap (formal dan informal), dan belum dilakukan pembaruan data bidang tanah oleh pemerintah Desa Ciwaruga.

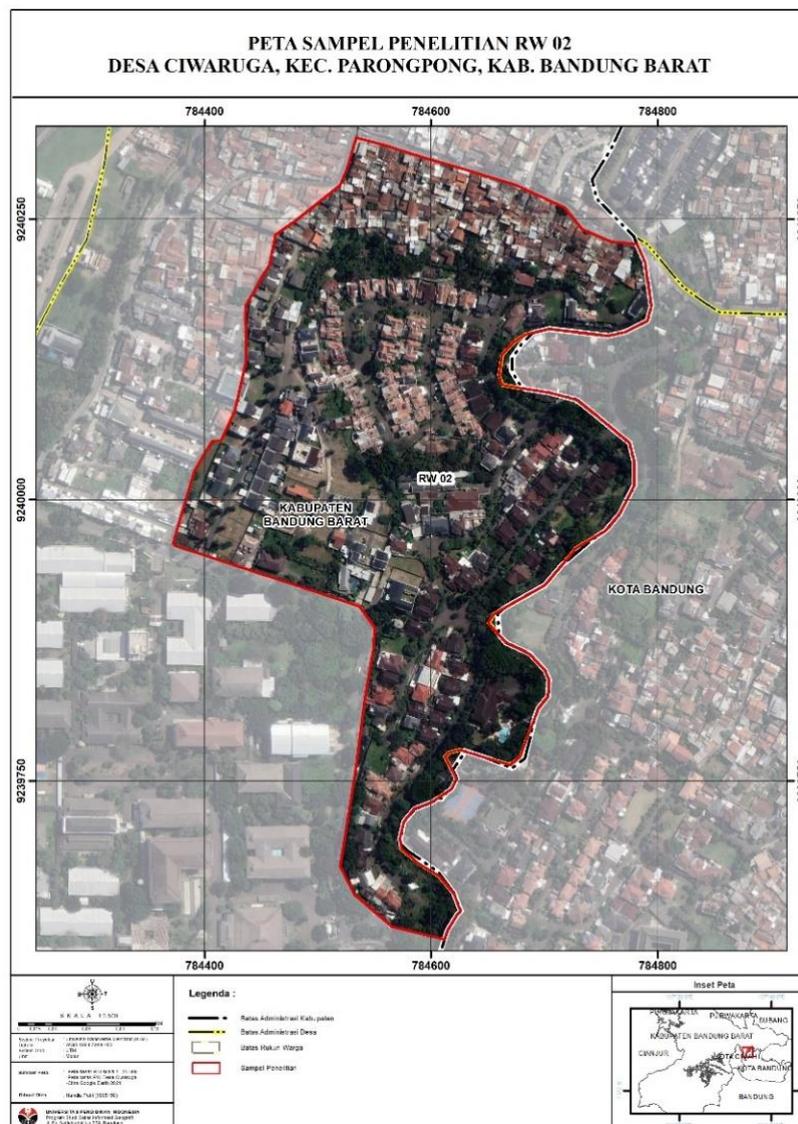
Berdasarkan latar belakang tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengolahan ekstraksi bidang tanah kawasan permukiman secara semi-otomatis dari data foto udara dengan menggunakan OBIA, kemudian hasil ekstraksi tersebut dibandingkan ketelitiannya dengan hasil ekstraksi melalui digitasi *on-screen* hasil interpretasi secara visual. Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah mengkaji kedua metode ini untuk

keperluan kadaster, seperti penelitian yang dilakukan oleh Khadanga dkk. (2016), Nyandwi dkk. (2019), dan Shukla (2020). Adapun keterbaruan penelitian ini terletak pada analisis penggunaan *object-based image analysis* untuk kajian objek bidang tanah yang tidak hanya mengkaji pada kawasan permukiman secara umum, namun dianalisis secara lebih detail sesuai jenis permukiman formal dan informal. Terdapat perbedaan karakteristik fisik bidang tanah pada kedua jenis permukiman tersebut yang dapat memungkinkan adanya perbedaan efektivitas ekstraksi *object-based image analysis*.

## Data dan Metode

### 1. Area Penelitian

Lokasi penelitian berada di rukun warga 02 Desa Ciwaruga Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat. Rukun warga 02 ini terdiri dari 5 rukun tetangga, dengan total luas wilayah 14,8 Ha dan penduduk berjumlah 940 jiwa, sehingga memiliki kepadatan penduduk sebesar 64 Jiwa/Ha. Kenampakan permukiman informal berada di RT 02, 03, dan 04, sedangkan kenampakan permukiman formal berada di RT 01, 04, dan 05.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

## 2. Alat dan data penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari GPS Geodetik, Drone DJI Phantom 4, Software Agisoft Photoscan, Leica Geo Office, Survei Master, DJI Go, Drone Deploy, dan ArcGIS Desktop. Kemudian data yang digunakan yaitu data *orthofoto*, koordinat titik GCP dan ICP, data yuridis dan fisik bidang tanah, luas dan jarak sampel bidang tanah (61 bidang tanah), dan batas administrasi wilayah penelitian.

## 3. Metodologi Penelitian

Studi ini terdiri dari lima tahapan utama yaitu: 1) pengolahan foto udara, 2) identifikasi batas bidang tanah, 3) analisis data metode digitasi *on-screen*, 4) analisis data metode *object-based image analysis*, dan 5) perbandingan efektivitas kedua metode dari segi ketelitian planimetrik, jumlah bidang, dan bentuk bidang yang dihasilkan. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengolahan foto udara dilakukan dengan menggabungkan data koordinat premark yang diperoleh dari pengamatan GPS Geodetik secara *rapid-static* dengan foto udara hasil akuisisi UAV dan diolah dengan software pengolahan foto udara yakni Agisoft Metashape Professional. Tahapan pemrosesan foto udara terdiri dari: *alignment photo*, *gradual selection*, input data GCP untuk proses *orthorektifikasi*, pembuatan *dense cloud*, pembuatan DEM, dan pembuatan *orthomosaic/orthofoto*.

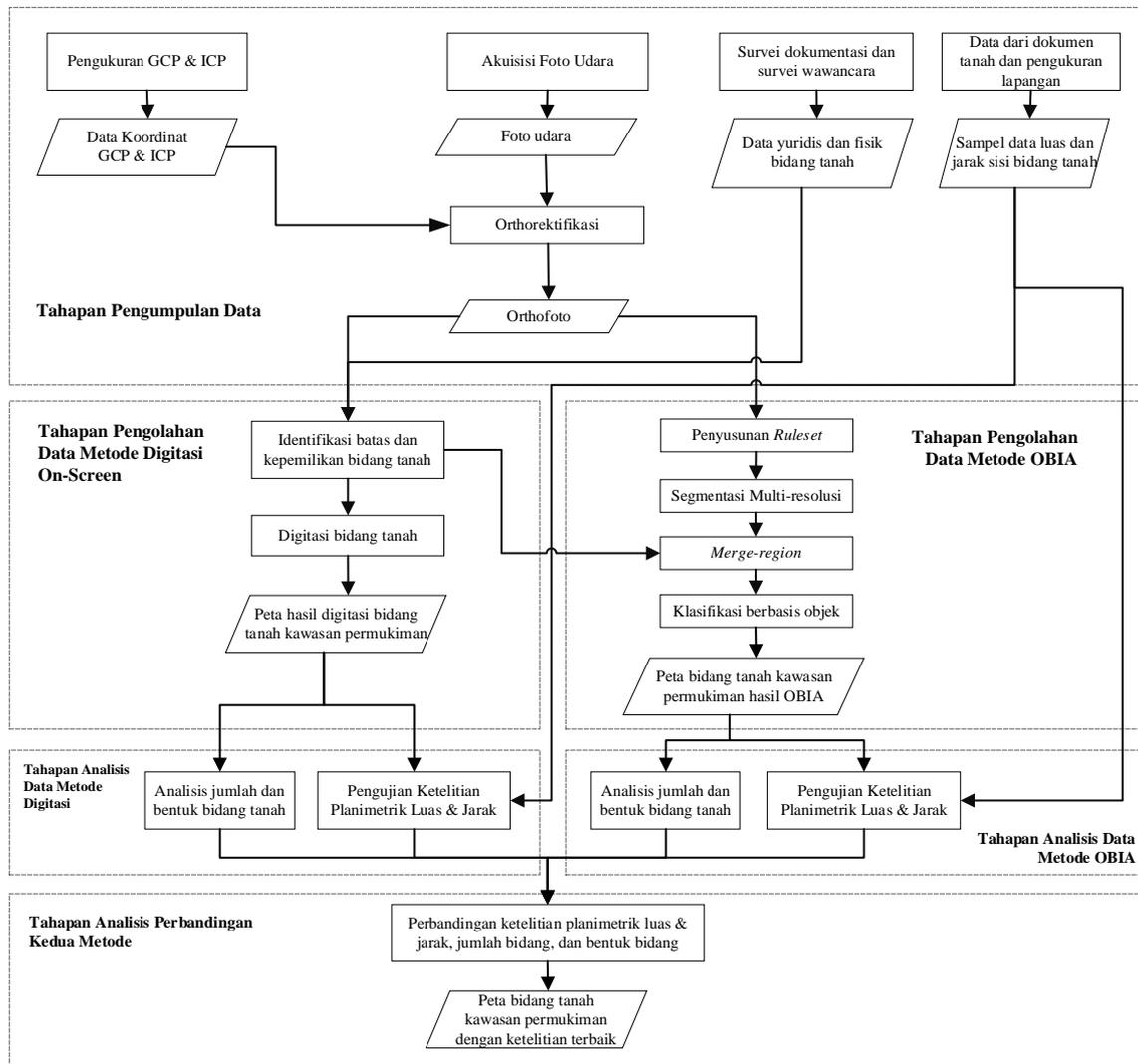
Identifikasi batas bidang tanah dilakukan secara pemetaan partisipatif dengan melakukan penggalian informasi mengenai subjek/objek bidang tanah dan validasi batas bidang dengan partisipasi masyarakat. Identifikasi bidang tanah ini sangat memerlukan peran aktif masyarakat, karena masyarakat setempat, terutama di daerah pedesaan akan mengetahui secara persis mengenai bidang tanah di daerahnya. Pengumpulan informasi subjek dan objek bidang tanah dilakukan langsung oleh masyarakat setempat dan perangkat desa diatas *hardcopy* peta kerja identifikasi bidang tanah.

Digitasi merupakan proses konversi data dari format raster ke dalam format vektor (Barkey dkk., 2009). Digitasi *on-screen* bidang tanah dilakukan pada data *orthofoto* terektifikasi, dengan data acuan batas dari hasil identifikasi batas bidang tanah. Digitasi ini akan menghasilkan peta bidang tanah dalam format vektor.

Hay dan Castilla (2006) mendefinisikan *Object-Based Image Analysis* yaitu merupakan sub-disiplin ilmu *GIScience* yang ditujukan untuk mempartisi citra penginderaan jauh menjadi objek citra yang bermakna, dan menilai karakteristiknya melalui skala spasial, spektral, dan temporal. Metode berbasis objek mengelompokkan sejumlah piksel yang dengan karakteristik sejenis ke dalam satu objek, objek tersebut didefinisikan sebagai piksel tunggal dan digunakan sebagai unit dasar analisis. Metode ini tidak hanya bergantung pada nilai spektral saja tapi juga mampu mengoptimasi fitur spasial dalam citra sesuai dengan unsur interpretasi seperti bentuk, ukuran tekstur dan informasi kontekstual lainnya. Tujuan utama dari analisis OBIA adalah mengembangkan sistem replika interpretasi manual pada citra penginderaan jauh menggunakan metode otomatis atau semi otomatis. Langkah pemrosesan OBIA terdiri dari 3 tahap yaitu *segmentasi*, *object attribution*, dan klasifikasi. Berikut merupakan tahapan pemrosesan *object-based image analysis* dilakukan di *software* eCognition Developer:

- Penyusunan *ruleset*, yaitu tahapan membuat perintah analisis foto udara dalam aplikasi eCognition Developer. *Ruleset* ini terdiri dari tiga proses, yaitu: 1) *rule* untuk segmentasi dengan algoritma multiresolution segmentation, 2) *rule* untuk klasifikasi, dan 3) *rule* untuk *dissolve* segmen hasil klasifikasi dari kelas bidang tanah.
- Segmentasi citra, yaitu tahapan deteksi atau segmentasi pada objek-objek yang terdapat di foto udara. Algoritma segmentasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu *multiresolution segmentation*.
- *Merge-region*, yaitu tahapan untuk menggabungkan region-region hasil segmentasi menjadi objek bidang tanah yang utuh.
- Klasifikasi citra berbasis objek, yaitu proses klasifikasi objek-objek hasil segmentasi menjadi kelas bangunan, vegetasi, dan jalan.

- Tahapan terakhir yaitu perubahan format data raster hasil klasifikasi menjadi data vektor untuk memudahkan uji ketelitian.



Gambar 2. Alur penelitian

Dari hasil pemetaan, kedua metode selanjutnya dilakukan perbandingan berdasarkan ketelitian planimetrik jarak dan luas, jumlah bidang, dan bentuk bidang yang dihasilkan. Perbandingan ini bertujuan untuk menentukan metode dengan ketelitian terbaik yang efektif dan efisien untuk pemetaan bidang tanah kawasan permukiman. Standar pengujian ketelitian planimetrik penelitian ini berpedoman pada Peraturan Menteri ATR/BPN Nomor 3 tahun 1997 Tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

#### a) Uji ketelitian planimetrik jarak

Langkah pertama dalam pengujian ketelitian jarak ini adalah menghitung selisih jarak antara jarak pada hasil peta bidang tanah dengan jarak bidang tanah dalam data dari Badan Pertanahan Nasional. Kemudian dilakukan perhitungan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) jarak menggunakan rumus berikut:

$$RMSE \text{ jarak} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D - \Delta D \text{ rata-rata})^2}{n}} \quad (1)$$

Keterangan:

$\Delta D$  = selisih jarak di foto dengan lapangan

N = jumlah sampel jarak

Kemudian dilakukan perhitungan toleransi kesalahan planimetrik jarak dengan rumus berikut:

$$RMSE \text{ jarak} \leq 0.3 \text{ mm pada skala peta} \quad (2)$$

Jika nilai toleransi RMSE jarak sudah diketahui maka pengujian ketelitian planimetrik jarak dapat dilakukan dengan mengecek apakah nilai RMSE jarak yang sudah dihitung memenuhi toleransi atau tidak.

b) Uji ketelitian planimetrik luas

Langkah pertama dalam pengujian ketelitian luas ini adalah menghitung selisih luas antara luas pada hasil peta bidang tanah dengan luas bidang tanah dalam dokumen tanah. Kemudian selisih luas tersebut diuji menggunakan rumus toleransi kesalahan seperti pada rumus berikut:

$$\text{Toleransi kesalahan luas} = \pm 0.5\sqrt{L} \quad (3)$$

Keterangan:

L = luas yang dianggap benar (luas di lapangan)

Dengan menghitung toleransi luas, maka dapat diketahui apakah hasil pemetaan bidang tanah tersebut sudah memenuhi toleransi atau tidak.

Selain perbandingan antara kedua metode, dilakukannya juga perbandingan akurasi pemetaan metode *object-based image analysis* untuk dua jenis permukiman (formal dan informal). *United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs* (2015) mendefinisikan permukiman formal sebagai permukiman yang diakui oleh pemerintah dan didukung dengan adanya administrasi dan pengelolaan permukiman secara terencana. Dalam pengertian lain, permukiman formal mengacu pada pembangunan perumahan yang dibangun berdasarkan peraturan pembangunan dan melalui prosedur legal. Karakteristik perumahan formal antara lain: 1) pola jaringan jalan yang tertata dengan baik, walaupun kondisi lingkungannya masih belum tertata, baik untuk ruang terbuka hijau maupun resapan air, 2) lantai bangunan rata-rata berupa dua lantai, umumnya memiliki fasade bangunan yang seragam sebagai identitas rumah kawasan perumahan, 3) aksesibilitas yang ada di kawasan perumahan rata-rata memiliki akses yang cukup baik, dan mudah untuk menuju ke pusat pelayanan (pendidikan, perdagangan dan jasa, perkantoran, kesehatan, dan lain-lain), dan 4) lebar jalan di kawasan perumahan rata-rata antara 3-6 meter (Abebe, 2011).

Permukiman informal mengacu pada pembangunan perumahan tanpa melalui peraturan pembangunan dan prosedur legal. Permukiman informal adalah fenomena umum di lanskap perkotaan negara-negara berkembang. Permukiman informal memiliki arti yang lebih luas daripada permukiman kumuh karena mengacu pada permukiman "tidak direncanakan" yang tidak diizinkan oleh negara sehingga bersifat ilegal sedangkan permukiman kumuh belum tentu ilegal (Jones, 2017). Permukiman ini sering dikaitkan dengan perumahan berstandar rendah, memiliki kepadatan yang cukup tinggi, kurang memiliki bahkan tidak memiliki halaman rumah (pekarangan) yang cukup luas, memiliki pola tatanan komunal atau mengelompok pada titik tertentu, ketidakamanan kepemilikan, kurangnya akses ke fasilitas publik, dan sebagian besar lokasinya berada di kawasan konservasi lingkungan atau kawasan rentan banjir, tanah longsor, atau bahaya lainnya (Abebe, 2011).

Perhitungan akurasi ekstraksi bidang tanah dengan *object-based image analysis* mempertimbangkan nilai *Completeness (Cp)*, *Correctness (Co)*, dan *Quality (Q)* (Khadanga dkk., 2016). Ketiga nilai tersebut berkisar dari 0-1. Dalam menghitung ketiga nilai tersebut, terdapat tiga parameter yang dipertimbangkan, yakni nilai *True Positives (TP)*, *False Positives (FP)*, dan *False Negatives (FN)*. TP adalah jumlah ekstraksi bidang tanah yang benar dan sesuai dengan data referensi, FP adalah jumlah ekstraksi bidang tanah yang salah, dan FN adalah jumlah bidang tanah yang terlewat atau tidak terekstraksi oleh metode *object-based image analysis*.

*Completeness* ( $C_p$ ) adalah rasio jumlah bidang yang benar dengan total bidang tanah referensi. Rumus *Completeness* yaitu sebagai berikut:

$$C_p = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad C_p \in [0,1] \quad (4)$$

*Correctness* ( $C_o$ ) adalah kemungkinan pembentukan objek bidang tanah dari setiap segmentasi yang terbentuk. Berikut rumusnya.

$$C_o = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad C_o \in [0,1] \quad (5)$$

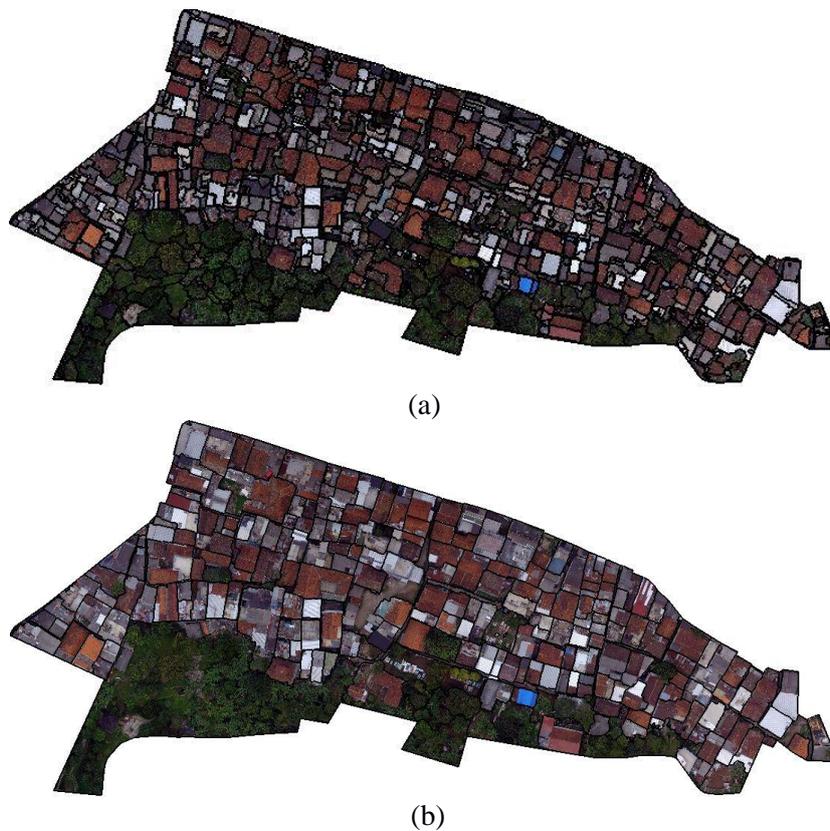
*Quality* adalah nilai akurasi ekstraksi bidang tanah, yang mempertimbangkan parameter dalam *completeness* dan *correctness*. Berikut rumusnya:

$$Q = \frac{TP}{(TP+FP+FN)} \quad Q \in [0,1] \quad (6)$$

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Hasil Pemetaan Bidang Tanah

Peta bidang tanah dihasilkan dari orthofoto yang memiliki nilai *root mean square error* (RMSEr) sebesar 0,11741 m, dan nilai ketelitian horizontal CE90 sebesar 0,178169, sehingga masuk pada ketelitian peta dasar kelas 2 untuk skala 1:500. *Object-based image analysis* dilakukan pada peta orthofoto tersebut.



Gambar 3. Analisis OBIA pada wilayah permukiman informal (a) Hasil segmentasi multiresolusi dengan parameter *scale* 200, *shape* 0,2 dan *compactness* 0,8. (b) Hasil merge segmen menjadi objek bidang tanah

Digitasi on-screen bidang tanah kawasan permukiman informal dilakukan melalui software ArcGIS 10.5. Hasil identifikasi menunjukkan pada sampel wilayah penelitian terdapat tiga rukun tetangga. RT 02 memiliki 86 bidang tanah, RT 03 memiliki 71 bidang tanah, dan RT 04 memiliki 61 bidang tanah. Sehingga total keseluruhan terdapat 218 bidang tanah permukiman informal di RW 02 Desa Ciwaruga. Sedangkan total bidang tanah permukiman formal di RW 02 Desa Ciwaruga adalah sebanyak 199 bidang (RT 04 memiliki 72 bidang, RT 01 66 bidang tanah, dan di RT 05 terdapat 61 bidang tanah). Sehingga apabila dijumlahkan dengan bidang tanah permukiman informal, RW 02 memiliki total 417 bidang tanah, yang terdiri dari bidang tanah yang di atasnya berdiri bangunan dan atau bidang tanah kosong yang telah diperuntukkan. Peta bidang tanah hasil digitasi digunakan sebagai acuan jumlah bidang tanah yang dianggap benar, yang kemudian akan dibandingkan dengan peta bidang hasil metode OBIA.

Pemetaan bidang tanah dengan metode OBIA menghasilkan segmentasi foto udara. Hasil dari setiap segmen ini tidak dapat langsung menjadi satu objek bidang tanah, dikarenakan orthofoto dari daerah kajian memiliki resolusi yang sangat tinggi, sehingga cukup sulit untuk mendapatkan hasil segmentasi yang dapat langsung digunakan sebagai objek bidang tanah. Disisi lain, batas-batas bidang tanah perlu diidentifikasi oleh surveyor, karena komputer tidak memiliki pengetahuan akan hal itu. Berdasarkan kedua alasan tersebut, maka diperlukan proses kedua yakni penggabungan hasil segmen/*merge region* untuk membentuk bidang tanah dan batas-batasnya secara utuh. Proses *merge* ini memerlukan pengetahuan surveyor sehingga perlu dilakukan secara manual, terkecuali pada bidang tanah jalan yang dapat di-*merge* secara otomatis karena merupakan bidang tanah yang sudah jelas batas-batasnya. Gambar 3 merupakan contoh hasil segmentasi dan *merge-region* pada foto udara di wilayah permukiman informal RT 02.

## 2. Ketelitian Planimetrik Luas dan Jarak Metode Digitasi On-Screen

Pengujian ketelitian planimetrik luas dilakukan pada 30 sampel bidang tanah. Semua sampel bidang tanah hasil pemetaan dengan digitasi *on-screen* diterima dalam toleransi kesalahan luas. Selisih luas terkecil terdapat pada sampel bidang tanah yang memiliki luas  $42 \text{ m}^2$  sebesar  $0,03 \text{ m}^2$  dengan toleransi  $\pm 3,24 \text{ m}^2$ . Sedangkan selisih terbesar pada sampel bidang tanah no. 6 seluas  $504 \text{ m}^2$  sebesar  $-6,16 \text{ m}^2$  dengan toleransi  $\pm 11,22 \text{ m}^2$ . Kemudian pengujian ketelitian planimetrik jarak dilakukan pada 31 sampel hasil pengukuran lapangan. Sampel ini diuji pada peta bidang tanah yang dibuat dengan skala 1:500, sehingga memiliki toleransi kesalahan planimetrik jarak maksimal 15 cm atau 0,15 m. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai RMSE jarak yaitu 0,1155 m. Berdasarkan peraturan Badan Pertanahan Nasional, maka peta bidang tanah hasil digitasi *on-screen* memenuhi syarat toleransi kesalahan planimetrik jarak.

## 3. Ketelitian Planimetrik Luas dan Jarak Metode Object-Based Image Analysis

Hasil pemetaan dengan metode *object-based image analysis* tidak semua sampel bidang tanah diterima dalam toleransi kesalahan luas. Terdapat 18 sampel bidang tanah yang memenuhi syarat toleransi kesalahan luas menurut aturan Badan Pertanahan Nasional, sedangkan 12 sampel bidang tanah lainnya tidak diterima dalam toleransi kesalahan luas. Selisih luas terkecil terdapat pada sampel bidang tanah yang memiliki luas  $42 \text{ m}^2$  sebesar  $0,11 \text{ m}^2$  dengan toleransi  $\pm 3,24 \text{ m}^2$ . Sedangkan selisih terbesar pada sampel bidang tanah seluas  $140 \text{ m}^2$  sebesar  $-17,76 \text{ m}^2$  dengan toleransi  $\pm 5,92 \text{ m}^2$ . Selanjutnya pada pengujian ketelitian planimetrik jarak pun memiliki hasil yang tidak cukup bagus. Sampel pengujian dan ukuran skala peta bidang tanah hasil OBIA adalah sama dengan pemetaan hasil digitasi, sehingga memiliki toleransi kesalahan planimetrik jarak maksimal 15 cm atau 0,15 m. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai RMSE jarak yaitu 0,2779 m. Berdasarkan peraturan Badan Pertanahan Nasional, maka peta bidang tanah hasil analisis OBIA ini tidak memenuhi syarat toleransi kesalahan planimetrik jarak.

## 4. Perbandingan Ketelitian Planimetrik Luas dan Jarak dengan Metode Digitasi On-Screen dan Object-based Image Analysis

Berdasarkan Peraturan Menteri ATR/BPN Nomor 3 Tahun 1997 dan hasil pengujian ketelitian planimetrik luas dan jarak, metode digitasi *on-screen* menghasilkan peta bidang tanah yang memenuhi syarat ketelitian luas dan jarak. Sementara itu, peta bidang tanah hasil metode *Object-based Image Analysis* tidak memenuhi syarat

ketelitian luas dan jarak. Tabel 1 menunjukkan perbandingan hasil ketelitian planimetrik luas dan jarak dari kedua metode.

Metode	Hasil Uji Ketelitian Luas	Hasil Uji Ketelitian Jarak
Digitasi <i>On-Screen</i>	30 sampel bidang memenuhi syarat toleransi ketelitian	Nilai RMS jarak 0,1161 m, dan memenuhi syarat toleransi ketelitian
<i>Object-based Image Analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>18 sampel bidang memenuhi syarat toleransi ketelitian</li> <li>12 sampel bidang tidak memenuhi syarat toleransi ketelitian</li> </ul>	Nilai RMS jarak 0,2779 m, dan tidak memenuhi syarat toleransi ketelitian

Berdasarkan hasil tersebut diatas, maka dapat disimpulkan bahwa metode digitasi *on-screen* memiliki tingkat ketelitian planimetrik luas dan jarak yang lebih tinggi dibandingkan metode OBIA. Hal ini dikarenakan pada metode OBIA, batas bidang tanah sulit diidentifikasi secara pas karena terhalang oleh kanopi vegetasi sehingga hasil luasan bidang tanah ada yang berlebih ataupun ada yang kurang dari luas yang seharusnya. Gambar 4 berikut memperlihatkan kanopi vegetasi yang menghalangi batas bidang yang sebenarnya (batas berwarna biru hasil digitasi). Sehingga bidang tanah NIB.50 mengalami kelebihan luas.



Gambar 4. Kanopi vegetasi yang menghalangi batas bidang tanah NIB.50

## 5. Perbandingan Jumlah Ekstraksi Bidang Tanah

Analisis jumlah ekstraksi bidang tanah menggunakan data hasil digitasi sebagai referensi jumlah yang dianggap benar. Tabel 2 berikut menunjukkan perbandingan hasil ekstraksi bidang tanah antara metode digitasi *on-screen* dan OBIA.

RT	Jumlah bidang tanah	
	Digitasi	OBIA
RT 01	66	70
RT 02	86	86
RT 03	71	70
RT 04	133	132
RT 05	61	68
<b>Jumlah</b>	<b>417</b>	<b>426</b>

Dari hasil penelitian, terdapat kesalahan segmentasi sehingga ada beberapa vegetasi yang masuk ke dua bidang tanah yang berbeda (lihat pada gambar 5). Gambar tersebut menunjukkan adanya segmen vegetasi/halaman yang masuk ke dua bidang tanah berbeda (NIB.105 dan NIB.104, NIB.102 dan NIB.103), yang seharusnya segmen tersebut terbagi menjadi dua dan masuk ke bidang tanah masing-masing. Segmen vegetasi ini menyebabkan jumlah bidang hasil OBIA lebih banyak 9 bidang dibandingkan hasil digitasi.



Gambar 5. Segmen vegetasi yang masuk ke dua bidang tanah

Berkaitan dengan jumlah ekstraksi bidang tanah hasil OBIA, terdapat analisis kualitatif untuk menilai akurasi metode ini untuk memetakan jenis permukiman formal dan informal. Terdapat tiga parameter untuk penilaian ini yaitu *completeness*, *correctness*, dan *quality* yang perhitungannya telah dijabarkan pada bab metode penelitian. Tabel berikut menunjukkan hasil penilaian akurasi OBIA tersebut.

Tabel 3. Perhitungan kualitatif ekstraksi bidang tanah di dua jenis permukiman dengan OBIA

Jenis Permukiman	TP	FN	FP	<i>Completeness</i>	<i>Correctness</i>	<i>Quality</i>
Informal	217	1	0	0,99	1	0,99
Formal	191	7	11	0,96	0,94	0,91

Pada penelitian ini, nilai *completeness* termasuk kategori tinggi untuk kedua jenis permukiman (0,99 dan 0,96), artinya tingkat kebenaran hasil ekstraksi bidang tanahnya termasuk tinggi. Selanjutnya nilai *correctness* yang didapat (1 dan 0,94) menunjukkan bahwa kegagalan ekstraksi bidang tanah di permukiman formal lebih tinggi dibandingkan pada permukiman informal. Kegagalan ini dapat terjadi karena jenis bidang tanah permukiman formal pada lokasi penelitian cenderung heterogen dan terdapat vegetasi rapat yang menutupi batas bidang. Permukaan atap rumah di permukiman formal ini memiliki warna dan spektral yang beragam, sehingga cukup sulit untuk mengekstraksi batas bangunan secara otomatis (Nyandwi dkk., 2019). Sedangkan di permukiman informal bidang tanahnya cenderung seragam, warna atap yang cenderung homogen, jarang terdapat vegetasi, dan batas-batas bidang terlihat dengan jelas sehingga hasil segmentasi dan proses *merge-region* menjadi bidang tanah utuh lebih mudah dan tepat.

Penilaian kualitas pemetaan OBIA untuk dua jenis permukiman tersebut ditentukan oleh perhitungan *quality*. Nilai *quality* menunjukkan nilai akurasi ekstraksi bidang tanah dari orthofoto. Berdasarkan tabel 3, bidang tanah di permukiman informal memiliki nilai *correctness*, *completeness*, dan *quality* yang tinggi, yang berarti dapat diekstraksi dengan lebih baik dibandingkan bidang tanah di permukiman formal.

## 6. Perbandingan Bentuk Bidang Tanah

Gambar 6 menunjukkan file vektor hasil digitasi dan OBIA. Perbandingan bentuk secara visual terlihat vektor hasil OBIA tidak lurus dan kaku seperti hasil digitasi, namun lebih bergelombang dan kurang rapih. Penyebab

pertama karena data yang digunakan adalah data foto udara hasil perekaman drone yang merupakan data citra dengan resolusi spasial sangat tinggi. Resolusi spasial sangat tinggi ini selain memiliki kelebihan karena dapat menangkap detail spasial yang tidak terlihat dalam citra dengan resolusi lebih rendah, juga memiliki kekurangan dalam batas bidang yang terbentuk. Resolusi spasial yang sangat tinggi ini menyebabkan hasil ekstraksi batas bidang yang tersusun dari banyak titik-titik *vertices/vertex* yang membentuk *polyline/garis* batas (Shukla, 2020).



Gambar 6. Perbandingan file vektor hasil pemetaan (a) OBIA dan (b) digitasi on-screen

Selain itu, hasil tersebut dikarenakan metode berbasis objek akan mengelompokkan sejumlah piksel di citra yang memiliki karakteristik (spasial dan spektral) sejenis ke dalam satu objek, objek tersebut kemudian didefinisikan sebagai piksel tunggal dan digunakan sebagai unit dasar analisis (Hay dan Castilla, 2006). Tentunya karena berasal dari ekstraksi data raster merepresentasikan entitas di permukaan bumi dalam bentuk susunan sel *grid/piksel*, maka bentuk vektor yang dihasilkan tidak *smooth* seperti halnya data vektor hasil digitasi (lihat gambar 7). Oleh karena itu, operator manusia lebih mampu mengekstraksi bidang tanah dengan lebih tepat secara geometris dibandingkan dengan algoritma mesin saat menggambar dan mereproduksi geometri bidang dari foto udara.



Gambar 7. Bentuk vektor hasil OBIA

## 7. Analisis Efektivitas Metode *Digitasi On-Screen* dan *Object-based Image Analysis (OBIA)*

Secara umum berdasarkan perbandingan tiga parameter yang telah dijelaskan sebelumnya, yakni ketelitian luas dan jarak, jumlah bidang, dan bentuk bidang yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa pemetaan bidang tanah permukiman dari data foto udara dengan metode digitasi *on-screen* lebih unggul dari metode OBIA. Pemetaan bidang tanah permukiman dengan metode OBIA memiliki kekurangan dalam ketelitian planimetrik luas dan jarak yang tidak memenuhi toleransi, jumlah bidang yang tidak sesuai, serta bentuk bidang yang dihasilkan tidak cocok untuk kajian bidang tanah permukiman.

Dari segi efektivitas, hasil penelitian menunjukkan metode digitasi *on-screen* dapat mengatasi kendala-kendala pada pemetaan bidang tanah kawasan permukiman yang dilakukan dengan metode terestrial atau GNSS. Pertama dari kendala teknis, metode digitasi dapat menghindarkan surveyor dari kecelakaan dan kerusakan alat karena tidak harus naik ke atap rumah untuk mengukur batas kadastral dengan GNSS. Kendala karena *direct techniques* tersebut dapat diatasi dengan pemilihan metode pemetaan *indirect techniques* melalui foto udara dan atau citra satelit resolusi tinggi. Metode ini dapat mengurangi risiko kecelakaan surveyor dan kerusakan alat pada pemetaan bidang tanah di kawasan permukiman padat. Hal itu dikarenakan pemetaan dengan UAV atau citra satelit tidak memerlukan pengukuran batas secara langsung di lapangan, melainkan melalui citra secara tidak langsung. Meskipun dalam metode *indirect techniques* ini tetap memerlukan survei lapangan untuk identifikasi batas, namun surveyor tidak harus naik ke atap rumah untuk mengukur batasnya.

Kedua, waktu dan biaya pemetaan dengan digitasi lebih cepat dibandingkan metode terestris atau GNSS, pun bila dibandingkan dengan metode OBIA yang terdiri dari proses segmentasi dan *merge-region*, metode ini membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan digitasi. Metode pemetaan *indirect techniques* dapat memetakan dan memperbarui data bidang tanah lebih cepat untuk cakupan wilayah yang lebih luas dibandingkan dengan metode *direct techniques* (Crommelinck dkk., 2016; Fariz dkk., 2020). Menurut penelitian Wahyono (2017) yang berjudul 'Penggunaan Teknologi UAV/Drone untuk Percepatan Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap', metode fotogrametri dalam rentang waktu yang sama dapat mengukur bidang tanah lebih banyak dibandingkan metode terestris. Perbandingan jumlah bidang tanah pengukuran batas bidang tanah antara metode terestris menggunakan total Station dengan metode Fotogrametri teknologi UAV adalah 1 : 3.

Ketiga, sumber daya manusia yang dibutuhkan dengan metode digitasi/OBIA lebih sedikit dibandingkan pengukuran terestris. Dari segi kuantitas SDM, hasil penelitian Wahyono (2017) menyimpulkan bahwa sumber daya manusia yang digunakan dalam pemetaan terestris adalah sebanyak 4 orang, sedangkan untuk pemetaan dengan UAV memerlukan 2 orang. Dalam penelitian Hassan dkk., (2019) disebutkan pula pemetaan metode terestris membutuhkan sejumlah besar implementasi tenaga kerja, sementara itu pemetaan dengan citra satelit resolusi tinggi mengurangi waktu dan biaya untuk menyelesaikan survei kadaster. Oleh karena itu, mempertimbangkan ketelitian dan akurasi yang memenuhi syarat teknis pengukuran dan pemetaan pendaftaran tanah dari Badan Pertanahan Nasional, maka teknologi drone dengan metode *digitasi on-screen* dapat digunakan untuk kegiatan percepatan pemetaan bidang tanah di kawasan permukiman.

Akan tetapi, metode OBIA juga tidak kalah unggul sebagai algoritma pemetaan bidang tanah secara semi-otomatis, penelitian-penelitian terdahulu pun mendukung asumsi ini (Khadanga dkk., 2016; Nyandwi dkk., 2019; Shukla, 2020). Demikian pula penelitian ini, metode OBIA memiliki akurasi yang cukup tinggi untuk pemetaan bidang tanah secara semi-otomatis. Intervensi manusia tetap dibutuhkan dalam pemetaan batas kadastral dengan OBIA untuk proses *merge-region*, koreksi bidang secara manual, dan kontrol kualitas, sehingga pembentukan algoritma yang 100% full otomatis dari metode OBIA sulit dilakukan (Khadanga dkk., 2016). Selain itu, ekstraksi otomatis batas kadastral juga mengharuskan peneliti/surveyor untuk mengetahui aspek yuridis/sosial terkait batas-batas dan kepemilikan tanah suatu bidang. Selama proses pemetaan OBIA, surveyor harus mengintegrasikan pengetahuan kontekstual ini dalam proses *merge-region* secara manual, karena algoritma mesin memiliki keterbatasan untuk mengidentifikasi batas-batas yuridis secara otomatis.

Kemudian jika metode OBIA dikaji berdasarkan objek bidang di permukiman formal dan informal, maka terdapat perbedaan diantara keduanya. Dari hasil pemetaan, proses ekstraksi batas bidang tanah di permukiman formal menggunakan informasi batas atap, jalan, halaman, trotoar, dan pagar cukup menantang karena kompleksitasnya warna dan spektral dari objek-objek tersebut. Sedangkan batas bidang tanah di permukiman informal tidak se-heterogen itu, sehingga dapat diekstraksi dengan lebih baik dan memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi. Akan tetapi jika dibandingkan dengan digitasi, maka digitasi yang lebih unggul, karena melalui metode digitasi *on-screen* informasi batas-batas tersebut sangat mudah diidentifikasi oleh mata surveyor.

## Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan perbandingan ketelitian luas dan jarak, jumlah bidang, dan bentuk bidang yang dihasilkan, dapat dikatakan bahwa pemetaan dengan metode digitasi *on-screen* lebih unggul dari metode OBIA. Hal tersebut dikarenakan hasil peta bidang tanah permukiman dengan metode OBIA memiliki kekurangan dalam ketelitian planimetrik luas dan jarak yang tidak memenuhi toleransi, jumlah bidang yang tidak sesuai, serta bentuk bidang yang dihasilkan tidak cocok untuk kajian bidang tanah permukiman. Akan tetapi, metode OBIA juga tidak kalah unggul sebagai algoritma pemetaan bidang tanah secara semi-otomatis, hasil pengujian akurasi ekstraksi bidang tanah menunjukkan nilai yang tinggi, yakni 0,99 pada permukiman informal dan 0,91 pada permukiman formal. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa peta bidang tanah hasil digitasi *on-screen* dapat dipertimbangkan menjadi peta bidang dalam sertifikat tanah, karena memenuhi toleransi kesalahan planimetrik luas dan jarak berdasarkan peraturan Badan Pertanahan Nasional. Rekomendasi bagi peneliti selanjutnya yakni dapat menambahkan objek kajian yang lebih beragam tidak hanya untuk bidang tanah di kawasan permukiman saja, namun juga mengkaji metode OBIA untuk mengekstraksi bidang tanah di kawasan perkebunan atau pertanian, kemudian membandingkan efektivitas OBIA untuk tiap objek kajian tersebut. Peneliti selanjutnya juga dapat membandingkan algoritma *Multiresolution Segmentation* dengan algoritma segmentasi lainnya seperti *Simple Line Iterative Clustering* atau *Graph-based image Segmentation*, untuk mengetahui formula yang lebih baik dalam mensegmentasi objek batas-batas bidang tanah.

## Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Desa Ciwaruga, Ketua Rukun Warga 02, dan Badan Informasi Geospasial yang telah membantu dalam penyediaan data penelitian. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih juga kepada program studi Sains Informasi Geografi yang telah mendukung dalam penyediaan alat-alat penelitian.

## Daftar Pustaka

- Abebe, F. K. (2011). *Modelling Informal Settlement Growth in Dar es Salaam Tanzania* [University of Twente]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4392.7282>
- Adi, A., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. (2017). Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 208–217.
- Alwan, I., Hamed, N., & Husien, H. (2018). Accuracy assessment of cadastral maps using high resolution aerial photos. *MATEC Web of Conferences*, 162, 3–7. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816203025>
- Barkey, R. A., Achmad, A., Rijal, S., Soma, A. S., & Talebe, A. B. (2009). *Buku Ajar Sistem Informasi Geografis Tim : Laboratorium Perencanaan Dan Universitas Hasanuddin*. Universitas Hasanudin.
- Crommelinck, S., Bennett, R., Gerke, M., Nex, F., Yang, M. Y., & Vosselman, G. (2016). Review of automatic feature extraction from high-resolution optical sensor data for UAV-based cadastral mapping. *Remote Sensing*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/rs8080689>
- Fariz, T. R., Jatmiko, R. H., Mei, E. T. W., Arnanto, A., Ramlah, R., & Ramadhan, M. F. (2020). Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil Untuk Pemetaan Bidang Tanah Di Sub Das Bompon. *Tunas Geografi*, 9(1), 69.

<https://doi.org/10.24114/tgeo.v9i1.18058>

- Gevaert, C. M., Persello, C., Sliuzas, R., & Vosselman, G. (2016). Classification of Informal Settlements Through the Integration of 2D and 3D Features Extracted From Uav Data. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, III–3(July), 317–324. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-iii-3-317-2016>
- Hartono, D., & Darmawan, S. (2019). Pemanfaatan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Jenis Quadcopter untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah (Studi Kasus: Desa Solokan Jeruk Kabupaten Bandung). *Reka Geomatika*, 2018(1), 30–40. <https://doi.org/10.26760/jrg.v2018i1.2655>
- Hassan, N. D., Noori, A. M., Hasan, S. F., Shareef, M. A., & Ajaj, Q. M. (2019). Cadastral Mapping Accuracy Assessment Using Various Surveying Techniques and High-Resolution Satellites Images. *2nd International Conference on Electrical, Communication, Computer, Power and Control Engineering, ICECCPCE 2019*, 182–187. <https://doi.org/10.1109/ICECCPCE46549.2019.203770>
- Hay, G., & Castilla, G. (2006). Object-Based Image Analysis: Strengths, Weaknesses, Opportunities And Threats (SWOT). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 454(May 2006).
- Jones, P. (2017). Formalizing the informal: Understanding the position of informal settlements and slums in sustainable urbanization policies and strategies in Bandung, Indonesia. *Sustainability*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/su9081436>
- Kementerian ATR/BPN. (2021). *Laporan Kinerja Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Tahun 2020*.
- Khadanga, G., Jain, K., & Merugu, S. (2016). Use of OBIA for extraction of cadastral parcels. *2016 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, ICACCI 2016*, 2226–2230. <https://doi.org/10.1109/ICACCI.2016.7732382>
- Kuffer, M., Barros, J., & Sliuzas, R. V. (2014). The development of a morphological unplanned settlement index using very-high-resolution (VHR) imagery. *Computers, Environment and Urban Systems*, 48, 138–152. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.07.012>
- Maryati, S. (2019). *Informality in Formal Setting: Informal Infrastructure in Periurban-Formal Housing*.
- Peraturan Menteri ATR/BPN Nomor 3 tahun 1997 Tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah, (1997).
- Mulelid, T. I. (2013). *Testing the use and accuracy of satellite imagery for land registration in Angot Yedegera , Ethiopia. May*.
- Nyandwi, E., Koeva, M., Kohli, D., & Bennett, R. (2019). Comparing human versus machine-driven cadastral boundary feature extraction. *Remote Sensing*, 11(14), 1–23. <https://doi.org/10.3390/rs11141662>
- Ramadhani, S. A., Bennett, R. M., & Nex, F. C. (2018). Exploring UAV in Indonesian cadastral boundary data acquisition. *Earth Science Informatics*, 11(1), 129–146. <https://doi.org/10.1007/s12145-017-0314-6>
- Shukla, A. (2020). *Automatic extraction of urban land information from unmanned aerial vehicle (UAV) data*.
- Stöcker, C., Nex, F., Koeva, M., & Gerke, M. (2020). High-quality uav-based orthophotos for cadastral mapping: Guidance for optimal flight configurations. *Remote Sensing*, 12(21), 1–23. <https://doi.org/10.3390/rs12213625>
- Tahir, R. K. (2018). Integrated photogrammetry and geographic information system in updating urban cadastral maps. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(1), 200–210.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. (2015). *CCCM Iraq IDP Site Typologies & Duties and Responsibilities. Humanitarian Response*. [https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/iraq-cccm\\_site\\_typologies-20150811\\_0.pdf](https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/iraq-cccm_site_typologies-20150811_0.pdf)
- Utomo, B. (2018). Drone Untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah. *Media Komunikasi Geografi*, 18(2), 146. <https://doi.org/10.23887/mkg.v18i2.12798>
- Vitriana, A. (2020). Tipologi Penyediaan Infrastruktur Perumahan di Kawasan Peri-urban Utara-Selatan Metropolitan Bandung Raya T. *Arsitektura*, 18(1), 151–165.
- Wahyono, E. B. (2017). Penggunaan Teknologi UAV/Drone untuk Percepatan Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap. *Prosiding Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap dalam Rangka Modernisasi Administrasi Pertanahan di Indonesia*, 2–28.
- Wahyudi, B. (2017). *Pemanfaatan Citra Landsat untuk Menganalisis Penggunaan Lahan di Kecamatan Parongpong*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Yunus, H. S. (2015). *Manajemen Kota Perspektif Spasial*. Pustaka Pelajar.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).