

Integrasi Lidar dan Citra Satelit Quickbird untuk Ekstraksi Bangunan Menggunakan Metode Klasifikasi Berbasis Objek

Integration of Lidar and Quickbird Imagery for Building Extraction using Object Based Image Classification Method

Tika Christy Novianti

Program Studi Survey dan Pemetaan, Universitas Indo Global Mandiri, Jl. Jendral Sudirman No.629 Km. 4,5, Kota Palembang, Provinsi Sumatera Selatan

*Korespondensi penulis: tika.christy@uigm.ac.id

Diterima: 04112020; Diperbaiki: 24022021; Disetujui: 26022021; Dipublikasi: 07042021

Abstrak: Pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi dalam pemetaan kawasan perkotaan telah sangat banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya untuk ekstraksi bangunan. Terdapat dua pendekatan yang dapat digunakan untuk ekstraksi bangunan dengan menggunakan metode penginderaan jauh yaitu metode klasifikasi berbasis piksel dan metode klasifikasi berbasis objek. Akan tetapi metode klasifikasi berbasis piksel memiliki kelemahan yaitu mengabaikan aspek spasial sehingga dapat mengurangi akurasi dari hasil klasifikasi dan rentan terjadi gangguan salt and pepper yang berdampak pada hasil akurasi. Hal tersebut menyebabkan digunakan klasifikasi berbasis objek dengan metode segmentasi citra menggunakan algoritma multiresolusi pada penelitian ini. Metode segmentasi dengan algoritma multiresolusi memiliki keunggulan yaitu dapat menggabungkan informasi spektral dan spasial dimana objek geografis dipisahkan tidak hanya berdasarkan aspek spektral namun berdasarkan aspek spasial seperti ukuran, pola, dan tekstur. Variasi ketinggian bangunan dan kerapatan yang tinggi di wilayah perkotaan menjadi permasalahan yang ditemukan dalam melakukan ekstraksi bangunan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan penambahan data ketinggian berupa data NDSM yang diturunkan dari data LiDAR. Lokasi penelitian terbagi menjadi 3 *Area of Interest* (AOI) dengan kriteria untuk setiap AOI ditentukan berdasarkan kerapatan bangunan. Hasil dari klasifikasi berbasis objek sebelum penambahan data NDSM memberikan hasil akurasi sebesar 58.16 % untuk AOI 1, 58.92 % untuk AOI 2, dan 71.43 % untuk AOI 3, sedangkan setelah penambahan data NDSM nilai akurasi yang diperoleh sebesar 69.35% untuk AOI 1, 81.90% untuk AOI 2, dan 97.37% untuk AOI 3. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil klasifikasi sebelum dan sesudah penambahan data NDSM. Penambahan data NDSM dalam proses klasifikasi berbasis objek untuk ekstraksi bangunan dapat membantu dalam memisahkan objek bangunan dan non-bangunan serta dapat meningkatkan akurasi dari hasil klasifikasi.

Copyright © 2021 Geoid. All rights reserved.

Abstract: Utilization of high resolution satellite imagery for mapping in urban areas has been very widely used in various application, one of them for building extraction. Two common approaches for building extraction using remote sensing method are pixel-based classification method and object-based classification method. However, pixel-based classification method has the disadvantage of ignoring the spatial elements so as to reduce the accuracy of classification results also the susceptible of salt and pepper noise affects the accuracy of classification results. It is led to use object-based classification techniques with segmentation methods and multiresolution algorithm in this research. Segmentation methods with multiresolution algorithms has the advantage of being able to combine spectral and spatial information where geographic objects are distinguished not only on the spectral aspect but also spatial aspects such as shapes, patterns, and textures. Various heights of buildings and high density in the urban area become the next challenge in building extraction. In order to overcome these problems, the addition of height data NDSM derived from LiDAR data. The research location is divided into 3 Areas of Interest (AOI) with the criteria for each AOI being determined based on building density. The result of object-based classification before addition of NDSM data gives an accuracy result of 58.16% for AOI 1, 58.92 % for AOI 2, and 71.43 % for AOI 3, while after addition NDSM data the accuracy value obtained from the classification were 69.35 % in AOI 1, 81.90 % in AOI 2, and 97.37% in AOI 3. The result of classification shown the differences in classification results before and after the addition of NDSM data. Ancillary data NDSM in object based image classification for building extraction can distinguish between building and non-building class, also improve the accuracy of the classification results.

Kata kunci : citra quickbird; NSDM; OBIA; segmentasi

Cara untuk sitasi: Novianti, Tika Christy. (2021). Integrasi Lidar dan Citra Satelit Quickbird Untuk Ekstraksi Bangunan Menggunakan Metode Klasifikasi Berbasis Objek. *Geoid*, 16(2), 189-203.

Pendahuluan

Pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi telah digunakan secara luas di wilayah perkotaan, salah satunya untuk ekstraksi bangunan. Ekstraksi bangunan sangat diperlukan dalam berbagai aspek spasial antara lain keperluan pembaharuan peta, perencanaan wilayah perkotaan, pemodelan wilayah perkotaan, dan lain sebagainya (Sun et al., 2016 ; Yongmin et al., 2012). Terdapat dua metode untuk melakukan ekstraksi bangunan dengan citra satelit yaitu metode klasifikasi berbasis piksel dan metode klasifikasi berbasis objek (Zhang dan Jia, 2014). Akan tetapi klasifikasi berbasis piksel memiliki kelemahan yaitu mengabaikan aspek spasial serta rentan terjadi gangguan *salt and pepper* sehingga dapat mengurangi akurasi dari hasil klasifikasi (Hay dkk, 2008 ; Blaschke dkk, 2014). Kelemahan yang terdapat pada klasifikasi berbasis piksel membawa para peneliti untuk mencoba menggunakan pendekatan lain yaitu klasifikasi berbasis objek.

Klasifikasi berbasis objek adalah metode klasifikasi otomatis konvensional yang dapat digunakan untuk ekstraksi bangunan. Metode klasifikasi berbasis objek dilakukan dengan mengkombinasikan informasi spektral dan spasial sehingga dapat menghasilkan akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan klasifikasi berbasis piksel. Tujuan dari klasifikasi berbasis objek adalah menyediakan metode yang memadai secara otomatis untuk melakukan analisis pada citra satelit resolusi tinggi dengan mendeskripsikan kenampakan citra yang sebenarnya berdasarkan karakteristik spektral, tekstur, aspek spasial, dan topologi (Benz dkk, 2004 ; Burnett dan Blaschke, 2003 ; Schöpfer dkk, dalam Niemeyer dan Canty, 2002 ; Hay dkk, 2003). Ide dasar dari proses ini adalah mengelompokkan piksel-piksel berdampingan menjadi objek spektral yang homogen melalui segmentasi kemudian dilanjutkan proses klasifikasi pada objek sebagai unit proses terkecil (Schirokauer dkk., 2006).

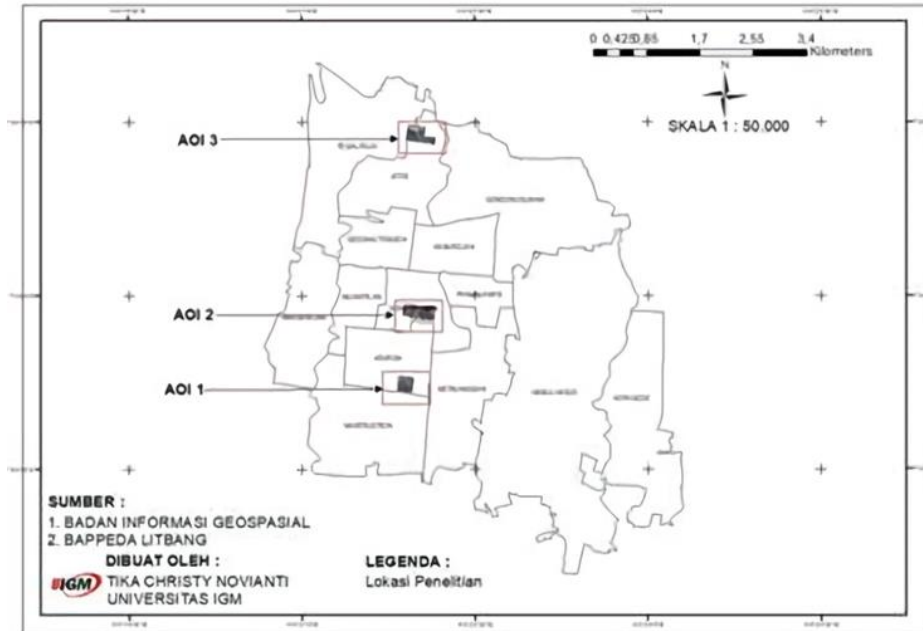
Karakteristik bangunan, variasi ketinggian, dan jumlah kelas pada wilayah penelitian menjadi tantangan dalam melakukan ekstraksi bangunan. Kombinasi data citra satelit dan NDSM yang diturunkan dari data LiDAR, dianggap dapat menjadi solusi untuk mengatasi tantangan tersebut. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Zou et al., (2016) dimana peneliti mengkombinasikan data citra satelit dan NDSM untuk menyempurnakan hasil dari klasifikasi berbasis objek yang tidak sesuai seperti, mengetahui tinggi dari suatu bangunan, memisahkan objek vegetasi yang tinggi dan rendah, bangunan dan jalan, serta untuk menghilangkan bayangan pada hasil klasifikasi. Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Yongmin et al., (2012) dimana peneliti mengkombinasikan data foto udara dan NDSM yang diturunkan dari data LiDAR dengan menggunakan proses segmentasi. Di dalam penelitian tersebut, NDSM digunakan untuk memberikan informasi ketinggian, sehingga dapat membedakan objek bangunan dan non bangunan.

Selain penelitian yang telah dikemukakan diatas, terdapat banyak penelitian yang telah menunjukkan keunggulan dari klasifikasi berbasis objek dimana sebagian besar peneliti berpendapat bahwa klasifikasi berbasis objek lebih baik jika dibandingkan dengan klasifikasi berbasis piksel dalam hal akurasi (Zou et al., 2016 ; Baatz & Schäpe, 2000). Integrasi data resolusi tinggi seperti foto udara dan data lainnya seperti LiDAR atau citra satelit juga banyak dilakukan untuk pemetaan di wilayah perkotaan guna menghasilkan hasil yang baik sesuai kebutuhan dari peneliti (Meng et al., 2010 ; Walker & Briggs, 2007). Penelitian ini mencoba untuk mengintegrasikan data citra satelit resolusi tinggi Quickbird dan NDSM yang diturunkan dari data LiDAR dalam melakukan klasifikasi berbasis objek.

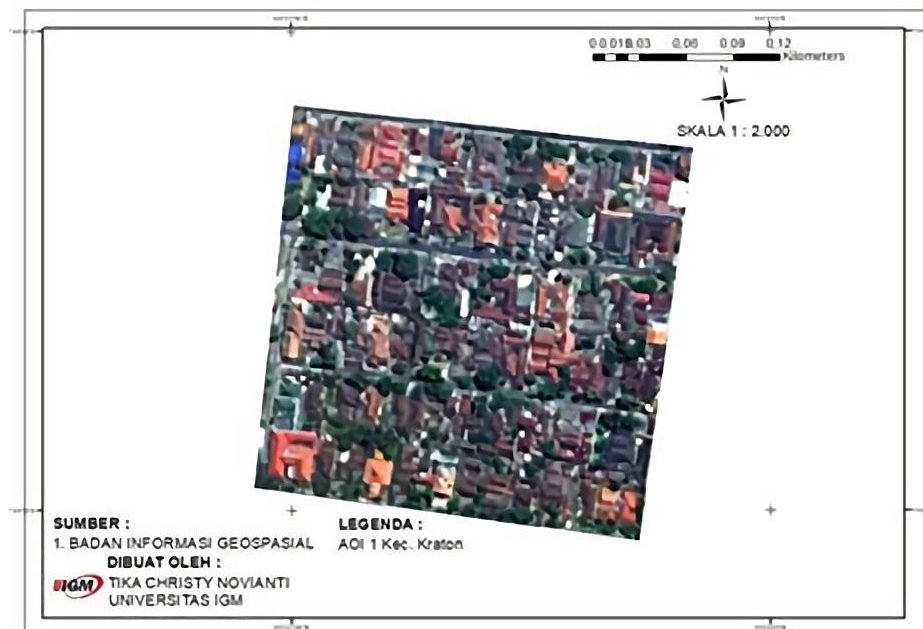
Data dan Metode

Lokasi penelitian terletak di wilayah Kota Yogyakarta. Lokasi terbagi menjadi tiga *Area of Interest* (AOI) yang dipilih berdasarkan kondisi dari wilayah perkotaan yang terdiri dari ketinggian dan kerapatan bangunan yang beragam. AOI 1 berada di wilayah Kecamatan Kraton dan memiliki kerapatan bangunan yang tinggi,

AOI 2 berada di Kecamatan Gondomanan dan memiliki kerapatan bangunan yang sedang, dan AOI 3 berada di wilayah Kecamatan Jetis dan memiliki kerapatan bangunan yang rendah. Pemilihan wilayah penelitian dengan kriteria yang berbeda bertujuan untuk melihat performa dari klasifikasi berbasis objek dalam melakukan ekstraksi bangunan pada kondisi wilayah yang memiliki kerapatan bangunan yang berbeda-beda. Lokasi Penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini beserta detail dari wilayah masing-masing AOI pada Gambar 2-4.



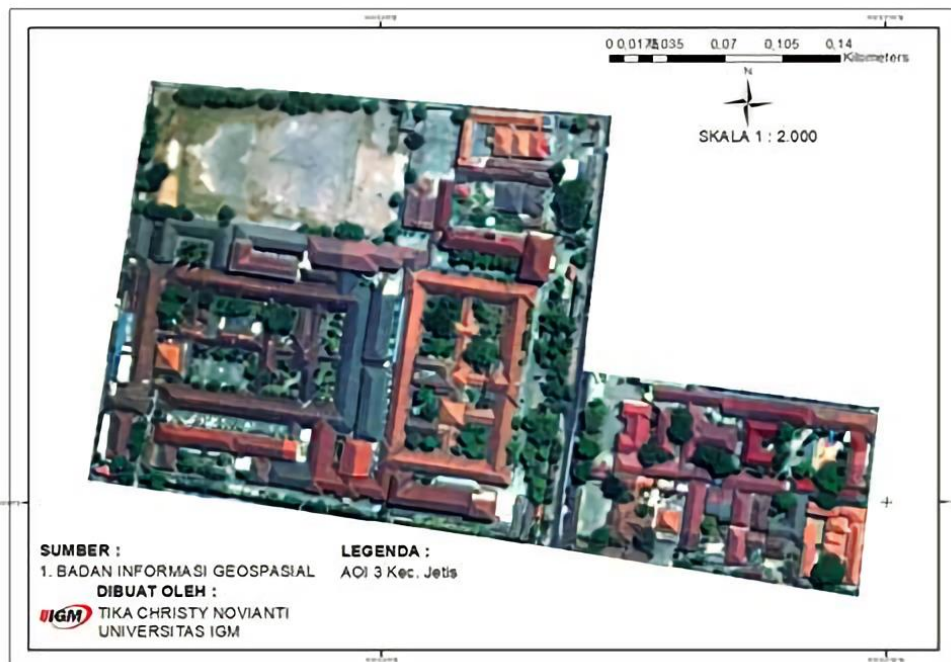
Gambar 1. Lokasi Penelitian yang terletak di Kota Yogyakarta



Gambar 2. Lokasi Penelitian AOI 1



Gambar 3. Lokasi Penelitian AOI 2

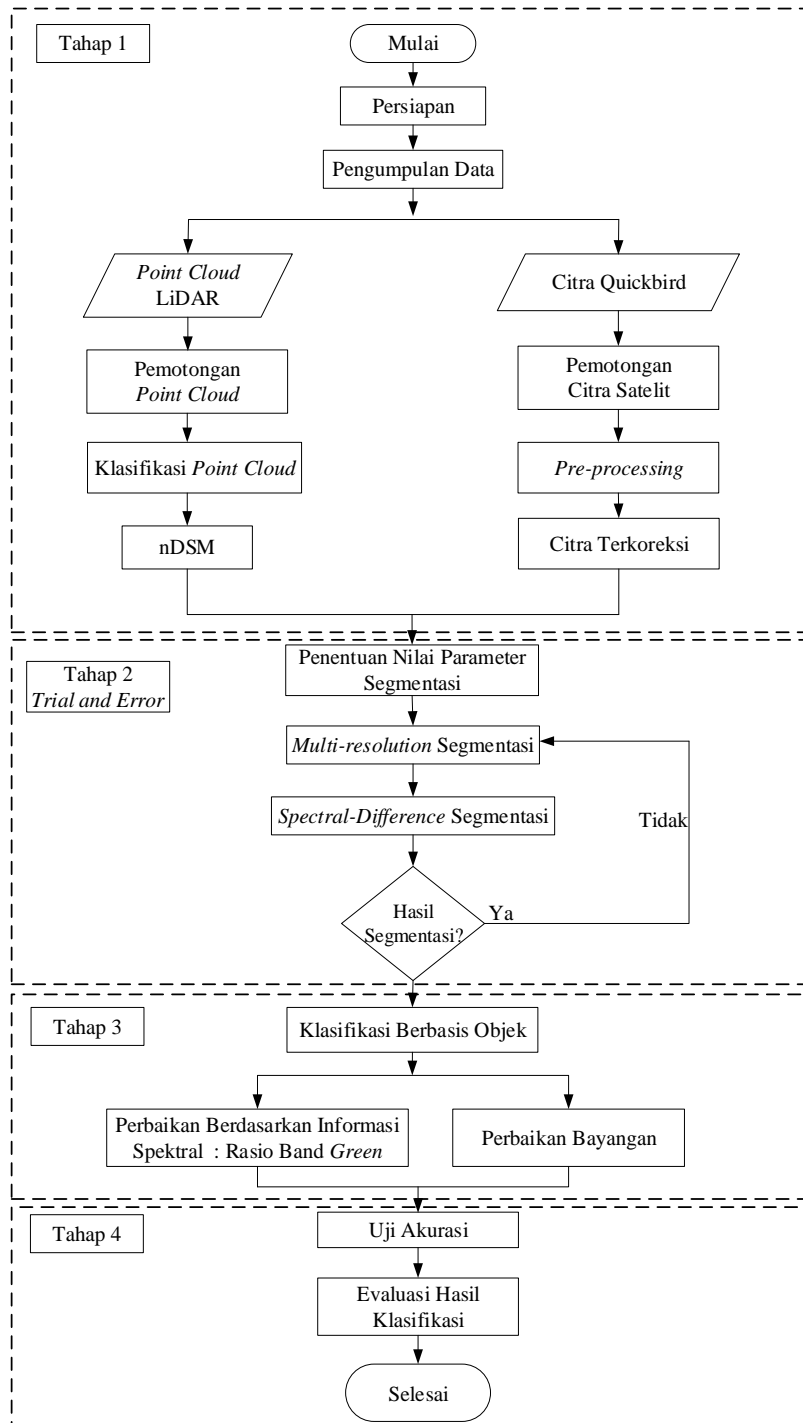


Gambar 4. Lokasi penelitian AOI 3

Penelitian ini menggunakan dua data yaitu citra multispektral berupa citra Quickbird yang memiliki resolusi spasial 0.51m dan diperoleh tahun 2015 dari Badan Informasi Geospasial (BIG) serta data *Point Cloud* LiDAR yang digunakan untuk membuat *Normalized Digital Surface Model* (NDSM) tahun 2012 yang diperoleh dari PT. Airborne Informatics. Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah 1 unit *notebook* dan perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan data LiDAR, segmentasi citra, dan analisis spasial.

Pada tahapan pelaksanaan penelitian dibagi menjadi empat tahapan yaitu tahap pertama yang meliputi persiapan, pengumpulan data, pemotongan citra dan pemrosesan data *point cloud* LiDAR hingga diturunkan

menjadi NDSM serta tahapan *pre-processing* yang dilakukan terhadap citra Quickbird. Tahap kedua dilakukan proses segmentasi secara *trial and error* dengan menggunakan algoritma multi-resolusi dan dilanjutkan dengan algoritma *spectral difference*, tahapan ini akan berhenti apabila telah diperoleh hasil yang sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan. Pada tahap ketiga selanjutnya dilakukan klasifikasi berbasis objek yang dilanjutkan dengan tahapan perbaikan dengan menggunakan beberapa informasi spektral. Tahap terakhir dilakukan uji akurasi, evaluasi hasil klasifikasi, dan kesimpulan dari penelitian ini. Proses pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat secara jelas dalam bentuk diagram alir Gambar 5 dibawah ini.

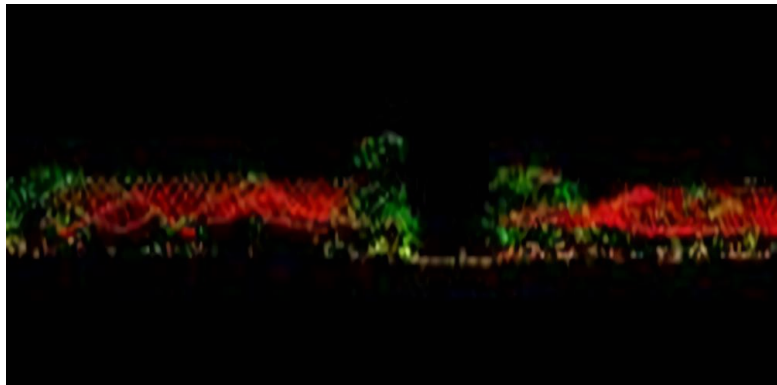


Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

1. Klasifikasi *Point Cloud*

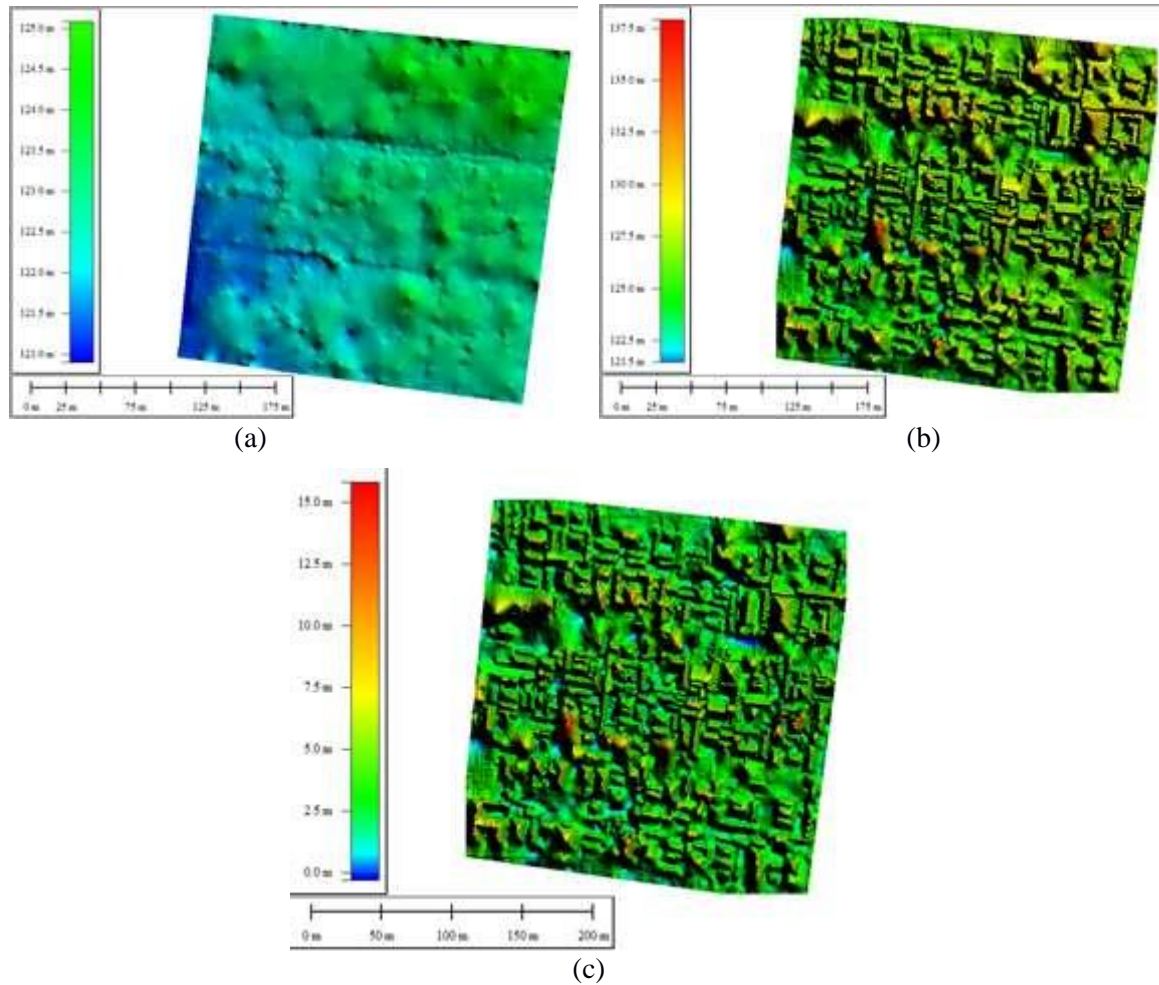
Pada tahapan ini dilakukan klasifikasi untuk memisahkan antara *point cloud* hasil pantulan dari suatu jenis objek dengan objek lainnya. Klasifikasi *point cloud* akan terbagi ke dalam 4 kelas yaitu *ground*, *low vegetation*, *high vegetation*, dan *building*. Klasifikasi dibagi menjadi dua tahap yaitu klasifikasi secara otomatis dan manual. Klasifikasi otomatis dilakukan dengan menentukan parameter-parameter klasifikasi untuk setiap kelas. Parameter yang digunakan untuk klasifikasi dimulai dari kelas terendah sampai tertinggi. Kelas terendah dimulai dengan *ground filtering* yaitu dilakukan pemisahan antara *ground point* dengan titik-titik lainnya. Klasifikasi *ground* sangat penting karena DTM yang akurat hanya dapat diperoleh apabila titik-titik lainnya telah dihilangkan dari *ground point* selain itu, DTM yang akurat juga sangat penting agar dapat menghasilkan NDSM yang baik. Hasil dari klasifikasi otomatis tidak akan terlepas dari kesalahan klasifikasi. Pengecekan hasil klasifikasi otomatis dilakukan secara manual untuk memastikan setiap *point cloud* telah berada pada kelas yang sesuai. Klasifikasi secara manual dilakukan dengan melakukan pengecekan *point cloud* secara visual tampak samping (*cross section* atau *side seeing*) hingga diperoleh *point cloud* yang telah terklasifikasi sesuai dengan kelasnya. Gambar 6 dibawah ini menunjukkan hasil klasifikasi *point cloud* dengan tampilan *side seeing*.



Gambar 6. Klasifikasi *Point Cloud* LiDAR

2. Pembuatan DSM, DTM, dan NDSM

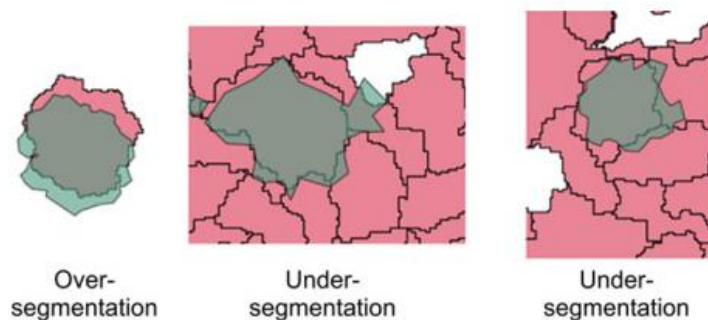
Pembuatan DSM dan DTM dilakukan dengan menggunakan data *point cloud* yang sudah diklasifikasikan. Pembuatan DTM dan DSM dilakukan dengan metode interpolasi kriging. Parameter yang digunakan pada proses pembuatan DTM dan DSM disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. DTM dan DSM yang telah terbentuk selanjutnya digunakan untuk pembuatan NDSM. NDSM merepresentasikan ketinggian *absolute* seluruh objek dan struktur yang ada di permukaan bumi, yang dalam hal ini termasuk bangunan, pohon, dan objek buatan manusia lainnya yang dipandang dari permukaan bumi. NDSM diperoleh dengan mengurangkan DSM dengan DTM sehingga akan diperoleh ketinggian di atas *ground*. Hasil pembuatan DTM, DSM, dan NDSM dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. (a) DTM (b) DSM (c) NDSM

3. Segmentasi Citra

Pada tahapan segmentasi citra, penelitian ini menggunakan pendekatan algoritma multiresolusi segmentasi untuk menciptakan objek primitif dari piksel citra. Nilai skala, ukuran, dan kekompakan diperoleh setelah melakukan beberapa kali uji coba (*trial and error*). Uji coba dilakukan dengan memasukkan beberapa nilai parameter pada skala, ukuran, dan kekompakan hingga memperoleh nilai parameter yang dianggap tepat terhadap setiap wilayah penelitian. Hasil segmentasi dianggap telah mencapai hasil maksimal apabila tidak terjadi segmentasi berlebih (*over segmentation*) dan segmentasi yang kurang (*under segmentation*) di dalam kelas bangunan yang ditunjukkan oleh Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. *Over Segmentation* dan *Under Segmentation*
(Sumber : Singh et al., 2015)

Penambahan data NDSM juga dilakukan pada saat proses segmentasi, dimana data NDSM juga akan digunakan untuk proses klasifikasi pada tahapan selanjutnya. Tabel 1 menunjukkan nilai parameter yang dianggap sesuai untuk melakukan segmentasi beserta jumlah objek yang dapat tersegmentasi.

Tabel 1. Nilai parameter segmentasi algoritma multiresolusi

No.	AOI	Scale	Shape	Compactness	Number of Segmentation
1.	AOI 1	35	0.5	0.7	5.748
2.	AOI 2	30	0.5	0.7	10.668
3.	AOI 3	40	0.3	0.5	5.902

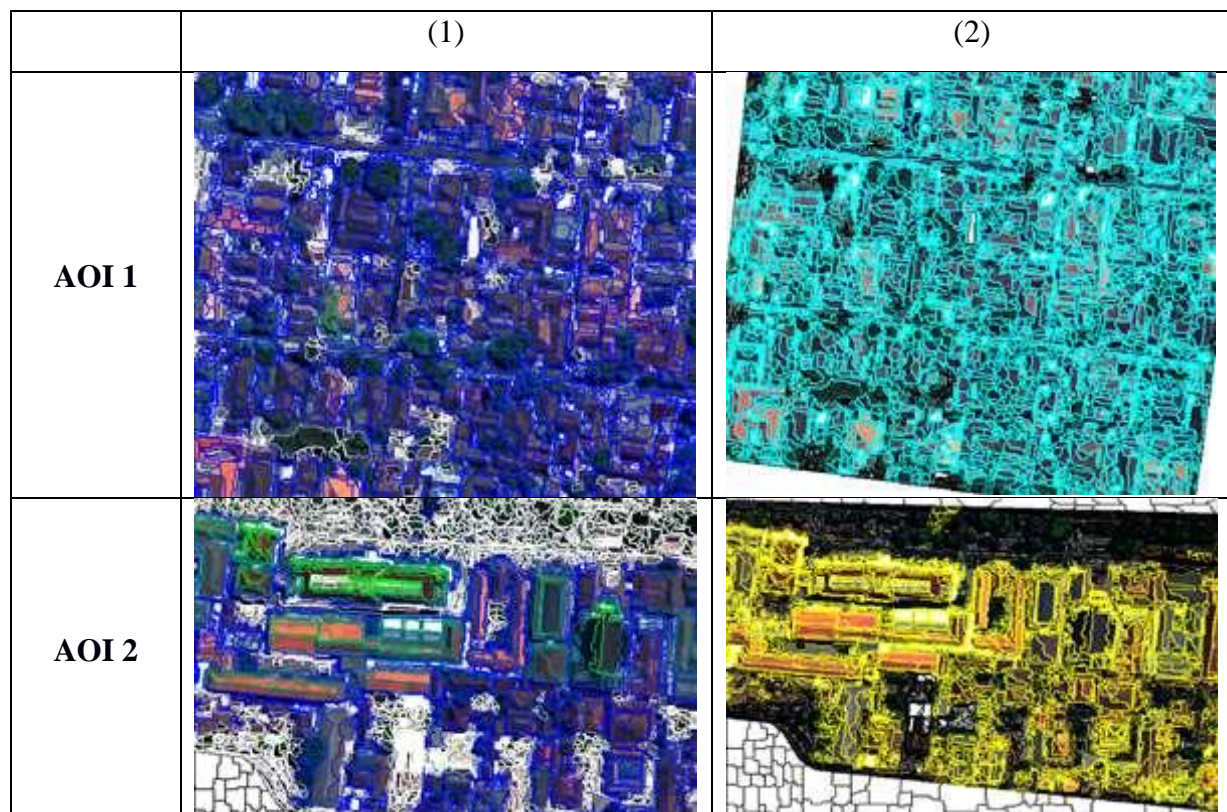
Tabel 1 menunjukkan bahwa dengan nilai parameter tersebut, dapat digunakan untuk memisahkan antara objek bangunan dengan bayangan, jalan, dan objek primitif lainnya. Hasil segmentasi dengan menggunakan algoritma multiresolusi dilanjutkan dengan menggunakan algoritma *spectral difference* untuk menggabungkan objek tetangga yang memiliki nilai rata-rata spektral sesuai dengan nilai ambang batas yang telah diberikan. Nilai parameter pada algoritma *spectral difference* ditentukan sendiri oleh pengguna dengan *metode trial and error* hingga memperoleh nilai parameter yang dianggap tepat pada setiap wilayah penelitian. Nilai parameter algoritma *spectral difference* untuk AOI 1 yaitu 5, AOI 2 yaitu 10, dan AOI 3 yaitu 7. Gambar 9 dibawah ini menunjukkan hasil dari segmentasi dengan menggunakan algoritma multiresolusi dan *spectral difference*.

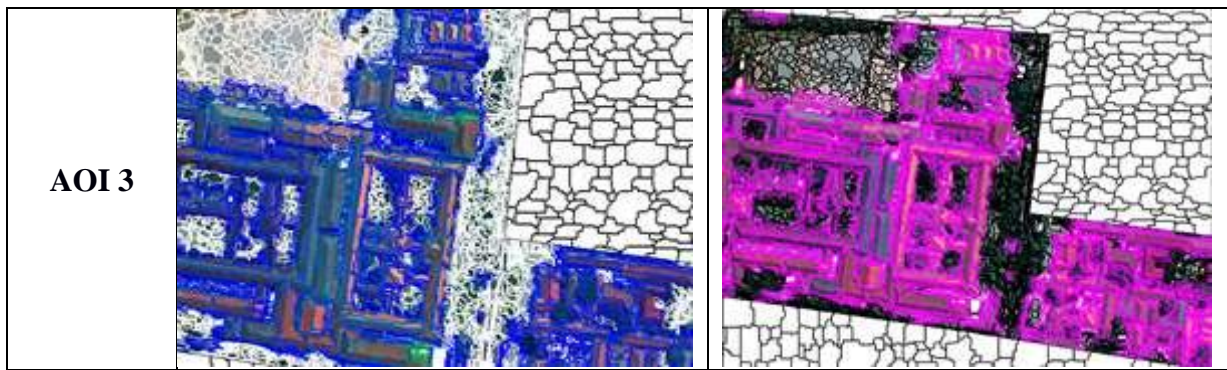


Gambar 9. Hasil segmentasi algoritma *multi-resolution* dan *spectral difference*

4. Klasifikasi Berbasis Objek

Hasil segmentasi yang telah dianggap sesuai dengan kriteria selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan ketinggian bangunan dengan membuat beberapa aturan menggunakan metode *rule based*. Klasifikasi diawali dengan menentukan nilai ambang batas dari objek, nilai ambang batas diperoleh dengan menggunakan nilai rata-rata ketinggian bangunan pada NDSM. Warna putih pada Gambar 6 bagian (1) menunjukkan objek yang tidak memiliki ketinggian, sehingga terklasifikasikan sebagai objek non-bangunan, sedangkan warna biru menunjukkan objek yang memiliki ketinggian sehingga terklasifikasikan sebagai objek bangunan. Bagian (2) menunjukkan hasil akhir setelah dilakukan klasifikasi berdasarkan ketinggian bangunan. Hasil menunjukkan bahwa hampir seluruh objek dapat terklasifikasikan sebagai kelas bangunan, hal ini mengindikasikan bahwa penambahan data NDSM mampu memisahkan objek bangunan dan non-bangunan. Gambar 10 berikut ini menunjukkan hasil dari pemisahan kelas bangunan dan non bangunan dan klasifikasi berdasarkan ketinggian bangunan.

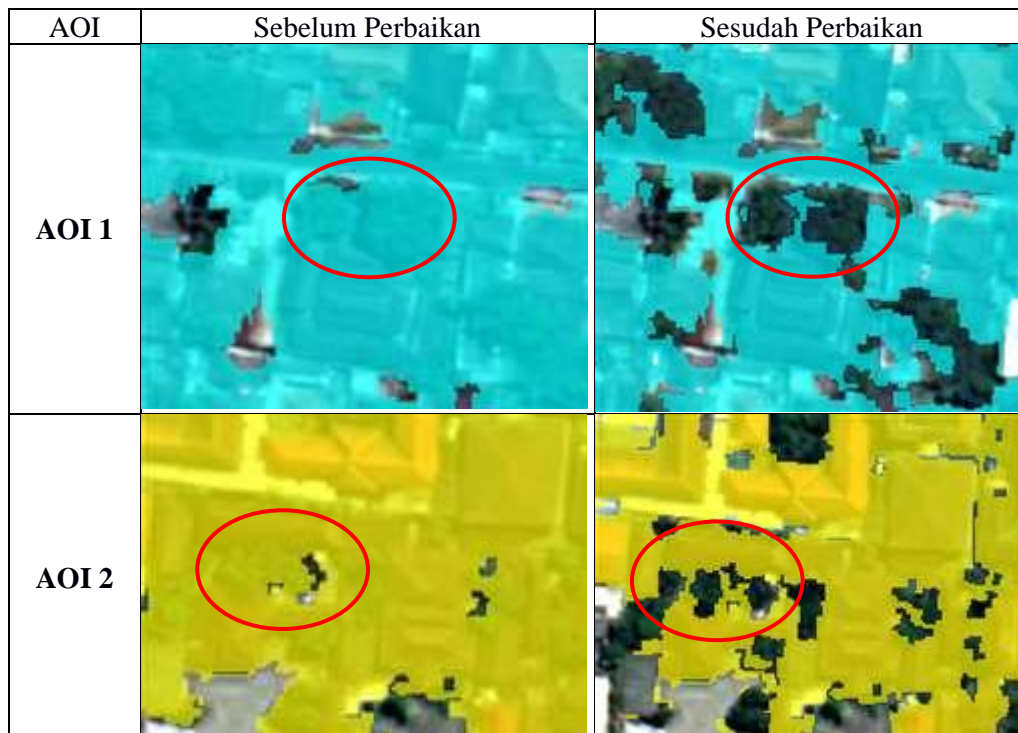




Gambar 10. Pemisahan Kelas Bangunan dan Non-Bangunan (1) Klasifikasi Berdasarkan Ketinggian Bangunan (2)

5. Perbaikan Berdasarkan Informasi Spektral

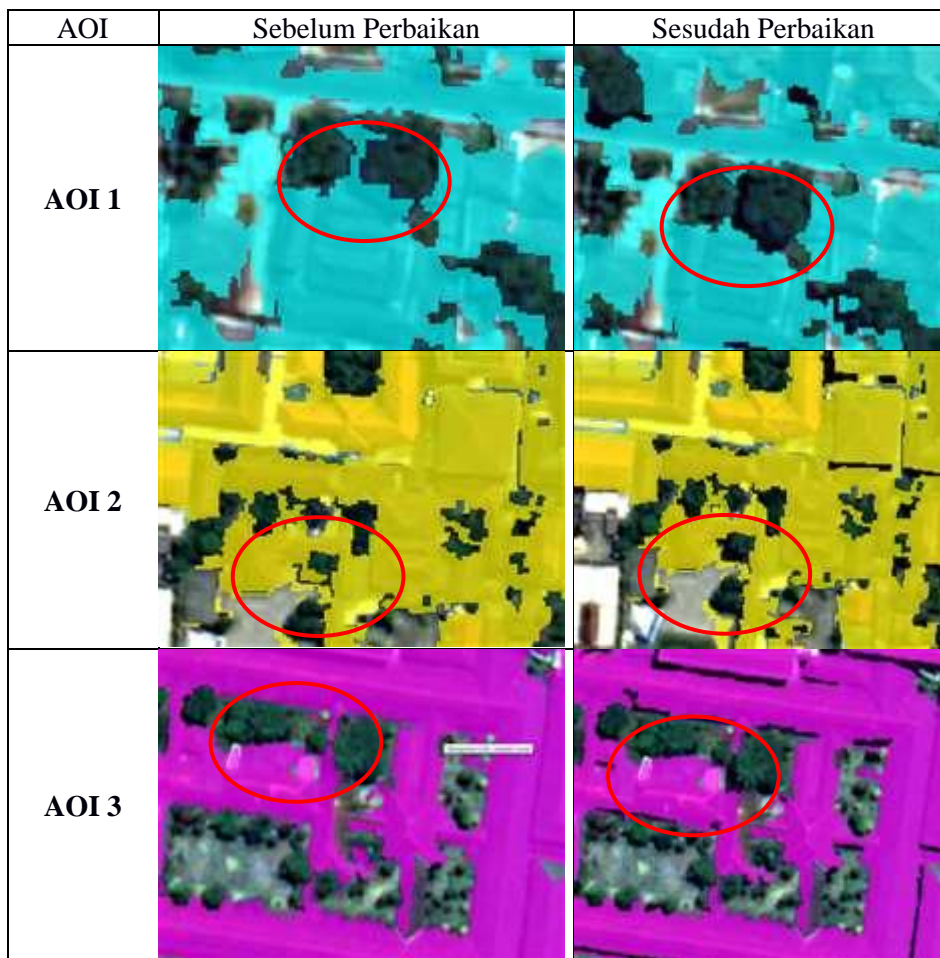
Perbaikan berdasarkan informasi spektral dilakukan setelah pemisahan kelas bangunan dan non-bangunan. Pada klasifikasi yang telah dilakukan sebelumnya masih ditemukan terdapat kelas non-bangunan terklasifikasikan sebagai kelas bangunan. Kelas non-bangunan yang paling banyak terklasifikasikan sebagai kelas bangunan adalah kelas vegetasi, untuk itu dilakukan perbaikan dengan menghilangkan kelas vegetasi menggunakan nilai ambang batas dengan perbandingan rasio band *green*. Hasilnya menunjukkan bahwa sebagian kelas vegetasi dapat dihilangkan dari kelas bangunan dengan menggunakan band rasio *green*. Gambar 11 di bawah ini menunjukkan perbedaan hasil sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan dengan menggunakan band rasio *green*. Pada lingkaran merah menunjukkan sebelum dilakukan perbaikan dengan band rasio *green* kelas vegetasi masuk sebagai kelas bangunan, setelah dilakukan perbaikan maka kelas vegetasi dapat diklasifikasikan sebagai kelas non-bangunan.



Gambar 11. Hasil perbandingan perbaikan dengan band rasio *green*

6. Perbaikan Bayangan

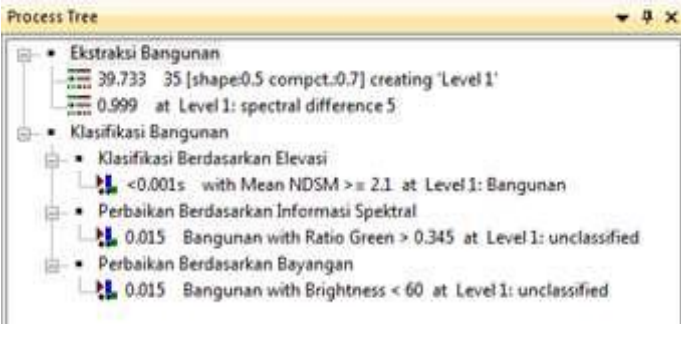

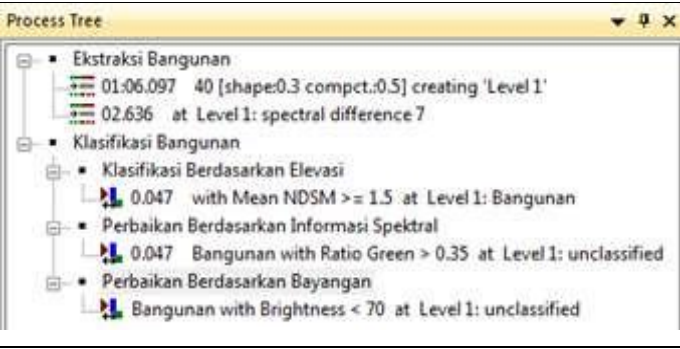
Hasil dari klasifikasi yang telah diperbaiki sebelumnya dengan menghilangkan kelas vegetasi masih menyisakan bayangan. Area yang memiliki bayangan adalah area gelap yang terbentuk akibat cahaya yang terhalang oleh bangunan atau pohon. Bayangan akan dihilangkan dengan menggunakan nilai ambang batas terhadap rata-rata kecerahan (*brightness*) dari seluruh objek yang ada di wilayah penelitian. Gambar 12 di bawah ini menunjukkan perbedaan dari hasil perbaikan bayangan dengan menggunakan nilai rata-rata kecerahan. Pada lingkaran merah dapat dilihat sebelum perbaikan terdapat bayangan yang terbentuk dan masuk ke dalam kelas bangunan, sesudah dilakukan perbaikan bayangan tersebut dapat dihilangkan dari kelas bangunan.



Gambar 12. Perbandingan hasil perbaikan dengan menggunakan nilai rata-rata kecerahan

7. Proses Tree

Dari hasil klasifikasi dan perbaikan yang dilakukan secara keseluruhan, dapat dilihat hasil dari *process tree* pada AOI 1 yang dilakukan dengan metode *rule based* sehingga dapat disimpulkan bahwa klasifikasi berdasarkan elevasi dapat dilakukan jika bangunan memiliki ketinggian lebih dari atau sama dengan 2,1 m. Perbaikan berdasarkan informasi spektral yang dilakukan untuk menghilangkan kelas vegetasi dari kelas bangunan dapat dilakukan jika rasio band green lebih dari 0.345, dan perbaikan bayangan dapat dilakukan dengan menggunakan *brightness* jika kurang dari 60. Adapun nilai dari setiap klasifikasi ditentukan sendiri oleh peneliti dengan menggunakan metode *trial and error*. Gambar 13 di bawah ini menunjukkan *Process Tree* pada setiap AOI.

AOI 1	
AOI 2	
AOI 3	

Gambar 13. *Process Tree* Algoritma Rule Based

8. Uji Akurasi

Uji akurasi hasil klasifikasi dilakukan dengan menggunakan data referensi berupa hasil digitasi *on screen* dari setiap AOI. Karena klasifikasi hanya terfokus untuk objek bangunan saja maka uji akurasi akan dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi bangunan dengan hasil delineasi objek bangunan. Indikator keberhasilan segmentasi mengacu kepada Marpu et al., 2010 dimana hasil segmentasi akan dianggap optimal jika lebih dari 55% piksel dari objek acuannya, maka objek tersebut dianggap telah tersegmentasi secara optimal. Adapun perhitungan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut :

$$\text{Akurasi Klasifikasi} = \frac{\text{Hasil Delineasi}}{\text{Hasil Segmentasi}} \times 100 \quad (1)$$

Sumber : (Marpu et al., 2010)

Untuk membandingkan hasil sebelum dan sesudah penambahan data NDSM, sebelumnya telah dilakukan klasifikasi bangunan tanpa penambahan data NDSM. Hasil uji akurasi klasifikasi bangunan tanpa penambahan NDSM dapat dilihat pada Tabel 2 sedangkan hasil uji akurasi klasifikasi bangunan setelah penambahan NDSM dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil uji akurasi dapat dikatakan telah optimal karena memiliki nilai akurasi klasifikasi dari 55% dan terjadi peningkatan akurasi hasil klasifikasi.

Tabel 2. Hasil Uji Akurasi Klasifikasi Sebelum Penambahan NDSM

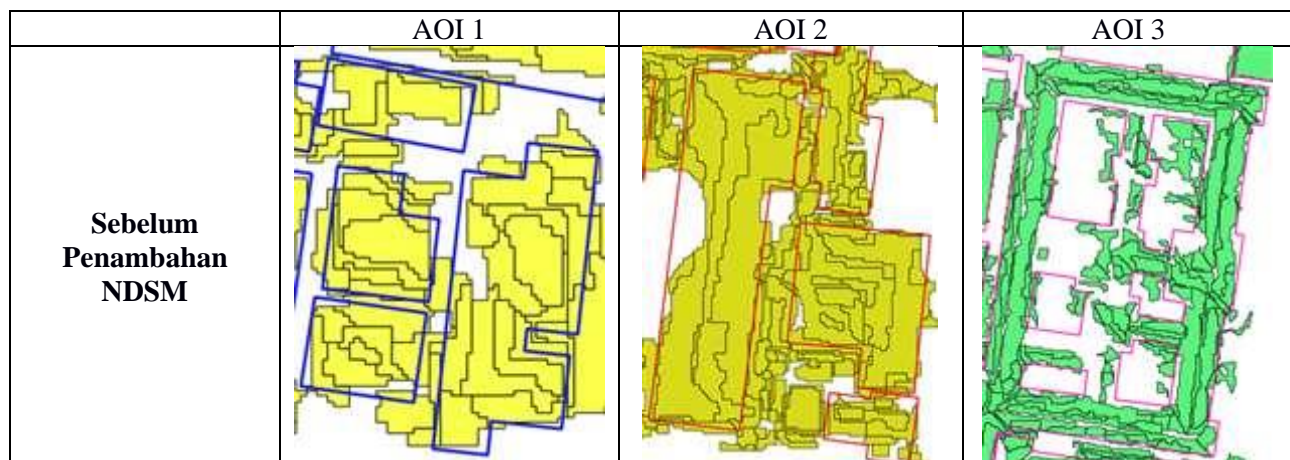
AOI	Jumlah Sampel	Jumlah Nilai Diagonal	Akurasi Klasifikasi
AOI 1	98	57	58.16 %
AOI 2	112	66	58.92 %
AOI 3	98	70	71.43 %

Tabel 3. Hasil Uji Akurasi Setelah Penambahan NDSM

AOI	Wilayah Segmentasi	Wilayah Delineasi	Akurasi Klasifikasi	Ket.
AOI 1	45763.12 m	31739.41 m	69.35 %	Diterima
AOI 2	63947.13 m	52374.49 m	81.90 %	Diterima
AOI 3	47663.88 m	46411.52 m	97.37 %	Diterima

9. Evaluasi Hasil Klasifikasi

Hasil klasifikasi bangunan setelah perbaikan mengindikasikan bahwa kelas bangunan dapat terklasifikasikan dengan cukup baik, meskipun masih dapat ditemukan kesalahan dalam klasifikasi. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan penambahan data NDSM performa klasifikasi berbasis objek dapat meningkat dan menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan klasifikasi berbasis objek tanpa penambahan data NDSM. Akan tetapi, hasil klasifikasi bangunan tidak dapat memberikan batasan geometri yang jelas antar bangunan. Kerapatan bangunan yang tinggi di beberapa wilayah penelitian membuat proses penggabungan segmen dengan mempertimbangkan aspek geometri sulit untuk dilakukan secara otomatis. Hal tersebut dapat diatasi dengan menggunakan data tambahan dari data tematik dimana klasifikasi dapat dilakukan dengan memberikan batasan geometri bangunan yang jelas. Gambar 14 dibawah ini adalah hasil klasifikasi berbasis objek yang telah dilakukan perbaikan dan di *export* ke dalam format vektor lalu dibandingkan dengan hasil delineasi. Tampak hasil klasifikasi sebelum dan sesudah penambahan data NDSM dapat meningkatkan hasil klasifikasi bangunan dan dapat memisahkan antar kelas bangunan dan non-bangunan.





Gambar 14. *Overlay* klasifikasi berbasis objek dengan delinesasi bangunan

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini maka dapat diambil kesimpulan segmentasi dengan algoritma multiresolusi pada citra Quickbird akan memberikan hasil yang optimal jika digunakan pada nilai skala 35 untuk AOI 1, nilai skala 30 untuk AOI 2, dan nilai skala 40 untuk AOI 3 dan dilanjutkan klasifikasi dengan metode *rule based*. Perbaikan hasil segmentasi dengan metode *rule based* dan penambahan data ketinggian NDSM dapat meningkatkan akurasi hasil klasifikasi berbasis objek untuk ekstraksi bangunan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai akurasi klasifikasi yang diperoleh untuk AOI 1 yaitu 69,35%, AOI 2 yaitu 81,90 %, dan AOI 3 yaitu 97,37 %. Hasil klasifikasi bangunan pada setiap wilayah dapat terklasifikasikan dengan baik akan tetapi tidak dapat memberikan batasan geometri bangunan satu dengan yang lainnya.

Saran yang dapat mendukung penelitian selanjutnya terkait klasifikasi berbasis objek antara lain penggunaan data dalam penelitian yang meliputi data utama dan data tambahan sebaiknya merupakan data yang memiliki tahun akuisisi yang sama. Penggunaan data dengan resolusi spasial yang lebih tinggi seperti foto udara akan memberikan hasil segmentasi yang lebih baik lagi dimana batasan geometri bangunan dapat terlihat dengan jelas.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah menyediakan data citra satelit Quickbird dan Departemen Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada (UGM) yang telah menyediakan data LiDAR.

Daftar Pustaka

- Baatz, M., & Schäpe, A. (2000). Multiresolution Segmentation : an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. *Beurage zum AGIT-Symposium*. Vol. XII. hal.12–23.
- Blaschke, T., Hay, G. J., Kelly, M., Lang, S., Hofmann, P., Addink, E., ... & Tiede, D. (2014). Geographic object-based image analysis—towards a new paradigm. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*. Vol.87. hal. 180-191: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.09.014>
- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., & Heynen, M. (2004). Multi-resolution , object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol.58. hal. 239–258: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2003.10.002>
- Burnett, C., & Blaschke, T. (2003). A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling*. No.3. Vol.168. hal.233–249: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00139-X](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00139-X)
- Hay, G. J., Blaschke, T., Marceau, D. J., & Bouchard, A. (2003). A comparison of three image-object methods for the multiscale analysis of landscape structure. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing*. No.5-6. Vo.57. hal.327-345: [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(02\)00162-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(02)00162-4)

- Hay G.J., Castilla G. (2008) Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. In: Blaschke T., Lang S., Hay G.J. (eds) *Object-Based Image Analysis. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77058-9_4
- Marpu, P. R., Neubert, M., Herold, H., & Niemeyer, I. (2010). Enhanced evaluation of image segmentation results. *Journal of spatial science*, 55(1), 55-68. <https://doi.org/10.1080/14498596.2010.487850>
- Meng, X., Currit, N., Wang, L., & Yang, X. (2010). Object-Oriented Residential Building Land-Use Mapping Using LiDAR and Aerial Photographs. *ASPRS Annual Conference*, 1–17.
- Niemeyer, I., & Canty, M. J. (2002). Object-Oriented Post-Classification of Change Images. *Remote Sensing of Environment Monitoring*. Vol. 4545. hal.100–108. International Society for Optics and Photonics. <https://doi.org/10.1117/12.453661>
- Schirokauer, D., Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., & Kelly, M. (2006). Object-based Detailed Vegetation Classification with Airborne High Spatial Resolution Remote Sensing Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. No.7. Vol.72. hal.799–811: <https://doi.org/10.14358/PERS.72.7.799>
- Singh, M., Evans, D., Tan, B. S., & Nin, C. S. (2015). Mapping and characterizing selected canopy tree species at the Angkor world heritage site in Cambodia using aerial data. *PLoS ONE*. No.4. Vo.10. hal. 1–26: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121558>
- Sun, X., Shen, S., & Hu, Z. (2016). Automatic Building Extraction from Oblique Aerial Images. In *23rd International Conference on Pattern Recognition (ICPR)* (pp. 2–7). Cancun. Dec 4–6.
- Walker, J. S., & Briggs, J. M. (2007). An Object-oriented Approach to Urban Forest Mapping in Phoenix. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. No.5. Vol.73. hal. 577–583: <https://doi.org/10.14358/PERS.73.5.577>
- Yongmin, K., Youkyung, H., Junho, Y., Dongyeob, H., & Yongil, K. (2012). Object-Based Classification and Building Extraction by Integrating Airborne LiDAR Data and Aerial Image. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 6200–6202. Munich, Germany. July 22-27.
- Zhang, J., & Jia, L. (2014, June). A comparison of pixel-based and object-based land cover classification methods in an arid/semi-arid environment of northwestern China. In *2014 Third International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA)* (pp. 403-407). IEEE. Changsha, China. June 11-14.
- Zou, X., Zhao, G., Li, J., Yang, Y., & Fang, Y. (2016). Object Based Image Analysis Combining High Spatial Resolution Imagery and Laser Point Clouds for Urban Land Cover. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol.XLI-B3(July). hal.733–739: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B3-733-2016>



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