

ANALISIS KEMAMPUAN KLASIFIKASI CITRA BERBASIS OBJEK UNTUK PEMETAAN PENUTUP LAHAN SKALA DETIL DI SEBAGIAN KOTA BANDAR LAMPUNG

(Analysis of Object Based Image Classification Capabilities for Detailed Scale Landcover Mapping in Part of Bandar Lampung City)

Iqbal Arrahman dan Muhammad Kamal

Departemen Sains Informasi Geografi Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta 55281 Indonesia
E-mail: m.kamal@ugm.ac.id

Diterima: 6 Agustus 2020; Direvisi: 5 April 2021; Disetujui untuk Dipublikasikan: 20 Mei 2021

ABSTRAK

Pemetaan skala detil penutup lahan penting dilakukan untuk mendukung kegiatan memantau perkembangan wilayah, perencanaan wilayah, dan evaluasi sumberdaya alam. Metode interpretasi visual sangat efektif untuk kegiatan pemetaan objek penutup lahan, terutama dari aspek akurasi tematik dan geometrik objek. Akan tetapi, metode interpretasi visual sering kali tidak menghasilkan peta yang konsisten karena bergantung pada kemampuan interpreter dan kurang efektif dari segi waktu. Metode klasifikasi berbasis objek berpotensi untuk mengatasi kelemahan tersebut, yaitu dapat dilakukan pemetaan secara digital, sistematis dan konsisten, dapat direplikasi (diulang), serta mampu mempertimbangkan aspek geometrik objek. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan klasifikasi berbasis objek untuk pemetaan penutup lahan skala detil, dilihat dari nilai uji akurasi yang dihasilkan. Penilaian akurasi pemetaan untuk klasifikasi berbasis objek membutuhkan *area-based accuracy assessment* yang menilai akurasi dari segi semantik (tematik) dan geometrik objek hasil pemetaan dibandingkan dengan data referensi. Data referensi untuk uji akurasi menggunakan hasil interpretasi visual yang dikonfirmasi dengan survei lapangan. Kedua peta diperoleh dari citra WorldView-2 *pan-sharpened* (ukuran piksel 0,5 m), kemudian hasil pemetaan di-*overlay* dan dihitung akurasi berdasarkan *user's accuracy (UA)*, *producer's accuracy (PA)*, *overall quality (OQ)*, dan *overall accuracy (OA)*. Hasil pemetaan menunjukkan klasifikasi berbasis objek menghasilkan *overall accuracy* sebesar 71,27 %. Angka ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini, hasil klasifikasi berbasis objek belum mampu menyamai akurasi atau kemampuan hasil pemetaan skala detil dari interpretasi visual.

Kata kunci: *area-based accuracy assessment*, interpretasi, *pan-sharpened*, segmentasi

ABSTRACT

Detailed scale land cover mapping is important to support the monitoring of regional development, planning, and evaluation of natural resources. The visual interpretation (VI) method is very effective for mapping land cover objects, especially from the aspect of thematic and geometric accuracy. However, VI often does not produce consistent maps because it depends on the ability of the interpreter and is less effective in terms of time. Object-based (OB) classification methods have the potential to overcome these weaknesses, such as the mapping process can be done digitally, systematically, and consistently, can be replicated (repeated), and able to consider the geometric aspects of objects. This study aims to analyze the ability of OB classification for detailed scale land cover mapping, observed from the resulting accuracy assessment values. Accuracy assessment for OB classification requires an area-based accuracy assessment which assesses both semantic (thematic) and geometric aspect of the mapping results compared to the reference data. Reference data for this purpose was produced from VI confirmed by field surveys. Both maps were obtained from the pan-sharpened WorldView-2 imagery (pixel size 0.5 m), then the mapping results were overlaid and calculated based on user's accuracy (UA), producer's accuracy (PA), overall quality (OQ), and overall accuracy (OA) measures. The mapping result shows that OB classification produces an overall accuracy of 71.27%. It means that the result of OB classification has not been able to match the accuracy or ability of detailed scale mapping results from VI.

Keywords: *area-based accuracy assessment*, interpretation, *pan-sharpened*, segmentation

PENDAHULUAN

Informasi penutup lahan memiliki peranan penting dalam pengelolaan suatu wilayah. Penutup lahan merupakan salah satu sumber informasi

penting dalam kajian geografi fisik, analisis lingkungan, monitoring, perencanaan tata ruang, evaluasi sumber daya alam suatu wilayah, dan studi perubahan global (Prasad et al., 2002; Mare &

Mihai, 2016). Penutup lahan tidaklah sama dengan penggunaan lahan, walaupun keduanya memiliki hubungan pada objek yang dipetakan. Danoedoro (2009) mengemukakan bahwa, penutup lahan secara langsung dapat diekstraksi melalui citra penginderaan jauh sedangkan penggunaan lahan dapat diekstraksi ketika data dari penutup lahan telah diketahui pemanfaatannya atau fungsionalnya. Senada dengan pengertian tersebut, (Campbell & Wynne, 2011) menyatakan bahwa penutup lahan merupakan objek yang benar-benar dapat dilihat secara langsung, sedangkan penggunaan lahan lebih spesifik berupa lahan yang dilihat dari sudut pandang pemanfaatan oleh manusia secara ekonomis, seperti dalam bidang pertanian, perumahan dan penggunaan lainnya. Kondisi dan variasi objek di permukaan bumi bersifat dinamis dan selalu mengalami perubahan dari waktu ke waktu karena merepresentasikan interaksi antara aktivitas sosial-ekonomi dan perubahan lingkungan secara keruangan (Huang et al., 2017; Jia et al., 2014). Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan pemetaan terkait penutup lahan skala detil sangat penting dilakukan secara sistematis, efisien dan berkala untuk dapat merepresentasikan kondisi aktual penutup lahan detil di suatu wilayah.

Citra penginderaan jauh dalam hal ini mampu memberikan informasi yang akurat dan *up-to-date* mengenai objek penutup lahan skala detil (Jia et al., 2014; Mare & Mihai, 2016). Citra penginderaan jauh memiliki banyak kelebihan untuk pemetaan penutup lahan dibandingkan dengan survei terestris, antara lain mencakup liputan daerah yang luas, perulangan perekaman pada daerah yang sama, kemampuan penyajian data multi-skala, dan efisien dalam hal waktu dan biaya (Kamal et al., 2015; Morgan et al., 2010). Metode ekstraksi informasi penutup lahan dari citra penginderaan jauh yang lazim digunakan adalah interpretasi visual (Morgan et al., 2010). Metode ini mampu menghasilkan akurasi yang tinggi, baik pada citra resolusi spasial tinggi maupun resolusi spasial rendah. Akan tetapi menurut (Filho et al., 1997) metode ini memiliki dua kelemahan utama, yaitu adanya aktivitas pengulangan yang menghabiskan banyak waktu dan klasifikasi yang dihasilkan sangat bergantung pada pengetahuan serta pengalaman interpreter citra.

Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan klasifikasi citra menggunakan metode lain yang dapat dioperasikan secara digital, sistematis dan konsisten, dapat direplikasi (diulang), serta mampu mempertimbangkan aspek geometrik objek pada citra. Salah satu metode klasifikasi yang potensial dan berkembang pesat saat ini adalah klasifikasi berbasis objek atau sering dikenal dengan istilah *Geographic Object-Based Image Analysis* (GEOBIA) (Blaschke et al., 2014; Hay & Castilla, 2008). Metode klasifikasi berbasis objek memiliki beberapa

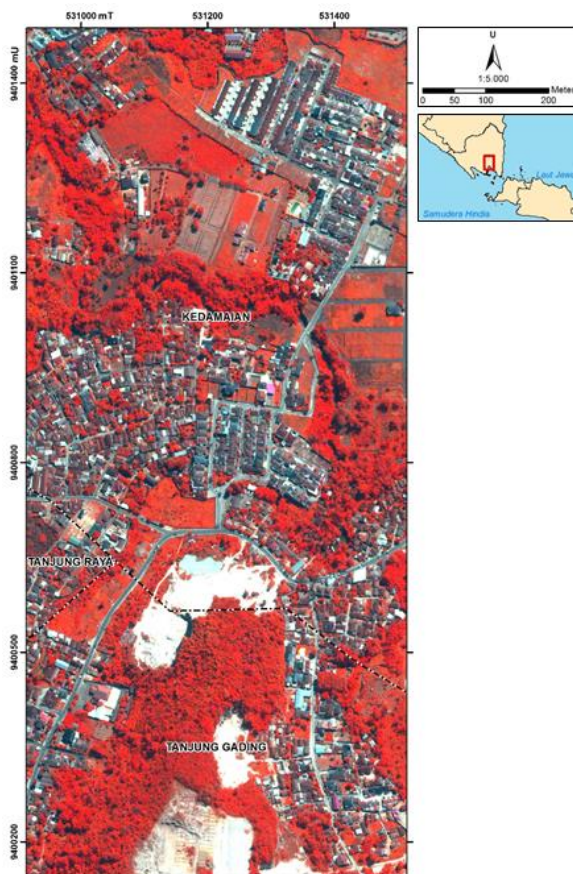
kelebihan yang menggunakan seluruh dimensi dari citra penginderaan jauh berupa informasi spektral (saluran multispektral), spasial (area, panjang, lebar, arah), morfologi (bentuk, tekstur), kontekstual (hubungan dengan piksel tetangga, analisis kedekatan), dan temporal. Metode ini juga mampu menggunakan berbagai teknik klasifikasi yang sebelumnya sudah lazim digunakan misalnya klasifikasi terselia, logika *fuzzy*, *rule-based classification* dan dapat diintegrasikan dengan sistem informasi geografi (Navulur, 2006).

Menurut Bhatta (2013) klasifikasi citra penginderaan jauh digital secara umum dibagi menjadi klasifikasi multispektral dan berbasis objek. Klasifikasi multispektral berbasis piksel yang hanya mempertimbangkan nilai piksel pada citra. Sedangkan klasifikasi berbasis objek tidak hanya mempertimbangkan nilai piksel, namun juga mempertimbangkan aspek ketetanggaan dan kelompok piksel yang membentuk individu objek tunggal, termasuk beberapa aspek di atas, sehingga klasifikasi berbasis objek dianggap sebagai alternatif yang potensial untuk ekstraksi informasi penutup lahan. Secara teknis terdapat dua proses utama dalam klasifikasi berbasis objek, yaitu segmentasi dan klasifikasi (Navulur, 2006). Segmentasi membagi citra menjadi kelompok-kelompok piksel bertetangga yang homogen yang kemudian disebut objek primitif atau segmen yang batasnya mendekati batas target objek di lapangan (Blaschke, 2010). Proses segmentasi didasarkan pada informasi spektral dan pola lokal piksel atau informasi tekstur dari piksel bertangga (Mathieu et al., 2007; Navulur, 2006). Sedangkan klasifikasi adalah pemberian label pada setiap segmen ke dalam kelas-kelas target objek (misalnya penutup lahan) berdasarkan kriteria tertentu. Proses klasifikasi ini dapat mempertimbangkan berbagai variabel, seperti pantulan spektral, tekstur, bentuk, ukuran objek, dan berpotensi menghasilkan peta yang lebih akurat dan terperinci daripada teknik klasifikasi multispektral (Baatz et al., 2004; Blaschke et al., 2014)

Karena unit terkecil pada klasifikasi berbasis objek adalah segmen objek, maka penilaian akurasi hasil klasifikasinya melibatkan aspek semantik (tematik) dan geometrik dari objek target (Blaschke, 2010), atau secara teknis disebut dengan *area-based accuracy assessment* (Kamal & Johansen, 2017; Zhan et al., 2005). Aspek semantik (tematik) melihat kesesuaian pemberian label tiap segmen terhadap referensi di lapangan. Sedangkan aspek geometrik menilai akurasi hasil pemetaan dari kriteria posisi, ukuran, dan bentuk objek (Zhan et al., 2005). Penelitian ini bertujuan untuk (1) memetakan objek penutup lahan pada skala detil (1:5.000) dengan menggunakan metode klasifikasi berbasis objek, dan (2) menganalisis akurasi hasil klasifikasi berbasis objek yang dihasilkan melalui parameter *area-based accuracy assessment*.

METODE

Penelitian dilakukan di sebagian Kota Bandar Lampung yang mencakup kawasan permukiman di Tanjung Karang. Batas daerah penelitian berada pada koordinat 530912-531513 mT, 9400145-9401487 mU dengan (sistem koordinat UTM Zona 48 M atau 5°25'36,66"-5°24'52,94" BT, 105°16'44,54"-105°17'4,05" LS (**Gambar 1**). Lokasi ini dipilih karena berada di antara pusat industri dan pusat perkotaan, sehingga daerah ini berupa daerah transisi, dimana pengaruh fisik perkotaan dan kondisi perdesaan ditemui pada daerah ini. Keadaan tersebut memunculkan variasi penutup lahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah lainnya di Kota Bandar Lampung. Daerah kajian yang diambil tidak terlalu luas untuk lebih fokus pada kemampuan klasifikasi berbasis objek untuk pemetaan penutup lahan skala detail.



Gambar 1. Lokasi penelitian di sebagian Kota Bandar Lampung disajikan dengan citra WorldView-2 komposit 732.

Penelitian mencakup pemetaan penutup lahan melalui klasifikasi berbasis objek dan interpretasi visual. Terlebih dahulu dilakukan koreksi radiometrik dan *pan-sharpening* sebagai *input* awal

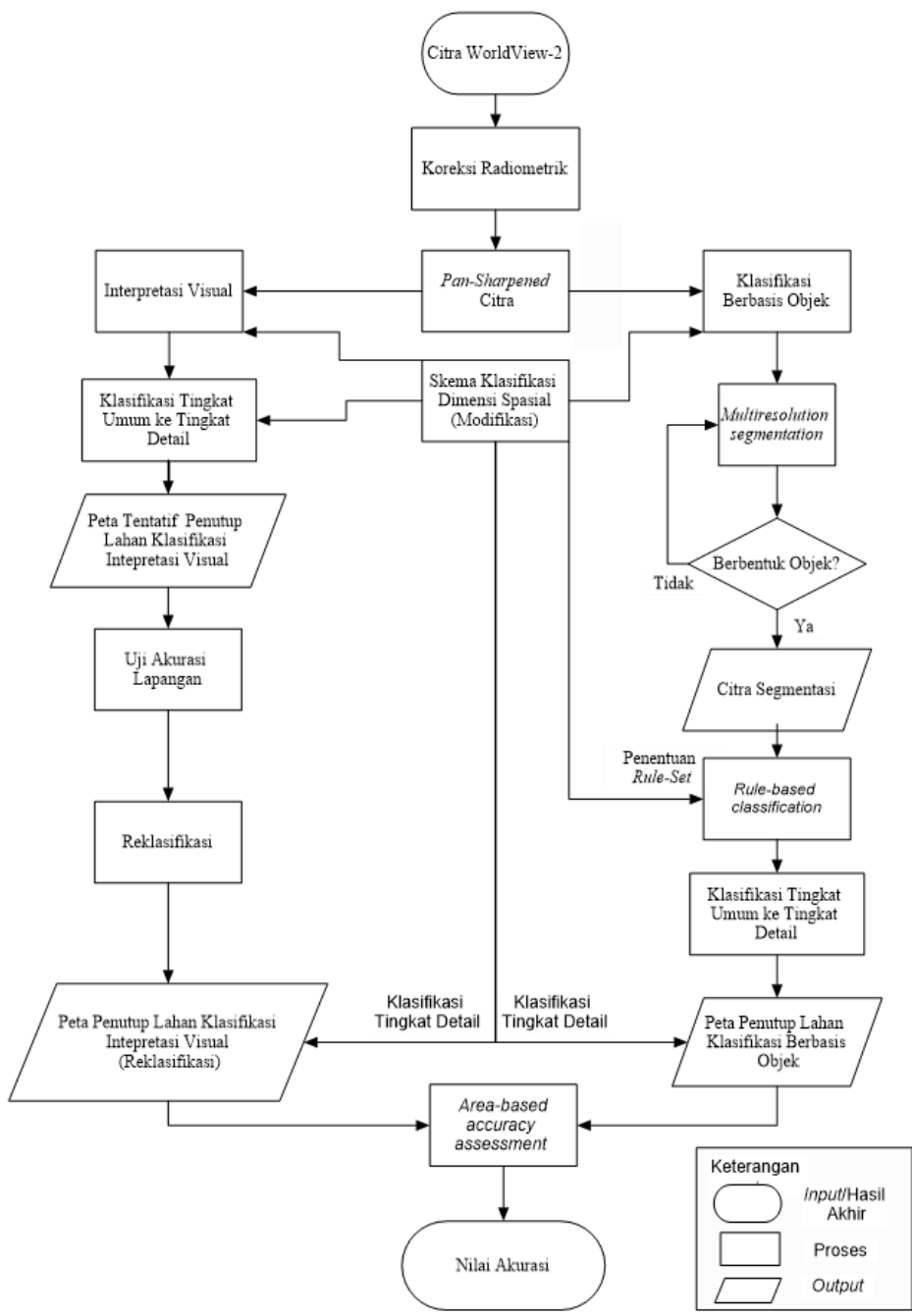
untuk pemetaan. Selanjutnya, interpretasi visual yang sudah dilakukan uji lapangan digunakan sebagai *input* untuk menilai pemetaan hasil klasifikasi berbasis objek melalui parameter *area-based accuracy assessment*. Klasifikasi berbasis objek dimulai dari tahapan segmentasi dan dilanjutkan ke tahapan klasifikasi menggunakan *object information* melalui *rule-based classification*. Berdasarkan hasil analisis keseluruhan akan diketahui apakah klasifikasi berbasis objek untuk pemetaan penutup lahan dengan menggunakan citra WorldView-2 mampu menyamai hasil klasifikasi interpretasi visual (**Gambar 2**).

Penelitian menggunakan citra WorldView-2 perekaman 16 Agustus 2016 yang mencakup sebagian Kota Bandar Lampung. Citra tersebut diperoleh pada level koreksi standar 2A dan memiliki delapan saluran multispektral (*coastal blue-NIR2*) dengan ukuran piksel 1,85 meter dan satu saluran pankromatik dengan ukuran piksel 0,46 meter.

Pengolahan Awal Citra Satelit

Pengolahan citra WorldView-2 dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Envi 5.3., yang meliputi koreksi radiometrik,, dan penajaman spasial citra melalui proses *pan-sharpening* (*Gram-Schmidt Spectral Pan-sharpening*). Koreksi radiometrik dilakukan dengan keseluruhan *band* atau saluran, baik saluran multispektral maupun saluran pankromatik. Citra WorldView-2 berada pada level standar 2A yang masih berupa nilai kecerahan atau *brightness value*. Koreksi radiometrik tahap pertama perlu mengonversi nilai *brightness value* menjadi nilai radiansi/*radiance* objek yang diterima oleh sensor. Nilai radiansi yang diterima oleh sensor masih berupa nilai pancaran, sehingga diubah ke dalam bentuk nilai pantulan atau *reflectance*.

Pan-sharpening dengan algoritma *Gram-Schmidt Spectral Pan-sharpening* dapat diterapkan pada saluran multispektral WorldView-2 dan mampu mempertahankan nilai piksel asli (Laben & Brower, 2000). Proses *pan-sharpening* tersebut menghasilkan citra baru dengan ukuran piksel 0,5 meter dan delapan saluran multispektral. Penentuan ukuran piksel tersebut dimaksudkan untuk menghasilkan peta dengan ketelitian skala output 1:5000 sesuai dengan panduan hubungan ukuran piksel citra dengan skala *output* optimum dari (Doyle, 1975).



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

Skema Klasifikasi

Klasifikasi penutup lahan menggunakan skema klasifikasi dimensi spasial (Danoedoro, 2009). Skema klasifikasi ini digunakan pada metode klasifikasi dengan metode interpretasi visual dan klasifikasi berbasis objek. Skema klasifikasi ini dipilih karena skema klasifikasi ini lebih menekankan pada aspek bentuk objek penutup lahan. Selain itu, terdapat adanya kesesuaian konsep antara klasifikasi dimensi spasial dengan klasifikasi berbasis objek yang sama-sama mempertimbangkan aspek spasial dari objek penutup lahan. Beberapa modifikasi skema klasifikasi dimensi spasial dilakukan karena pada daerah penelitian terdapat objek-objek yang kurang

sesuai untuk dikelaskan melalui skema klasifikasi dimensi spasial, terutama pada kelas tingkat detail (Tabel 1).

Segmentasi Citra

Segmentasi citra dilakukan dengan menggunakan algoritma *multiresolution segmentation*. Algoritma segmentasi ini bersifat *bottom-up*, artinya proses dimulai dengan objek satu piksel kemudian piksel digabung (*region growing*) dengan piksel homogen di sekelilingnya sehingga membentuk segmen objek (Baatz et al., 2004). Algoritma tersebut menggunakan lima parameter, yaitu warna, bentuk, kekompakan,

kehalusan, dan skala. Parameter tersebut dapat diatur dengan memberikan besaran nilai tertentu.

Tabel 1. Skema klasifikasi penutup lahan dimensi spasial (dengan modifikasi).

Kode	Klasifikasi Penutup Lahan Umum	Kode	Klasifikasi Penutup Lahan Detil		
A	Tubuh Air	A1	Sungai		
		A2	Kolam daratan		
		L11	Lahan terbuka di samping jalan		
		L12	Lahan terbuka yang dikelilingi bangunan		
		L21	Lahan terbuka berukuran kecil dengan bentuk tidak teratur/spesifik		
		L	Lahan Terbuka	L22	Lahan terbuka berukuran besar dengan bentuk tidak teratur/spesifik
				L31	Lahan terbuka berukuran kecil dengan bentuk teratur/spesifik
				L32	Lahan terbuka berukuran besar dengan bentuk teratur/spesifik
				T11	Lahan terbuka dengan permukaan diperkeras
				T21	Blok Lahan terbangun ukuran kecil pola teratur
				T22	Blok lahan terbangun ukuran sedang pola teratur
T	Lahan Terbangun	T23	Blok lahan terbangun ukuran bervariasi pola teratur		
		T24	Blok lahan terbangun ukuran bervariasi pola tidak teratur		
		T31	Lahan terbangun dengan objek/unit tunggal atau lebih yang belum membentuk blok		
		T41	Jalan yang diperkeras		
		T42	Jalan yang belum diperkeras		
		V11	Bentuk spesifik, homogen, jarak antara vegetasi tidak teratur		
		V21	Bentuk tidak spesifik, homogen, jarak antara vegetasi teratur		
V	Vegetasi	V31	Bentuk tidak spesifik, homogen, jarak antara vegetasi tidak teratur		
		V32	Bentuk tidak spesifik, heterogen, jarak antar vegetasi tidak teratur		
		V41	Pohon tunggal/lebih yang belum membentuk blok		
		V42	Vegetasi rumput berukuran kecil		

Sumber: Danoedoro (2009), dengan modifikasi

Terdapat dua alasan utama pemilihan algoritma *multiresolution segmentation*. Pertama, algoritma ini mampu menghasilkan segmen-segmen yang membentuk objek yang besaran atau cakupan homogenitas objeknya dapat diatur oleh

operator melalui *scale parameter*. Kedua, proses segmentasi yang dilakukan melibatkan berbagai parameter (warna, bentuk, kekompakan, kehalusan dan skala), dimana setiap input parameter dapat diatur oleh operator sesuai kebutuhan. Adanya banyak parameter pembentuk segmen citra pada algoritma ini diharapkan ini mampu mengatasi permasalahan tingginya variasi objek penutup lahan pada daerah penelitian yang akan dikelaskan dengan skema klasifikasi dimensi spasial.

Klasifikasi Citra Berbasis Objek

Klasifikasi dari hasil segmentasi citra dilakukan dengan menggunakan teknik *rule-based classification*, atau klasifikasi berdasarkan aturan-aturan kondisional yang diterapkan untuk tiap kelas penutup lahan target. Teknik klasifikasi tersebut mempertimbangkan karakteristik penyusun segmen yang akan dikelaskan, atau disebut dengan *object information*. *Object information* dapat terdiri dari informasi *standard deviation*, *brightness value*, *extent*, *shape* dan sebagainya yang dihitung secara statistik pada suatu segmen citra (Baatz et al., 2004; T. Blaschke, 2010). Aturan kondisional yang digunakan untuk klasifikasi segmen diperoleh dari deskripsi karakteristik objek penutup lahan baik yang diperoleh melalui interpretasi visual maupun verifikasi lapangan. Karakteristik objek tersebut berlaku sebagai kunci-kunci pengenalan objek penutup lahan detil. Aturan tersebut kemudian diterapkan pada tiap segmen hasil segmentasi menggunakan software eCognition Developer 9.0.

Untuk mempermudah proses klasifikasi berbasis objek, maka diberlakukan pendekatan hirarki klasifikasi (Baatz et al., 2004; Kamal et al., 2015), mulai dari penutup lahan yang paling umum menuju yang lebih detil. Tahap awal adalah memisahkan kelas penutup lahan tingkat umum yang terdiri atas kelas vegetasi, lahan terbangun, lahan terbuka, dan tubuh air. Selanjutnya diturunkan ke tingkat yang lebih detil sesuai dengan target pemetaan.

Area-based Accuracy Assessment

Peta penutup lahan skala detil hasil klasifikasi berbasis objek diuji akurasi dari segi semantik dan geometrik melalui *area-based accuracy assessment*. Perhitungan akurasi tersebut mengikuti cara yang dijelaskan oleh (Kamal et al. 2015) dan (Kamal & Johansen (2017) yang meliputi *user's accuracy* (UA), *producer's accuracy* (PA), *overall quality* (OQ), dan *overall accuracy* (OA). Sebagai referensi uji akurasi, digunakan peta penutup lahan skala detil yang berasal dari interpretasi visual citra WorldView-2 *pan-sharpened* yang telah diverifikasi dengan data lapangan. Persamaan 1-4 menunjukkan rumus dari parameter *area-based accuracy assessment* yang digunakan.

$$OQ = \frac{|C \cap R|}{|\neg C \cap R| + |C \cap \neg R| + |C \cap R|} \dots\dots\dots(1)$$

$$UA = \frac{|C \cap R|}{|C|} \dots\dots\dots(2)$$

$$PA = \frac{|C \cap R|}{|R|} \dots\dots\dots(3)$$

$$OA = \frac{|C \cap R|}{|C \cup R|} \dots\dots\dots(4)$$

di mana:

- C = hasil klasifikasi berbasis objek
- R = data referensi (hasil interpretasi visual)
- $\neg C \cap R = R$ yang tidak bertampalan dengan C
- $C \cap \neg R = C$ yang tidak bertampalan dengan R
- $C \cap R =$ pertampalan antara C dan R
- $C \cup R =$ luas keseluruhan area

Metode ini menerapkan himpunan (matematika) yang dalam penelitian ini mengkaji luas poligon yang sesuai atau tidak sesuai, baik dari sisi semantik maupun geometrik, antara klasifikasi berbasis objek dengan data referensi (hasil interpretasi visual) melalui overlay. Pengujian *user's accuracy* (UA), *producer's accuracy* (PA), dan *overall quality* (OQ), dilakukan pada masing-masing kelas penutup lahan. Sedangkan *overall accuracy* (OA) dihasilkan dari perhitungan seluruh poligon kelas penutup lahan. Disebabkan daerah kajian yang tidak terlalu luas, maka overlay hasil klasifikasi berbasis objek dan hasil klasifikasi interpretasi visual pada penelitian ini tidak menggunakan sampel, tetapi mencakup seluruh populasi daerah kajian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Peta Penutup Lahan Referensi

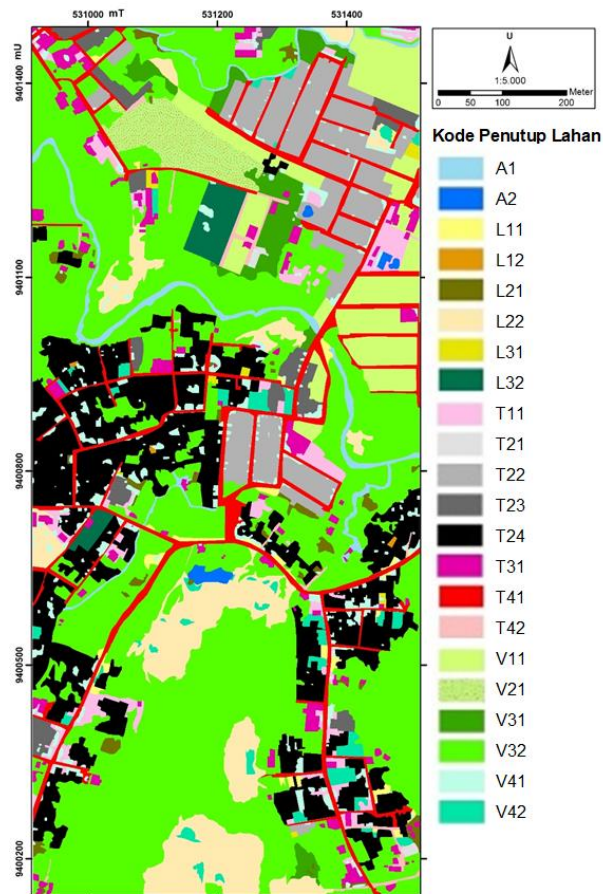
Peta penutup lahan yang dibuat melalui interpretasi visual dibutuhkan sebagai data referensi untuk uji akurasi semantik dan geometrik hasil klasifikasi penutup lahan skala detil berbasis objek. Peta referensi tersebut dianggap benar karena telah dilengkapi dengan verifikasi lapangan (Congalton & Green, 2009; Congalton, 1991). Sebelum dilakukan pembuatan peta penutup lahan referensi melalui interpretasi visual, penting untuk mempertimbangkan dua hal, yaitu komposit citra dan tingkat *zooming* atau perbesaran dalam kegiatan interpretasi visual. Komposit citra penting untuk dipertimbangkan karena dapat membantu memudahkan identifikasi objek tertentu pada citra. Sedangkan tingkat perbesaran berperan penting dalam menghasilkan kualitas dan ketelitian hasil digitisasi peta penutup lahan melalui interpretasi visual secara *on-screen*.

Berdasarkan hasil simulasi, komposit saluran 732 (*NIR1, green, blue*) dan 532 (*red, green, blue*) digunakan untuk kegiatan interpretasi visual penyusunan peta referensi. Komposit 732 mampu menonjolkan vegetasi lebih baik dibandingkan

komposit lainnya, sedangkan komposit 532 merupakan komposit warna asli yang dapat digunakan untuk membantu objek-objek yang meragukan untuk dibedakan antara bangunan ataupun vegetasi. Sedangkan untuk tingkat perbesaran yang digunakan dalam kegiatan digitisasi yakni sebesar empat kali skala pemetaan, sehingga proses digitisasi dilakukan pada skala 1: 1.250. Tingkat perbesaran dengan skala tersebut dianggap sesuai karena kenampakan objek masih terlihat jelas dan dapat dikenali dari citra.

Mengacu pada **Tabel 1**, secara umum kelas penutup lahan pada penelitian ini dibagi menjadi dua kelas utama, yaitu kelas umum dan kelas detil. Kelas umum terdiri dari empat kelas, sedangkan kelas detil terdiri dari 22 kelas yang dipecah dari kelas umum. Dalam identifikasi objek penutup lahan, terdapat objek yang dapat dikelaskan secara langsung dan ada pula objek yang harus memperhatikan objek di sekitarnya untuk dapat dikelaskan. Objek yang dapat dikelaskan secara langsung pada umumnya merupakan objek-objek yang dapat dikenali hanya dengan menggunakan kunci interpretasi visual seperti rona, warna, bentuk, ukuran, dan pola atau tekstur, misalnya jalan yang diperkeras. Sedangkan objek yang tidak dapat dikelaskan secara langsung cenderung menggunakan kunci interpretasi visual asosiasi dan situs/konteks, misalnya objek lahan terbuka di samping jalan.

Verifikasi kondisi penutup lahan lapangan dilaksanakan pada tanggal 22-23 Mei 2018. Kegiatan tersebut dimaksudkan untuk verifikasi aspek semantik dan geometrik objek penutup lahan hasil interpretasi visual kondisi tahun 2016. Sampel yang diambil memiliki selisih 1 tahun 9 bulan terhadap waktu perekaman citra WorldView-2 yang digunakan. Selisih waktu yang cukup jauh ini pada beberapa objek menghasilkan perbedaan antara hasil interpretasi penutup lahan dengan objek di lapangan yang sebenarnya. Secara umum objek lahan terbangun tidak mengalami perubahan dalam kurun waktu tersebut. Akan tetapi objek lahan terbuka, lahan terbangun, dan vegetasi mengalami beberapa perubahan minor. Sebagai contoh, lahan terbuka atau lahan terbangun yang tidak terawat cenderung berubah menjadi vegetasi, misalnya objek lahan terbuka berukuran kecil dengan bentuk tidak teratur/spesifik ditemukan mengalami perubahan menjadi vegetasi berupa kebun atau rumput. Perubahan-perubahan tersebut dicatat, namun tidak digunakan untuk perbaikan hasil interpretasi karena yang digunakan sebagai *baseline* adalah kondisi penutup lahan tahun 2016. Hasil peta penutup lahan referensi disajikan pada **Gambar 3**.

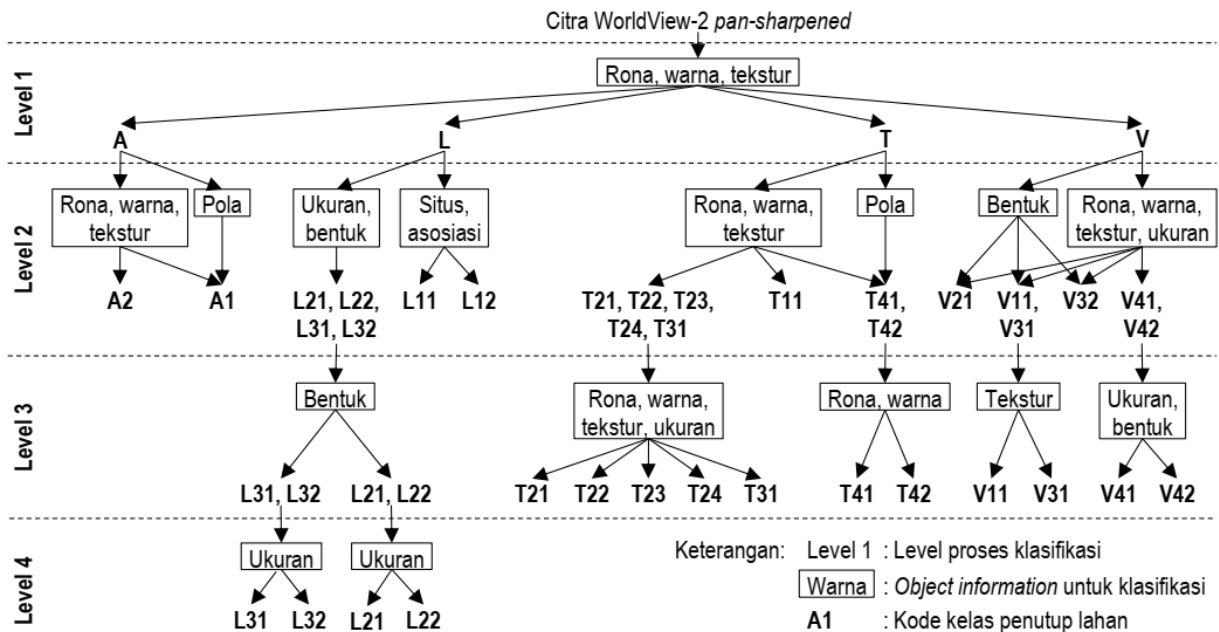


Gambar 2. Peta penutup lahan hasil klasifikasi interpretasi visual sebagai referensi.

Klasifikasi berbasis objek perlu dijabarkan dalam beberapa tingkatan klasifikasi yang dikelompokkan berdasarkan karakteristik masing-masing klasifikasi penutup lahan yang digunakan (Kamal et al., 2015). Skenario tingkatan atau hierarki klasifikasi dan karakteristik *object information* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Klasifikasi pada level 1 terdiri dari kelas penutup lahan utama, yaitu tubuh air, lahan terbangun, lahan terbuka, dan vegetasi. Kelas tersebut didefinisikan berdasarkan karakteristik spektral pada citra yang dapat dibedakan berdasarkan rona, warna, dan tekstur. Pada level 2, kelas tubuh air dapat dibedakan langsung antara sungai dan kolam daratan dengan menggunakan kunci interpretasi rona, warna, tekstur, dan pola. Klasifikasi kelas lahan terbuka lebih banyak menggunakan *object information* bentuk untuk memisahkan antar sub-kelas objeknya. Tahap awal perlu memisahkan antara lahan terbuka yang memerlukan pendefinisian berdasarkan ukuran, bentuk, situs dan asosiasi objek. Pada level 3 objek yang didefinisikan dengan bentuk dan ukuran selanjutnya menggunakan *object information* bentuk mendefinisikan apakah spesifik atau tidak dengan menggunakan *object information* bentuk. Pada level 4 masing-masing kelas lahan terbuka selanjutnya dikelaskan menggunakan ukuran untuk membedakan antara lahan terbuka berukuran luas dan lahan terbuka berukuran kecil. Kompleksitas karakteristik penciri kelas lahan terbuka menjadikan proses klasifikasi hingga pada level 4.

Penyusunan Hierarki Klasifikasi



Gambar 4. Skenario hierarki proses klasifikasi penutup lahan skala detail yang diterapkan pada klasifikasi berbasis objek. Tiap kelas penutup lahan memiliki *object information* yang spesifik untuk dapat dikenali dari citra.

Klasifikasi kelas lahan terbangun pada level 2 dilakukan untuk memisahkan antara kelas jalan, lahan terbuka yang diperkeras, dan blok bangunan. Ketiga kelas ini memiliki karakteristik yang berbeda. Jalan dibedakan berdasarkan rona, warna tekstur, dan pola. Lahan yang diperkeras dibedakan berdasarkan *object information* rona, dan blok lahan terbangun dibedakan berdasarkan ukuran, tekstur, dan rona. Jalan selanjutnya didefinisikan menggunakan *object information* rona untuk memisahkan antara jalan yang diperkeras dan jalan yang belum diperkeras. Blok lahan terbangun selanjutnya didefinisikan dan dipisahkan ke tingkat detail dengan menggunakan *object information* tekstur, karena memiliki nilai spektral yang cenderung berbeda. Klasifikasi kelas vegetasi menggunakan *object information* ukuran untuk memisahkan blok vegetasi dan vegetasi bukan blok. Vegetasi bukan blok selanjutnya dipisahkan berdasarkan nilai rona, warna, tekstur dan ukuran. Blok vegetasi dipisahkan berdasarkan *object information* bentuk, rona, warna, tekstur dan ukuran untuk menghasilkan kelas detail.

Segmentasi dan Klasifikasi Penutup Lahan Berbasis Objek

Segmentasi citra merupakan tahap awal dalam proses klasifikasi berbasis objek. Saluran input dari citra WorldView-2 *pan-sharpened* yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari saluran biru (450-510 nm), hijau (510-580 nm), merah (630-690 nm), *red-edge* (705-745 nm), dan inframerah dekat 1 (770-895 nm). Pemilihan saluran input tersebut berdasarkan kontribusi spesifik saluran dalam identifikasi objek penutup lahan. Pembentukan batas delineasi atau poligon segmentasi dihasilkan dengan memberikan bobot atau nilai input.

Algoritma yang digunakan adalah *multiresolution segmentation*. Algoritma ini memungkinkan untuk membagi segmen objek ke dalam beberapa level skala yang berbeda, untuk mengakomodasi skenario klasifikasi dari kelas yang umum ke yang lebih khusus. Algoritma ini membutuhkan beberapa parameter, yaitu bobot saluran citra, nilai skala segmentasi, nilai bentuk-warna (*color-shape*), dan nilai kekompakan-kehalusan objek target (*compactness-smoothness*). Nilai-nilai yang dijadikan input tidak memiliki ketetapan atau aturan yang baku. Sehingga proses segmentasi perlu dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan hasil segmen yang dapat menyamai batas objek pada citra. Berdasarkan simulasi sistematis, diperoleh kombinasi parameter segmentasi yang optimal sebagai berikut: bobot saluran semua 1, skala segmentasi 60, parameter bentuk 0,1, dan parameter kekompakan 0,5.

Hasil segmentasi citra menunjukkan bahwa secara visual batas-batas segmen objek berhimpit dengan batas objek pada citra (**Gambar 5**).

Artinya, parameter segmentasi yang digunakan berhasil mendelineasi objek penutup lahan pada citra dengan efektif. Meskipun demikian, walaupun hasil segmentasi menghasilkan batas segmen yang hampir menyerupai batas objek dari citra secara visual, tetapi ada beberapa objek yang tidak terpisahkan dengan baik. Hal ini cenderung disebabkan adanya objek bertetangga yang seharusnya memiliki batas kelas berbeda, tetapi memiliki karakteristik spektral yang hampir sama. Sebagai contoh, objek lahan terbangun berupa atap bangunan yang memiliki warna (i.e. pantulan spektral) yang hampir sama dengan objek jalan (abu-abu hingga hitam di komposit 732).

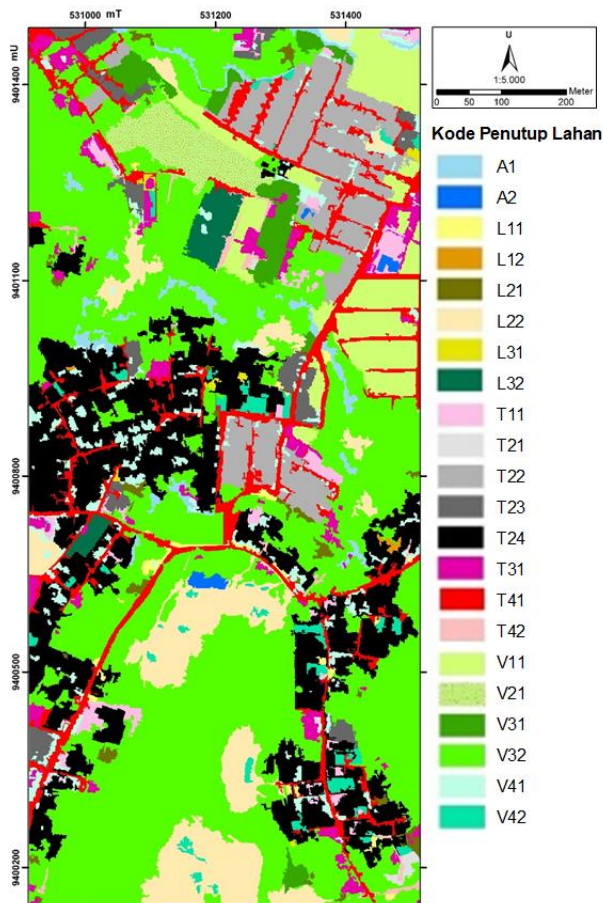


Gambar 5. Batas poligon atau segmen hasil proses segmentasi citra.

Pembuatan peta penutup lahan dengan klasifikasi berbasis objek menggunakan teknik *rule-based*. Pembuatan *rule-based* sama halnya dengan *decision tree* yang memerlukan semacam aturan untuk mengelompokkan data atau dalam hal ini *object information* dari hasil segmentasi citra. Penentuan *object information* yang relevan untuk deteksi dan identifikasi tiap objek penutup lahan dilakukan secara *top-down*, yaitu menggunakan ciri atau karakteristik objek yang diketahui oleh interpreter dari citra WorldView-2 *pan-sharpened* dan kenampakan di lapangan (**Gambar 4**). Skenario proses klasifikasi tersebut kemudian diterapkan secara bertahap untuk mendapatkan kelas penutup lahan detail akhir. Tiap kelas penutup lahan memiliki tingkat kompleksitas rule klasifikasi masing-masing. Sebagai contoh, objek tubuh air hanya membutuhkan 2 level proses klasifikasi, sedangkan kelas lahan terbuka membutuhkan 4 level proses klasifikasi.

Hasil klasifikasi berbasis objek untuk kelas penutup lahan berbasis berdasarkan teknik *rule-based* mampu menghasilkan 22 kelas penutup lahan yang ditargetkan (**Gambar 6**). Proses pada klasifikasi level 1 ditemukan adanya beberapa tumpang tindih informasi secara spektral antara lahan terbuka dan lahan terbangun. Hal ini

disebabkan oleh tingginya variasi informasi spektral dari lahan terbangun karena perbedaan material maupun atap bangunan, sehingga menyulitkan untuk memilih *object information* yang sesuai. Sehingga untuk objek-objek yang mengalami kesalahan klasifikasi (*missclassified*) perlu dilakukan perlakuan spesifik. Kasus khusus juga ditemukan untuk objek vegetasi dan lahan terbangun, dimana keduanya memiliki objek dengan ukuran yang besar dan pada level 1 banyak mengalami *over-segmentation*. Kedua kasus tersebut perlu perlakuan khusus untuk memastikan batas dan kelas utama penutup lahan benar. Pada kasus pertama dilakukan reklasifikasi manual secara minor. Sedangkan untuk kasus kedua dilakukan penggabungan beberapa segmen pada kelas penutup lahan yang sama menjadi satu kelas penutup lahan tersebut yang lebih besar.



Gambar 6. Peta penutup lahan hasil klasifikasi berbasis objek.

Pada level-level klasifikasi berikutnya terdapat beberapa objek yang mudah dan yang sulit dikelaskan. Objek sungai dan kolam daratan keduanya dapat dengan mudah dipisahkan secara langsung pada level 2. Keduanya dipisahkan berdasarkan batas tingkat kecerahan (*brightness*). Kolam daratan memiliki kecerahan tinggi, sedangkan sungai memiliki nilai yang rendah. Pada level 3 dan 4 proses klasifikasi mulai lebih spesifik dan objek semakin sulit untuk dipisahkan. Penyebab

utamanya adalah karena cenderung ditemuinya objek yang saling tumpang tindih informasinya, sehingga dapat mengalami kesalahan klasifikasi. Beberapa objek penutup lahan yang sulit dikelaskan yaitu T11, T22, T23, T31, V11, V31 dan V42.

Uji Akurasi Hasil Klasifikasi Berbasis Objek

Nilai akurasi klasifikasi pada metode *area-based accuracy assessment* didapatkan dari analisis overlay atau tumpang-susun poligon peta penutup lahan antara hasil interpretasi visual dengan hasil klasifikasi berbasis objek (**Tabel 2**). Terdapat empat komponen ukuran yang dihasilkan oleh metode ini, yaitu *user's accuracy* yang menyajikan kesalahan komisi (*commission*) yang mengindikasikan probabilitas objek yang diklasifikasikan pada peta merepresentasikan kategori tersebut di lapangan dengan benar, *producer's accuracy* yang menyajikan kesalahan omisi (*omission*) atau probabilitas segmen objek referensi diklasifikasikan dengan benar (Congalton 1991), *overall quality* yang menunjukkan akurasi area tiap kelas, misalnya dari **Tabel 2** 79,38% dari seluruh area kelas kolam daratan diklasifikasikan dengan benar, dan *overall accuracy* (OA) yang menghitung persentase seluruh area klasifikasi yang benar terhadap area total liputan citra pada penelitian ini (Kamal et al., 2015).

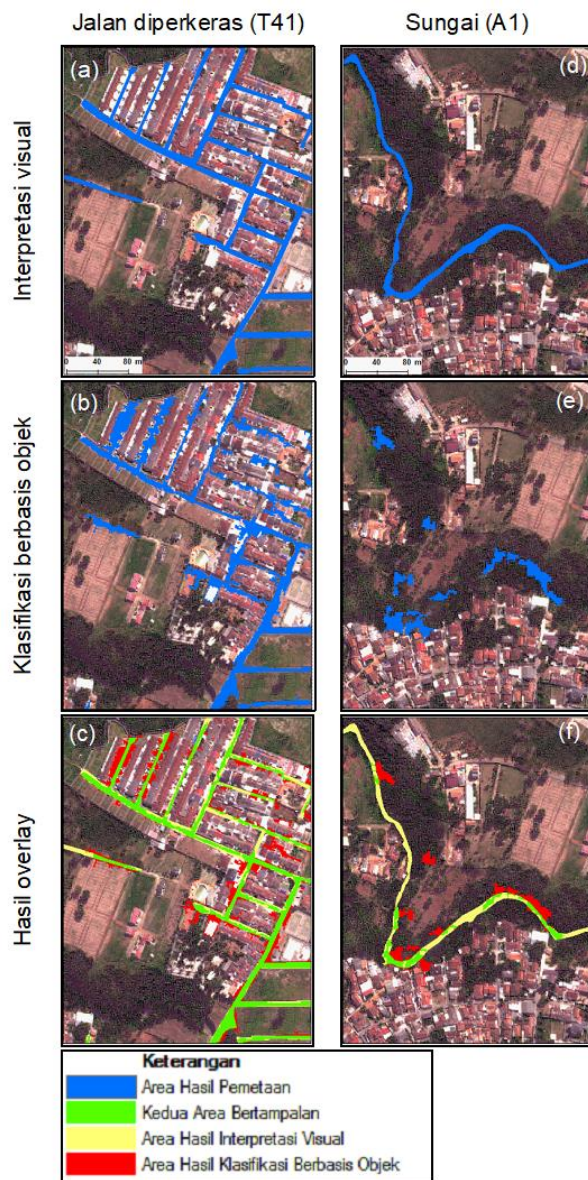
Tabel 2. Hasil uji akurasi kelas penutup lahan melalui *area-based accuracy assessment*.

KodeKelas	User's Accuracy	Producer's Accuracy	Overall Quality	Overall Accuracy
A1	48,94%	40,59%	28,63%	
A2	93,48%	84,03%	79,38%	
L11	64,94%	49,04%	38,77%	
L12	35,27%	58,48%	28,21%	
L21	67,68%	59,12%	46,31%	
L22	88,37%	92,40%	82,84%	
L31	67,93%	55,61%	44,79%	
L32	95,89%	91,12%	87,70%	
T11	85,32%	53,49%	49,06%	
T21	43,99%	66,78%	36,21%	
T22	84,69%	85,70%	74,20%	
T23	71,46%	73,29%	57,13%	71,27%
T24	80,46%	87,62%	72,31%	
T31	62,45%	63,46%	46,32%	
T41	62,75%	68,06%	48,76%	
T42	55,73%	49,36%	35,53%	
V11	91,87%	91,67%	85,42%	
V21	90,36%	88,31%	80,70%	
V31	75,96%	73,82%	59,84%	
V32	91,15%	90,09%	83,14%	
V41	46,99%	52,05%	32,91%	
V42	76,37%	66,59%	55,40%	

Berdasarkan uji akurasi yang dilakukan ditemukan bahwa akurasi masing-masing kelas (*overall quality*) cenderung rendah pada kelas-kelas dengan ukuran poligon yang kecil dibandingkan dengan kelas berpoligon besar. Contoh objek yang memiliki *overall quality* yang kecil (di bawah 50%) dengan ukuran poligon kecil yaitu A1, L11, L12, L21, L31, T11, T21, T31, T42 dan V41. Objek dengan ukuran poligon kecil cenderung hanya sedikit mengalami tumpang atau tumpang tindih antar hasil interpretasi visual dengan klasifikasi berbasis objek, karena memiliki banyak objek-objek kecil yang menyebar. Objek-objek berukuran kecil cenderung mengalami *under-segmentation* atau bergabung pada kelas-kelas yang lebih besar yang mengakibatkan akurasi mengalami penurunan. Semakin kecil objek, maka semakin berpeluang objek tersebut untuk menghasilkan nilai akurasi yang rendah, begitu pula sebaliknya. Akan tetapi, tidak semua kelas objek dengan poligon berukuran kecil menghasilkan akurasi yang rendah (di bawah 50%), yakni pada objek V42 yang memiliki *overall quality* sebesar 55,40%. Objek V42 cenderung bertetangga dengan objek lahan terbuka dan lahan terbangun yang memiliki karakteristik spektral yang berbeda dengan V42, sehingga kecil kemungkinan munculnya *under-segmentation* atau *over-segmentation* pada objek V42. Nilai *overall quality* terbesar dihasilkan oleh kelas L32 yaitu sebesar 87,7%. Besarnya akurasi objek kelas tersebut disebabkan objek ini memiliki ukuran poligon besar dan memiliki bentuk kompak.

Uji akurasi pada seluruh kelas penutup lahan menghasilkan *overall accuracy* sebesar 71,27%. Angka 71,27% tidak mencapai akurasi yang diharapkan, yaitu sekitar 85%. Sehingga klasifikasi berbasis objek pada penelitian ini dianggap belum mampu menyamai akurasi hasil pemetaan interpretasi visual. Rendahnya akurasi yang dihasilkan lebih banyak disebabkan oleh proses segmentasi citra kurang mampu membatasi batas poligon sesuai data referensi (hasil interpretasi visual). Salah satu kelemahan hasil klasifikasi berbasis objek pada penelitian ini yakni batas segmentasi yang dihasilkan secara otomatis, mengakibatkan objek-objek yang pada proses segmentasi tidak dapat didefinisikan pada kelas sesungguhnya. Contohnya, objek jalan yang diperkeras (T41) memiliki pola lurus, pada klasifikasi berbasis objek tidak dapat ditarik garis secara lurus, disebabkan adanya gangguan objek-objek vegetasi yang menutupi informasi spektral dari jalan yang mengganggu hasil segmentasi dari objek jalan (**Gambar 7a-c**). Contoh lainnya, objek sungai (A1) memiliki pola aliran yang dapat diinterpretasi secara visual melalui karakteristik tekstur dan pola. Sedangkan pada klasifikasi berbasis objek, pada beberapa segmen tidak terbentuk segmen sungai, karena tertutup oleh objek-objek vegetasi yang

mengakibatkan segmentasi mengikuti nilai spektral dari objek-objek vegetasi (**Gambar 7d-f**).

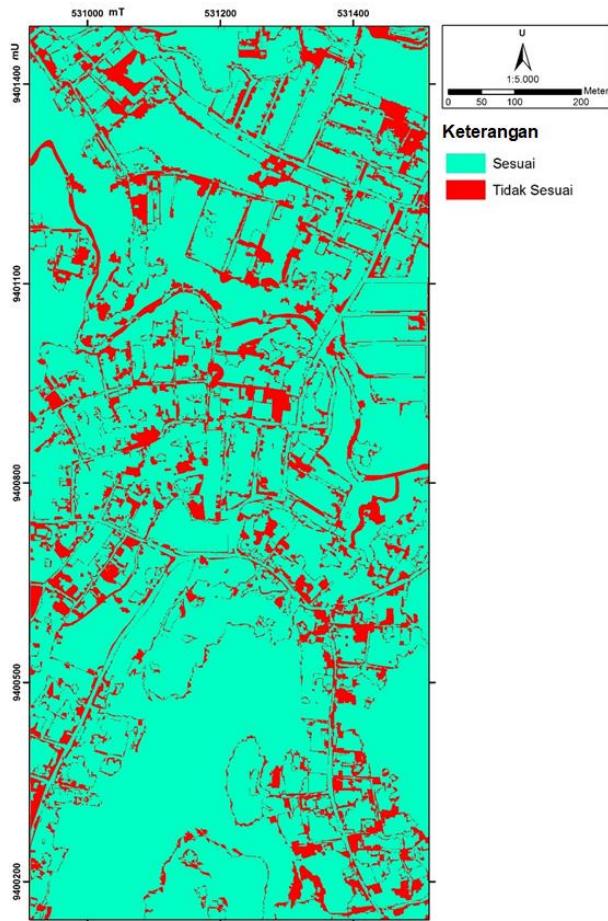


Gambar 7. Hasil overlay antara hasil klasifikasi interpretasi visual dengan klasifikasi berbasis objek pada objek jalan yang diperkeras (T41, a-c) dan objek sungai (A1, d-f).

Perbandingan Hasil Klasifikasi Penutup Lahan

Klasifikasi berbasis objek yang diuji menggunakan *area-based accuracy assessment* pada penelitian ini dapat diterapkan dengan baik untuk mengetahui akurasi dari aspek semantik dan geometrik objek. Untuk dapat melihat efektivitas klasifikasi berbasis objek, maka perlu dilakukan perbandingan kesesuaian hasil klasifikasi penutup lahan terhadap peta referensi (interpretasi visual). Perbandingan dilakukan berdasarkan luas total poligon dari kedua hasil klasifikasi pada masing-masing kelas. Hasil klasifikasi berbasis objek dapat

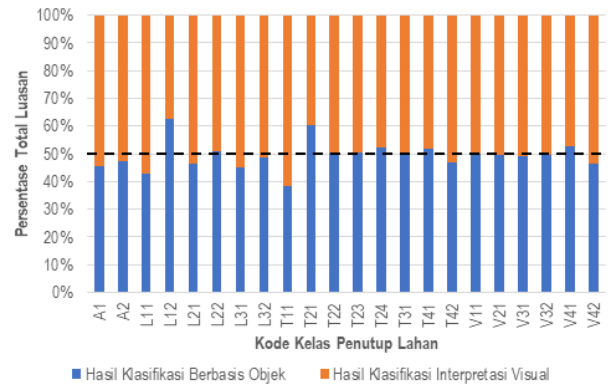
dikatakan efektif apabila memiliki luas poligon yang hampir sama atau tidak jauh berbeda dengan hasil klasifikasi interpretasi visual (**Gambar 8**). Dari peta kesesuaian hasil tersebut dapat diketahui distribusi spasial dan pola kesalahan klasifikasi yang terjadi. Kesalahan klasifikasi berbasis objek beberapa kasus terjadi pada objek tubuh air, lahan terbuka, dan lahan terbangun.



Gambar 8. Peta kesesuaian hasil klasifikasi berbasis objek dengan hasil klasifikasi interpretasi visual.

Untuk dapat membandingkan hasil klasifikasi secara kuantitatif, maka dilakukan perbandingan persentase luasan tiap kelas penutup lahan untuk kedua peta tersebut. **Gambar 9** menunjukkan perbandingan persentase luasan kelas hasil kedua klasifikasi. Jika grafik batang antara kedua peta bertemu pada angka 50% maka kedua peta sesuai 100%. Jika kelas pada klasifikasi berbasis objek nilainya kurang dari 50% maka berarti kelas tersebut *under-classification*, jika sebaliknya maka terjadi *over-classification*. Dari grafik tersebut Sebagian besar hasil klasifikasi berbasis objek mengalami *over-classification* dan *under-classification*, hanya beberapa kelas objek yang mendekati nilai 50%. Hasil klasifikasi berbasis objek yang efektif (mendekati nilai 50%) yaitu, L22, L32, T22, T23, T31, V11, V21, V31 dan V32. Kelas yang paling banyak mengalami *under-classification* yakni T11 atau lahan terbuka yang diperkeras. Kelas ini

mengalami *under-classification* karena cenderung memiliki nilai spektral yang sama dengan atap bangunan (berwarna abu-abu kehitaman di komposit 732). Sedangkan L12 atau lahan terbuka yang dikelilingi bangunan paling banyak mengalami *over-classification*, karena memiliki nilai spektral yang juga sama dengan atap bangunan (berwarna coklat di komposit 732).



Gambar 9. Grafik persentase perbandingan luasan kelas penutup lahan hasil interpretasi visual dan klasifikasi berbasis objek.

Berdasarkan hasil klasifikasi berbasis objek yang dilakukan terdapat beberapa pertimbangan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil akurasi klasifikasi berbasis objek yang menggunakan segmentasi dan metode *rule-based* yaitu, resolusi spasial citra tinggi, saluran-saluran citra yang mampu mengenali objek tertentu secara spesifik, segmentasi yang dipilih benar-benar mampu menghasilkan batas poligon yang sesuai, skema klasifikasi yang digunakan mampu membedakan penutup lahan secara spektral dan spasial, dan pemilihan *object information* yang sesuai dengan karakteristik objek.

Resolusi spasial citra, berkaitan dengan homogenitas objek yang dihasilkan oleh segmentasi. Resolusi citra tinggi akan lebih mampu memisahkan objek dengan baik karena memiliki heterogenitas spektral yang tinggi. Hal ini akan mempengaruhi batas poligon dari segmentasi dan dapat meningkatkan akurasi pemetaan. Resolusi spasial citra sebesar 0,5 meter dianggap masih belum mampu menghasilkan segmentasi yang baik yang menyebabkan hasil segmentasi kurang sesuai dengan data referensi.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut diketahui rendahnya akurasi yang dihasilkan lebih banyak disebabkan segmentasi yang dipilih kurang mampu membatasi batas poligon sesuai data referensi (hasil interpretasi visual). Salah satu kelemahan hasil klasifikasi berbasis objek yang ditemukan pada penelitian ini, yakni batas segmentasi yang dihasilkan secara otomatis mengakibatkan adanya objek-objek yang pada proses segmentasi tidak dapat didefinisikan sesuai kelas sebenarnya.

Tabel 3.Hasil Penelitian dibandingkan Penelitian-Penelitian Sebelumnya.

Peneliti (Tahun)	Citra (Resolusi Spasial)	Jumlah Kelas	Akurasi Semantik	Akurasi Geometrik
Zhan et al. (2005)	TopoSys I (1 m) TopoSys II (1 m) IKONOS (4 m)	2	-	93,1% & 83,3%
Riggan et al. (2009)	SPOT-5 (5 m)	11	82,5%	-
Myint et al. (2011)	Landsat 8 OLI (30 m)	7	90,4%	-
Kamal et al. (2015)	Landsat TM (30 m)	2	-	Landsat TM: 89%, 82%
	ALOS AVNIR-2 (10 m)			ALOS AVNIR-2: 93%, 82%, 46%
Kamal et al. (2015)	WorldView-2 <i>pan-sharpened</i> (0,5 m)	2	-	WorldView-2: 97%, 85%, 53%, 68 %,
	Foto Udara (7,5 cm)			54%
Ramadhani et al. (2015)	LiDAR (2.8 pts/m2)			LiDAR + WV: 94%, 59%, 64%, 53%
Ramadhani et al. (2015)	Foto Udara (10 cm)	4	94,4%	-
Kamal & Johansen (2017)	WorldView-2 <i>pan-sharpened</i> (0,5 m)	2	-	68%
Arrahman & Kamal (2021)/ Penelitian yang dilakukan saat ini	Foto Udara (7,5 cm)			
	WorldView-2 <i>pan-sharpened</i> (0,5 m)	22	-	71,27%

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat dilakukan perbandingan terhadap penelitian-penelitian lain yang sudah dilakukan sebelumnya (**Tabel 3**). Pada **Tabel 3** terdapat kolom Akurasi Geometrik dan Akurasi Semantik. Akurasi geometrik yang dimaksud, yakni uji akurasi dengan memperhitungkan batas-batas deliniasi/poligon yang dihasilkan. Sedangkan yang dimaksud akurasi semantik, yakni uji akurasi dengan memperhatikan isi kelas atau atribut yang dihasilkan pada deliniasi/poligon.

Jika dilihat pada penelitian-penelitian sebelumnya, Zhan et al. (2005) membandingkan klasifikasi multispektral berbasis piksel dan klasifikasi berbasis objek yang dinilai dengan persamaan *similarity*. Riggan et al. (2009) melakukan pemetaan penutup lahan pada klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi multispektral berbasis piksel. Myint et al. (2011) membandingkan klasifikasi berbasis objek dengan klasifikasi multispektral berbasis piksel untuk ekstraksi informasi perkotaan. Kamal et al. (2015) menggunakan tiga citra berbeda resolusi pada penelitiannya, untuk mengetahui jenis *mangrove* apa saja yang dapat dipetakan melalui pendekatan klasifikasi berbasis objek. Ramadhani et al. (2015) memanfaatkan foto udara yang memetakan penutup lahan dengan klasifikasi berbasis objek. Kamal & Johansen (2017) memetakan mahkota pohon *mangrove* secara individu dengan menggunakan klasifikasi berbasis objek dan hasil pemetaan klasifikasi berbasis objek diuji dengan pendekatan *area-based accuracy assessment*.

Berdasarkan perbandingan dengan penelitian-penelitian lain sebelumnya pada **Tabel 3**, penelitian yang menggunakan uji akurasi dengan *area-based accuracy assessment* terdapat pada penelitian Kamal et al. (2015) dan Kamal & Johansen (2017). Apabila dibandingkan dengan banyaknya kelas dan akurasi geometrik yang dihasilkan, nilai *overall accuracy* sebesar 71,27% dapat dikatakan cukup optimis dalam memetakan objek yang memiliki 22 kelas pada hasil klasifikasi berbasis objek, dimana banyaknya kelas cenderung dapat menurunkan *overall accuracy* yang dihasilkan, walaupun akurasi yang dihasilkan belum mampu secara keseluruhan menyamai hasil klasifikasi interpretasi visual.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, klasifikasi berbasis objek mampu untuk memetakan objek penutup lahan skala detil (1:5.000) dengan menggunakan kunci-kunci pengenalan objek, yaitu rona, warna, tekstur, pola, bentuk, ukuran, situs, dan asosiasi. Setiap kelas penutup lahan memiliki karakteristik kunci pengenalan objek dan memiliki level kompleksitas identifikasi yang berbeda. Sebanyak 22 kelas penutup lahan berhasil dipetakan menggunakan *rule-based classification*.

Hasil uji akurasi menggunakan *area-based accuracy assessment* menunjukkan bahwa akurasi masing-masing kelas (*overall quality*) cenderung rendah pada kelas penutup lahan dengan ukuran poligon yang kecil karena cenderung mengalami *under-segmentation*. Nilai *overall accuracy* hasil klasifikasi berbasis objek sebesar 71,27%. Angka ini menunjukkan bahwa hasil klasifikasi berbasis objek

pada penelitian ini belum mampu menyamai akurasi hasil klasifikasi interpretasi visual.

Faktor utama yang menyebabkan rendahnya nilai tersebut adalah ketidakakuratan pada proses segmentasi citra dan karakteristik objek kelas penutup lahan yang saling tumpang tindih pada level proses klasifikasi yang tinggi. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada penentuan parameter segmentasi yang lebih optimal untuk pemetaan penutup lahan skala detil dan penggunaan citra penginderaan jauh yang lebih tinggi resolusi spasialnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada (1) Digital Globe Foundation yang telah memberikan akses data citra WorldView-2, (2) Yusron Hidayat Ridho yang telah membantu kerja lapangan, (3) Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas geografi, Universitas Gadjah Mada atas fasilitas peralatan penelitian dan laboratorium untuk mendukung penelitian ini, dan (4) reviewer jurnal atas kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan manuskrip makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Heynen, M., Höltje, A., Hoffmann, P.,..... & Willhauck, G. (2004). eCognition: User Guide 4: *Definiens Imaging GmbH. Germany: Munchen.*
- Bhatta, B. (2013). *Research methods in remote sensing.* Berlin: Springer.
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- Blaschke, T., Hay, G. J., Kelly, M., Lang, S., Hofmann, P., Addink, E., Queiroz Feitosa, R., van der Meer, F., van der Werff, H., van Coillie, F., & Tiede, D. (2014). Geographic Object-Based Image Analysis - Towards a new paradigm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 87, 180–191. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.09.014>
- Campbell, J. B., & Wynne., R. H. (2011). Introduction to Remote Sensing FIFTH EDITION. In *Uma ética para quantos?* <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Congalton, R G, & Green, K. (2009). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. In *The Photogrammetric Record* (Vol. 2, Issue 130). https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2010.00574_2.x
- Congalton, Russell G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1), 35–46.
- Danoedoro, P. (2009). Land-use Information from the Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning. *Saarbrücken: Lambert Academic Publishing.*
- Doyle, F. J. (1975). Cartographic presentation of remote sensor data. *Manual of Remote Sensing, American Society of Photohrammetry*, 2, 1078.
- Filho, R. A., Vitorello, Í., Sant, L., & Bins, A. (1997). *Application of Image Merging, Segmentation and Region-Classification Techniques As a New Approach for the Detailed Thematic Mapping of Soil-Vegetation Assemblages.* 27(2), 207–210.
- Hay, G. J., & Castilla, G. (2008). Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. In *Object-based image analysis* (pp. 75–89). Springer.
- Huang, H., Chen, Y., Clinton, N., Wang, J., Wang, X., Liu, C., Gong, P., Yang, J., Bai, Y., & Zheng, Y. (2017). Mapping major land cover dynamics in Beijing using all Landsat images in Google Earth Engine. *Remote Sensing of Environment*, 202, 166–176.
- Jia, K., Wei, X., Gu, X., Yao, Y., Xie, X., & Li, B. (2014). Land cover classification using Landsat 8 Operational Land Imager data in Beijing, China. *Geocarto International*, 29(8), 941–951. <https://doi.org/10.1080/10106049.2014.894586>
- Kamal, M., & Johansen, K. (2017). Explicit area-based accuracy assessment for mangrove tree crown delineation using Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA). *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications VIII*, 10428, 17. <https://doi.org/10.1117/12.2278179>
- Kamal, M., Phinn, S., & Johansen, K. (2015). Object-based approach for multi-scale mangrove composition mapping using multi-resolution image datasets. In *Remote Sensing* (Vol. 7, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/rs70404753>
- Laben, C. , & Brower, B. . (2000). Process for enhancing the spatial resolution of multispectral imagery using pan-sharpening. *United States Patent* 6, 11, 875. [https://doi.org/10.1074/JBC.274.42.30033.\(51\)](https://doi.org/10.1074/JBC.274.42.30033.(51))
- Mathieu, R., Aryal, J., & Chong, A. K. (2007). Object-based classification of Ikonos imagery for mapping large-scale vegetation communities in urban areas. *Sensors*, 7(11), 2860–2880.
- Morgan, J. L., Gergel, S. E., & Coops, N. C. (2010). Aerial Photography: A Rapidly Evolving Tool for Ecological Management. *BioScience*, 60(1), 47–59. <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.1.9>
- Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., & Weng, Q. (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(5), 1145–1161. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.12.017>
- Navulur, K. (2006). *Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm.* CRC press.
- Prasad, R. K., Sinha, A. K., & Ranjan, K. R. (2002). Visual Interpretation of FCC Image for Land Use & Land Cover Mapping. *SICE Annual Conference Program and Abstracts SICE Annual Conference 2002*, 462.
- Ramadhani, Y. H., K, A. P., & Susanti, R. (2015). *Pemetaan Pulau Kecil Dengan Pendekatan Berbasis Objek Menggunakan Data Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Studi Kasus di Pulau Pramuka , Kepulauan Seribu (Small Island Mapping with Object Based Approach Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Data : Case Stud.* 125–134.
- Riggan, N. D., Weih, R. C., & Weih, R. C. (2009). Comparison of Pixel-based versus Object-based Land Use/Land Cover Classification Methodologies A Comparison of Pixel-based versus Object-based

- Land Use/Land Cover Classification Methodologies. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 63(63), 145–152. <http://scholarworks.uark.edu/jaas%0Ahttp://scholarworks.uark.edu/jaas/vol63/iss1/18>
- Rujoiu-Mare, M.-R., & Mihai, B.-A. (2016). Mapping Land Cover Using Remote Sensing Data and GIS Techniques: A Case Study of Prahova Subcarpathians. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 244–255. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.029>
- Zhan, Q., Molenaar, M., Tempfli, K., & Shi, W. (2005). Quality assessment for geo-spatial objects derived from remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(14), 2953–2974.