

PERBANDINGAN KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN METODE KLASIFIKASI BERBASIS OBJEK DAN KLASIFIKASI BERBASIS PIKSEL PADA CITRA RESOLUSI TINGGI DAN MENENGAH

Zia Ul Maksum, Yudo Prasetyo, Haniah ^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp. (024) 76480785, 76480788
email : zia_ulmaksum@yahoo.com

ABSTRAK

Suatu wilayah akan mengalami perkembangan yang akan membawa perubahan penampakan secara fisik. Wilayah yang berkembang memerlukan adanya perencanaan untuk mengarahkan peruntukan lahan secara tepat. Dibutuhkan suatu metode yang akurat dan efektif untuk memperoleh informasi tutupan lahan. Salah satu teknologi yang efektif untuk memetakan tutupan lahan adalah teknologi penginderaan jauh. Terdapat berbagai macam teknik pengolahan data dalam penginderaan jauh untuk memperoleh informasi tutupan lahan. Teknik klasifikasi citra dalam penginderaan jauh terbagi menjadi tiga bagian teknik klasifikasi yaitu teknik berbasis piksel, teknik berbasis sub-piksel, dan teknik berbasis objek.

Pada penelitian ini, teknik klasifikasi berbasis piksel dan klasifikasi berbasis objek akan dibandingkan dalam mengklasifikasi tutupan lahan pada citra resolusi tinggi yaitu citra Quickbird dan citra resolusi menengah yaitu citra Landsat 8 dengan lokasi Kota Semarang. Perbandingan hasil klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel pada kedua citra tersebut diuji akurasi dengan matriks konfusi yang menghasilkan akurasi klasifikasi tutupan lahan pada citra Landsat 8 didapat akurasi keseluruhan untuk metode klasifikasi berbasis objek sebesar 77,14% sedangkan metode klasifikasi berbasis piksel didapat nilai sebesar 75,71%. Untuk citra Quickbird, klasifikasi berbasis objek menghasilkan akurasi keseluruhan 87,14% sementara klasifikasi berbasis piksel didapat nilai sebesar 82,85%.

Hasil akurasi keseluruhan menunjukkan klasifikasi berbasis objek cukup baik dibandingkan klasifikasi berbasis piksel dalam mengklasifikasi tutupan lahan baik pada citra resolusi menengah (citra Landsat 8) maupun citra resolusi tinggi (citra Quickbird).

Kata Kunci : Klasifikasi Berbasis Objek, Klasifikasi Berbasis Piksel, Tutupan Lahan

ABSTRACT

A region will experience growth that it will bring changes in the physical appearance. Evolving region need to review land use planning to steer land cover allocation properly. It requires an accurate and effective method to obtain land cover information. One effective technology for mapping land cover is a remote sensing technology. There are various kinds of data processing techniques in remote sensing to obtain land cover information. Classification techniques in remote sensing image are divided into three parts classification technique that are pixel based technique, sub-pixel based technique, and object-based techniques.

In this study, the pixel based classification and object based classification techniques will be compared in land cover classification on high resolution imagery that are Quickbird imagery dan medium resolution imagery that are Landsat 8 imagery with the location in city of Semarang. Comparison of the results object based classification and the pixel based classification is tested for accuracy by confusion matrix that produce land cover classification accuracy of Landsat 8 obtained value the overall accuracy for an object based classification method amounted to 77.14%, while the pixel based classification methods obtained a value of 75.71%. For Quickbird image, object based classification produce in overall accuracy of 87.14% while the pixel-based classification obtained a value of 82.85%.

The results showing the accuracy of the object based classification is quite good compared to the pixel-based classification either at medium resolution imagery (Landsat 8) and high resolution imagery (Quickbird).

Keywords : Object Based Classification, Pixel Based Classification, Land Cover.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Suatu wilayah akan mengalami perkembangan yang akan membawa perubahan penampakan secara fisik. Perkembangan fisik tersebut merupakan perkembangan lahan yang dipengaruhi oleh faktor alam maupun manusia. Wilayah yang berkembang memerlukan adanya perencanaan untuk mengarahkan peruntukan lahan secara tepat. Dibutuhkan suatu metode yang akurat dan efektif untuk memperoleh informasi tutupan lahan. Salah satu teknologi yang efektif untuk memetakan tutupan lahan adalah teknologi penginderaan jauh.

Terdapat berbagai macam teknik pengolahan data dalam penginderaan jauh untuk memperoleh informasi tutupan lahan. Li dkk. (2014) menjelaskan mengenai teknik klasifikasi citra dalam penginderaan jauh dibagi menjadi tiga bagian teknik klasifikasi yaitu teknik berbasis piksel, teknik berbasis sub-piksel, dan teknik berbasis objek. Pada penelitian ini, teknik klasifikasi berbasis piksel dan klasifikasi berbasis objek akan dibandingkan dalam mengklasifikasi tutupan lahan. Teknik klasifikasi berbasis piksel merupakan teknik klasifikasi yang telah lama digunakan dalam penginderaan jauh di mana klasifikasi dilakukan dengan menentukan *training area* pada citra yang kemudian mengkategorikan secara otomatis semua piksel di citra ke dalam kelas tutupan lahan (Lillesand dan Kiefer, 2001 dikutip dalam Elsharkawy, 2012). Teknik klasifikasi lainnya adalah teknik klasifikasi berbasis objek atau nama lainnya *Object-based Image Analysis* (OBIA) yang merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengklasifikasi segmen-segmen objek berupa poligon dari hasil proses segmentasi di mana objek tersebut berupa kelompok piksel yang mirip satu sama lain berdasarkan karakteristik spektral yaitu warna, ukuran, bentuk, dan tekstur serta hubungannya dari tetangga sekitar piksel.

Pendekatan klasifikasi berbasis objek memiliki potensi besar dalam mengekstraksi tutupan lahan dari citra satelit dan mengatasi kekurangan klasifikasi berbasis piksel yang seringkali memberikan hasil yang masih mengandung *efek salt and pepper* (Parsa, 2013). Zhou dkk. (2008) menjelaskan klasifikasi berbasis piksel berhasil diterapkan untuk deteksi perubahan tutupan lahan pada citra resolusi menengah. Namun, studi yang dilakukan untuk menguji klasifikasi berbasis piksel pada citra resolusi tinggi masih sedikit. Sementara itu, klasifikasi citra berbasis objek telah memperlihatkan potensi besar dalam mengklasifikasi tutupan lahan pada area perkotaan dan banyak digunakan pada citra resolusi tinggi.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel dengan menggunakan citra resolusi tinggi dan citra resolusi menengah agar didapat perbandingan secara menyeluruh. Citra

resolusi tinggi yang digunakan adalah citra Quickbird multispektral sedangkan citra resolusi menengah yang digunakan adalah citra Landsat 8 multispektral. Hasil dari kedua metode tersebut akan dibandingkan dalam mengklasifikasi tutupan lahan.

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang penelitian, didapat perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil tutupan lahan menggunakan klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel pada citra Landsat 8?
2. Bagaimana hasil tutupan lahan menggunakan klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel pada citra Quickbird?
3. Bagaimana tingkat ketelitian klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel yang disajikan dalam bentuk matriks konfusi?

I.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Metode yang digunakan adalah klasifikasi berbasis objek yang terdapat di perangkat lunak eCognition 8.9 sedangkan metode klasifikasi berbasis piksel menggunakan algoritma *maximum likelihood* menggunakan perangkat lunak ENVI 5.1.
2. Kelas tutupan lahan yang digunakan pada citra resolusi menengah yaitu badan air, pemukiman, perkebunan, industri, lahan kosong, tegalan, dan sawah. Untuk citra resolusi tinggi terdiri dari tujuh kelas tutupan lahan yaitu bangunan, bayangan, sungai, jalan dan parkir, lahan kosong, semak belukar, dan pohon.
3. Validasi yang digunakan adalah validasi berdasarkan survei lapangan dan citra Google Earth yang disajikan dengan matriks konfusi.

I.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Memetakan tutupan lahan pada wilayah Kota Semarang menggunakan teknik klasifikasi yang terdapat pada penginderaan jauh.
2. Membandingkan metode klasifikasi citra dalam mengklasifikasi tutupan lahan yaitu klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel pada citra resolusi tinggi dan citra resolusi menengah.
3. Mengetahui ketelitian hasil klasifikasi tutupan lahan pada klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel yang disajikan dengan matriks konfusi.

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Berdasarkan segi keilmuan, memberikan kontribusi bagi dunia riset mengenai teori dan praktis dalam penginderaan jauh, khususnya klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel.
2. Berdasarkan segi kerekayasaan, menjelaskan dan menunjukkan manfaat praktis dalam mengklasifikasi tutupan lahan menggunakan teknik penginderaan jauh dibanding dengan

metode interpretasi citra dan sebagai bahan perencanaan dalam pengelolaan tata ruang.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian citra Landsat 8 adalah seluruh Kota Semarang sementara wilayah penelitian citra Quickbird berada pada area perbatasan kecamatan Gajah Mungkur, Ngalian, Gunung Pati dan Semarang Barat dengan luas area 1,2 km².
2. Data yang digunakan adalah citra Quickbird multispektral tahun 2011, citra Landsat 8 multispektral tahun 2015, dan peta administrasi Kota Semarang.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Konsep Dasar Tutupan Lahan

Tutupan lahan merupakan perwujudan secara fisik (visual) dari vegetasi, benda alam, dan sensor budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap objek tersebut (Townshend dan Justice, 1981 dikutip dalam Syahbana, 2013). Definisi tutupan lahan (*land cover*) ini sangat penting karena penggunaannya yang kerap disamakan dengan istilah penggunaan lahan (*land use*). Tutupan lahan dan penggunaan lahan memiliki beberapa perbedaan mendasar. Menurut penjelasan Coffey (2013), penggunaan lahan mengacu pada tujuan dari fungsi lahan, misalnya tempat rekreasi, habitat satwa liar atau pertanian sedangkan tutupan lahan mengacu pada kenampakan fisis permukaan bumi seperti badan air, bebatuan, lahan terbangun, dan lain-lain.

II.2. Citra Satelit Landsat 8

Program Landsat dimulai pada tahun 1972 yang merupakan salah satu program andalan observasi bumi NASA. Program Landsat terus berlanjut dengan diluncurkannya Landsat 8 pada tanggal 13 Februari 2013. Landsat 8 memiliki 11 saluran dengan panjang gelombang tertentu. Satelit Landsat dirancang untuk keperluan berbagai bidang seperti kehutanan, pertanian, geologi, perencanaan penggunaan lahan, dan lain-lain. Citra Landsat memiliki resolusi spasial 30 x 30 m dan salah satu kelebihanannya adalah jadwal berkala akuisisi setiap tempat di bumi setiap 16 hari, data arsip jangka panjang, dan relatif kaya dengan informasi spektral.

II.3. Citra Satelit Quickbird

Citra QuickBird merupakan citra satelit komersial yang mengobservasi bumi yang dimiliki oleh DigitalGlobe. Diluncurkan pada tahun 2001, Quickbird adalah sensor ruang angkasa dengan resolusi spasial tinggi yang mampu memberikan citra bumi pankromatik dengan resolusi 0,61 m. Sensor Quickbird juga memiliki 4 kanal multispektral dengan resolusi 2,44 m. Dengan resolusi citra yang tinggi, detail kenampakan seperti bangunan dan infrastruktur lainnya dapat mudah dilihat oleh mata

II.4. Klasifikasi Berbasis Objek

Pada tahun 1990-an, pengembangan metode klasifikasi yang baru tidak berjalan maju seiring dengan kemajuan di bidang teknik dalam memperoleh citra satelit (Lewinski, 2006). Baru pada akhir tahun 2000, perangkat lunak komersial pertama untuk klasifikasi berorientasi objek eCognition diperkenalkan sebagai aplikasi pertama untuk mengubah prinsip-prinsip dan kapabilitas klasifikasi (Baatz dkk., 2001 dikutip dalam Lewinski, 2006). Pengertian dari teknik klasifikasi berorientasi objek pada intinya mengklasifikasi citra berdasarkan segmen-segmen objek hasil segmentasi menjadi kelas-kelas penutup lahan yang sesuai dengan karakteristik objek (Li dkk., 2008 dikutip dalam Sutanto dkk., 2014).

Definisi yang lebih spesifik dari klasifikasi berbasis objek atau nama lainnya *Object based Image Analysis* (OBIA) menurut Mori, dkk. (2014) adalah proses menentukan objek menjadi kelas di mana setiap objek dianggap sebagai satu unit individu. Dengan membandingkan objek satu sama lain memungkinkan untuk menggabungkan kelompok objek yang serupa ke dalam kelas yang menjadi perhatian bagi pengguna. Kelas-kelas ini membentuk region pada citra sehingga setelah dilakukan klasifikasi citra dapat diidentifikasi dengan warna atau simbol.

II.5. Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan sebuah langkah awal pada klasifikasi citra dengan metode berbasis objek. Segmentasi citra digunakan untuk mengelompokkan piksel yang memiliki kesamaan struktur, dengan tujuan untuk membuat setiap struktur individual menjadi region atau wilayah individual (Syahbana, 2013). Salah satu perangkat lunak yang menyediakan proses segmentasi adalah eCognition yang memiliki beberapa algoritma segmentasi seperti *chessboard*, *quad tree*, *multiresolution*, dan *spectral difference*. Segmentasi multiresolusi merupakan salah satu jenis segmentasi yang paling sering digunakan.

Parameter yang harus ditentukan pada segmentasi multiresolusi yaitu parameter skala, bentuk, warna, kehalusan dan kekompakan. Pada perangkat lunak eCognition, segmentasi adalah suatu proses semi-otomatis di mana pengguna dapat menentukan parameter tertentu yang mempengaruhi ukuran dan bentuk dari segmen citra yang dihasilkan (Herold dan Scepán., 2002). Parameter ditentukan secara eksperimen oleh pengguna. Proses segmentasi ini dapat menghasilkan menghasilkan hierarki dari objek citra. Pada metode OBIA, semua objek citra merupakan bagian dari objek citra yang terdiri dari berbagai *level*, tapi selalu secara hierarkis. Setiap *level* objek citra merupakan salinan virtual dari citra yang menyimpan informasi bagian-bagian tertentu dari citra.

II.6. Klasifikasi Berbasis Pikel

Untuk menghasilkan penggunaan lahan dan tutupan lahan yang mencakup informasi pada skala yang berbeda, teknik klasifikasi citra penginderaan jauh telah dikembangkan sejak tahun 1980-an. Selama tahun 1980-an dan 1990-an, sebagian besar teknik klasifikasi menggunakan piksel citra sebagai unit dasar analisis, yang masing-masing piksel dilabeli sebagai kelas tutupan lahan penggunaan lahan tunggal (Li dkk., 2014). Tujuan utama dari prosedur klasifikasi citra adalah mengkategorikan secara otomatis semua piksel di citra ke dalam kelas tutupan lahan (Lillesand dan Kiefer, 2001 dikutip dalam Elsharkawy, 2012).

Li dkk. (2014) membagi algoritma klasifikasi berbasis piksel berdasarkan dua kelompok yaitu klasifikasi tak terbimbing dan klasifikasi terbimbing. Terdapat berbagai macam algoritma klasifikasi terbimbing seperti *minimum distance*, *parallelepiped*, *maximum likelihood*, *mahalanobis distance*, dan lain-lain. Klasifikasi *maximum likelihood* merupakan metode klasifikasi yang paling ampuh bila dilengkapi *training* data yang akurat dan salah satu algoritma yang paling banyak digunakan (Perumal dan Bhaskaran, 2010). Namun, permasalahan yang ada pada klasifikasi berbasis piksel yaitu pengklasifikasi tradisional per-piksel dapat menyebabkan efek '*salt and paper*' pada peta klasifikasi terutama ketika banyak terjadi bercampurnya piksel pada citra. Umumnya lingkungan lanskap yang kompleks akan meningkatkan kemungkinan piksel bercampur pada citra (Mustapha dkk., 2010).

III. Pelaksanaan Penelitian

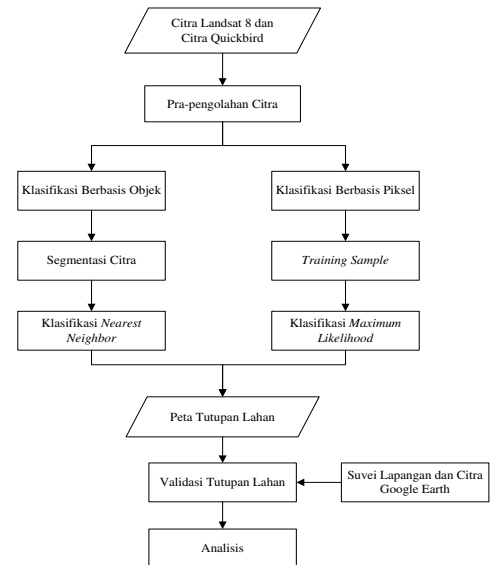
III.1. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan di penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

- a. Perangkat keras
 - i. Laptop ASUS A450LC dengan spesifikasi Intel® Core™ i7-4500U CPU @ 1.80 GHz (4CPUs), ~2.4GHzRAM RAM 4.00 GB Hardisk 698 GB
 - ii. GPS *Handheld*
 - iii. Kamera
- b. Perangkat lunak
 - i. eCognition 8.9
 - ii. ArcGIS 10.2
 - iii. ENVI 5.1
 - iv. Microsoft Word 2010

III.2. Metodologi Penelitian

Metodologi dalam penelitian ini meliputi studi literatur, pengadaan data, pra-pengolahan citra, pengolahan citra beserta analisis hasil klasifikasi utupan lahan. Tahapan metodologi penelitian dapat dilihat pada diagram alir Gambar III.1 berikut.



Gambar III.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

III.3. Tahapan Pra-pengolahan Citra

III.3.2 Penggabungan Layer

Penggabungan *layer* atau kanal citra pada pra-pengolahan ini hanya dilakukan pada citra Landsat 8 yang memiliki sebelas kanal. Untuk citra Quickbird sendiri kanal yang ada telah bergabung menjadi satu data. Penggabungan *layer* ini diperlukan agar data citra dapat diolah dalam satu data karena data citra Landsat 8 yang didapat dari USGS berupa format data .TIF yang masing-masingnya terdiri dari satu file berisikan kanal citra Landsat 8.

III.3.3 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan untuk memperbaiki inkonsistensi antara koordinat lokasi dari data citra mentah dengan lokasi yang sebenarnya pada koordinat di tanah atau berdasarkan citra (Baboo, 2011). Pengolahan koreksi geometrik pada citra Landsat 8 dan Quickbird dilakukan pada perangkat lunak ENVI 5.1 dengan menggunakan 10 titik GCP.

III.3.3 Pemotongan Citra

Proses akhir dari pra-pengolahan citra adalah pemotongan citra atau *cropping image*. Pemotongan citra ini bertujuan untuk membuat *area of interest* (AOI), untuk mempertegas fenomena geospasial dan pembahasan pada daerah kajian.

III.4. Tahapan Pengolahan Citra

III.4.1 Klasifikasi Berbasis Objek

Proses pengolahan klasifikasi berbasis objek memiliki dua tahapan utama, yaitu proses segmentasi dan klasifikasi. Perangkat lunak yang digunakan dalam proses pengolahan segmentasi dan klasifikasi adalah eCognition 8.9. Pada segmentasi multiresolusi memiliki tiga parameter yang harus ditentukan yaitu skala, bentuk, dan kekompakan. Penentuan parameter tersebut dilakukan secara eksperimen sampai didapat hasil segmentasi yang mewakili objek tutupan lahan. Untuk citra Landsat nilai parameter skala yang digunakan untuk *level 3* sebesar 300, untuk *level 2*

sebesar 160 dan untuk *level 1* sebesar 90 sedangkan untuk parameter bentuk 0,3 dan parameter kekompakan 0,6. Untuk citra Quickbird nilai parameter skala yang digunakan untuk *level 3* sebesar 90, untuk *level 2* sebesar 50 dan untuk *level 1* sebesar 15 sedangkan untuk parameter bentuk 0,1 dan parameter kekompakan 0,5.

Hasil segmentasi yang telah dilakukan membentuk segmen-segmen pada citra. Setelah itu, hasil segmentasi dari citra berupa objek yang berbentuk segmen-segmen tersebut akan diklasifikasikan. Klasifikasi bertujuan untuk mengelompokkan objek citra hasil segmentasi ke berbagai jenis tutupan lahan ke dalam satu kesamaan dengan sistem tertentu. Klasifikasi berbasis objek menggunakan metode klasifikasi *nearest neighbour* memerlukan pemilihan sampel pada masing-masing kelas tutupan lahan yang mewakili kelas tersebut.

III.4.2 Klasifikasi Berbasis Piksel

Pada penelitian ini, metode klasifikasi berbasis piksel yang digunakan adalah metode klasifikasi terbimbing. Algoritma klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma *maximum likelihood* yang terdapat pada perangkat lunak ENVI. Algoritma klasifikasi berbasis piksel *maximum likelihood* memiliki tahapan yang dilakukan, secara ringkasnya sebagai berikut 1) *input data file citra*, 2) pembuatan kelas tutupan lahan, 3) *training sample* di masing-masing kelas tutupan lahan, dan 4) menjalankan algoritma *maximum likelihood* yang akan secara otomatis mengklasifikasi tutupan lahan berdasarkan sampel kelas tutupan lahan yang dibuat.

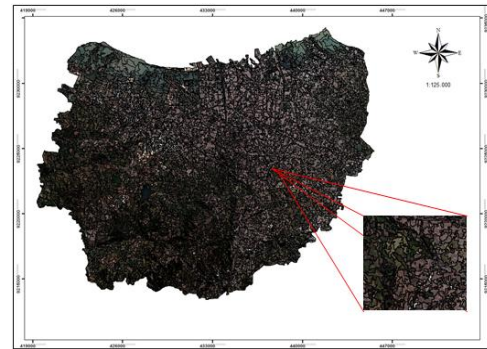
III.4.3 Uji Akurasi

Pada pengolahan data citra satelit sangat perlu dilakukannya uji akurasi data. Akurasi yang dimaksud di sini adalah kecocokan antara suatu informasi standar yang dianggap benar, dengan citra terklasifikasi yang belum diketahui kualitas informasinya (Campbell, 1987). Hasil pengolahan dari klasifikasi tutupan lahan menggunakan perhitungan matriks konfusi. Uji akurasi hasil klasifikasi pada citra Landsat 8 dilakukan dengan survei lapangan langsung di wilayah Kota Semarang sedangkan citra Quickbird dengan menggunakan citra yang terdapat di Google Earth.

IV.4. Hasil dan Pembahasan

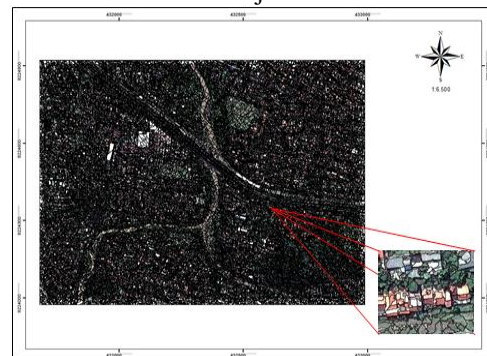
IV.4.1 Hasil Segmentasi Citra

Hasil segmentasi citra Landsat 8 menggunakan metode segmentasi multiresolusi untuk *level 3* dengan nilai 300, *level 2* dengan nilai 160, dan *level 1* dengan nilai 70 serta parameter bentuk 0,3 dan kekompakan 0,6 menghasilkan objek citra 383 segmen untuk *level 3*, 1344 segmen untuk *level 2*, dan 7009 objek untuk *level 1*. Gambar IV.1 menunjukkan segmen-segmen berupa objek pada citra Landsat 8 pada *level 1* yang digunakan untuk klasifikasi citra berbasis objek



Gambar IV.1 Hasil Segmentasi Multiresolusi Citra Landsat 8

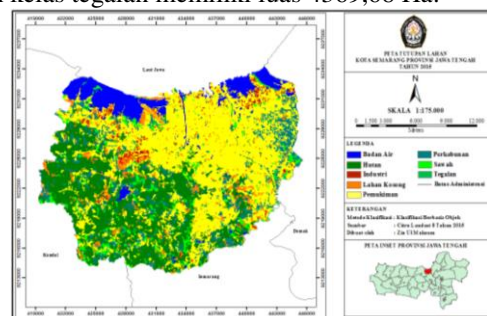
Untuk hasil segmentasi citra Quickbird menggunakan metode segmentasi multiresolusi untuk *level 3* dengan nilai 90, *level 2* dengan nilai 50, dan *level 1* dengan nilai 15 serta parameter bentuk 0,5 dan kekompakan 0,2 menghasilkan objek citra 1541 segmen untuk *level 3*, 5012 segmen untuk *level 2*, dan 46549 objek untuk *level 1*. Gambar IV.2 menunjukkan segmen-segmen berupa objek pada citra Quickbird pada *level 1* yang digunakan untuk klasifikasi citra berbasis objek.



Gambar IV.2 Hasil Segmentasi Multiresolusi Citra Quickbird

IV.4.2 Hasil Klasifikasi Citra Berbasis Objek Landsat 8

Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis objek menunjukkan kelas pemukiman memiliki luas 16767,63 Ha. Kelas perkebunan menunjukkan luas 9984,06 Ha, badan air memiliki luas 3105,00 Ha, kelas industri memiliki luas 662,4 Ha, kelas lahan kosong memiliki luas 2145,87 Ha, kelas sawah memiliki luas 1658,88 Ha, dan kelas tegalan memiliki luas 4369,68 Ha.



Gambar IV.3 Peta Tutupan Lahan Citra Landsat 8 Metode Klasifikasi Berbasis Objek

Tabel IV.1 Luas Klasifikasi Tutupan Lahan
Klasifikasi Berbasis Objek Citra Landsat 8

Kelas	Luas	
	(Ha)	%
Badan Air	3105,00	8,02
Industri	662,40	1,71
Lahan Kosong	2145,87	5,55
Pemukiman	16767,63	43,33
Perkebunan	9984,06	25,80
Sawah	1658,88	4,29
Tegalan	4369,68	11,29
Total	38693,52	100

IV.4.3 Hasil Klasifikasi Citra Berbasis Objek Quickbird

Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis objek pada citra Quickbird, kelas pemukiman memiliki luas 33,76 Ha, kelas bayangan menunjukkan luas 11,96 Ha, kelas jalan dan parkir memiliki luas 28,73 Ha, kelas lahan kosong memiliki luas 11,26 Ha, kelas pohon memiliki luas 21,71, kelas semak belukar memiliki luas 14,35 Ha, dan kelas sungai memiliki luas 2,27 Ha.



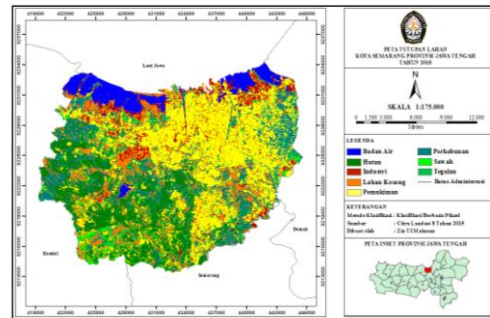
Gambar IV.4 Peta Tutupan Lahan Citra Quickbird
Metode Klasifikasi Berbasis Objek

Tabel IV.2 Luas Klasifikasi Tutupan Lahan
Klasifikasi Berbasis Objek Citra Quickbird

Kelas	Luas	
	(Ha)	%
Bangunan	33,76	27,22
Bayangan	11,96	9,65
Jalan dan Parkiran	28,73	23,16
Lahan Kosong	11,26	9,08
Pohon	21,71	17,50
Semak Belukar	14,35	11,57
Sungai	2,27	1,83
Total	124,04	100

IV.4.4 Hasil Klasifikasi Citra Berbasis Pikel Landsat 8

Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel juga menunjukkan kelas pemukiman memiliki luas 12645,81 Ha, kelas tegalan menunjukkan luas 7458,12 Ha, kelas badan air memiliki luas 2520,36 Ha, kelas industri memiliki luas 2340,63 Ha, kelas lahan kosong memiliki luas 5417,28 Ha, kelas perkebunan memiliki luas 6443,46 Ha dan kelas sawah memiliki luas 1868,76 Ha.



Gambar IV.5 Peta Tutupan Lahan Citra Landsat 8
Metode Klasifikasi Berbasis Pikel

Tabel IV.3 Luas Klasifikasi Tutupan Lahan
Klasifikasi Berbasis Pikel Citra Landsat 8

Kelas	Luas	
	(Ha)	%
Badan Air	2520,36	6,51
Industri	2340,63	6,05
Lahan Kosong	5417,28	14,00
Pemukiman	12645,81	32,68
Perkebunan	6443,46	16,65
Sawah	1868,76	4,83
Tegalan	7458,12	19,27
Total	38694,42	100

IV.4.5 Hasil Klasifikasi Citra Berbasis Pikel Quickbird

Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel pada citra Quickbird didapat kelas pemukiman dengan luas 33,73 Ha, kelas bayangan menunjukkan luas 6,78 Ha, kelas jalan dan parkir memiliki luas 22,97 Ha, kelas lahan kosong memiliki luas 20,55 Ha, kelas pohon memiliki luas 27,49 Ha, kelas semak belukar memiliki luas 10,47 Ha, dan kelas sungai memiliki luas 2,18 Ha.



Gambar IV.6 Peta Tutupan Lahan Citra Quickbird
Metode Klasifikasi Berbasis Pikel

Tabel IV.4 Luas Klasifikasi Tutupan Lahan
Klasifikasi Berbasis Pikel Citra Quickbird

Kelas	Luas	
	(Ha)	%
Bangunan	33,73	27,16
Bayangan	6,78	5,46
Jalan dan Parkiran	22,97	18,50
Lahan Kosong	20,55	16,55
Pohon	27,49	22,14
Semak Belukar	10,47	8,43
Sungai	2,18	1,75
Total	124,16	100

IV.4.6 Analisis Klasifikasi Berbasis Objek

Proses segmentasi merupakan bagian tahapan yang penting dari metode klasifikasi berbasis objek. Segmentasi multiresolusi pada citra Landsat 8 menghasilkan 7009 objek sementara pada citra Quickbird menghasilkan objek yang lebih banyak dengan jumlah 46549 objek.

Tabel IV.5 Hasil Segmentasi Multiresolusi pada Citra Landsat 8 dan Citra Quickbird

Metode	Parameter					Jumlah Objek
	Skala			Bentuk	Kekompakan	
	Level 3	Level 2	Level 1			
Segmentasi Landsat 8	300	160	70	0,3	0,6	7009
Segmentasi Quickbird	90	50	15	0,5	0,2	46549

Hasil segmentasi dari kedua citra menunjukkan bahwa resolusi citra mempengaruhi jumlah objek yang dihasilkan. Citra Landsat 8 yang merupakan citra resolusi menengah 30m menghasilkan objek yang lebih sedikit dibandingkan citra Quickbird yang merupakan citra resolusi tinggi 2,44m. Selain itu parameter skala juga merupakan parameter yang paling mempengaruhi jumlah objek yang dihasilkan. Perlu diperhatikan dalam metode segmentasi multiresolusi ini, nilai parameter akan berbeda tergantung pada citra yang digunakan. Meskipun citra yang digunakan dari produk yang sama namun dengan area kajian yang berbeda maka tetap diperlukan penentuan parameter yang sesuai terhadap karakteristik citra.

Parameter segmentasi juga mempengaruhi ukuran objek hasil segmentasi. Ukuran objek dapat mengalami *over segmentation* atau *under segmentation*. Segmentasi yang menghasilkan ukuran poligon melebihi objek akan menyebabkan *over segmentation* sedangkan segmentasi yang menghasilkan ukuran poligon yang kurang dari ukuran objek pada citra akan menyebabkan *under segmentation*. Objek citra yang mengalami *over segmentation* atau *under segmentation* akan berpengaruh besar dalam pendefinisian objek sebagai kelas tutupan lahan. Gambar IV.7 di bawah ini menunjukkan terjadinya *over segmentation* dan *under segmentation*.



Gambar IV.7 Segmentasi yang Mengalami *Over Segmentation* (kiri) dan *Under Segmentation* (kanan)

Segmentasi citra yang mengalami *under segmentation* berpeluang lebih besar kelas tutupan lahan tidak terklasifikasi dengan benar. Objek citra yang berukuran kecil dapat bergabung dengan objek lainnya sehingga dalam satu objek terdiri dari dua kelas tutupan lahan atau lebih menyebabkan algoritma klasifikasi menganggap satu objek tersebut

menjadi satu kelas tutupan lahan. Sementara citra yang mengalami *over segmentation* juga dapat menyebabkan kesalahan klasifikasi karena objek yang terlalu banyak dapat menyebabkan klasifikasi menjadi kompleks namun objek-objek yang berukuran kecil dapat terklasifikasi dan masih berpeluang dapat terklasifikasi dengan benar. Oleh karena itu, ukuran poligon objek citra dari hasil segmentasi nantinya akan berpengaruh pada hasil klasifikasi tutupan lahan.

Pada penelitian ini citra Landsat 8 menghasilkan objek-objek citra dengan dengan cukup baik sehingga didapatnya segmentasi yang menghasilkan *meaningful object*. Untuk citra Quickbird banyak mengalami *over segmentation* dan jumlah objek yang banyak karena resolusi citranya yang tinggi namun segmentasi yang dihasilkan dapat meliputi objek citra yang kecil. Klasifikasi citra merupakan tahapan utama setelah segmentasi dari klasifikasi berbasis objek. Salah satu teknik klasifikasi yang terdapat di perangkat lunak eCognition 8.9 adalah *nearest neighbor* yang juga merupakan teknik klasifikasi terbimbing sehingga diperlukan *training sample* pada masing-masing kelas tutupan lahan. Sampel yang dipilih harus mewakili masing-masing kelas tutupan lahan karena *training sample* menjadi acuan perangkat lunak untuk mengklasifikasi tutupan lahan. Semakin banyak sampel yang dipilih, maka peluang perangkat lunak untuk mengklasifikasi tutupan lahan semakin baik karena dapat mencakup keberagaman piksel untuk setiap kelas tutupan lahan.

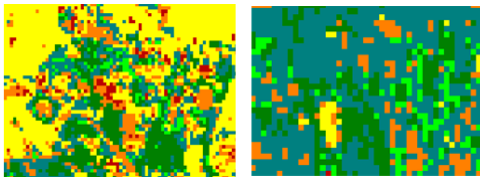
Pada proses klasifikasi menggunakan *nearest neighbor* diperlukan pemilihan *feature space* di mana *feature space* yang digunakan adalah *layer values* yang merupakan standar untuk klasifikasi *nearest neighbor*. Akurasi hasil klasifikasi citra berbasis objek diuji dengan menggunakan perhitungan matriks konfusi. Dalam penelitian ini, citra Landsat 8 menghasilkan nilai akurasi keseluruhan 77,14% sedangkan untuk citra Quickbird menghasilkan nilai akurasi keseluruhan 87,14%.

IV.4.7 Analisis Klasifikasi Berbasis Piksel

Klasifikasi berbasis piksel menggunakan algoritma *maximum likelihood* pada dasarnya memiliki kesamaan dengan klasifikasi berbasis objek dalam penelitian ini. Perbedaananya terletak pada tahapan segmentasi yang tidak terdapat pada klasifikasi berbasis piksel dan juga pemilihan sampel didasarkan pada pemilihan objek sedangkan untuk klasifikasi berbasis piksel pemilihan sampel dilakukan dengan membuat poligon pada setiap kelasnya. Hal ini memudahkan untuk pemilihan sampel pada klasifikasi berbasis objek karena pengguna memilih objek yang telah ada tanpa perlu lagi membuat poligon untuk sampel setiap kelasnya sehingga pemilihan sampel dapat dilakukan dengan lebih cepat.

Klasifikasi berbasis piksel merupakan teknik klasifikasi citra yang dilakukan dengan mengambil

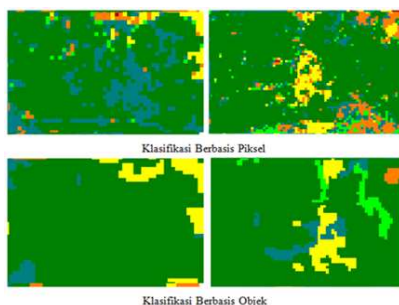
informasi spektral citra di mana tiap piksel penyusun citra dikuantifikasi menjadi *digital number* (DN). Berbeda dengan klasifikasi berbasis objek yang tidak hanya mengambil informasi spektral citra namun juga informasi spasial dari citra. Pendekatan klasifikasi berbasis objek memiliki potensi besar dalam mengekstraksi tutupan lahan dari citra satelit dan mengatasi kekurangan klasifikasi berbasis piksel yang seringkali memberikan hasil yang masih mengandung efek *salt and papper* seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.8. Pada penelitian ini, klasifikasi berbasis piksel pada citra Landsat 8 menghasilkan nilai akurasi keseluruhan 75,71% sedangkan untuk citra Quickbird menghasilkan nilai akurasi keseluruhan 82,5%.



Gambar IV.8 Klasifikasi Berbasis Piksel
Mengandung Efek *Salt and Paper*

IV.4.8 Analisis Perbandingan Klasifikasi Berbasis Objek dan Klasifikasi Berbasis Piksel Citra Landsat 8 (Resolusi Menengah)

Hasil klasifikasi berbasis objek dan klasifikasi berbasis piksel menunjukkan sejumlah perbedaan baik secara visual maupun matematis. Secara visual dapat dilihat hasil tutupan lahan antara klasifikasi berbasis objek dengan klasifikasi berbasis piksel memperlihatkan adanya perbedaan seperti pada kelas tutupan lahan perkebunan, tegalan dan industri. Gambar IV.9 (kiri) menunjukkan terjadinya kesalahan klasifikasi berbasis piksel di mana di daerah tersebut didominasi oleh perkebunan namun terklasifikasi sebagai kelas tegalan. Gambar IV.9 (kanan) menunjukkan adanya efek *salt and papper* pada klasifikasi berbasis piksel sehingga terdapat kelas sawah di tengah-tengah kelas perkebunan.



Gambar IV.9 Kesalahan Klasifikasi pada Klasifikasi Berbasis Piksel dan Klasifikasi Berbasis Objek

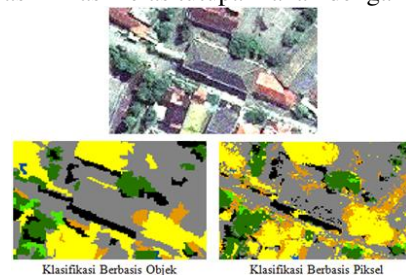
Meskipun klasifikasi berbasis objek cocok digunakan pada citra yang memiliki resolusi tinggi namun klasifikasi berbasis objek juga menunjukkan hasil yang cukup baik dalam mengklasifikasi tutupan lahan pada citra resolusi menengah. Klasifikasi berbasis objek memiliki kelemahan untuk mengklasifikasi objek tutupan lahan yang tidak

terlalu luas jika segmentasi yang dilakukan tidak meliputi objek-objek citra yang lebih kecil yang menyebabkan objek tersebut tersegmentasi dengan kelas lainnya sehingga objek terklasifikasi menjadi kelas lainnya. Hal tersebut dikarenakan proses segmentasi yang mengalami *under segmentation* sehingga objek lainnya yang bergabung menjadi kelas tutupan lahan tersebut.

Hasil klasifikasi citra yang dilakukan pada citra Landsat 8 dengan metode klasifikasi berbasis objek menunjukkan akurasi hasil klasifikasi berbasis objek mengungguli sedikit metode klasifikasi berbasis piksel yang ditunjukkan dengan nilai akurasi keseluruhan 77,14% berbanding dengan 75,71%, nilai rata-rata akurasi pembuat 81,45% berbanding 79,13%, rata-rata akurasi pengguna 77,14% berbanding 75,71%, serta nilai koefisien kappa 0,733 berbanding 0,716.

IV.4.9 Analisis Perbandingan Klasifikasi Berbasis Objek dan Klasifikasi Berbasis Piksel Citra Quickbird (Resolusi Tinggi)

Pada citra resolusi tinggi, kelas lahan terbangun yang terdiri dari perumahan dan industri banyak terjadi kesalahan klasifikasi dengan kelas jalan dan parkir karena warna atap bangunan yang beragam dapat menambah kompleksitas klasifikasi citra dari *training sample* yang beragam. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar IV.10 yang memperlihatkan bangunan yang memiliki atap abu-abu terklasifikasi sebagai kelas jalan dan parkir. Hal ini terjadi pada klasifikasi berbasis objek dan juga klasifikasi berbasis piksel. Untuk kelas vegetasi, kedua metode klasifikasi citra cukup baik dalam mengklasifikasi kelas tutupan lahan dengan tepat.



Gambar IV.10 Kesalahan Klasifikasi Berbasis Piksel dan Klasifikasi Berbasis Objek pada Citra Quickbird

Hasil klasifikasi citra Quickbird menunjukkan akurasi klasifikasi berbasis objek lebih akurat dibandingkan dengan metode klasifikasi berbasis piksel dengan nilai akurasi keseluruhan 87,14% berbanding dengan 82,85%, nilai rata-rata akurasi pembuat 87,62% berbanding 84,06%, rata-rata akurasi pengguna 86,10% berbanding 82,85%, serta nilai koefisien kappa 0,853 berbanding 0,800.

IV.4.10 Matriks Konfusi

Berikut hasil klasifikasi tutupan lahan yang diuji dengan perhitungan matriks konfusi.

Tabel IV.6 Matriks Konfusi Klasifikasi Berbasis Objek Citra Landsat 8

Kelas	Badan Air	Sawah	Lahan Kosong	Pemukiman	Tegalan	Perkebunan	Industri	Total	User Acc.
Badan Air	10	0	0	0	0	0	0	10	1,0
Sawah	0	4	1	2	2	1	0	10	0,4
Lahan Kosong	0	0	8	1	0	1	0	10	0,8
Pemukiman	0	0	0	9	0	0	1	10	0,9
Tegalan	0	0	1	3	5	1	0	10	0,5
Perkebunan	0	0	0	0	0	10	0	10	1,0
Industri	0	0	0	2	0	0	8	10	0,8
Total	10	4	10	17	7	13	9	70	
Producer Acc.	1,0	1,0	0,8	0,5	0,7	0,8	0,9		
Rata-rata Akurasi Pengguna : 77,14% Rata-rata Akurasi Pembuat : 81,45% Akurasi Keseluruhan : 77,14% Akurasi Kappa : 0,733									

Tabel IV.7 Matriks Konfusi Klasifikasi Berbasis Piksel Citra Landsat 8

Kelas	Badan Air	Sawah	Lahan Kosong	Pemukiman	Tegalan	Perkebunan	Industri	Total	User Acc.
Badan Air	8	0	0	1	0	0	1	10	0,8
Sawah	0	4	1	1	3	1	0	10	0,4
Lahan Kosong	0	0	9	0	1	0	0	10	0,9
Pemukiman	0	0	1	8	0	0	1	10	0,8
Tegalan	0	0	2	1	6	1	0	10	0,6
Perkebunan	0	0	0	0	1	9	0	10	0,9
Industri	0	0	0	1	0	0	9	10	0,9
Total	8	4	13	12	11	11	11	70	
Producer Acc.	1,0	1,0	0,7	0,7	0,5	0,8	0,8		
Rata-rata Akurasi Pengguna : 75,71% Rata-rata Akurasi Pembuat : 79,15% Akurasi Keseluruhan : 75,71% Akurasi Kappa : 0,716									

Tabel IV.8 Matriks Konfusi Klasifikasi Berbasis Objek Citra Quickbird

Kelas	Bangunan	Bayangan	Jalan & Parkiran	Lahan Kosong	Pohon	Semak Belukar	Sungai	Total	User Acc.
Bangunan	10	0	0	0	0	0	0	10	1,0
Bayangan	0	9	1	0	0	0	0	10	0,9
Jalan & Parkiran	0	0	10	0	0	0	0	10	1,0
Lahan Kosong	2	0	0	8	0	0	0	10	0,8
Pohon	0	0	0	0	9	1	0	10	0,9
Semak Belukar	1	0	0	1	1	8	0	11	0,7
Sungai	0	0	0	3	0	0	7	10	0,7
Total	13	9	11	12	10	9	7	71	
Producer Acc.	0,8	1,0	0,9	0,7	0,9	0,9	1,0		
Rata-rata Akurasi Pengguna : 86,10% Rata-rata Akurasi Pembuat : 87,62% Akurasi Keseluruhan : 87,14% Akurasi Kappa : 0,853									

Tabel IV.9 Matriks Konfusi Klasifikasi Berbasis Piksel Citra Quickbird

Kelas	Bangunan	Bayangan	Jalan & Parkiran	Lahan Kosong	Pohon	Semak Belukar	Sungai	Total	User Acc.
Bangunan	10	0	0	0	0	0	0	10	1,0
Bayangan	0	9	1	0	0	0	0	10	0,9
Jalan & Parkiran	0	0	9	1	0	0	0	10	0,9
Lahan Kosong	2	0	0	7	0	0	1	10	0,7
Pohon	0	0	0	0	9	1	0	10	0,9
Semak Belukar	0	0	0	1	2	7	0	10	0,7
Sungai	0	0	0	3	0	0	7	10	0,7
Total	12	9	10	12	11	8	8	70	
Producer Acc.	0,8	1,0	0,9	0,6	0,8	0,9	0,9		
Rata-rata Akurasi Pengguna : 82,85% Rata-rata Akurasi Pembuat : 84,06% Akurasi Keseluruhan : 82,85% Akurasi Kappa : 0,800									

Tabel IV.10 Perbandingan Hasil Akurasi antara Metode Klasifikasi Berbasis Objek dengan Metode Klasifikasi Berbasis Piksel pada Citra Landsat 8

Klasifikasi Berbasis Objek Citra Landsat 8		Klasifikasi Berbasis Piksel Citra Landsat 8	
Rerata Akurasi Pengguna 77,14%	Rerata Akurasi Pembuat 81,45%	Rerata Akurasi Pengguna 75,71%	Rerata Akurasi Pembuat 79,13%
Akurasi keseluruhan 77,14% Statistik Kappa 0,733		Akurasi keseluruhan 75,71% Statistik Kappa 0,716	

Tabel IV.11 Perbandingan Hasil Akurasi antara Metode Klasifikasi Berbasis Objek dengan Metode Klasifikasi Berbasis Piksel pada Citra Quickbird

Klasifikasi Berbasis Objek Citra Quickbird		Klasifikasi Berbasis Piksel Citra Quickbird	
Rerata Akurasi Pengguna 86,10%	Rerata Akurasi Pembuat 87,62%	Rerata Akurasi Pengguna 82,85%	Rerata Akurasi Pembuat 84,06%
Akurasi keseluruhan 87,14% Statistik Kappa 0,853		Akurasi keseluruhan 82,85% Statistik Kappa 0,800	

IV. Kesimpulan dan Saran

V. 1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis dalam penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Untuk Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis objek dan pada citra Landsat (resolusi menengah) menghasilkan luas kelas pemukiman 16767,63 Ha, kelas perkebunan 9984,06 Ha, badan air 3105,00 Ha, kelas industri 662,40 Ha, kelas lahan kosong 2145,87 Ha, kelas sawah 1658,88 Ha, dan kelas tegalan 4369,68 Ha. Sementara hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel pada citra Landsat menghasilkan luas kelas pemukiman 12645,81 Ha, kelas perkebunan 6443,46 Ha, badan air 2520,36 Ha, kelas industri 2340,63 Ha, kelas lahan kosong 5417,28 Ha, kelas

- sawah 1868,76 Ha, dan kelas tegalan 7458,12 Ha.
- Hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis objek pada citra Quickbird (resolusi tinggi) menghasilkan luas kelas bangunan 33,76 Ha, kelas bayangan 11,96 Ha, jalan dan parkir 28,73 Ha, kelas lahan kosong 11,26 Ha, kelas pohon 21,71 Ha, semak belukar 14,35 Ha, dan kelas sungai 2,27 Ha. Sementara hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis piksel pada citra Quickbird menghasilkan luas kelas bangunan 33,73 Ha, kelas bayangan 6,78 Ha, jalan dan parkir 22,97 Ha, kelas lahan kosong 20,55 Ha, kelas pohon 27,49 Ha, semak belukar 10,47 Ha, dan kelas sungai 2,18 Ha.
 - Model Berdasarkan hasil uji akurasi klasifikasi tutupan lahan pada citra Landsat 8 didapat nilai akurasi keseluruhan untuk metode klasifikasi berbasis objek sebesar 77,14% sedangkan metode klasifikasi berbasis piksel didapat nilai sebesar 75,71%. Untuk citra Quickbird, klasifikasi berbasis objek menghasilkan akurasi keseluruhan 87,14% sedangkan pada klasifikasi berbasis piksel menghasilkan akurasi keseluruhan 82,85%. Hasil akurasi keseluruhan menunjukkan klasifikasi berbasis objek cukup baik dibandingkan klasifikasi berbasis piksel dalam mengklasifikasi tutupan lahan baik pada citra resolusi menengah (citra Landsat 8) maupun citra resolusi tinggi (citra Quickbird).

V. 2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diajukan antara lain sebagai berikut :

- Studi perbandingan klasifikasi berbasis objek dengan klasifikasi berbasis piksel dapat diperluas lagi tidak hanya menggunakan algoritma yang terdapat di perangkat lunak eCognition dan ENVI saja, namun juga algoritma klasifikasi lainnya.
- Studi mengenai klasifikasi tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi berbasis objek dapat dikembangkan lagi seperti menggunakan data Lidar dalam memberikan informasi tutupan lahan secara tiga dimensi.
- Algoritma klasifikasi pada metode klasifikasi berbasis objek di perangkat lunak eCognition perlu dikembangkan lagi, tidak hanya menggunakan klasifikasi standar *nearest neighbour* namun juga menggunakan klasifikasi lainnya seperti *membership function*.

DAFTAR PUSTAKA

- Baboo, S. S. dan Devi, M. R. 2011. *Geometric Correction in Recent High Resolution Satellite Imagery: A Case Study in Coimbatore, Tamil Nadu*. International Journal of Computer Applications, Vol. 14, No.1: 32-37
- Coffey, R. 2013. *The Difference Between "Land Use" and "Land Cover"*. http://msue.anr.msu.edu/news/the_difference_between_land_use_and_land_cover. diakses pada tanggal 8-9-2015.
- Campbell, J. B. 1987. *Introduction to Remote Sensing*. The Guilford Press: New York dan London
- Elshrkawy, A., Elhabiby, M., dan El-Sheimy, N. 2012. *New Combined Pixel/Object-Based Technique for Efficient Urban Classification Using Worldview-2 Data*. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B7: Melbourne
- Herold, M., dan Scepan, J. 2002. *Object-Oriented Mapping and Analysis of Urban Land Use/Cover Using IKONOS Data*. Proceedings of 22nd EARSEL Symposium Geoinformation for European-wide integration: Prague
- Lewinski, S., 2006. *Object-Oriented Classification of Landsat ETM+ Satellite Image*. J. Water Land Dev. No. 10, 2006: 91-106
- Li, H. T., Gu, H.Y., Han, Y. S., Yang, J. H., 2008. *Object-oriented Classification of Polarimetric SAR Imagery based on Statistical Region Merging and Support Vector Machine*. International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications
- Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., dan Wu, C. 2014. *A Review of Remote Sensing Image Classification Techniques: the Role of Spatio-contextual Information*. European Journal of Remote Sensing - 2014, 47: 389-411
- Lillesand, Thomas M., Ralph W. Kiefer. 1979. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Trans. Dulbahri, dkk. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Mori, M., Hirose, Y., Akamatsu, Y., dan Li., Y., 2004. *Object-based classification of IKONOS data for rural land use mapping*. Proceedings of XXth ISPRS Congress 35: 1682-1750
- Musthapa, M. R., Lim, H. S., dan Mat Jafri, M. Z., 2010. *Comparison of Neural Network and Maximum Likelihood Approaches in Image Classification*. Jurnal of Applied Science 10 (22): 2847-2854
- Parsa, M. I. 2013. *Optimalisasi Parameter Segmentasi Untuk Pemetaan Lahan Sawah Menggunakan Citra Satelit Landsat (Studi Kasus Padang Pariaman, Sumatera Barat dan Tanggamus, Lampung)*. Jurnal Penginderaan Jauh

- Perumal, K. dan Bhaskaran, R. 2010. *Supervised Classification Performance of Multispectral Images*. Journal of Computing, Volume 2, Issue 2: 124:129
- Sutanto, A., Trisakti, B., dan Arimurthy, A. M. 2014. *Perbandingan Klasifikasi Berbasis Obyek dan Klasifikasi Berbasis Piksel pada Data Citra Satelit Synthetic Aperture Radar untuk Pemetaan Lahan*. Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital, Vol. 11 No 1: 63-75
- Syahbana, M. I. 2013. *Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan Dengan Metode Object Based Image Analysis*. Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung: Bandung, Vol. 10 No.1 Juni 2013: 29-24
- Zhou, W., Troy, A., dan Grove, M. 2008. *Object-based Land Cover Classification and Change Analysis in the Baltimore Metropolitan Area Using Multitemporal High Resolution Remote Sensing Data*. Sensors, 8: 1613–1636