

KLASIFIKASI POHON KEPUTUSAN UNTUK KAJIAN PERUBAHAN PENGUNAAN LAHAN KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT TM/ETM+

Like Indrawati, Hartono dan Sunarto

likeindra@yahoo.com

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

ABSTRAK

Kota Semarang masih berkembang pesat. Dengan jumlah penduduk sekitar 1.434.025 jiwa (BPS, 2006) yang tinggal di kota, kota ini bisa disebut kota metropolitan. Pertumbuhan penduduk Kota Semarang sejak tahun 1994 ketika ekspansi ke 16 daerah kabupaten menunjukkan perbaikan. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan lahan yang lebih tinggi, sehingga konversi lahan pertanian menjadi nonpertanian akan meningkat. Untuk yang terakhir, data dari jarak jauh-merasakan memainkan peran penting yang memberikan informasi terbaru untuk penggunaan lahan. Hal ini harus didukung oleh canggih metodologi pengolahan gambar seperti otomatis klasifikasi spektral. Penelitian ini mencoba untuk membandingkan dua algoritma klasifikasi Landsat TM digital / ETM + adalah classifier kemungkinan dan keputusan pohon maksimum, akurasi tertinggi berikutnya digunakan untuk studi perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang. Penggunaan lahan klasifikasi yang diterapkan memiliki berbeda dua-tahap detail untuk skala 1: 250.000 (tingkat I) dan 1: 100.000 (level II). Hasil ini pada penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan lahan peta klasifikasi pohon keputusan pada akurasi keseluruhan dan Kappa Indeks lebih tinggi dari penggunaan lahan peta hasil maksimum klasifikasi kemungkinan dan penggunaan lahan klasifikasi tingkat I memiliki akurasi yang lebih baik daripada penggunaan lahan klasifikasi tingkat II. Akurasi tingkat I klasifikasi di peta tahun 1994, untuk klasifikasi kemungkinan maksimum yang diperoleh adalah 54,14% yang memiliki indeks Kappa adalah 0,4822, dan akurasi untuk klasifikasi pohon keputusan adalah 66,34% dengan indeks Kappa 0,6256. Akurasi peta tahun 2002 untuk klasifikasi kemungkinan maksimum yang diperoleh adalah 75,12% yang memiliki indeks Kappa 0713, dan keputusan klasifikasi pohon akurasi 81,46% yang memiliki indeks Kappa 0787. Pada peta tahun 2006 untuk klasifikasi kemungkinan maksimum yang diperoleh adalah akurasi keseluruhan 78,05% yang memiliki indeks Kappa 0,7641 dan keputusan klasifikasi pohon akurasi 82,45% yang memiliki indeks Kappa 0805. Perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang menginstruksikan turunnya perkebunan dan lahan pertanian dan meningkatnya penyelesaian dan industri.

Kata Kunci: Keputusan klasifikasi pohon, klasifikasi kemungkinan maksimum, penggunaan lahan, perubahan penggunaan lahan

ABSTRACT

The Semarang City is still growing rapidly. With total population of approximately 1,434,025 people (BPS, 2006) who lived in the city, this city can be called a metropolitan city. Growth of Semarang City population since 1994 when expansion into 16 district areas showed improvement. This condition caused the need of land higher, so that the conversion of agricultural into nonagricultural land will increased. For the latter, remotely-sensed data plays an important role which provide updated information for land use. This is must be supported by the advanced of image processing methodology such as automated spectral classification. This study attempted to compare two classification algorithm of digital Landsat TM/ETM+ is the maximum likelihood and decision tree classifier, the next highest accuracy used for the study of land use change in the Semarang City. Land use classification which was applied has different two-stage of the detail for scale of 1 : 250.000 (level I) and 1 : 100.000 (level II). This result on this study indicate that the landuse map of decision tree classification on overall accuracy and Kappa Index was higher than landuse map of result maximum likelihood classification and land use classification of level I have accuration which better than land use classification of level II. The accuracy of level I classification at map year 1994, for maximum likelihood classification obtained is 54,14% that have Kappa index is 0,4822, and the accuracy for decision tree classification is 66,34% with Kappa index 0,6256. The accuracy of map year 2002 for maximum likelihood classification obtained is 75,12% that have Kappa index 0,713, and for decision tree classification accuration of 81,46% that have Kappa index 0,787. At map year 2006 for maximum likelihood classification obtained is overall accuration of 78,05% that have Kappa index 0,7641 and for decision tree classification accuration of 82,45% that have Kappa index 0,805. Change of land use in Semarang City instruct the descent of plantation and agricultural land and increasing of settlement and industrial.

Keyword : *decision tree classification, maximum likelihood classification, land use, land use change*

PENDAHULUAN

Penggunaan lahan dan penutup lahan merupakan representasi dari pemanfaatan lahan yang digunakan pada banyak penelitian, dan merupakan penunjang bagi terapan strategis, politik dan dasar bagi perencanaan wilayah baik pada skala lokal, regional maupun global (Gerçek, 2002) dalam (Handanari, 2009). Adanya penemuan teknologi satelit, metode untuk memperoleh informasi detil permukaan lahan termasuk penutup dan penggunaan lahan menjadi lebih efisien dalam hal biaya dan waktu pemrosesannya, serta penerapan prosedur yang sistematis dibandingkan pengukuran langsung di lapangan yang dilakukan sebelumnya (Wheatley *et al.*, 2000). Kemajuan teknologi ini tentunya harus didukung oleh pengembangan metodologi pengolahan citranya agar pemanfaatannya menjadi lebih efisien. Salah satu proses pengolahan citra

tersebut adalah klasifikasi spektral otomatis untuk aplikasi tematik misalnya penggunaan lahan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Klasifikasi *tree* (disebut juga *classification and regression trees (CART)* atau *decision trees*) semakin meningkat kegunaannya untuk analisis dan klasifikasi citra digital penginderaan jauh. Pohon keputusan telah berhasil dilakukan untuk klasifikasi multispektral (Friedl dan Broley, 1997) dalam (Lawrence, *et al*, 2004), penggabungan data tambahan dengan citra multispektral untuk meningkatkan akurasi klasifikasi (Lawrence dan Wright, 2001), dan analisis deteksi perubahan (Rogan, *et al*, 2003).

Citra penginderaan jauh telah berkembang beberapa dekade ini, terutama yang menggunakan wahana satelit yang mampu untuk memonitoring permukaan bumi pada interval waktu tertentu, sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan. Salah satu teknologi satelit tersebut adalah Landsat TM/ ETM+, satelit ini memiliki kelebihan dengan potensi informasi spektral yang terdiri atas 7 saluran, masing-masing saluran tersebut menggunakan panjang gelombang tertentu sehingga menghasilkan karakteristik tersendiri bagi setiap objek yang dicitrakan.

Membandingkan tingkat akurasi peta penggunaan lahan hasil klasifikasi pohon keputusan dengan peta penggunaan lahan hasil klasifikasi kemiripan maksimum yang diintegrasikan dengan sistem informasi geografis. Inventarisasi penggunaan lahan Kota Semarang menggunakan metode klasifikasi yang memiliki akurasi tertinggi pada data citra Landsat multiwaktu. Mengkaji perubahan penggunaan lahan Kota Semarang hasil klasifikasi yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi dari tahun 1994 sampai dengan 2006.

Klasifikasi ini dilakukan dengan asumsi bahwa pola spektral nilai pantulan akan membentuk distribusi normal. Oleh karena itu, pola distribusi nilai pantulan yang berbentuk kurva normal merupakan data penentuan kelas. Distribusi normal digambarkan dari kemungkinan dari feature tunggal dan ini ditetapkan dengan dua parameter, yaitu nilai rerata dan varian. Distribusi nilai rerata mengontrol distribusi lokasi dan *variance* mengontrol penyebaran data (Pal, 2002). Pada distribusi data yang membentuk kurva normal maka nilai vektor rerata (varian) dan matriks kovariannya (korelasi pola spektral kelas) dapat diketahui.

Struktur pohon keputusan adalah salah satu cara untuk mengerti konsep tentang sistem ahli, struktur tersebut berisi perintah-perintah dan kondisinya yang dievaluasi dengan tes hipotesis. Pohon keputusan diorganisasikan dengan hipotesis, kaidah-kaidah dan kondisi, tiap-tiap hipotesis mungkin diibaratkan sebagai batang dari sebuah pohon, tiap-tiap aturan/perintah adalah sebuah dahan, dan tiap-tiap kondisi adalah daunnya (Swain and Zhang dan Wang, 2003)

dalam (Jensen, 2005). Ini biasanya mengarah sebagai klasifikasi hierarki pohon keputusan. Tujuan dari penggunaan struktur hierarki ini adalah untuk menentukan suatu objek dengan memperoleh keuntungan berupa pengertian yang lebih menyeluruh dari hubungan antara objek tersebut pada skala yang berbeda atau pada level kerincian yang berbeda. Algoritma pohon keputusan memiliki tiga input (Pal, 2002), yaitu 1) Sampel daerah contoh, yang mana masing-masing kasus didefinisikan dengan serangkaian fitur beserta nilainya masing-masing, dan sebuah label kelas 2) serangkaian dari tes kandidat yang mempartisi atau membagi (*split*) rangkaian kasus- kasus daerah contoh kedalam subset; 3) sebuah fungsi kriteria penghentian yang mendefinisikan kapan ekspansi pohon berakhir.

Beberapa *layer* dapat dijadikan masukan dalam pohon keputusan untuk penyaringan deskripsi kelas. Sebuah pemisahan dipilih karena kemampuan untuk membuat titik yang lebih murni berdasarkan pada ukuran ketidakmurnian $i(t)$ dan dapat ditentukan dengan beberapa fitur tunggal.

Ukuran – ukuran yang dibangun untuk memilih *split* terbaik sering berdasarkan pada derajat ketidakmurnian dari titik-titik anakan. Derajat ketidakmurnian yang lebih kecil lebih cenderung pada distribusi kelas. Rumus untuk pengukuran ketidakmurnian adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Entropy } (t) &= - \sum_{i=0}^{t-1} p(i|t) \log_2 p(i|t), \\
 \text{Gini } (t) &= 1 - \sum_{i=0}^{t-1} [p(i|t)]^2, \\
 \text{Classification error } (t) &= 1 - \max_i [p(i|t)], \quad (\text{German et all, 2000})
 \end{aligned}$$

Perubahan penggunaan lahan adalah bertambahnya suatu penggunaan lahan dari satu sisi penggunaan ke penggunaan yang lainnya diikuti dengan berkurangnya tipe penggunaan lahan yang lain dari suatu waktu ke waktu berikutnya, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada kurun waktu yang berbeda (Wahyunto dkk., 2001) dalam (Kurnia dkk, 2006). Perubahan tersebut terjadi karena dua hal, pertama adanya keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang makin meningkat jumlahnya dan kedua, berkaitan dengan meningkatnya tuntutan akan mutu kehidupan yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat TM/ETM+ *path/row* 120/65 perekaman tahun 1994, 2002 dan 2006. Adapun tahap-tahap penelitian adalah prapemrosesan citra (koreksi radiometrik dan geometrik) proses klasifikasi kemiripan maksimum yang menghasilkan peta penutup lahan, dan dibantu peta bentuklahan diturunkan menjadi peta penggunaan lahan.

Cek lapangan, lokasi cek lapangan ini digunakan sebagai acuan untuk penentuan lokasi area sampel pada proses klasifikasi pohon keputusan. Proses *layer stacking* untuk citra Landsat TM/ETM+ pada 6 saluran spektral serta *layer* pendukung lain, yaitu : peta-peta hasil Transformasi Kauth dan Thomas, *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*), *NDBI* (*Normalized Difference Building Index*), Indeks Vegetasi, serta data spasial seperti peta bentuklahan, peta tanah, peta elevasi dan peta lereng untuk pengambilan sampel area. Rata-rata jumlah piksel yang diambil antara 25 hingga 100 piksel per kelas penggunaan lahan.

Proses klasifikasi pohon keputusan dengan perangkat lunak CART Pro X V6.0 (Salford System) dengan menterjemahkan aturan-aturan (*rule*) hasil klasifikasi pohon keputusan menjadi peta penggunaan lahan menggunakan perangkat lunak ERDAS Imagine versi 8.5 dengan modul *Knowledge Engineer*, serta membandingkan tingkat akurasi keseluruhan, akurasi pengguna, dan akurasi produser serta Indeks *Kappa* pada peta penggunaan lahan hasil kedua metode di atas. Inventarisasi penggunaan lahan Kota Semarang dari hasil metode klasifikasi yang memiliki akurasi tertinggi. Mengkaji perubahan penggunaan lahan Kota Semarang secara visual menggunakan jaringan jalan dan Peta RTRW Kota Semarang Tahun 2000-2010.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Posisi geografi Kota Semarang terletak di pantai Utara Jawa Tengah, tepatnya pada garis 6°5' - 7°10' Lintang Selatan dan 109°50' – 110°35' Bujur Timur. Sedang luas wilayah mencapai 37.366.838 hektar atau 373,7 km². Kota Semarang terbagi menjadi dua topografi yang mencolok, daerah perbukitan di wilayah kota bagian selatan didominasi oleh penggunaan lahan pertanian, seperti kebun campur, tegalan dan sawah, serta perkebunan karet, dan hutan jati. Pada daerah ini kawasan permukiman penduduk mulai dikembangkan karena lokasinya yang bebas dari banjir. Sementara, sebelah utara merupakan dataran rendah yang didominasi oleh penggunaan lahan permukiman, tambak, tegalan, dan sawah. Daerah ini banyak terdapat kawasan industri karena memiliki sarana transportasi yang lebih lengkap seperti pelabuhan laut,

pelabuhan udara, dan jaringan jalan darat yang menghubungkan ke kota-kota di sekitarnya.

Berdasarkan sampel yang telah dipilih, seluruh piksel yang ada pada citra diklasifikasikan merujuk pada sampel tersebut. Cara perujukan yang dipilih adalah berdasarkan pada kemiripan terhadap sampel yang telah diambil. Hasil klasifikasi kemiripan maksimum berupa peta penutup lahan tahun 1994, tahun 2002 dan tahun 2006 yang masing-masing terdiri atas 19 kelas (1994), 23 kelas (2002) dan 26 kelas (2006) penutup lahan.

Matrik dua dimensi antara kelas penutup lahan dengan jenis bentuk lahannya digunakan sebagai pengontrol proses penentuan jenis penggunaan lahan. Matrik tersebut diisi sesuai dengan keeratan hubungan ekologis antara kelas penutup lahan dengan bentuk lahan. 4.2.2 Klasifikasi Pohon Keputusan

Hasil titik yang diputuskan pada proses klasifikasi pohon keputusan untuk peta penggunaan lahan tahun 1994 tingkat I terdiri dari 15 titik target kelas (atribut dugaan) dengan akar pemisah (*root split*) pada layer Indeks Kecerahan dengan nilai ambang 135,323, sedangkan untuk tingkat II terdiri atas 41 titik target kelas dengan akar pemisah yang sama dengan klasifikasi penggunaan lahan tingkat I yaitu pada Indeks Kecerahan pada nilai ambang 135,323.

Hasil perhitungan klasifikasi pohon keputusan untuk citra tahun 2002 pada klasifikasi penggunaan lahan tingkat I terdiri dari 24 titik target kelas dengan akar pemisah utama adalah *NDVI* dengan nilai ambang 0,276. Pada klasifikasi penggunaan lahan tingkat II diperoleh 30 titik target kelas dengan akar pemisah saluran 4 (Landsat 7 ETM +) pada nilai ambang 24,5.

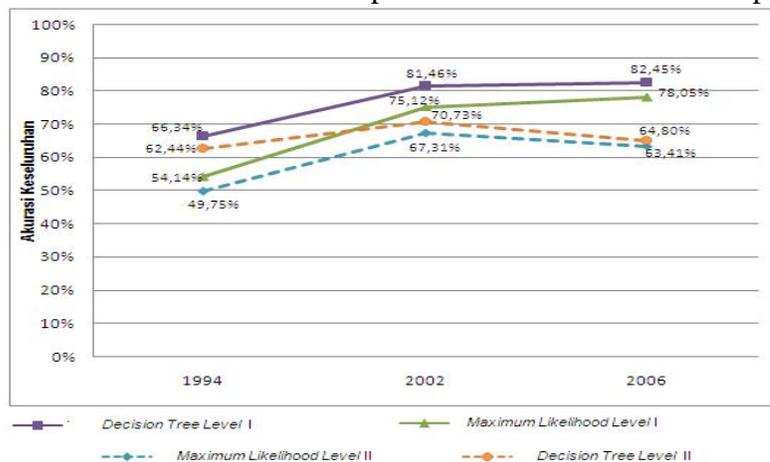
Hasil perhitungan klasifikasi pohon keputusan untuk tahun 2006 pada klasifikasi penggunaan lahan tingkat I terdiri atas 33 titik target dengan akar pemisah utama adalah Citra Landsat ETM + saluran 4 pada nilai ambang 44,5. Pada klasifikasi penggunaan lahan tingkat II diperoleh 32 titik target dengan akar pemisah adalah Indeks Kecerahan pada nilai ambang 149,452.

Nilai ambang pada simpul akar pemisah merupakan nilai piksel yang paling tidak murni, kemudian nilai ambang tersebut dipisahkan menjadi simpul-simpul yang memiliki tingkat semakin murni begitu seterusnya. Apabila kemurnian telah dicapai maka akan diputuskan menjadi satu kelas tertentu (simpul terminal). Uji akurasi ternyata menghasilkan peningkatan akurasi yang terjadi pada peta penggunaan lahan hasil klasifikasi pohon keputusan dibandingkan peta penggunaan lahan hasil turunan klasifikasi kemiripan maksimum baik pemetaan pada tahun 1994, 2002 dan 2006.

Apabila dilihat pada Gambar 4, maka semakin bertambah tahun perekaman citra atau rentang waktu antara waktu perekaman dengan tahun uji lapangan semakin kecil akan semakin tinggi tingkat akurasi yang diperoleh. Hal ini disebabkan banyaknya perubahan yang telah terjadi pada rentang waktu yang semakin lama. Tingkat akurasi juga akan menurun ketika klasifikasi penggunaan lahan memiliki kerincian yang lebih tinggi, pertama, hal ini disebabkan karena resolusi spasial citra Landsat TM/ETM+ yang berukuran 30 meter memiliki keterbatasan dalam mengenali kelas-kelas penggunaan lahan yang lebih detail. Kedua, nilai spektral dan layer-layer data spasial yang digunakan dalam pemisahan kelas ini tidak mencukupi untuk memisahkan tiap-tiap kelas yang lebih detail.

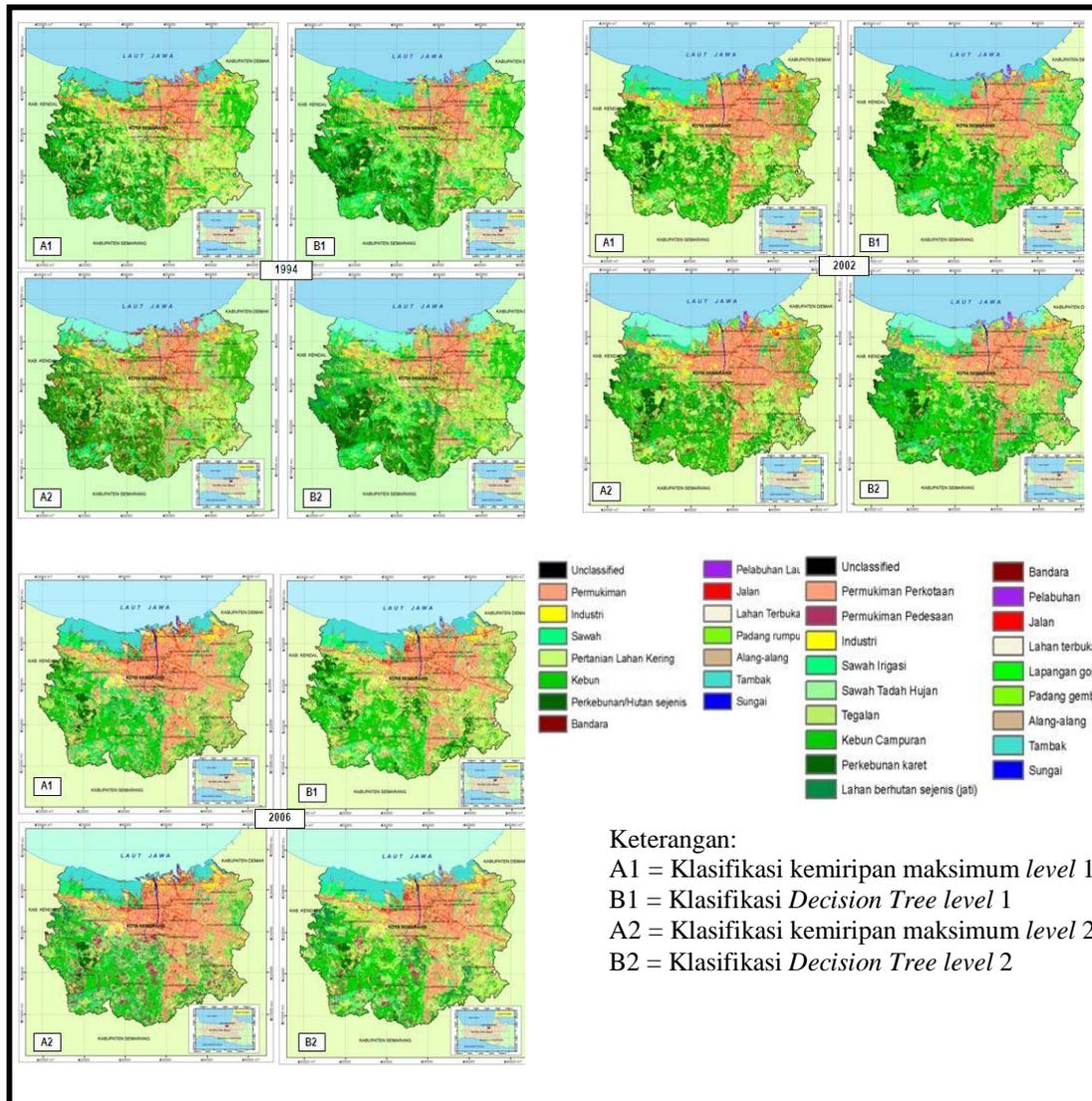
Kualitas citra juga akan mempengaruhi tingkat akurasi hasil klasifikasi yang diperoleh, pada kasus penelitian ini, walaupun diperoleh tingkat akurasi yang lebih tinggi pada klasifikasi tingkat I untuk pemetaan tahun 2006, akan tetapi tingkat akurasinya tidak sesuai yang diharapkan. Hal ini karena kualitas citra yang kurang baik, yaitu adanya *haze* atau awan tipis yang cukup mengganggu dalam proses pengambilan sampel. Walaupun telah dilakukan koreksi radiometrik, akan tetapi tetap berpengaruh pada tingkat kemurnian piksel yang diperoleh, sehingga dibeberapa bagian proses penerjemahan aturan-aturan yang diperoleh dari *CART* ke dalam modul *Knowledge Engineer* menggunakan aturan yang telah diperoleh dari pemetaan tahun sebelumnya yaitu tahun 2002. Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa hasil klasifikasi pohon keputusan yang berupa aturan-aturan pada citra yang berbeda tahun, apabila masih memiliki karakteristik penutup lahan yang sama maka dapat digunakan pada citra lain yang berbeda tahunnya.

Gambar 4. Grafik perbandingan akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) peta penggunaan lahan hasil klasifikasi kemiripan maksimum dan Pohon Keputusan



(Sumber: Hasil perhitungan Laboratorium)

Pemilihan sampel daerah contoh yang digunakan sebagai masukan dalam klasifikasi pohon keputusan seperti halnya klasifikasi teracu lainnya misalnya klasifikasi kemiripan maksimum, yaitu harus dipilih pada area yang memiliki nilai spektral yang homogen dan sesuai dengan kondisi yang mewakili tiap-tiap kelas penggunaan lahan (Jensen, 2005).



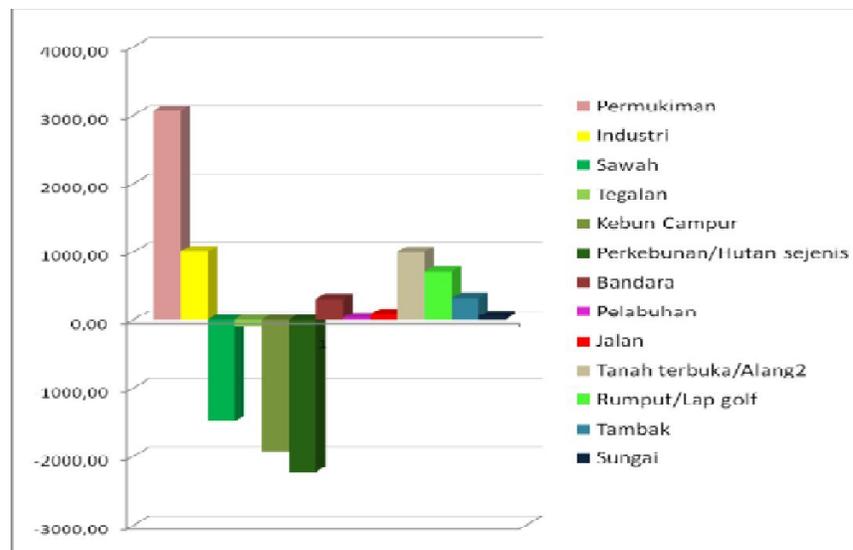
Gambar 2. Hasil klasifikasi penggunaan lahan dengan metode kemiripan maksimum dan *decision tree* untuk tahun 1994, 2002, dan 2006

Tabel 1. Luas Penggunaan Lahan Tahun 1994, 2002, dan 2006

No	Kelas Penggunaan Lahan	Tahun 1994		Tahun 2002		Tahun 2006	
		Luas (Ha)	% Luas	Luas (Ha)	% Luas	Luas (Ha)	% Luas
1	Permukiman	6.389,37	17,65	8.850,33	23,50	9.454,14	25,54
2	Industri	238,59	0,66	779,49	2,07	1.246,41	3,37
3	Sawah	3.602,70	9,95	3.847,23	10,21	2.115,81	5,72
4	Tegalan	8.040,42	22,21	6.712,92	17,82	7.934,76	21,44
5	Kebun Campur	8.279,01	22,87	9.100,35	24,16	6.349,68	17,15
6	Perkebunan/Hutan sejenis	4.511,97	12,46	2.889,36	7,67	2.280,87	6,16
7	Bandara	43,02	0,12	196,83	0,52	352,62	0,95
8	Pelabuhan	111,96	0,31	124,13	0,33	138,26	0,37
9	Jalan	847,35	2,34	934,67	2,48	933,75	2,52
10	Tanah terbuka/Alang2	851,94	2,35	322,92	0,86	1851,3	5,00
11	Rumput/Lap golf	642,06	1,77	1.310,58	3,48	1.346,13	3,64
12	Tambak	2.617,56	7,23	2.536,83	6,74	2.937,15	7,93
13	Sungai	29,25	0,08	57,24	0,15	75,6	0,20
Luas Total		36.205,20	100	37.662,88	100,00	37.016,48	100

Sumber : Analisis Peta Penggunaan Lahan hasil klasifikasi pohon keputusan

Gambar 3. Grafik Perubahan Penggunaan Lahan Kota

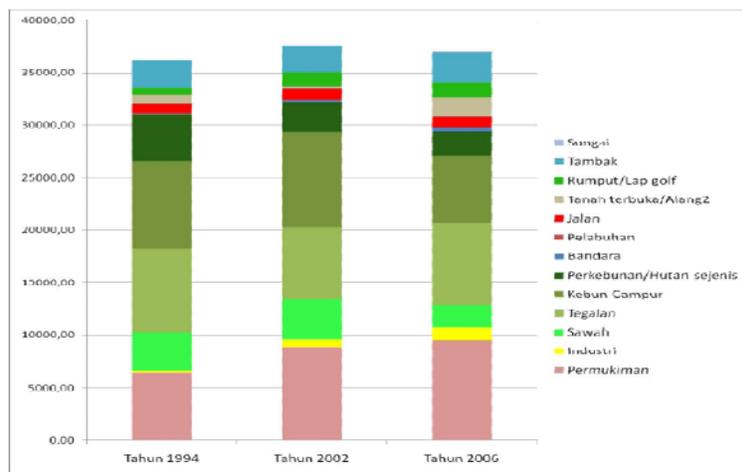


Semarang tahun 1994 – 2006 (bawah)

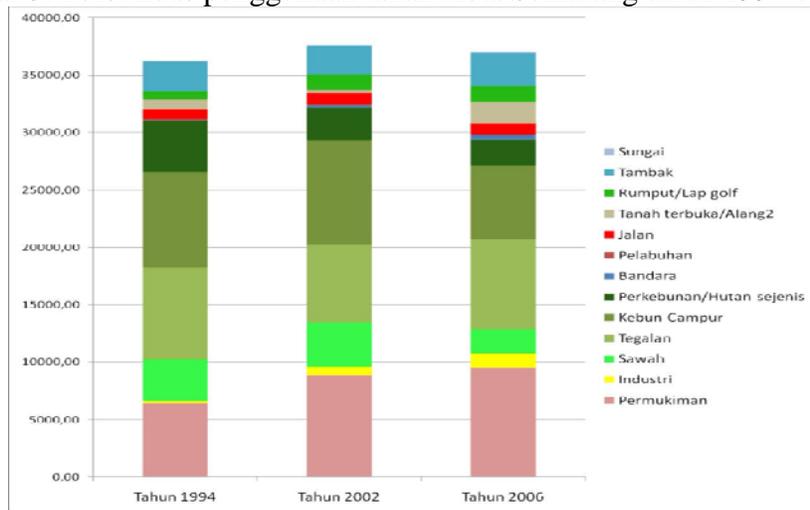
(Sumber: Hasil analisis peta penggunaan lahan tahun 1994-2006)

Pada Gambar 3 memperlihatkan jenis penggunaan lahan permukiman, Industri, bandara, pelabuhan, jalan, lahan terbuka, padang rumput/lapangan golf dan alang-alang adalah jenis-jenis penggunaan lahan yang mengalami peningkatan, atau penambahan luas. Permukiman merupakan jenis penggunaan lahan yang paling besar mengalami penambahan luas, yaitu sebesar 3.435,97 hektar atau 14,53 persen dari total total luas penggunaan lahan yang mengalami perubahan. Rata-rata penambahan luas permukiman pertahun adalah seluas 235,75 hektar.

Gambar 4. Pola Perubahan Penggunaan Lahan Kota Semarang Atahun 1994-2006



Gambar 5. Porsi Luas penggunaan lahan Kota Semarang tahun 1994 dan 2006



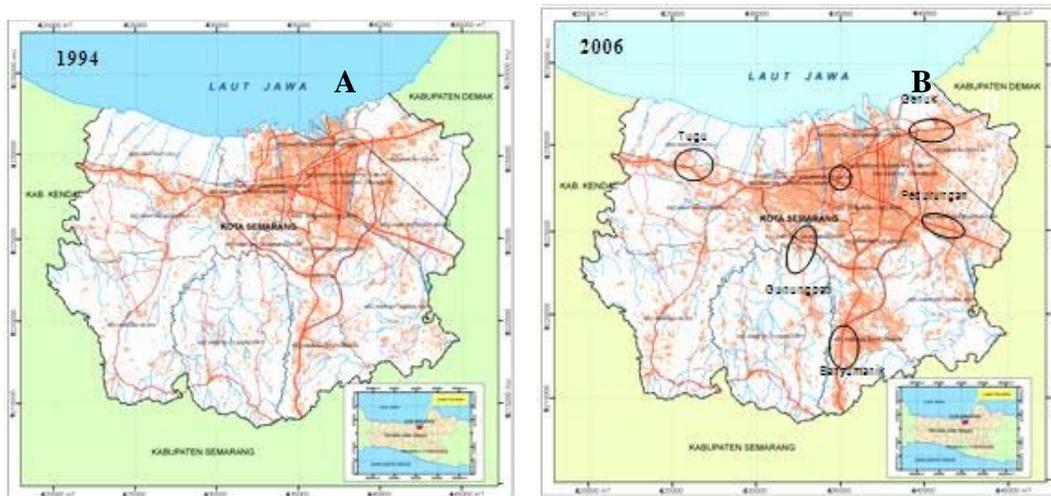
Pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa dalam kurun waktu tahun 1994-2006, pola perubahan penggunaan lahan di Kota Semarang mengarah pada perluasan lahan permukiman dan lahan untuk industri. Penggunaan lahan pertanian (tegalan, sawah, kebun campur) dan perkebunan/ hutan sejenis cenderung mengalami penurunan.

Perubahan permukiman cenderung memiliki pola linier yaitu pada kedua sisi sepanjang jalur jaringan jalan yang ada di Kota Semarang digunakan secara intensif sebagai lahan untuk aktivitas penduduk. Jaringan jalan tersebut menghubungkan pusat kota Semarang ke kota-kota buritan (*hinterland*) yang ada di sekitarnya, seperti ke arah barat adalah Kota Kecamatan Tugu, barat daya ke arah Kecamatan Gunung Pati, ke arah selatan menuju Kota Kecamatan Banyumanik, ke arah tenggara adalah Kecamatan Pedurungan dan ke arah timur adalah Kecamatan Genuk (Gambar 6).

Pola perubahan permukiman kota yang juga terjadi di Kota Semarang adalah pola perkembangan meloncat (*leap frog development*). Tipe ini sangat cepat menimbulkan dampak negatif terhadap kegiatan pertanian pada wilayah yang luas sehingga penurunan produktifitas pertanian akan lebih cepat terjadi (Yunus, 2000).

Hasil evaluasi perubahan penggunaan lahan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang tahun 2000-2010 menunjukkan adanya ketidaksesuaian penggunaan lahan terhadap kawasan-kawasan yang telah ditetapkan. Hasil analisis Peta Perubahan Penggunaan Lahan tahun 1994 – 2006 Kota Semarang terhadap Peta RTRW Kota Semarang tahun 2000-2010 di antaranya adalah permukiman terjadi perubahan yang tidak sesuai di kawasan permukiman seluas 481,83 hektar, penggunaan lahan industri seluas 428,29 hektar. Lahan sawah yang telah berubah menjadi peruntukan lainnya seluas 2.245,95 hektar, baik yang terletak pada kawasan pertanian lahan basah, kawasan konservasi, dan kawasan lahan basah yang telah ditetapkan sebagai kawasan permukiman.

Sebagian besar penggunaan lahan tegalan telah ditetapkan sebagai kawasan permukiman, yaitu seluas 6.166,23 hektar atau 29 % dari luas kawasan permukiman. Penggunaan lahan tegalan yang sesuai terdapat di kawasan pertanian lahan kering adalah seluas 2.091,9 hektar atau 68,8 persen dari luas kawasan tersebut. Sisanya merupakan penggunaan lahan permukiman seluas 26,17 hektar, kebun campur, sawah, rumput dan tanah terbuka seluas 919,3 hektar atau 30,26 % dari luas kawasan. (Gambar 5)



Gambar 6 Pola perubahan penggunaan lahan permukiman di Kota Semarang
(A) Pola linier ; (B) Pola meloncat (*leap frog*)

Kebun campur pada tahun 2006 seluas 6.349,86 hektar, 2.506,61 hektar diantaranya merupakan kawasan permukiman atau 11,8 persen dari luas kawasan permukiman, 554,02 hektar merupakan kawasan konservasi, 501,12 hektar diantaranya masuk dalam kawasan hutan dan 741,78 masuk dalam kawasan pertanian lahan kering.

Perkebunan/hutan sejenis dalam RTRW dimasukkan dalam kawasan hutan, ada sekitar 398,46 hektar perkebunan/hutan sejenis yang sesuai dengan kawasan ini. Kawasan konservasi yang juga merupakan perkebunan/hutan sejenis seluas 375,64 hektar. Penggunaan lahan perkebunan/hutan sejenis yang masuk dalam kawasan permukiman adalah seluas 795,02 hektar atau 5,3 persen dari luas kawasan permukiman.

Penggunaan lahan tambak seluas 226,89 hektar merupakan kawasan permukiman. Kawasan konservasi memiliki luas 210,08 hektar pada penggunaan lahan ini. Bila dilihat dari porsi luas kawasan tambak yang ditetapkan, maka lahan tambak yang ada sekarang akan mungkin terkonversi ke penggunaan lahan lainnya.

Menurut hasil analisis perhitungan luas perubahan penggunaan lahan dari tahun 1994 sampai tahun 2002, Kota Semarang ternyata mengalami perluasan atau pertambahan luas lahan terutama di wilayah utara yaitu seluas 1.327,68 hektar dengan adanya upaya reklamasi pantai. Problem lingkungan yang terjadi akibat reklamasi yang kurang perhitungan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan yang semakin parah.

Pada tahun 2002 sampai tahun 2006, Kota Semarang kembali mengalami penyusutan luas lahan seluas 536,4 hektar. Reklamasi di kawasan pantai dapat menimbulkan erosi dan sedimentasi di kawasan pantai yang lain. Selain penambahan daratan, dampak lain dari reklamasi pantai adalah terjadinya abrasi pantai sehingga pengaruhnya merusakkan tambak. Hal ini terjadi karena reklamasi berdampak langsung terhadap pola arus gelombang di sekitarnya.

Perubahan penggunaan lahan juga berdampak pada banjir yang terjadi karena meluapnya air sungai. Hal ini disebabkan berkurangnya ruang terbuka hijau, lahan pertanian dan perkebunan sebagai area resapan air dan penahan air akibat berubah mejadi permukiman dan industri disertai tidak berfungsinya infrastruktur pengairan kota, diantaranya di Kecamatan Tembalang yang mengalami penambahan luas permukiman paling besar yaitu seluas 497,78 hektar, begitu pula di Kecamatan Mijen yang terjadi pengurangan luas perkebunan karet yang terkonversi menjadi penggunaan lahan permukiman dan tegalan. Harusnya penambahan permukiman yang mengkonversi penggunaan lahan lain, terutama pertanian, harus diimbangi dengan fasilitas embung atau kolam retensi yang gunanya untuk menampung air dalam upayanya untuk menurunkan debit air.

Di wilayah lainnya yaitu di sebelah selatan kota yang memiliki topografi bergelombang hingga bergunung, apabila pemanfaatan lahannya tidak dikelola maka turut pula menyumbang terjadinya degradasi lingkungan dengan dibangunnya perumahan-perumahan yang mengurangi daerah resapan air dan ruang terbuka hijau. Selain itu permukiman yang didirikan di daerah yang labil dekat dengan lereng yang relatif curam dapat menimbulkan bahaya bencana tanah longsor.

Pemanfaatan data penginderaan jauh yang diintegrasikan sistem informasi geografis dapat digunakan sebagai solusi dalam memonitoring perubahan. Akan tetapi, terdapat ketidakpastian dalam deteksi perubahan penggunaan lahan itu sendiri, pertama, ketidakpastian dalam klasifikasi citra penginderaan jauh, kedua, berpotensi kesalahan dalam koreksi geometri pada citra *multitemporal* dan ketiga, perbedaan semantik dalam mendefinisikan kelas penggunaan lahan pada waktu yang berbeda. Bagaimanapun, ketidakpastian ini akan mempengaruhi hasil yang akan diperoleh.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti maka dapat ditarik kesimpulan bahwa Peta penggunaan lahan hasil klasifikasi pohon keputusan terbukti memiliki tingkat akurasi keseluruhan yang lebih tinggi. Pada peta

penggunaan lahan pada klasifikasi tingkat I memiliki akurasi lebih tinggi dibandingkan peta penggunaan lahan pada klasifikasi tingkat II. Pola perubahan penggunaan lahan mengarah pada berkurangnya lahan pertanian dan bertambahnya lahan non pertanian (permukiman dan industri). Perubahan penggunaan lahan permukiman di Kota Semarang berbentuk pola linier dan meloncat (*leap frog*).

DAFTAR PUSTAKA

- BPS, 2006. *Semarang Dalam Angka*. Semarang
- Danoedoro, Projo, 1996. *Pengolahan Citra Digital*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- ERDAS ®, Inc, 2001. *ERDAS IMAGINE ® Expert Classifier Overview*. ERDAS
- German, G.W.H., G. West dan M. Gahegan. 2000. *Statistical and AI Techniques in GIS Classification: A Comparison*. Australia
- Handanari, Tri, 2009. Separability Analysis for Urban Land Cover Classification using ASTER Imagery: A Case Study in the Stuttgart Area. *MSc Thesis*. Hochschule für Technik Stuttgart University of Applied Sciences. Jerman
- Jensen, R. Jhon, 2005. *Introductory Digital Image Processing (3rd edition)*. Pearson Prentice Hall. USA
- Kurnia, Undang, Sudirman, Ishak Juarsah, dan Yoyo Soelaeman, 2006. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Debit dan Banjir di Bagian Hilir DAS Kaligarang. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah*.
- Lawrence, Rick dan Andrea Wright. 2001. Rule-Based Classification System Using Classification and Regression Tree (CART) Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.67, No. 10*. New York, USA.
- Lawrence, Rick, Michael Zambon, Andrew Bunn, and Scott Powell, 2004. Effect of Alternative Splitting Rules on Image Processing Using Classification Tree Analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 72*, USA

- Pal, Mahesh, 2002. *Factors Influencing the Accuracy of Remote Sensing Classification: A Comparative Study*. Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy.
- Rogan, John., Jennifer Miller, Doug Stow, Janet Franklin, Lisa Levien, and Chris Fischer, 2003. Land-Cover Change Monitoring with Classification Trees Using Landsat TM and Ancillary Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 69*, USA
- Schowengerdt, R.A., 1983. *Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing*. Academic Press. London
- Wheatley, J.M, Jhon P Wilson, Roland L, Redmon, Zhenkui Ma, and Jeff DiBenedetto, (2000). Automated land cover mapping using Landsat Thematic Mapper Images and topographic attribute. in Wilson, J.P and Gallant, J.C (eds.), *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley & Sons, USA.
- Yunus, Hadi Sabari, 1999. *Struktur Tata Ruang Kota*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta