

PREDIKSI PERUBAHAN LAHAN PERTANIAN SAWAH SEBAGIAN KABUPATEN KLATEN DAN SEKITARNYA MENGGUNAKAN CELLULAR AUTOMATA DAN DATA PENGINDERAAN JAUH

Dicky Setiady
dicky.setiady.geo@gmail.com
Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Projo Danoedoro
projo.danoedoro@geo.ugm.ac.id
Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

ABSTRAK

Keberadaan lahan sawah mulai tergusur oleh lahan terbangun baru, baik dimanfaatkan sebagai permukiman maupun lahan lain yang lebih produktif secara ekonomi. Penelitian ini bertujuan (1) memetakan dan menganalisis perubahan lahan pertanian sebagian Kabupaten Klaten dan sekitarnya tahun 2002-2008 berdasarkan interpretasi citra Landsat, dan (2) menganalisis pengaruh penggunaan data spasial lain (aksesibilitas, pusat kegiatan, lahan terbangun, sungai, dan kemiringan lereng) terhadap akurasi model *Cellular Automata* (CA) lahan pertanian sawah sebagian Kabupaten Klaten dan sekitarnya tahun 2014. Penelitian ini menggunakan citra Landsat 7 ETM+ 2002 dan Landsat 5 TM 2008. Parameter perubahan terdiri dari aksesibilitas, lahan terbangun eksisting, sungai, dan pusat-pusat kegiatan. Semua parameter tersebut diakomodasi dalam model regresi logistik biner dan sekaligus digunakan sebagai peta sub-model transisi pada model CA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan analisis citra Landsat terjadi perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah paling banyak terdapat di arah timur-tenggara dari jalur utama Jogja-Surakarta dengan laju perubahan sebesar 534,7 Ha/tahun. Penggunaan data spasial lain melalui regresi logistik biner dalam model CA menghasilkan akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan model CA-Markov. Model CA-Regresi Logistik Biner memiliki akurasi sebesar 86,15% dengan Indeks Kappa 0,68076, sedangkan CA-Markov memiliki akurasi sebesar <84%. Secara keseluruhan, selama periode 2002 hingga 2014 terjadi penurunan luas sawah sebesar 346,28 Ha/tahun.

Kata Kunci: *Cellular Automata*, Regresi Logistik Biner, Lahan Pertanian Sawah, Penginderaan Jauh

ABSTRACT

The existence of rice field has been replaced by the development of new buildings, either buildings that used as housing or other usage that provides more economical profit. The purpose of this research were (1) to do mapping and analyze the conversion of rice field land in part of Klaten Regency and the surrounding area in year 2002-2008 based on Landsat image interpretation and (2) analyzing the influence of other spatial data (accessibility, the center of people activity, developed land, and network of rivers) towards the accuracy Cellular Automata (CA) model of rice field in part of Klaten Regency and the surrounding area in 2014. This research used Landsat 7 ETM+ image from year 2002 and Landsat 5 TM from year 2008. Other spatial data was used as change stimulator variable which consists of distance from accessibility, distance towards existing developed land, distance towards river, and distance toward the center of people activity. Each variable was accommodated in binary logistic regression model and it used as a transition sub-model map in CA modeling. The result of the research showed that according to analysis of Landsat image in 2002-2008 period, the most rapid rice field conversion were happening in east and south east part of Jalan Yogyakarta-Surakarta with the decrease of 3,207.96 Ha or about 534.7 Ha/year. The usage of other spatial data using binary logistic regression model as transition rule in CA modeling to predict rice field in 2014 resulted higher model accuracy compared to model CA-Markov. CA-Binary Logistic Regression model acquired accuracy of 86.15% with Kappa Index 0.68076, and CA-Markov model acquired accuracy of <84%. Overall, in 2002-2014 period were decreasing rice field area of 346.28 Ha/year.

Keyword: *Cellular Automata*, Binary Logistic Regression, Rice Field Land, Remote Sensing

PENDAHULUAN

Penggunaan lahan merupakan hasil kegiatan manusia baik yang berlangsung secara siklus atau permanen pada sumberdaya lahan alami maupun buatan guna terpenuhinya kebutuhan hidup manusia (Malingreau, 1978). Penggunaan lahan saling berhubungan dengan aktivitas manusia yang berada di atasnya. Lahan mempunyai sifat yang tetap, sedangkan aktivitas manusia cenderung berubah-ubah yang disebabkan oleh dinamika aktivitas manusia.

Perkembangan ekonomi yang pesat mampu meningkatkan pertumbuhan suatu wilayah dengan baik tetapi hal tersebut membawa dampak negatif, yaitu tingginya permintaan terhadap lahan untuk menunjang aktivitas ekonomi. Lahan merupakan suatu sumberdaya yang terbatas, sehingga permintaan yang tinggi akan menimbulkan terjadinya alih fungsi lahan (perubahan penggunaan lahan), khususnya dari lahan pertanian ke non pertanian. Selain perkembangan ekonomi dan pertumbuhan penduduk, nilai lahan juga menjadi penyebab alih fungsi lahan pertanian.

Kabupaten Klaten merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang berada di koridor penghubung dua kota besar, yaitu Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta. Perkembangan di Kota Yogyakarta dan Surakarta yang berkembang dengan pesat turut mempengaruhi perkembangan internal di Kabupaten Klaten terutama pada wilayah-wilayah yang berada di jalur utama penghubung Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta. Kabupaten Klaten adalah salah satu penghasil beras utama di Provinsi Jawa Tengah yang terkenal dengan beras Delanggu. Meskipun Kabupaten Klaten adalah sentra produksi padi, banyak lahan sawah di Kabupaten Klaten berubah menjadi lahan non sawah sejak beberapa tahun silam.

Dinamika perubahan lahan dapat ditinjau secara kuantitatif spasial melalui data penginderaan jauh. Perubahan lahan sawah yang dianalisis melalui penggunaan lahannya dari data penginderaan jauh merupakan salah satu bentuk analisis kuantitatif spasial. Analisis kuantitatif spasial dari data penginderaan jauh perlu dilakukan karena hasil analisis ini dapat digunakan sebagai

acuan untuk melakukan analisis lain yang lebih lanjut, misalnya pemodelan prediksi secara spasial.

Lahan pertanian sawah sebagian Kabupaten Klaten dan sekitarnya dapat dimodelkan perubahannya melalui analisis SIG. Salah satu model yang dapat diaplikasikan untuk mengetahui perubahan ataupun perkembangan lahan adalah model *Cellular Automata* (CA). Penggunaan lahan yang berubah dalam kurun waktu tertentu tidak dapat sepenuhnya dijadikan sebagai acuan dalam memprediksi perubahan yang akan terjadi. Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan lahan pada suatu wilayah dan bisa digunakan sebagai aturan (*rule*) dalam analisis prediksi perubahan lahan. Faktor-faktor tersebut dapat berupa data hasil analisis spasial.

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Melakukan pemetaan dan menganalisis perubahan lahan pertanian sawah sebagian Kabupaten Klaten dan sekitarnya tahun 2002–2008 berdasarkan interpretasi citra Landsat.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan data spasial lain (aksesibilitas, pusat kegiatan, lahan terbangun, dan jaringan sungai) terhadap akurasi model *Cellular Automata* lahan pertanian sawah sebagian Kabupaten Klaten dan sekitarnya tahun 2014.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Alat
 - a. Komputer/laptop
 - b. GPS (*Global Positioning System*)
 - c. *Software* Envi 5.1
 - d. *Software* ArcGIS 10.2
 - e. *Software* Idrisi Selva
 - f. Microsoft Office
 - g. Kamera digital
2. Bahan
 - a. Citra Landsat 7 ETM+ tahun 2002
 - b. Citra Landsat 5 TM tahun 2008
 - c. Citra Google Earth tahun 2014
 - d. Data digital Peta RBI liputan Kabupaten Klaten dan sekitarnya skala 1:25.000
Citra Landsat tahun 2002 dan 2008 yang telah dikoreksi geometrik digunakan untuk mengekstraksi informasi yang

dibutuhkan dalam melakukan pemodelan prediksi lahan sawah. Informasi yang diekstrak dari citra Landsat antara lain peta bentuk lahan dan peta penutup lahan tahun 2002 dan 2008. Peta bentuk lahan diperoleh melalui interpretasi visual, sedangkan peta penutup lahan diperoleh melalui interpretasi digital atau dengan melakukan klasifikasi multispektral *supervised* metode *maximum likelihood classification*.

Penentuan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan matriks dua dimensi, yaitu matriks hubungan antara penutup lahan dengan bentuk lahannya.

Tabel 1. Matriks Hubungan Penutup Lahan dengan Bentuk Lahan

LF/LC	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	dst...
LF 1					
LF 2					
LF 3					
LF 4					
dst...					

Keterangan:

- LC : Penutup Lahan
- LF : Bentuk Lahan
-  : Penggunaan Lahan

Penggunaan matriks ini dapat dianggap logis dalam menentukan penggunaan lahan yang memungkinkan. Hal ini seperti yang digunakan oleh Danoedoro (2009) dan Nurwati (2010) dalam menentukan penggunaan lahan yang terdapat di wilayah penelitiannya. Klasifikasi akhir setelah penyederhanaan menghasilkan 2 kelas penggunaan lahan yaitu lahan sawah dan lahan non sawah. Peta tentatif penggunaan lahan ini kemudian dilakukan cek lapangan untuk mengetahui tingkat kebenaran hasil interpretasi dengan kenyataan sebenarnya.

Simulasi perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah dapat ditentukan oleh beberapa parameter tertentu. Variabel (prediktor) perubahan penggunaan lahan dalam penelitian ini diidentifikasi melalui *exploratory analysis* yang berdasar pada dugaan awal (*a priori*). Kombinasi literatur, pengetahuan lokal daerah yang dikaji dan logika berdasarkan pengalaman (empiris) digunakan sebagai dasar untuk pemilihan beberapa variabel yang mungkin digunakan (Susilo, 2006). Variabel yang digunakan dalam simulasi perubahan lahan pertanian sawah di Klaten dan sekitarnya ini yaitu jaringan jalan (jalan utama, jalan lokal, dan

jalan lain), lahan terbangun eksisting, pusat kegiatan, dan sungai. Semua parameter perubahan tersebut dilakukan analisis jarak menggunakan *euclidean distance*. *Euclidean distance* merupakan jarak horizontal yang diukur dengan basis raster dari pusat piksel satu ke pusat piksel yang lain. Penggunaan *euclidean distance* ini dengan asumsi bahwa kondisi topografi pada wilayah penelitian relatif datar, sehingga jarak diukur secara linier.

Besarnya pengaruh dari setiap parameter perubahan dapat diketahui dengan melakukan analisis regresi logistik biner terhadap kejadian perubahan lahan sawah menjadi lahan sawah. Model hasil regresi logistik biner ini kemudian digunakan sebagai input dalam model *Cellular Automata* prediksi lahan sawah tahun 2014. Pembuatan prediksi perubahan lahan sawah dengan menggunakan *Cellular Automata* di *Software Idrisi Selva* membutuhkan 4 macam input, antara lain:

1. *Basis Land Cover Image*: data yang digunakan adalah peta penggunaan lahan tahun 2008, dimana pada peta tersebut terdiri dari 2 kelas (lahan sawah dan lahan non sawah).
2. *Matriks Area Transisi*: matriks area transisi menggunakan model Markov.
3. *Land Suitability Image Collection*: probabilitas lokasi perubahan ini diperoleh dari hasil regresi logistik biner antara peta perubahan lahan sawah (variabel dependen) dengan parameter-parameter simulasi perubahan (variabel independen). Kemudian sebagai pembanding digunakan pula probabilitas lokasi perubahan berdasarkan model Markov.
4. *Neighborhood*: Penelitian ini menggunakan ketetanggaan Moore dan von Neumann dengan variasi ukuran kernel 3x3, 5x5, dan 7x7

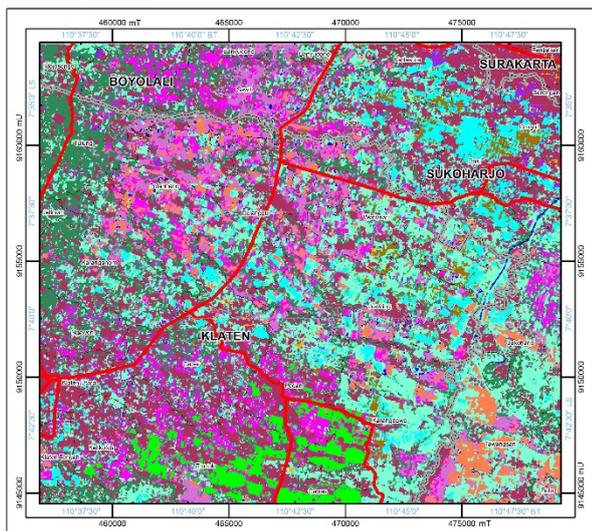
Survei lapangan dilakukan untuk membandingkan hasil interpretasi dan hasil pemodelan dengan realita di lapangan. Kegiatan lapangan berupa wawancara dan pengamatan langsung kondisi eksisting berdasarkan sampel yang telah ditentukan dengan menggunakan metode *stratified random sampling*. Wawancara perlu dilakukan karena data yang digunakan untuk pemodelan yaitu tahun 2002 dan 2008, sedangkan

pengamatan langsung untuk memvalidasi hasil pemodelan tahun 2014.

Metode uji akurasi dalam penelitian ini menggunakan metode *Confussion Matrix* yaitu membandingkan data hasil pemodelan dengan data hasil survei lapangan. Akurasi dinyatakan dalam bentuk persentase, dimana semakin tinggi persentase (mendekati 100%) maka dapat dianggap bahwa akurasi semakin baik. Selain dengan metode *Confussion Matrix* yang menghasilkan nilai *Overall Accuracy*, juga dilakukan perhitungan Indeks Kappa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi multispektral dilakukan pada kedua citra yang digunakan yaitu citra Landsat 7 ETM+ tahun 2002 dan Landsat 5 TM tahun 2008. Citra tersebut diklasifikasi dengan pengambilan area sampel / *Region of Interest* (ROI) sesuai pada cakupan wilayah citra yang luas, kemudian dipotong sesuai batas area kajian yaitu 456892 – 479276 mT dan 9144522 – 9164402 mU. ROI diambil secara menyebar pada masing-masing citra yang digunakan, dan banyaknya ROI yang diambil memiliki proporsi yang sesuai dengan dominansi penutup lahan yang ada pada citra. Berikut ini merupakan hasil klasifikasi dari kedua citra.

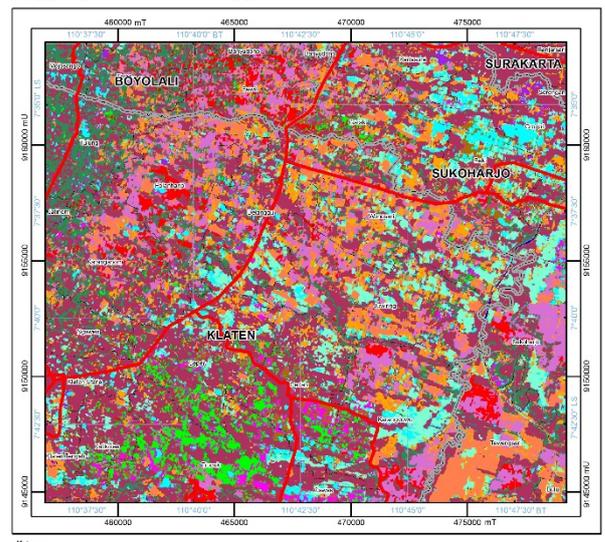


Gambar 2. Penutup Lahan Klaten dan Sekitarnya Tahun 2002

Tabel 2. Luasan Penutup Lahan 2002

No	Penutup Lahan 2002	Luasan		
		Piksel	Meter ²	Ha
1	Tipikal padi dewasa	17.997	16.197.300	1.619,73
2	Tipikal padi muda	15.971	14.373.900	1.437,39
3	Tanah basah dengan sedikit padi	44.046	39.641.400	3.964,14
4	Tanah kering cerah di area sawah	120.965	108.868.500	10.886,85
5	Tanah kering hitam di area sawah	42.153	37.937.700	3.793,77
6	Tipikal padi siap panen	44.674	40.206.600	4.020,66
7	Tipikal padi kering pada lahan kering terbuka	12.588	11.329.200	1.132,92
8	Lahan basah/air keruh di sawah	20.600	18.540.000	1.854,00
9	Tubuh air	1.654	1.488.600	148,86
10	Aspal	12.612	11.350.800	1.135,08
11	Atap genteng	133.576	120.218.400	12.021,84
12	Atap non genteng	3.842	3.457.800	345,78
13	Tipikal vegetasi non padi	23.174	20.856.600	2.085,66
TOTAL		493.852	444.466.800	44.446,68

Klasifikasi penutup lahan tahun 2002 berdasarkan citra Landsat 7 ETM+ diperoleh 13 macam penutup lahan. Klasifikasi ini menggunakan citra Landsat yang memiliki resolusi spasial 30 meter, maka luasannya adalah $\sum \text{piksel} \times 30 \times 30$ meter. Berdasarkan hasil perhitungan, luas total penutuplahan yang berhasil diklasifikasi yaitu 444466800 m² atau sekitar 44446.68 Ha.



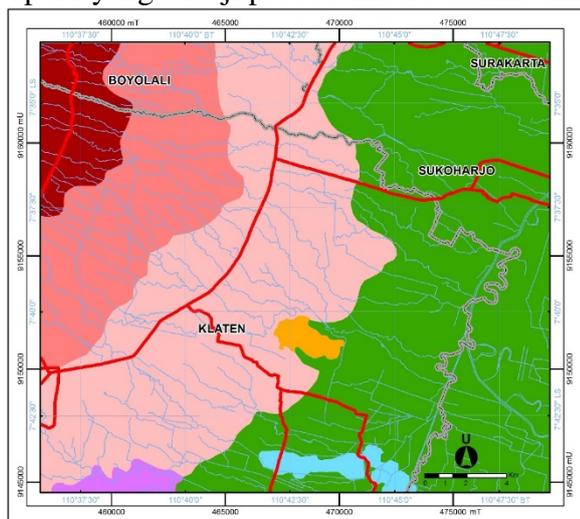
Gambar 3. Penutup Lahan Klaten dan Sekitarnya Tahun 2008

Klasifikasi penutup lahan tahun 2008 berdasarkan citra Landsat 5 TM juga diperoleh 13 macam penutup lahan. Hasil klasifikasi penutup lahan tahun 2008 tersaji pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Luasan Penutup Lahan 2008

No	Penutup Lahan 2008	Luasan		
		Piksel	Meter ²	Ha
1	Tipikal padi dewasa	33.516	30.164.400	3.016,44
2	Tipikal padi muda	19.140	17.226.000	1.722,60
3	Tanah basah dengan sedikit padi	52.049	46.844.100	4.684,41
4	Tanah kering cerah di area sawah	23.314	20.982.600	2.098,26
5	Tanah kering hitam di area sawah	58.741	52.866.900	5.286,69
6	Tipikal padi siap panen	15.595	14.035.500	1.403,55
7	Tipikal padi kering pada lahan kering terbuka	10.693	9.623.700	962,37
8	Lahan basah/air keruh di sawah	26.338	23.704.200	2.370,42
9	Tubuh air	1.684	1.515.600	151,56
10	Aspal	53.722	48.349.800	4.834,98
11	Atap genteng	171.272	154.144.800	15.414,48
12	Atap non genteng	4.633	4.169.700	416,97
13	Tipikal vegetasi non padi	23.155	20.839.500	2.083,95
TOTAL		493.852	444.466.800	44.466,68

Perolehan informasi penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan pendekatan bentang lahan melalui informasi bentuklahan. Pendekatan ini digunakan untuk menurunkan informasi penggunaan lahan dari penutup lahannya melalui pendekatan ekologi. Berdasarkan hasil interpretasi bentuklahan pada wilayah penelitian, terdapat beberapa bentuklahan yang ada seperti lereng bawah gunungapi, kaki gunungapi, dataran kaki gunungapi, dataran aluvial, dan lain-lain seperti yang tersaji pada Gambar 4 berikut ini.



Keterangan
 Lereng bawah gunungapi Bukit sisa teresidimen material vulkanik
 Kaki gunungapi Perbukitan Monoklinal
 Dataran kaki gunungapi Dataran bermaterial batugamping
 Dataran aluvial

Gambar 4. Bentuk Lahan Wilayah Klaten dan Sekitarnya

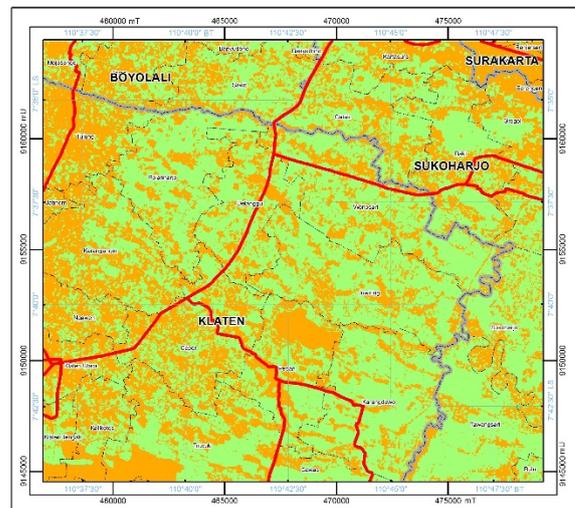
Penggunaan bentuklahan dalam menurunkan informasi penggunaan lahan sawah dan non sawah pada penelitian ini cukup optimal digunakan. Karena dapat membatasi wilayah mana saja yang kemungkinan persawahan berdasarkan bentuklahannya. Pada bentuklahan bukit sisa teresidimen material vulkanik, perbukitan monoklinal, dan dataran bermaterial batugamping dianggap sebagai wilayah yang

tidak memiliki persawahan pada wilayah penelitian, sedangkan pada bentuk lahan lainnya dianggap masih terdapat lahan sawah.

Adapun luasan lahan sawah dan non sawah yang berhasil diperoleh berdasarkan interpretasi citra Landsat 2002 dan 2008 serta peta bentuk lahan tersaji dalam Tabel 4 berikut ini. Peta penggunaan lahan sawah dan non sawah tahun 2002 dan 2008 hasil analisis bentuklahan dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

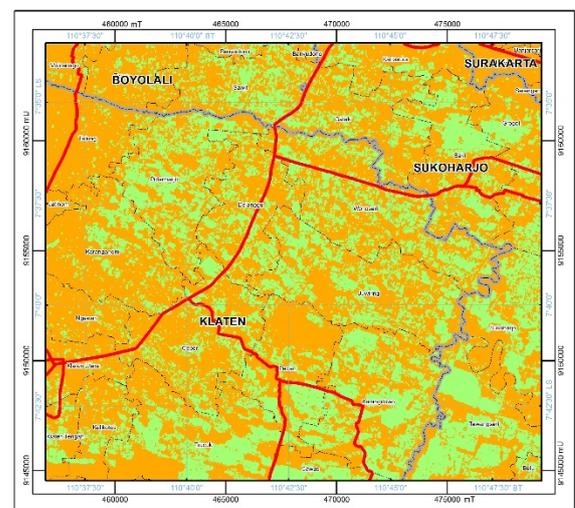
Tabel 4. Luasan Penggunaan Lahan Sawah dan Non Sawah 2002 dan 2008

Tahun	Sawah			Non Sawah		
	Piksel	Meter ²	Ha	Piksel	Meter ²	Ha
2002	318.309	286.478.100	28.647,81	175.543	157.988.700	15.798,87
2008	282.665	254.398.500	25.439,85	211.187	190.068.300	19.006,83
Selisih	3.207,96 Ha					



Keterangan:
 Lahan Sawah Lahan Non Sawah

Gambar 5. Distribusi Sawah dan Non Sawah Klaten dan Sekitarnya Tahun 2002



Keterangan:
 Lahan Sawah Lahan Non Sawah

Gambar 6. Distribusi Sawah dan Non Sawah Klaten dan Sekitarnya Tahun 2008

Peta penggunaan lahan sawah dan non sawah tahun 2002 dan 2008 hasil interpretasi perlu dilakukan uji akurasi untuk mengetahui tingkat kebenarannya berdasarkan kondisi lapangan. Uji akurasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji akurasi hasil interpretasi citra dan dimaksudkan untuk mengetahui akurasi tematik dari peta penggunaan lahan sawah dan non sawah hasil interpretasi.

Tabel 5. Uji Akurasi PL tahun 2002

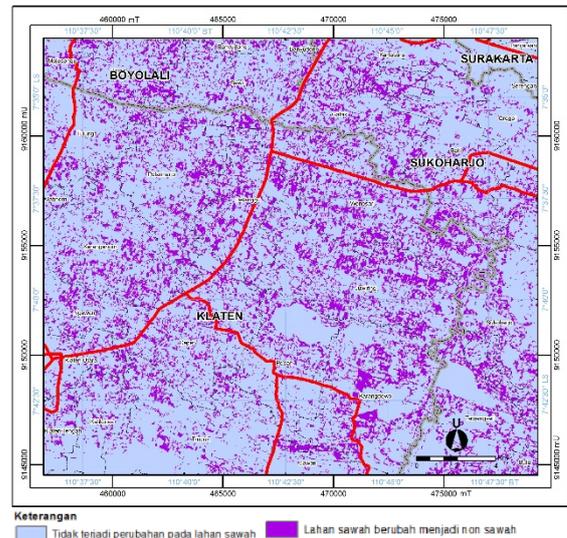
PL 2002		Klasifikasi		Total
		Sawah	Non Sawah	
Referensi	Sawah	55	5	60
	Non Sawah	13	57	70
Total		68	62	130
Overall Accuracy				86,15
Indeks Kappa				0,72

Tabel 6. Uji Akurasi PL tahun 2008

PL 2008		Klasifikasi		Total
		Sawah	Non Sawah	
Referensi	Sawah	47	5	52
	Non Sawah	11	67	78
Total		58	72	130
Overall Accuracy				87,69
Indeks Kappa				0,75

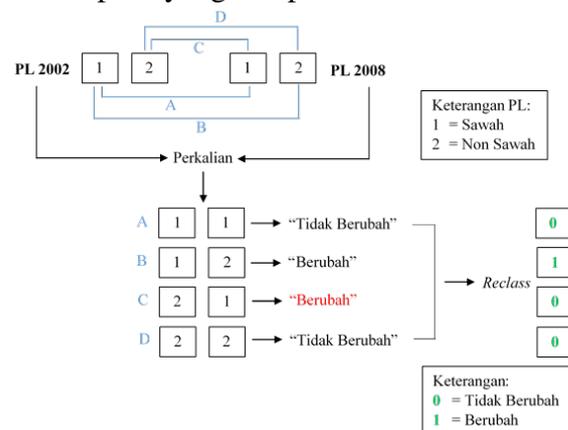
Berdasarkan tabel uji akurasi di atas diketahui bahwa akurasi peta penggunaan lahan sawah dan non sawah tahun 2002 adalah sebesar 86,15% dengan Indeks Kappa sebesar 0,72. Sedangkan akurasi untuk peta penggunaan lahan sawah dan non sawah tahun 2008 adalah sebesar 87,69% dengan Indeks Kappa sebesar 0,75.

Tingkat akurasi >85% maka kedua peta tersebut dapat dianalisis untuk mengetahui perubahan lahan sawah tahun 2002 hingga 2008 baik secara spasial maupun non spasial. Gambar 7 menunjukkan lokasi-lokasi terjadinya perubahan lahan sawah secara spasial. Perubahan dari lahan sawah menjadi lahan non sawah banyak terjadi di arah timur-tenggara dari jalur utama Yogyakarta-Surakarta. Adapun luas lahan sawah yang berubah menjadi non sawah dari 2002-2008 berdasarkan analisis citra Landsat adalah sebesar 3.207,96 Ha atau sekitar 534,7 Ha/tahun.



Gambar 7. Sebaran Perubahan Lahan Sawah Tahun 2002-2008

Peta sebaran perubahan lahan sawah tahun 2002-2008 merupakan variabel dependen dalam model regresi logistik biner yang dilakukan pada penelitian ini, sedangkan variabel independennya adalah jarak terhadap parameter-parameter perubahan. Namun, pada peta sebaran perubahan lahan sawah terdapat piksel-piksel yang seolah berubah (lahan non sawah menjadi sawah) akibat kesalahan klasifikasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan antisipasi agar tidak mengganggu proses pemodelan prediksi. Gambar 8 berikut ini menunjukkan bagaimana antisipasi yang dilakukan, sehingga diperoleh atribut piksel-piksel seperti yang ada pada Tabel 7.

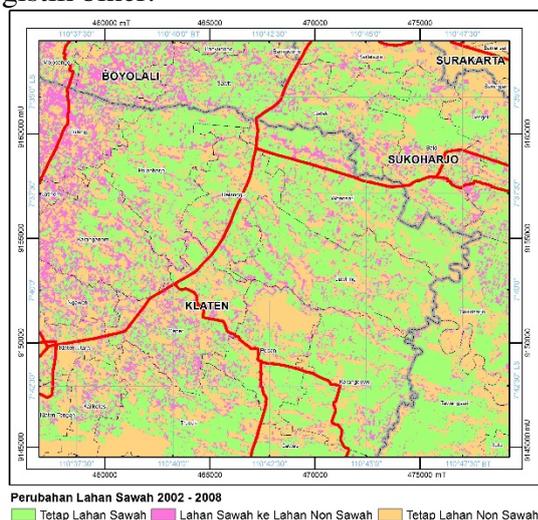


Gambar 8. Skema Perolehan Perubahan Lahan Sawah untuk Input Regresi Logistik

Tabel 7. Crosstab Lahan Sawah 2002 dengan Lahan Sawah 2008 Hasil Koreksi

Tahun	2008			Total
	Penggunaan Lahan	Lahan Sawah	Lahan Non Sawah	
2002	Lahan Sawah	238.696	79.613	318.309
	Lahan Non Sawah	0	175.543	175.543
	Total	238.696	255.156	493.852

Dengan demikian, diperoleh peta dengan nilai biner, yaitu 1 untuk kategori piksel berubah kelas dan 0 untuk piksel yang tidak mengalami perubahan kelas. Gambar 8 di bawah ini merupakan distribusi perubahan lahan sawah tahun 2002-2008 yang digunakan sebagai variabel dependen dalam model regresi logistik biner.



Gambar 8. Distribusi Perubahan Lahan Sawah Klaten dan Sekitarnya tahun 2002-2008

Data spasial lain sekaligus sebagai parameter simulasi perubahan lahan sawah (variabel independen) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variabel jarak terhadap jaringan jalan (jalan utama, jalan lokal, dan jalan lain), lahan terbangun eksisting, sungai, dan pusat-pusat kegiatan. Tabel 8 dan Tabel 9 di bawah ini adalah hasil analisis *euclidean distance* dari setiap parameter perubahan.

Tabel 8. Jarak Lokasi Perubahan terhadap Parameter Perubahan

Nilai	Variabel				
	Jalan Utama	Jalan Lokal	Jalan Lain	Sungai	Lahan Terbangun
	(meter)				
Maksimal	9840,04	1586,6	1506,59	1548,71	516,14
Rata-rata	2587,32	233,1	109,08	234,29	59,58
Minimal	0	0	0	0	0

Tabel 9. Jarak Lokasi Perubahan terhadap Parameter Perubahan (Lanjutan)

Nilai	Variabel				
	Pusat Industri	Pusat Ekonomi	Pusat Pelayanan	Pusat Pendidikan	Kemiringan Lereng
	(meter)				(derajat)
Maksimal	12357,56	12422,21	12282	9997,25	0
Rata-rata	3459,11	4270,04	4521,54	3762,77	25,85
Minimal	0	0	0	0	0

Parameter-parameter perubahan (variabel independen) perlu dilakukan

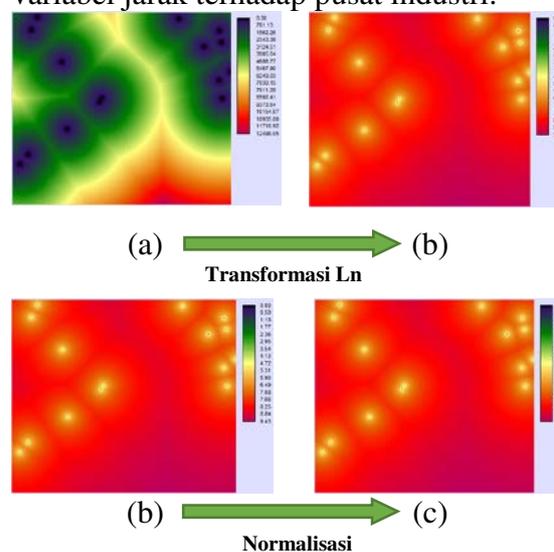
transformasi dan normalisasi nilai agar memiliki nilai signifikansi yang kuat dalam model regresi logistik biner. Transformasi dilakukan dengan fungsi Ln (logaritma normal) berikut ini:

$$Transformasi = Ln(nilai parameter simulasi + 1)$$

Setelah proses transformasi, kemudian parameter simulasi perubahan lahan dilakukan normalisasi dengan tujuan agar diperoleh nilai dengan rentang 0-1. Normalisasi dapat dilakukan dengan cara:

$$Normalisasi = \frac{nilai\ transformasi}{nilai\ max\ transformasi}$$

Gambar 9 di bawah ini merupakan contoh transformasi dan normalisasi nilai pada variabel jarak terhadap pusat industri.



(a) Sebelum Transformasi (b) Setelah Transformasi (c) Setelah Normalisasi
Gambar 9. Contoh Transformasi dan Normalisasi Nilai pada Variabel Jarak terhadap Pusat Industri

Pada penelitian ini, proses perhitungan regresi logistik biner dilakukan melalui *software* Idrisi Selva. Berdasarkan analisis regresi logistik biner diperoleh persamaan regresi sebagai berikut.

$$Y = 1.4041 - (1.619796 * X1) - (0.540076 * X2) - (0.477997 * X3) + (3.215956 * X4) - (1.805961 * X5) - (3.363845 * X6) + (0.107712 * X7) + (0.893220 * X8) + (0.420181 * X9) - (1.92967591 * X10)$$

Keterangan:

- Y : Logit perubahan
- X1 : Jarak terhadap jalan utama
- X2 : Jarak terhadap jalan lokal
- X3 : Jarak terhadap jalan lain
- X4 : Jarak terhadap lahan terbangun
- X5 : Jarak terhadap sungai
- X6 : Jarak terhadap pusat industri
- X7 : Jarak terhadap pusat ekonomi
- X8 : Jarak terhadap pusat pelayanan
- X9 : Jarak terhadap pusat pendidikan
- X10 : Kemiringan lereng

- Validitas Model Regresi Logistik Biner
 - a) *Odds Ratio* = 2,8246
 Nilai *Odds Ratio* >1 berarti bahwa persamaan regresi logistik biner yang dihasilkan dapat diterapkan untuk melakukan prediksi perubahan lahan sawah.
 - b) Indeks Kappa = 0,4562
 Indeks Kappa dengan nilai 0,4562 menurut klasifikasi Landis dan Koch (1997, dalam Susilo, 2005) termasuk kategori Moderate Agreement.
 - c) ROC = 0,7307
 Hal ini berarti terdapat hubungan yang cukup tinggi antara perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah (variabel dependen) dengan parameter perubahan lahan sawah (variabel independen).

Persamaan regresi di atas belum diketahui nilai probabilitas perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah dari setiap piksel penggunaan lahan. Hal ini karena Y (logit perubahan) merupakan rasio antara kemungkinan terjadi perubahan dengan kemungkinan tidak terjadinya perubahan. Oleh karena itu, peta yang diperoleh dari analisis regresi logistik biner dilakukan perhitungan kembali dengan persamaan di bawah ini agar diperoleh peta probabilitas lokasi perubahan.

$$\text{Probabilitas Perubahan} = \exp \frac{(\text{logit perubahan})}{1 + (\text{logit perubahan})}$$

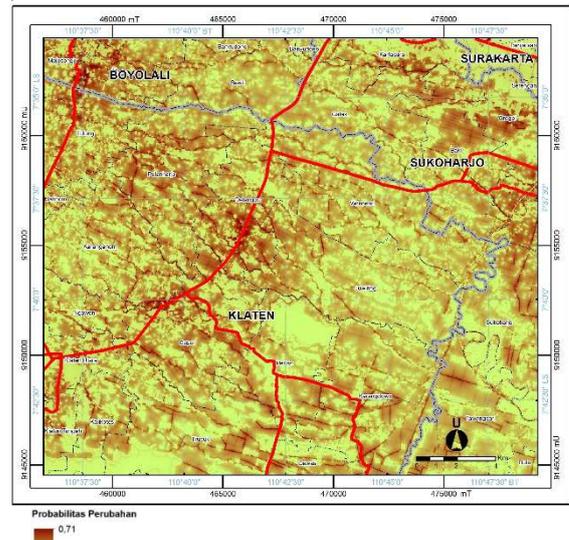
Penggunaan data spasial lain memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah di Klaten dan sekitarnya yang ditunjukkan oleh koefisien regresi. Semakin besar koefisien regresi suatu variabel independen maka variabel independen tersebut memberikan pengaruh yang besar pula terhadap perubahan lahan sawah.

Berdasarkan hasil regresi logistik biner terdapat 2 variabel yang memberikan pengaruh paling besar yaitu jarak terhadap lahan terbangun eksisting dan jarak terhadap pusat industri, yang dibuktikan dengan nilai koefisien regresi berturut-turut sebesar 3,2159558 dan -3.3638447. Sedangkan, variabel yang memberikan pengaruh paling rendah adalah jarak terhadap pusat pendidikan.

Koefisien regresi bernilai positif dan negatif mempunyai arti yang berbeda. Apabila koefisien regresi bernilai positif berarti bahwa semakin besar nilai variabel independen maka semakin besar pula probabilitas perubahan

lahan sawah menjadi lahan non sawah. Begitu sebaliknya, apabila nilai koefisien regresi bernilai negatif berarti semakin kecil nilai variabel independen maka semakin besar probabilitas perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah.

Pemodelan regresi logistik biner, selain menghasilkan nilai-nilai statistik juga menghasilkan suatu peta, yaitu peta probabilitas lokasi perubahan lahan sawah tahun 2002-2008. Peta probabilitas perubahan yang dihasilkan memiliki rentang nilai 0,50 – 0,71.



Gambar 10. Sebaran Probabilitas Perubahan Lahan Sawah menjadi Lahan Non Sawah

Berdasarkan Gambar 10 di atas, dapat diketahui bahwa probabilitas perubahan cukup menyebar di seluruh wilayah penelitian, tetapi paling besar terdapat di wilayah-wilayah sekitar jalur utama Yogyakarta-Surakarta.

Pemodelan *Cellular Automata* membutuhkan matriks area transisi sebagai penentu nilai probabilitas luasan perubahan. Matriks ini diperoleh dari model Markov berdasarkan peta lahan sawah 2002 dan 2008 untuk prediksi 2014. Namun, karena terdapat kesalahan klasifikasi maka muncul nilai probabilitas luasan dari kelas lahan non sawah menjadi lahan sawah, sehingga perlu dilakukan modifikasi terhadap nilai-nilainya agar tidak mengganggu model CA dengan anggapan tidak terjadi perubahan pada kelas lahan non sawah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 11 berikut ini.

Cells in : Expected to transition to :	Cells in : Expected to transition to :
Cl. 1 Cl. 2	Cl. 1 Cl. 2
Class 1 : 178995 59781	Class 1 : 178995 59781
Class 2 : 52897 202259	Class 2 : 0 255156

Given : Probability of changing to :	Given : Probability of changing to :
Cl. 1 Cl. 2	Cl. 1 Cl. 2
Class 1 : 0.7499 0.2501	Class 1 : 0.7499 0.2501
Class 2 : 0.2505 0.7495	Class 2 : 0.0000 1.0000

Gambar 11. Modifikasi Matriks Area Transisi Perubahan Lahan Sawah

Pemodelan perubahan lahan sawah dengan *Cellular Automata* dilakukan pada berbagai skenario berdasarkan input *transition suitability image* dan *neighborhood* yang digunakan. Berikut ini merupakan skenario yang dimaksud.

Skenario I	Skenario II
<p>Base Land Cover:</p> <ul style="list-style-type: none"> Peta lahan sawah dan non sawah 2008 <p>Matriks Area Transisi:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dari model Markov <p>Transition Suitability Image:</p> <ul style="list-style-type: none"> Peta probabilitas lokasi perubahan berdasarkan hasil dari <u>penambahan data spasial lain melalui model regresi logistik biner</u> <p>Neighborhood:</p> <ul style="list-style-type: none"> Moore 3x3, 5x5, dan 7x7 Von Neumann 3x3, 5x5, dan 7x7 	<p>Base Land Cover:</p> <ul style="list-style-type: none"> Peta lahan sawah dan non sawah 2008 <p>Matriks Area Transisi:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dari model Markov <p>Transition Suitability Image:</p> <ul style="list-style-type: none"> Peta probabilitas lokasi perubahan berdasarkan hasil dari <u>model Markov</u> <p>Neighborhood:</p> <ul style="list-style-type: none"> Moore 3x3, 5x5, dan 7x7 Von Neumann 3x3, 5x5, dan 7x7

Setiap model yang dihasilkan kemudian dilakukan uji akurasi berdasarkan titik-titik sampel lapangan untuk mengetahui perbedaan akurasi antara CA-Regresi Logistik Biner dan CA-Markov. Tabel 10 di bawah ini menunjukkan hasil uji akurasi.

Tabel 10. Rekapitulasi *Overall Accuracy* dan Indeks Kappa Model 2014

Skenario	Kernel	<i>Overall Accuracy (%)</i>		Indeks Kappa	
		Moore	Von Neumann	Moore	Von Neumann
CA-Regresi Logistik Biner	3x3	85,38	86,15	0,66180	0,68076
	5x5	83,08	83,08	0,60982	0,61404
	7x7	83,08	83,08	0,60982	0,60982
CA-Markov	3x3	80,77	83,85	0,52924	0,62136
	5x5	79,23	80,77	0,51852	0,55418
	7x7	78,46	82,31	0,49793	0,47712

Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa model ketetanggan Von Neumann 3x3 memberikan tingkat akurasi yang paling tinggi, baik pada skenario pemodelan CA-Regresi Logistik Biner dengan akurasi sebesar 86,15%, maupun pada skenario pemodelan CA-Markov dengan akurasi sebesar 83,85%. Sedangkan, model ketetanggan yang menggunakan ukuran kernel lebih besar cenderung menghasilkan akurasi paling rendah, dimana akurasi pada setiap model <84%. Keadaan ini menunjukkan tingkat akurasi cenderung akan semakin tinggi pada model dengan ukuran kernel kecil.

Uji akurasi dalam penelitian ini menggunakan titik sebagai lokasi sampel

perhitungan akurasi pemodelan. Penggunaan titik sebagai sampel memiliki kelemahan karena terdapat lokasi yang tidak diperhitungkan. Oleh karena itu, untuk mengetahui tingkat akurasi dari keseluruhan lokasi dari peta hasil prediksi perlu dilakukan uji akurasi secara geometrik membandingkannya dengan peta penggunaan lahan tahun 2014 hasil klasifikasi dari citra Landsat 8 2014. Tabel 11 berikut ini adalah hasil uji akurasi geometri antara hasil pemodelan dengan data acuan.

Tabel 11. Rekapitulasi Uji Akurasi Geometri Hasil Pemodelan dan Data Acuan

Skenario	Kernel	<i>Overall Accuracy</i>		Indeks Kappa	
		Moore	Von Neumann	Moore	Von Neumann
Integrasi Regresi Logistik Biner	3x3	63,3562	63,0926	0,3353	0,3305
	5x5	63,4303	63,4247	0,3366	0,3365
Model Markov	7x7	63,3668	63,4364	0,3355	0,3367
	3x3	63,1890	62,5872	0,3323	0,3213
Model Markov	5x5	63,3574	63,3295	0,3353	0,3348
	7x7	63,3315	63,3510	0,3348	0,3352

Berdasarkan Tabel 11 di atas dapat diketahui hasil pemodelan bila dibandingkan dengan data acuan hanya diperoleh akurasi sebesar 63% pada kedua skenario. Rendahnya tingkat akurasi ini dapat disebabkan karena penggunaan dua citra dengan tahun berbeda meskipun pada bulan yang sama, tetapi kondisi keduanya tetap berbeda. Selain itu, kesalahan yang terdapat pada peta PL input ikut terbawa kedalam model sehingga mempengaruhi hasil pemodelan. Hal ini sebaiknya menggunakan metode klasifikasi yang bersifat *updating* dari T1 ke T2, sehingga diharapkan diperoleh hasil klasifikasi yang lebih baik.

Model CA-Regresi Logistik dengan ketetanggan Von Neumann 3x3 digunakan sebagai acuan untuk analisis selanjutnya karena memiliki tingkat akurasi paling tinggi berdasarkan uji akurasi titik sampel. Model yang memiliki akurasi paling tinggi dilakukan kalkulasi luasan. Berdasarkan hasil kalkulasi diketahui bahwa luas lahan sawah tahun 2014 di wilayah Klaten dan sekitarnya sebesar 16.109,64 Ha. Tabel 12 menyajikan luas lahan sawah dan lahan non sawah tahun 2014 hasil pemodelan CA-Regresi Logistik Biner.

Tabel 12. Luas Lahan Sawah dan Non Sawah 2014 Hasil Pemodelan

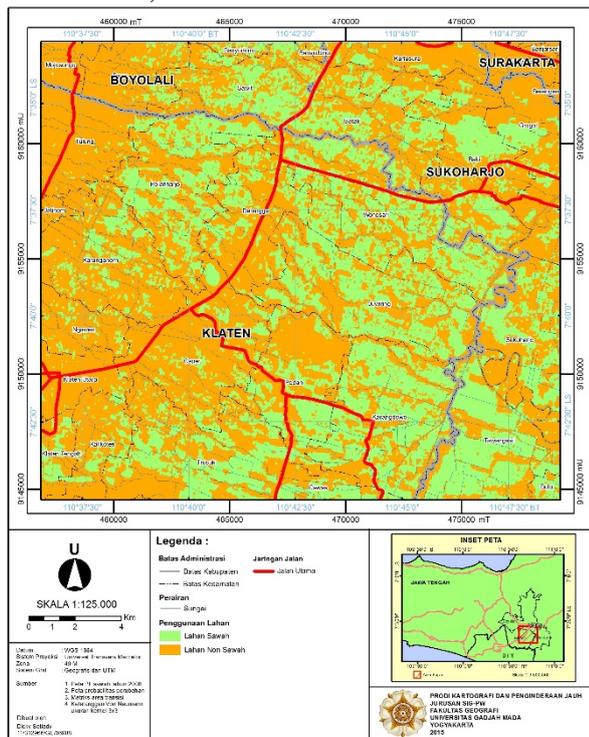
No	Penggunaan Lahan 2014	Luasan		
		Piksel	Meter ²	Ha
1	Sawah	178.996	161.096.400	16.109,64
2	Non Sawah	314.856	283.370.400	28.337,04
TOTAL		493.852	444.466.800	44.446,68

Secara keseluruhan, untuk mengetahui laju perubahan lahan sawah dari tahun 2002 hingga 2014 dilakukan perhitungan terhadap peta lahan sawah yang telah diperoleh, seperti yang terdapat pada Tabel 13 di bawah ini.

Tabel 13. Perubahan Luas Lahan Sawah Klaten dan Sekitarnya Tahun 2002-2014

No	Penggunaan Lahan	Luasan (Ha)			Penurunan Luasan (Ha)	
		2002	2008	2014	2002-2008	2008-2014
1	Sawah	28.647,81	25.439,85	16.109,64	3.207,96	9.330,21
2	Non Sawah	15.798,87	19.006,83	28.337,04		
Rerata Penurunan Sawah 2002-2014					348,28 Ha/tahun	

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa pada wilayah Klaten dan sekitarnya, yang berada di jalur utama penghubung Kota Yogyakarta dan Kota Surakarta, terjadi penurunan luas lahan sawah selama kurun waktu 12 tahun dari tahun 2002 hingga 2014 sebesar 348,28 Ha/tahun.



Gambar 12. Prediksi Penggunaan Lahan Sawah dan Non Sawah Klaten dan Sekitarnya Tahun 2014 (Berdasarkan model CA-Regresi Logistik Biner dengan Ketetanggaan Von Neumann 3x3)

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis citra Landsat sebagian Kabupaten Klaten dan sekitarnya tahun 2002-2008 terjadi perubahan lahan sawah menjadi lahan non sawah paling banyak berada di sebelah timur-tenggara dari Jalan

Yogyakarta-Surakarta. Lahan sawah yang mengalami perubahan dari tahun 2002-2008 berdasar analisis citra Landsat adalah seluas 3.207,96 Ha atau sekitar 534,7 Ha/tahun.

2. Penggunaan data spasial lain (aksesibilitas, lahan terbangun eksisting, pusat kegiatan, dan sungai) memberikan pengaruh terhadap perubahan lahan sawah dan akurasi model CA untuk prediksi lahan pertanian sawah sebagian Kabupaten Klaten dan sekitarnya tahun 2014, dimana akurasi yang dihasilkan adalah sebesar 86,15% dengan indeks kappa 0,68076. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan model CA tanpa penggunaan data spasial lain (CA-Markov), dimana akurasinya hanya <84%.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro, Projo. 2009. *Land-Use Information From The Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning*. Germany: Lambert Academic Publishing.
- Malingreau. 1978. *Penggunaan Lahan Pedesaan Penafsiran Citra Untuk Interpretasi dan Analisisnya*. Yogyakarta: PUSPICS UGM.
- Nurwati, Deny Dwi. 2010. Analisis Citra Penginderaan Jauh Multitemporal untuk Mengetahui Trend Area Terbangun di Daerah Surakarta dan Sekitarnya. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Susilo, Bowo. 2005. Model SIG-Binary Logistic Regression Untuk Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan (Studi Kasus di Daerah Pinggiran Kota Yogyakarta). *Tesis*. Bandung: Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung.
- Susilo, Bowo. 2006. Geokomputasi Berbasis Sistem Informasi Geografi dan Cellular Automata untuk Pemodelan Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan di Daerah Pinggiran Kota Yogyakarta. *Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.