

Studi Komparasi Teknik Klasifikasi berbasis Objek terhadap Citra Resolusi Spasial Menengah dan Tinggi untuk Pemetaan Tutupan Lahan di Sebagian Kabupaten Kulonprogo

Erisa Ayu Waspadi Putri^{1*}, Projo Danoedoro², Moh. Nur Farda²

¹Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura Pontianak

²Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,

Email koresponden : *erisaawp@fahutan.untan.ad.id, 081352648368

Submit : 2023-01-16 Direvisi: 2023-02-16 Accepted: 2023-08-16

©2024 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

©2024 by the authors. Majalah Geografi Indonesia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Abstrak Tingginya kebutuhan informasi tutupan lahan dalam berbagai sektor perencanaan dapat disediakan secara *time-and-cost effective* melalui analisa citra penginderaan jauh, diantaranya menggunakan OBIA (*object based image analysis*). Teknik tersebut banyak diterapkan pada berbagai macam citra, baik resolusi spasial tinggi maupun menengah. Namun studi komparasi pada citra resolusi spasial yang berbeda masih belum banyak dilakukan secara comparable, dimana umumnya terdapat banyak perbedaan variable komparasinya. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan secara langsung penerapan OBIA terhadap resolusi spasial citra yang berbeda dengan membatasi variable berpengaruh terhadap akurasi, diantaranya: klasifikasi jenis tutupan lahan, saluran masukan citra, dan kriteria serta teknik klasifikasi OBIA. Berdasarkan studi komparasi, diketahui bahwa penggunaan Pleiades memberikan akurasi yang lebih tinggi dibanding Landsat-8 OLI namun memerlukan strategi klasifikasi yang lebih rumit. Sedangkan ditinjau dari overall accuracy dan indeks kappa, disimpulkan bahwa OBIA mampu memberikan akurasi hasil yang termasuk dalam *acceptable thresholds* untuk derivasi tutupan lahan menggunakan citra resolusi spasial tinggi ataupun menengah.

Kata kunci: tutupan lahan, OBIA, Pleiades, Landsat-8 OLI, Akurasi

Abstract The high demand for land cover information for vast planning sectors could be provided in *time-and-cost-effective* techniques using remote sensing image analysis, including employing OBIA (*object based image analysis*). The technique is widely applied to various kinds of imageries, for high and medium spatial resolution as well. However, comparative studies on the usage of different spatial resolution imageries have not been carried out in a comparable condition, where several variables could be in different terms. The study aims to straightly compare OBIA's application in diverse spatial resolution of imagery by limiting the affecting variables to its accuracy, including classification of land cover schemes, imagery channels input, and OBIA's criteria and techniques. The comparative study reveals the usage of Pleiades provides higher accuracy than Landsat-8 OLI but requires a more complicated classification strategy. Meanwhile, the overall accuracy and kappa index of both maps exposes that OBIA could provide scientifically acceptable accurate land cover maps derived from both high and medium spatial resolution imagery.

Keywords: Land cover, OBIA, Pleiades, Landsat-8 OLI, Accuracy

PENDAHULUAN

Tutupan lahan merupakan informasi tematik penting yang diperlukan dalam berbagai sektor perencanaan pembangunan, kebencanaan, maupun pemodelan biofisik lahan. Hal tersebut dikarenakan informasi tutupan lahan merupakan salah satu variable dinamis yang menunjukkan interaksi antara aktivitas sosial ekonomi manusia dengan perubahan lingkungan (Rojoiu-Mare & Mihai, 2016). Variable tersebut seringkali menjadi indikator penting dalam berbagai pemodelan sebagai upaya memahami berbagai proses alami dan buatan yang terjadi (Lam, 2018). Variabel tutupan lahan juga merupakan pendekatan dasar dalam penurunan variable biofisik lahan terkait dengan vegetasi dan kehutanan, pemodelan kebencanaan, dan pengelolaan sumber daya alam (Dwiputra, et al., 2016; Rujoiu-Mare & Mihai, 2016).

Banyaknya manfaat dari informasi tutupan lahan berakibat pada tingginya kebutuhan akan informasi tersebut dalam berbagai bidang kepentingan, tidak terkecuali bidang kehutanan. Salah satu teknologi yang umum digunakan untuk menyediakan informasi tersebut adalah menggunakan pendekatan interpretasi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh dapat digunakan dalam ekstraksi data dan informasi lahan secara efektif dan efisien karena penginderaan jauh dapat mencakup area *coverage* yang luas, frekuensi perekaman yang sering serta perkembangan resolusi spasial maupun spectral yang memadai (Zylshal, et al., 2016) untuk mengidentifikasi jenis tutupan lahan. Sedangkan pada prosesnya, ekstraksi informasi tutupan lahan melalui citra penginderaan jauh dapat dilakukan secara visual (Kosasih, et al., 2019), digital (Putri, et al., 2019), maupun *hybrid*.

Klasifikasi berbasis objek (OBIA-*Object Based Image Analysis*) merupakan salah satu teknik yang mengalami perkembangan pesat dan banyak digunakan untuk ekstraksi informasi tutupan lahan (Zylshal, et al, 2016). OBIA merupakan proses ekstraksi informasi citra yang terdiri atas dua tahapan utama yakni segmentasi dan klasifikasi. Dalam proses tersebut, aspek yang dipertimbangkan tidak hanya nilai piksel yang direpresentasikan dalam *Digital Number* (DN) saja, melainkan juga melibatkan aspek spasial seperti informasi topologis (informasi ketetanggaan, kontekstual) dan aspek geometris (seperti bentuk, ukuran, tekstur) dari segmen objek (Putri & Danoedoro, 2019). Sehingga OBIA mampu mengurangi kemungkinan efek “salt-and-pepper” sebagai salah satu kekurangan utama dari hasil klasifikasi multispectral yang berbasis piksel individual.

Merujuk dari berbagai literatur tentang awal mula penggunaan OBIA dalam menderivasi informasi tutupan lahan, metode tersebut umumnya diterapkan pada citra dengan resolusi spasial tinggi (Widyastuti, et al., 2019; Putri & Wicaksono, 2021). Namun seiring perkembangannya, beberapa penelitian terkait juga mulai menerapkan teknik tersebut pada citra dengan resolusi spasial menengah seperti ASTER (Adam, et al., 2016) dan Landsat (Robertson & King, 2011). Terkait dengan referensi yang menerapkan teknik klasifikasi tersebut pada berbagai resolusi spasial citra penginderaan jauh, Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan nilai akurasi dari hasil klasifikasi berbasis objek pada citra resolusi yang berbeda. Teknik OBIA diterapkan untuk memperoleh informasi tutupan lahan pada citra Pleiades dan Landsat dengan variable kontrol yakni menggunakan teknik dan skema klasifikasi yang sama terhadap dua citra tersebut. Studi komparasi dalam penelitian ini dilakukan untuk menilai apakah teknik klasifikasi berbasis objek cukup baik diterapkan dan dapat mencapai *acceptable threshold* untuk pemetaan tutupan lahan.

METODE PENELITIAN

Data dan wilayah kajian

Studi komparasi penerapan teknik klasifikasi berbasis objek (OBIA) pada variasi resolusi spasial citra dilakukan pada daerah penelitian yakni sebagian wilayah Kabupaten Kulonprogo dan Sleman seperti ditunjukkan oleh kotak merah pada gambar 1. Pada area kajian tersebut, interpretasi

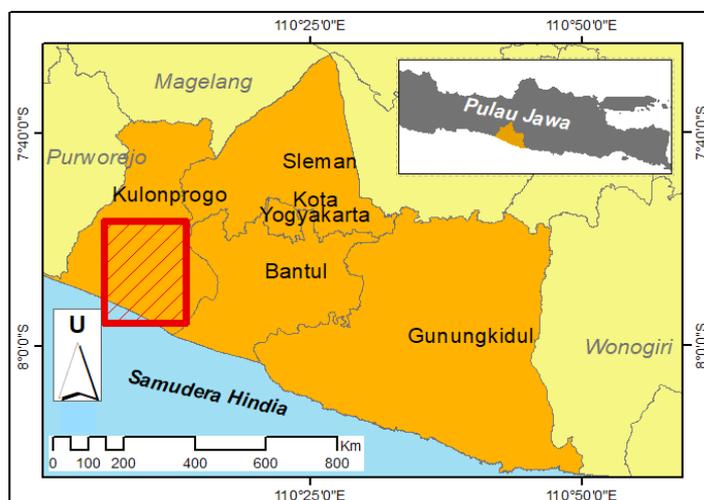
dilakukan terhadap citra Landsat-8 OLI perekaman 05 Mei 2018 dan citra Pleiades perekaman 27 April 2018 yang telah dilakukan tahap *pre-processing* citra. Citra Landsat diperoleh dengan mengunduh pada laman resmi *usgs*, sedangkan Pleiades diperoleh melalui pengajuan permohonan data kepada LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Negara).

Pre-processing dan klasifikasi berbasis objek

Tahap *pre-processing* yang diterapkan adalah: a) koreksi radiometrik sederhana menggunakan teknik *Dark Object Subtraction* (DOS) terhadap kedua citra; b) koreksi geometric dengan teknik *image to map* menggunakan 11 GCP (*Ground Control Point*) dengan algoritma *nearest neighbor* (Danoedoro, 2012) pada citra Pleiades; serta c) *masking* awan pada kedua jenis citra. Ketiga tahap *pre-processing* secara sederhana tersebut dipilih untuk meminimalisasi terjadinya bias ataupun kesalahan-kesalahan yang dapat menjadi variable penyebab menurunnya nilai akurasi hasil klasifikasi yang akan dilakukan. Oleh karena banyak variabel yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya akurasi hasil klasifikasi dan netralitas studi komparasi, penelitian ini berupaya meminimalisir hal-hal tersebut dengan membatasi 3 macam variabel.

Variable tersebut yakni jenis kelas objek tutupan lahan, saluran masukan citra; serta penggunaan teknik klasifikasi. Kelas objek yang digunakan dalam penelitian ini mengacu skema klasifikasi dimensi spasial oleh Danoedoro (2012) dimana telah disesuaikan dengan keberadaannya pada area kajian sebagaimana ditunjukkan pada table 1. Saluran masukan yang digunakan dalam *processing* kedua jenis citra yakni terbatas hanya saluran *visible* dan Inframerah dekat, meski Landsat-8 OLI memiliki berbagai macam saluran lainnya. Sedangkan teknik klasifikasi berbasis objek yang diterapkan pada kedua jenis data adalah *multiresolution classification* melalui *eCognition Developer*.

Secara teknis, algoritma *multi-resolution segmentation* diterapkan untuk proses segmentasi dengan memperhatikan 4 kriteria pertimbangan mengacu pada Hussein (2016) sebagaimana dipaparkan pada table 2. Pada proses tersebut, pengaturan parameter klasifikasi dilakukan secara *trial and error* melalui beberapa kali percobaan sehingga dihasilkan segmen objek yang representative untuk citra Landsat-8 OLI maupun Pleiades. Hal tersebut dilakukan karena tidak adanya



Gambar 1. Wilayah kajian dalam penelitian *Pre-processing* dan klasifikasi berbasis objek

Tabel 1. Jenis tutupan lahan yang menjadi acuan dalam penelitian

Kode	Kelas Objek
S11	Laut
S12	Danau
S13	Sungai dan saluran air
S21	Lahan dengan tutupan vegetasi yang penuh
S22	Lahan berpola (contoh: sawah ataupun ladang)
S24	Kenampakan vegetasi lain dengan bentuk yang spesifik (contoh: jalur hijau di pinggir jalan raya)
S31	Lahan terbuka di kawasan pesisir
S41	Lahan terbangun, baik yang terisolasi maupun tidak
S43	Lahan terbangun dengan bentuk memanjang (misal: jalan)

Sumber: Danoedoro, (2012) dengan penyesuaian

Tabel 2. Kriteria pertimbangan yang digunakan sebagai dasar dalam proses analisis berbasis objek

No	Kriteria Pertimbangan	Keterangan
1	Minimum Mapping Unit (MMU)	3 x 3 piksel, atau sekitar 8100 m ² untuk citra Landsat-8 OLI beresolusi spasial 30 m dan sekitar 36 meter ² untuk Pleiades.
2	Skema klasifikasi	Mengacu pada skema dimensi spasial yang dikembangkan oleh Danoedoro (2009), dimana hasil segmentasi harus dapat memunculkan kelas objek yang menjadi acuan seperti pada table 1.
3	Saluran masukan	Menggunakan saluran yang dimiliki kedua citra, dimana saluran yang cenderung memiliki karakteristik sama diberi bobot 0.5 pada salah satu saluran yang cenderung mirip. Pada penelitian ini, saluran yang diberi bobot 0,5 adalah saluran <i>coastal</i> (yang cenderung mirip dengan saluran biru) dan SWIR 2 (yang cenderung mirip saluran SWIR 1) pada citra Landsat-8 OLI.
4	Nilai parameter algoritma segmentasi	Dilakukan proses <i>trial and error</i> atas pengaturan nilai dari 5 parameter segmentasi (bobot saluran masukan, nilai skala, warna, bentuk, kekompakan, dan kehalusan) sehingga dihasilkan segmen yang representatif terhadap kelas objek tutupan lahan.

Sumber: Lunetta & Knight, 2003; Hussein, 2016 (dengan penyesuaian)

aturan baku mengenai nilai parameter segmentasi yang harus ditetapkan dalam upaya ekstraksi informasi spesifik menggunakan suatu jenis citra, termasuk dalam derivasi informasi tutupan lahan (Ranasinghe, 2006 dalam Danoedoro, 2009).

Terhadap hasil segmen objek pada tahap sebelumnya, selanjutnya dilakukan proses klasifikasi. Teknik klasifikasi yang diterapkan dalam penelitian ini yakni kombinasi antara *sample based* dan *ruleset classification*. Klasifikasi berbasis *sample* diterapkan pada beberapa kelas objek yang memiliki karakter spesifik yang parameter segmennya (seperti *threshold* dari *mean*, *standard deviation*, *length*, ataupun *border index*) cenderung sulit untuk diidentifikasi. Sedangkan *ruleset* sederhana dibangun untuk terlebih dahulu mengklasifikasi segmen objek kelas lain yang karakteristiknya relatif mudah diidentifikasi. Terhadap kedua teknik tersebut, klasifikasi selanjutnya dijalankan menggunakan algoritma KNN (*K-Nearest Neighbors*) yang dianggap memberikan hasil yang lebih baik berdasarkan penelitian Therany *et al* (2014, dalam Ma, *et al.*, 2017).

Penilaian akurasi

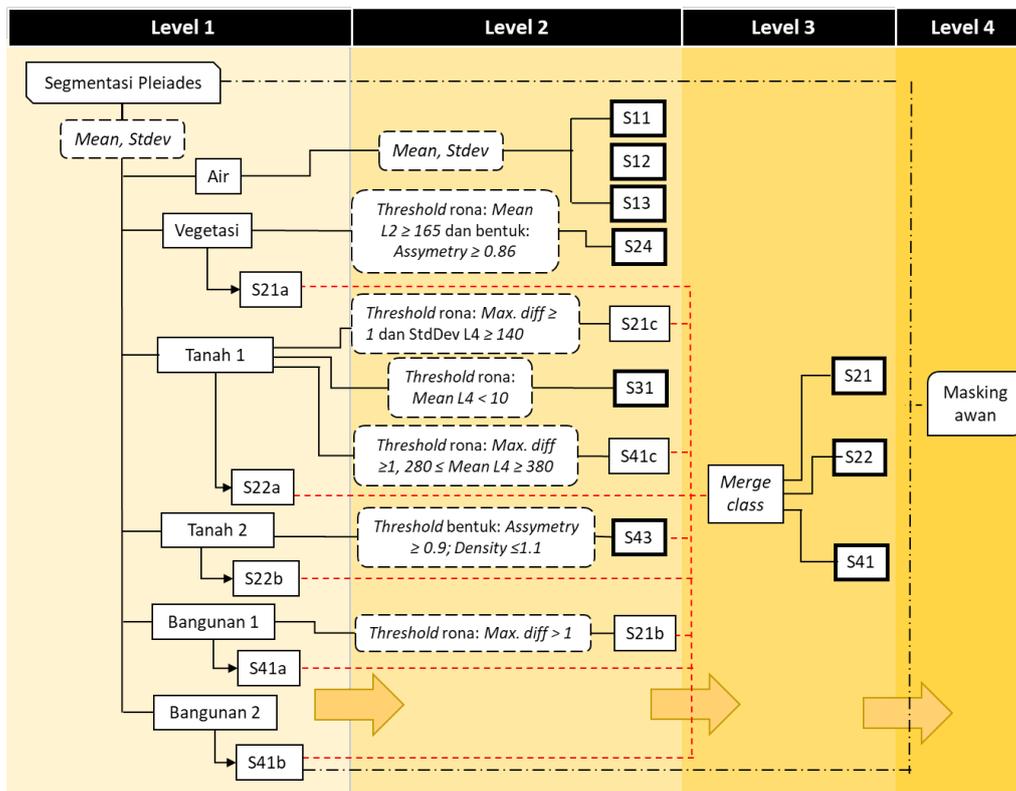
Analisa akurasi hasil klasifikasi atas citra Pleiades dan Landsat-8 OLI dilakukan menggunakan *error matrix* berdasarkan 81 poligon sampel lapangan yang dikumpulkan dengan teknik *stratified random sampling* dengan berdasar pada variasi kelas tutupan lahan. Kegiatan lapangan yang digunakan dasar dalam penilaian akurasi hasil interpretasi dilakukan pada bulan April tahun 2019. Guna meminimalisasi

perubahan tutupan lahan akibat deviasi antara tahun perekaman citra dengan pelaksanaan *ground check*, pada proses survey lapangan dilakukan juga wawancara terhadap masyarakat sekitar sebagai verifikasi perbedaan hasil klasifikasi dengan jenis tutupan lahan dilapangan. Sehingga perbedaan jenis tutupan lahan antara peta hasil dengan kondisi nyata di lapangan murni disebabkan karena kesalahan proses klasifikasi citra, bukan karena adanya perubahan penutup lahan selama 1 tahun tersebut.

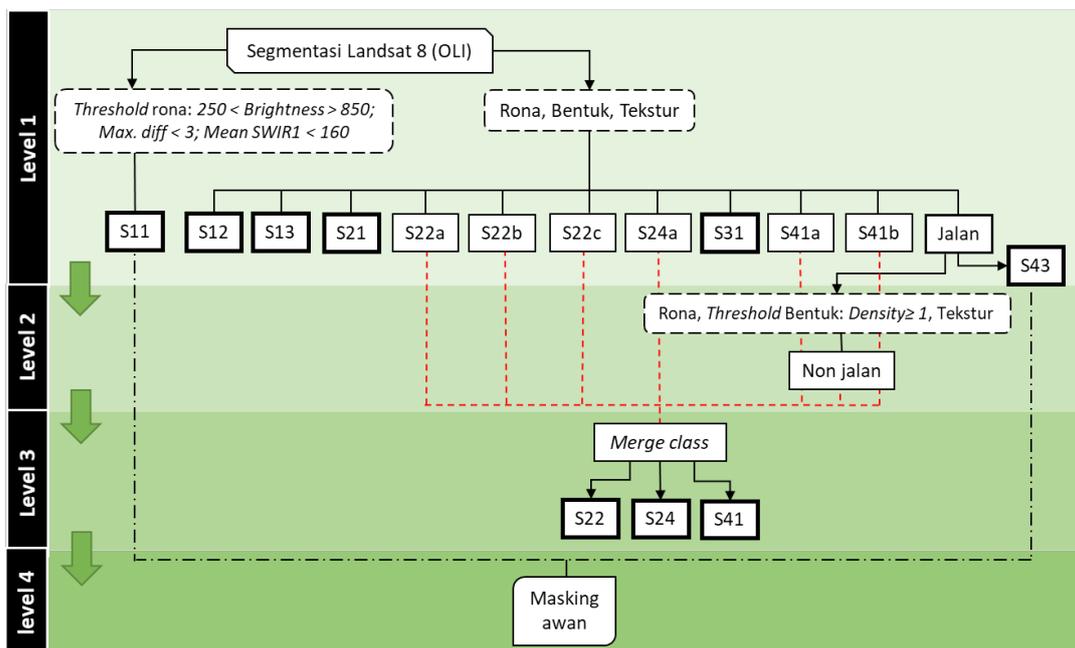
HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik Klasifikasi Berbasis Objek

Segmentasi terhadap citra Pleiades dan Landsat-8 dilakukan dengan *trial error* pengaturan terhadap empat macam nilai input parameter. Keepat parameter tersebut yakni: 1) bobot saluran yang digunakan, 2) skala (*scale*), 3) bentuk (*shape*) yang mempengaruhi nilai warna (*colour*), serta 4) kekompakan (*compactness*) yang mempengaruhi nilai kehalusan (*smoothness*). Hasil segmentasi kombinasi parameter terbaik selanjutnya dievaluasi secara kualitatif dengan membandingkan hasil segmentasi untuk lima kenampakan objek utama yakni (a) jalan, (b) vegetasi, (c) sungai, (d) lahan terbangun, dan (e) sawah untuk meminimalisasi *over* dan *under-segmented*. Hasil kombinasi parameter skala, bentuk, dan kekompakan terbaik untuk citra Pleiades adalah 70, 0.6, dan 0.5. Sedangkan untuk citra Landsat-8 OLI, kombinasi parameter terbaik dari hasil percobaan yang dilakukan adalah 40, 0.3, dan 0,5.



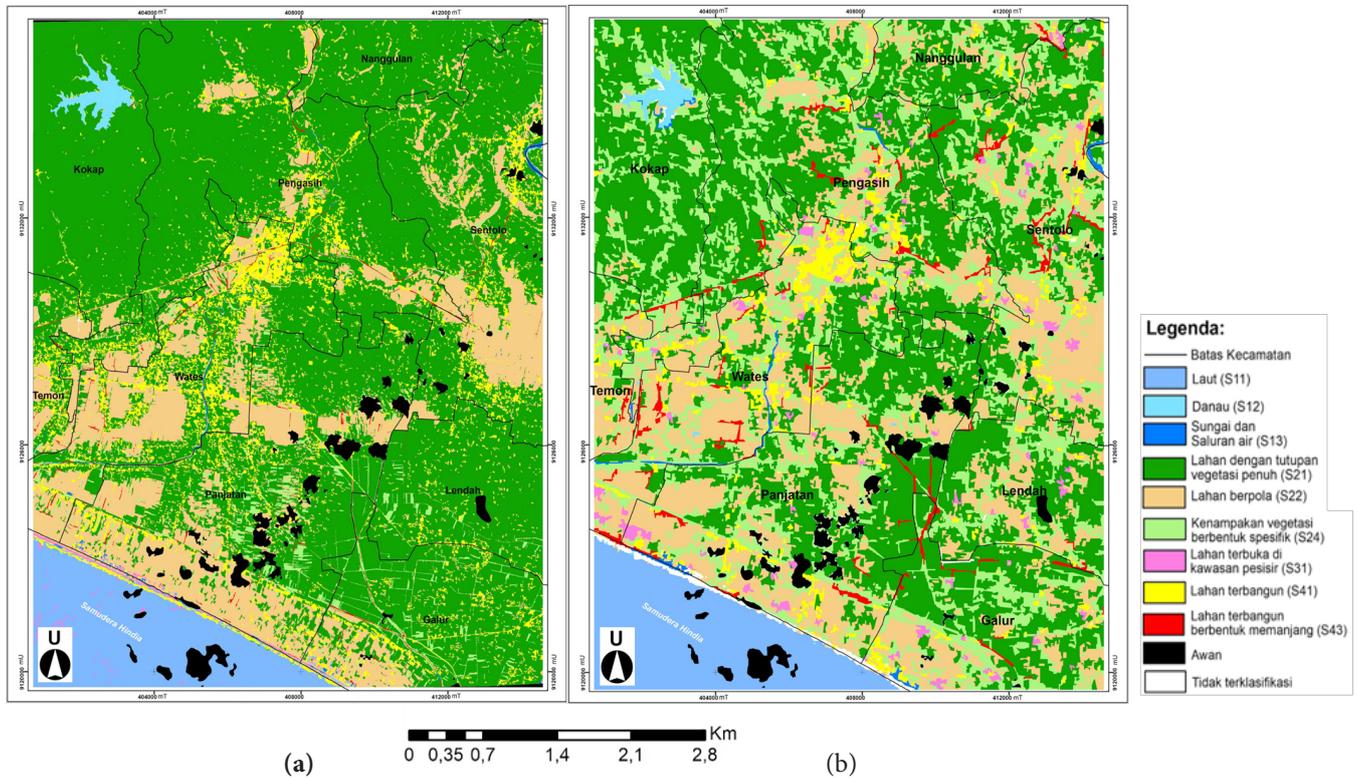
Gambar 2. Strategi klasifikasi multiresolusi untuk identifikasi tutupan lahan menggunakan citra Pleiades
(Sumber: Analisa data, 2019)



Gambar 3. Strategi klasifikasi multiresolusi untuk identifikasi tutupan lahan menggunakan citra Landsat-8 OLI
(Sumber: Analisa data, 2019)

Terhadap kedua hasil segmentasi terbaik, selanjutnya dilakukan klasifikasi secara multi-level dengan 4 tahapan. Seperti ditunjukkan pada gambar 2 dan 3, pada level pertama terdapat perbedaan orientasi klasifikasi atas citra Pleiades dan Landsat-8 OLI. Secara umum, strategi klasifikasi yang digunakan pada citra Pleiades pada dasarnya bersifat lebih kompleks dibandingkan pada citra Landsat-8 OLI. Meski dilakukan pada jumlah level yang sama, namun teknis pelaksanaan klasifikasi untuk kedua citra tersebut memiliki

perbedaan cukup signifikan. Klasifikasi pada citra Pleiades dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan identifikasi objek general menggunakan parameter *mean* dan *standard deviation* dimana akan untuk dispesifikasikan pada level selanjutnya. Sedangkan pada citra Landsat-8 OLI, klasifikasi dapat dilakukan secara serentak untuk kelas objek spesifik menggunakan parameter rona, bentuk, tekstur serta pengaturan *rule* untuk objek laut (S11).



Gambar 4. Komparasi hasil klasifikasi tutupan lahan berbasis objek menggunakan citra (a) Pleiades dan (b) Landsat-8 OLI (Sumber: Analisa data, 2019)

Klasifikasi level 2 citra Pleiades dilakukan dengan menggunakan parameter yang lebih kompleks lagi daripada level 1, yakni pengaturan *rule* seperti ditunjukkan pada skema gambar 2. Pada tahapan tersebut, interpreter perlu secara teliti melakukan identifikasi terhadap masing-masing kelas objek untuk merumuskan *rule* yang selanjutnya diterapkan pada *scene* AOI (*area of interest*) citra. Sedangkan pada Landsat-8 OLI, perumusan *rule* hanya perlu dilakukan untuk memisahkan objek jalan dan non jalan menggunakan parameter seperti ditunjukkan pada skema gambar 3. Dalam klasifikasi berbasis objek, penentuan *rule* tersebut menjadi tahapan kunci yang sangat menentukan keterpisahan objek hasil klasifikasi. Sehingga tahapan tersebut menjadi tahapan kunci dalam klasifikasi berbasis objek, terutama *rule-based*. Selibhnya pada level 3 dan 4 klasifikasi kedua data tersebut, dilakukan reklasifikasi dan masking awan. Reklasifikasi ditujukan untuk menggabungkan ataupun mempertahankan kelas objek sehingga sesuai dengan skema klasifikasi (table 1). Sedangkan *masking* awan dilakukan untuk menyamakan *area of interest* cakupan kedua data; dimana objek awan diperoleh dari *cloud coverage* citra Landsat-8 OLI.

Komparasi Hasil Klasifikasi

Hasil eksekusi klasifikasi berbasis objek ditunjukkan pada gambar 4 (a) untuk citra Pleiades dan (b) Landsat-8 OLI. Secara umum, 9 kelas objek pada skema klasifikasi yang digunakan dapat diidentifikasi dengan baik melalui kedua jenis citra. Namun nampak perbedaan signifikan dari kekasaran hasil klasifikasi seperti ditunjukkan gambar 4 (a) dan (b). Oleh karena resolusi spasial kedua citra tersebut berbeda secara signifikan, hasil klasifikasi Pleiades nampak lebih jelas dan *smooth* dibandingkan dengan Landsat. Pada gambar 4 (a), hampir seluruh kelas objek terklasifikasi dengan baik sehingga pola-pola spasial nampak lebih menonjol.

Menonjolnya kenampakan pola spasial terutama ditunjukkan oleh kelas S24 yang secara rapi mengikuti kenampakan linear seperti jalan, sungai ataupun saluran irigasi. Pada hasil klasifikasi menggunakan Pleiades, kelas vegetasi *full coverage* (S21) dan kelas vegetasi berbentuk spesifik (S24) dapat dikategorikan dengan sangat baik meskipun secara visual kedua kelas tersebut sulit dibedakan berdasarkan rona/warnanya. Hal tersebut menunjukkan bahwa parameter bentuk berupa *asymmetry* dapat digunakan sebagai kunci interpretasi untuk memisahkan kedua objek tersebut. Selain kelas objek terkait vegetasi, lahan terbuka pada Kawasan pesisir mampu diidentifikasi dengan sangat baik pada proses tersebut. Pada Peta 7, kelas S31 nampak berpola memanjang mengikuti hampir sepanjang Kawasan pesisir pada wilayah kajian. Sedangkan objek yang sama tidak mampu teridentifikasi dengan baik pada Peta 8, meskipun pada prosesnya telah melibatkan banyak parameter spasial yang termasuk dalam kategori bentuk dan tekstur menggunakan citra Landsat-8 OLI. Kelas S31 justru nampak pada beberapa segmen objek diantara kenampakan lahan berpola (S22), sehingga dapat diperkirakan bahwa kedua kelas tersebut memiliki kecenderungan yang mirip pada beberapa *feature objects* yang digunakan.

Analisis kuantitatif menggunakan *confusion matrix* dilakukan untuk mengetahui besaran akurasi hasil klasifikasi dari masing-masing jenis citra. Rekapitulasi analisis perhitungan tersebut ditunjukkan pada table 3. Berdasarkan hasil analisis tersebut, diketahui bahwa Pleiades menghasilkan *overall accuracy* yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan OBIA terhadap Landsat-8 OLI. Namun demikian, nilai *overall accuracy* hasil dari penggunaan OBIA terhadap Landsat-8 OLI sudah masuk kedalam kategori nilai *acceptable* menurut Sutanto (2013, dalam Wulansari, 2017). Disamping *overall accuracy*, koefisien Kappa masing-masing peta hasil termasuk dalam kategori tingkat kepercayaan tinggi menurut Jensen (2016).

Table 3. Perbandingan perhitungan akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan terhadap citra Pleiades dan Landsat-8 OLI

Kode kelas	Pleiades (%)		Landsat-8 OLI (%)	
	Akurasi produser	Akurasi pengguna	Akurasi produser	Akurasi pengguna
S11	98,5	100,00	100	100
S12	56,5	100,00	52,84	100
S13	45,8	55,80	31,40	69,88
S21	100,0	94,89	87,29	99,51
S22	100,0	76,66	85,25	60,20
S24	21,6	95,42	55,39	24,40
S31	100,0	57,77	0,08	1,99
S41	59,4	86,05	81,57	93,62
S43	33,1	73,94	46,79	32,75
Overall Accuracy (%)		91,07	84,99	
Kappa		0,902	0,838	

Sumber: Analisa data primer, 2019

KESIMPULAN

Penerapan teknik klasifikasi berbasis objek pada citra Pleiades cenderung memiliki tingkat kesulitan yang lebih tinggi dibanding penerapannya terhadap Landsat-8 OLI terutama pada klasifikasi level 1 dan 2. Pada tahap tersebut, interpreter memerlukan kesabaran dan ketelitian yang tinggi dalam menentukan *rule* untuk membedakan kelas objek menggunakan Pleiades. Sedangkan menggunakan Landsat-8 OLI, interpreter tidak banyak berperan dalam menentukan *rule* karena sebagian besar kelas objek dapat terklasifikasi dengan baik menggunakan parameter masukan. Namun dengan semakin kompleksnya proses penentuan *rule*, membuktikan bahwa penggunaan Pleiades mampu memberikan akurasi hasil klasifikasi yang lebih tinggi dibanding dengan Landsat yang memiliki resolusi spasial 30 meter. Meski demikian, nilai *overall accuracy* hasil analisis yang lebih dari 80% dari kedua data menunjukkan bahwa OBIA dapat digunakan untuk menderivasi informasi tutupan lahan melalui citra resolusi spasial tinggi maupun menengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan (LPDP) atas dukungan pendanaan, LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Negara) atas penyediaan data Pleiades yang digunakan dalam penelitian ini, serta saudara Irvan Nurahman Ananda atas sharing dan diskusi teknis dalam pelaksanaan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama mendisain metode penelitian, melakukan analisis data, dan membuat naskah publikasi; **Penulis Kedua** dan **Penulis Ketiga** yakni mensupervisi dan review naskah publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Adam, H. E., Csaplovics, E., & Elhaja, M. E. (2016). A Comparison of Pixel-based and Object-based Approaches for Land Use Land Cover Classification in Semi-Arid Areas, Sudan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (pp. 1-10).

Danoedoro, P. (2009). *Land-Use Information From The Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning*. USA: Lambert Academic Publishing.

Danoedoro, P. (2012). *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Dwiputra, A. J., Suharyadi, & Danoedoro, P. (2016). Pengaruh Jumlah Kelas dan Skema Klasifikasi Terhadap Akurasi Informasi Penggunaan Lahan Hasil Klasifikasi Berbasis Objek dengan Teknik Support Vector Machine di Sebagian kabupaten Kebumen Provinsi Jawa Tengah. *Majalah Geografi Indonesia Vol. 30*, 120 - 133.

Hussein, S. (2016). *Kajian Object Based Image Analysis pada foto udara untuk klasifikasi penutup dan penggunaan lahan skala detil*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Jensen, J. R. (2016). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective 4th Edition*. South Carolina: Pearson Education

Kosasih, D., Saleh, M. B., & Prasetyo, L. B. (2019). Interpretasi Visual dan Digital untuk Klasifikasi Tutupan Lahan di Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 101-108.

Lam, S. (2018). Methodologies for Mapping Land Cover/Land Use and its Change. In . In S. Liang, *Advances in Land Remote Sensing: System, Modeling, Inversion and Application* (pp. 348 - 374). USA: Springer.

Lunetta, R. S., & Knight, J. F. (2003). An Experimental assessment of minimum mapping unit size. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing Volume 41. No.9*, 2132-2134.

Ma, L., Li, M., Ma, X., Cheng, L., Du, P., & Liu, Y. (2017). A Review of Supervised Object-Based Land-cover Image Classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 277-293.

Putri, E. A., & Danoedoro, P. (2016). Comparing per-pixel and object-based classification results using two different land-cover/land-use classification schemes: a case study using Landsat-8 OLI imagery. *Sixth International Symposium on LAPAN-IPB Satellite*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Putri, E. A., Danoedoro, P., & Farda, N. M. (2019). Comparing Land-cover maps accuracies generated from multispectral classification of Landsat-8 OLI and Pleiades images using two different classification schemes. *Sixth Geoinformation Science Symposium*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Putri, L. M., & Wicaksono, P. (2021). Mapping of land use changes in the core zone of Parangtritis Sand dunes using OBIA method 2015-2020. *Jurnal Geografi Vol 13 No. 1*, 109-120.

Robertson, L. D., & King, D. J. (2011). Comparison of Pixel and object-based classification in land cover change mapping. *International Journal of Remote Sensing Volume 32*, 1505-1529.

Rojoiu-Mare, & Mihai. (2016). Mapping Land Cover Using Remote Sensing Data and GIS Techniques: A Case Study of Prahova Subcarpathians. *Procedia Environmental Sciences*, 244 - 255.

Widyastuti, Hartono, & Kurniawan, A. (2019). The use of OBIA for extraction of land cover and land use in the city of Palu. *IOP*

Conference Series: Earth and Environmental Science 485 (pp. 1-12). IOP Publisher.

Wulansari, Harvini. (2017). Uji Akurasi Klasifikasi Penggunaan Lahan Dengan Menggunakan Metode Defuzzifikasi *Maximum Likelihood* berbasis Citra ALOS AVNIR-2. *Jurnal Bhumi* Vol. 3 No. 1, 98-110.

Zylshal, Susanto, H., & Hidayat, S. (2016). Ekstraksi Informasi Penutup Lahan Area Luas dengan metode Expert Knowledge Object-Based Image Analysis (OBIA) pada Citra Landsat 8 OLI Pulau Kalimantan. *Majalah Ilmiah Globe, Volume 18 No. 1*, 09-20.