

Model Perubahan Penggunaan Lahan Untuk Mendukung Rencana Pengelolaan Kesatuan Pengelolaan Hutan (Studi Kasus KPH Yogyakarta)

Dony Setiawan Septiono¹, Mussadun²

Diterima : 20 Mei 2016

Disetujui : 18 Juli 2016

ABSTRACT

Special Region of Yogyakarta (DIY) experience the dynamics of changes in land use so that the decline in the forest area of the country. The government set the FMU Forest Management Unit as part of efforts to protect the forests remain sustainable so we need a study that could support optimal implementation of the Management Plan Forest Management Unit (FMU RP). One method to support the optimization is to do a land change prediction models. The purpose of this study include: (1) analyze the land use change from 1990 to 2013 period and (2) predicting the year 2023. Changes in land use land studied is 1990 and 2013, which would then be used as a base projection in 2013-2023. Methods to be used are: 1) Analysis of input output, 2) the integration of Markov chain Cellular automata (CA-MC) with logistic regression. The prediction model will use two scenarios, namely: 1) the existing condition of the existing and 2) the assumption of government intervention with the basic rules. The results showed in the period of 1990-2013 there is a change of land use is of 23%, or around 3,703 ha. From the results predicted changes in land use in 2023, with scenario 1 change-forest land dry land agriculture as an area of 1,337 ha and a change of scenario 2 of forest land area of 1264.36 ha

Keywords : Land Use Change, Spatial Model, Geographical Information System, Forest Management Unit

ABSTRAK

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) mengalami dinamika perubahan penggunaan lahan sehingga terjadinya penurunan luas hutan negara. Pemerintah menetapkan Kesatuan Pengelolaan Hutan KPH sebagai salah satu upaya untuk menjaga hutan tetap lestari sehingga diperlukan suatu penelitian yang bisa mendukung optimalisasi penerapan Rencana Pengelolaan Kesatuan Pengelolaan Hutan (RP KPH). Salah satu metode untuk mendukung optimalisasi adalah dengan melakukan model prediksi perubahan lahan. Tujuan penelitian ini antara lain: (1) menganalisis perubahan penggunaan lahan periode 1990-2013 dan (2) memprediksi penggunaan lahan tahun 2023. Perubahan lahan yang dikaji adalah tahun 1990 dan 2013, yang selanjutnya akan digunakan sebagai basis proyeksi tahun 2013-2023. Metode yang akan digunakan adalah: 1) Analisis input output, 2) integrasi Cellular automata markov chain (CA-MC) dengan regresi logistik. Model prediksi akan menggunakan 2 skenario, yaitu: 1) kondisi eksisting yang ada dan 2) asumsi intervensi pemerintah dengan dasar peraturan. Hasil penelitian menunjukkan pada kurun waktu tahun 1990-2013 terjadi perubahan penggunaan lahan adalah sebesar 23% atau sekitar 3.703 ha. Dari hasil prediksi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2023, dengan skenario 1 terjadi perubahan lahan hutan-pertanian lahan kering sebanyak seluas 1.337 ha dan dari skenario 2 terjadi perubahan lahan hutan seluas 1.264,36 ha

Kata Kunci : Perubahan Penggunaan Lahan, Model Spasial, Idrisi, Sistem Informasi Geografis, KPH Yogyakarta

¹ Direktorat Pengawasan Sumber Daya Kelautan, Kementerian Kelautan dan Perikanan
Kontak Penulis : donysetiawanseptiono@gmail.com

² Dosen Magister Pembangunan Wilayah dan Kota, Undip, Semarang, Jawa Tengah

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) serta bertambahnya kebutuhan terhadap lahan, seringkali mengakibatkan benturan kepentingan atas penggunaan lahan serta terjadinya ketidaksesuaian antara penggunaan lahan dengan rencana peruntukannya. Alih fungsi lahan dalam arti perubahan penggunaan lahan, pada dasarnya tidak dapat dihindari dalam pelaksanaan proses pembangunan, sedangkan lahan itu sendiri bersifat terbatas. Salah satu wilayah yang mengalami perubahan tersebut adalah hutan negara pada wilayah kesatuan pengelolaan hutan (KPH) Yogyakarta. Hutan negara adalah hutan yang berada pada tanah yang tidak dibebani hak atas Tanah (UU No 41 Tahun 1999). Pada data BPS, Perubahan penggunaan lahan hutan negara pada provinsi DIY terus terjadi (BPS, 2014).

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi secara langsung maupun tidak langsung akan membawa berbagai dampak terhadap lingkungan. Terjadinya deforestasi adalah salah satu hal nyata yang mengakibatkan terjadinya degradasi lingkungan sehingga perlu dilakukan suatu kajian untuk mengetahui perubahan penggunaan lahan yang terjadi serta memprediksikan perubahan lahan dengan skenario yang sesuai untuk mendukung optimasi rencana pengelolaan KPH (RP KPH) agar bisa mengurangi laju deforestasi pada wilayah KPH.

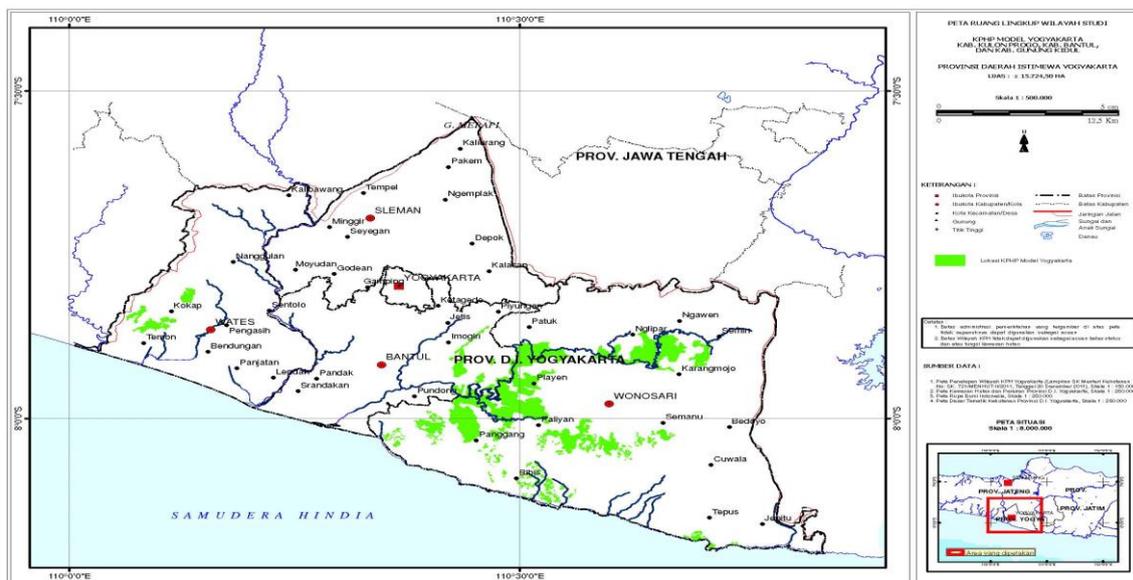
Kajian perubahan penggunaan lahan secara keruangan dapat dilakukan dengan beragam metode dan dengan penekanan yang berbeda. Cara mengkaji perubahan penggunaan lahan antara lain menghitung luas perubahan, menghitung tingkat perubahan, menganalisis pola perubahan dan pemodelan. Pemodelan adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui luas perubahan, menganalisis pola perubahan termasuk untuk memprediksikan perubahan penggunaan lahan di masa datang (Susilo, 2006). Pemodelan *prediktif* tidak hanya langkah penting untuk mengantisipasi *externalitas* negatif dari perubahan lahan, tetapi juga mekanisme penting untuk memperoleh ukuran, spasial, temporal dan memvisualisasikan informasi yang penting untuk merumuskan perencanaan yang berkelanjutan yang ditunjang dengan analisis dampak (Allen & Lu, 2003).

Model Prediksi perubahan penggunaan lahan dapat dianalisis melalui pendekatan model berbasis spasial, salah satunya dengan *Cellular Automata markov chain (CA-MC)*. *Markov chain*, adalah suatu konsep yang pertama kali dikemukakan oleh seorang ahli matematika dari Rusia Andri A Markov. *Chain*, dalam konsep Markov, merupakan model matematis yang didesain untuk menjelaskan suatu proses yang berlangsung secara bertahap. Menurut teori Markov, probabilitas terjadinya suatu peristiwa ditentukan oleh peristiwa yang secara langsung mendahuluinya dan dapat digunakan untuk memprediksikan peristiwa berikutnya (Susilo, 2006). Probabilitas tersebut sering disebut dengan probabilitas transisi dan bersifat tetap. Pemilihan penggunaan *Cellular automata markov chain* karena dapat mengkaji suatu pola sederhana hingga pola yang kompleks dengan prinsip yang sederhana (Singh, 2003 dalam Susilo, 2006). Pengembangan model simulasi berdasarkan konsep *cellular automata (CA)* sangat populer untuk digunakan dalam pemodelan spasial. *CA* model telah berhasil digunakan untuk mewakili spasial dan tergantung waktu proses sistem yang kompleks termasuk penggunaan perkotaan, perubahan lahan (Ward et al., 2000b; White and Engelen, 2000; Almeida et al., 2003; Stevens et al., 2007, Susilo, 2006; Wijaya, 2012) dan sumber daya alam (Balzter et al., 1998; Favier et al., 2004; Bone et al., 2006; Colasanti et al., 2007).

Kelebihan lain dari pemodelan *cellular automata* adalah dapat diintegrasikan dengan metode lain untuk meningkatkan ketelitiannya. Salah satu model yang dapat diintegrasikan dengan model *CA* adalah model regresi logistik biner (Wijaya, 2015). Regresi logistik biner adalah model regresi yang memiliki variabel independen bersifat biner atau dikotomi (*dichotomous*) (Susilo, 2005). Variabel

biner merupakan data peristiwa atau fenomena yang memiliki dua nilai atau keputusan. Kelebihan dari regresi logistik biner ini adalah tidak memerlukan asumsi mengenai normalitas data, sehingga dapat digunakan untuk mengkaji fenomena-fenomena yang tidak memiliki asumsi normal (Wijaya, 2015). Untuk itu pada penelitian saat ini model Cellular automata markov chain dikombinasikan dengan regresi logistik biner.

Wilayah KPH Yogyakarta merupakan salah satu area yang mempunyai dinamika perkembangan seiring pertumbuhan Provinsi DIY. DIY sebagai kota wisata, budaya, dan pelajar merupakan faktor yang secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi perubahan lahan pada wilayah KPH Yogyakarta sehingga lahan hutan mempunyai kemungkinan besar semakin berkurang. Lokasi penelitian berada pada seluruh wilayah hutan negara yang berada pada wilayah KPH Yogyakarta yang ditetapkan dengan SK SK.439/Menhut-II/2007 tanggal 13 Desember 2007 yang selanjutnya telah diubah dengan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 721/Menhut-II/2011 dengan letak geografis $07^{\circ}48'4.8'' - 08^{\circ}8'8.08''$ LS dan $110^{\circ}04'10.16'' - 110^{\circ}42'42.7''$ BT yang meliputi Kabupaten Gunungkidul, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Kulon progo seperti ditunjukkan pada gambar 1. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) menganalisis perubahan penggunaan lahan periode 1990-2013 dan (2) memprediksi penggunaan lahan tahun 2023 sesuai dengan 2 skenario yang diberikan



Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 1.
WILAYAH PENELITIAN

METODE PENELITIAN

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Data primer dari penelitian ini adalah data penggunaan lahan multi temporal, yaitu penggunaan lahan tahun 1990 dan 2013 hasil penafsiran citra landsat 5 RGB 543 untuk tahun 1990 dan landsat 8 RGB 654 untuk tahun 2013 yang sudah diverifikasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Data lain yang digunakan adalah peta rupa bumi. Metode yang dilakukan dalam penafsiran citra adalah secara visual dan dikombinasikan dengan digitasi on screen. Klasifikasi kelas penggunaan lahan yang digunakan mengacu pada klasifikasi penggunaan lahan skala

1:250.000 dari KLHK dengan beberapa penggabungan sesuai dengan tujuan dari penelitian, yaitu: Hutan, Pertanian lahan kering, sawah dan pemukiman.

Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan melalui proses tumpang susun (*overlay*) antara peta penggunaan lahan tahun 1990 dan 2013 yang akan menghasilkan matriks input output perubahan penggunaan lahan.

Model Spasial Penggunaan Lahan

Pada penelitian ini model yang akan digunakan adalah integrasi regresi dari cellular auto mata markov chain dengan regresi logistik.

Regresi Logistik

Perubahan penggunaan lahan yang dianalisis yaitu perubahan penggunaan lahan hutan menjadi non hutan periode tahun 1990 – 2013. Variabel tidak bebas yang digunakan adalah penggunaan lahan yang mengalami perubahan sedangkan variabel bebas yang digunakan adalah jarak ke lokasi izin hutan tanaman rakyat (HTR), jarak ke areal kerja Hutan kemasyarakatan pemukiman (HKm), jarak ke sungai, kemiringan lereng, jarak ke jalan utama, jarak ke jalan non utama dan jarak ke sungai. Persamaan regresi logistik yang digunakan adalah :

Sumber: Hosmer dan Lemeshow, 2000

Dimana:

$$\ln \left[\frac{P_i}{1-P_i} \right] = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} \quad (1)$$

P_i	= Nilai peluang untuk peubah tetap ke 1	X_1	= Jarak ke areal kerja HKm
β_0	= konstanta	X_2	= Jarak ke areal kerja HTR
β_{1-n}	= Nilai koefisien untuk peubah bebas ke 1 sampai n	X_3	= Jarak ke jalan non utama
$X_{1-n,1}$	= Peubah bebas ke 1 sampai n , pada peubah tetap ke 1	X_4	= Jarak ke jalan utama
n	= Jumlah variabel	X_5	= Kelerengan
		X_6	= Jarak ke pemukiman
		X_7	= Jarak ke sungai

Model Spasial Cellular Automata Markov chain

Cellular automata Markov Chain (CA MC) adalah model komputasi dari suatu distem dinamik yang bersifat diskrit dalam ruang dan waktu. Sedangkan *cellular automaton* merupakan pemrosesan dari *Cellular Automata (CA)*. CA awalnya diperkenalkan oleh von Neumann dan Ulam pada tahun 1948 sebagai model sederhana untuk menyelidiki perilaku sitem kompleks secara luas dan mempelajari proses biologi seperti memperbanyak diri (Toffoli and Margolus, 1987)

CA merupakan konsep yang dapat menggambarkan adanya transisi/pergerakan dari setiap elemen atau objek yang dinamakan automaton. Secara sederhana, automaton (bentuk tunggal automata) adalah suatu mekanisme pemrosesan diskrit. Mekanisme yang dimaksud adalah kemampuan untuk berubah berdasarkan sekumpulan aturan-aturan yang diterapkan pada dirinya sendiri (objek) dan juga berbagai masukan dari luar (Deliar, 2010).

$$(U, S, T, N) \quad (2)$$

Sumber: Susilo, 2006

Keterangan :

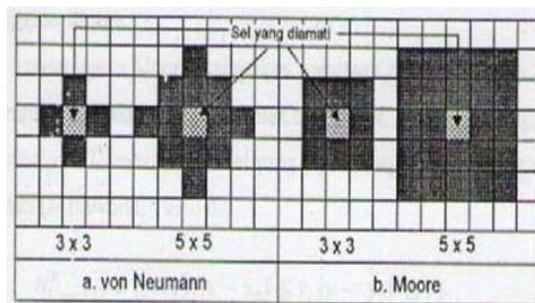
U : Universe

S : state (kelas)

T : transition rules (aturan transisi)

N : neighborhood (ketetanggaan)

Universe adalah dimensi ruang dari sel. Kebanyakan CA mengadopsi grid cellular untuk mempresentasikan ruangnya, sehingga CA menyerupai struktur cellular pada data raster. State cell adalah keadaan(nilai) yang mungkin dicapai suatu cell. Transition rules adalah seperangkat aturan yang digunakan dalam penentuan cell. Ketetanggan adalah jumlah sel tetangga yang dipertimbangkan dalam penentuan nilai dari suatu cell. Pada model CA dua dimensi terdapat dua model ketetanggan, yaitu Von Neumann Model dengan 4 (empat) tetangga sel dan Model Moore dengan 8 (delapan) tetangga sel (Deliar, 2010).



Sumber: Deliar, 2010

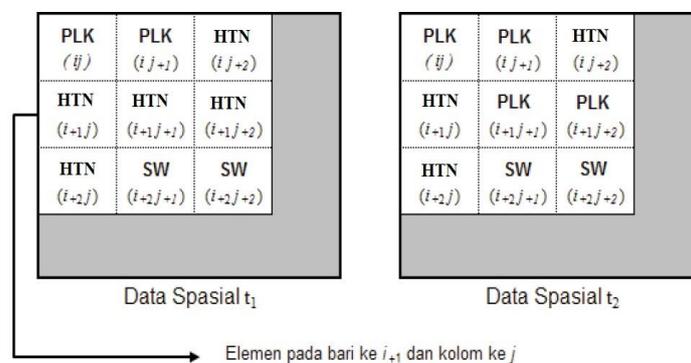
GAMBAR 2.
KERNEL 3 X 3 DAN 5 X 5 (A) VON NEUMANN, (B) MOORE 9

Model probabilities Cellular Automata menggunakan konsep prinsip markov chain dengan mempertimbangkan neighborhood. Probabilitas berubahnya nilai sel C dari keadaan Si pada waktu t menjadi Sj pada waktu t_{+1} berdasarkan model cellular automata menjadi:

$$Prob_c(S_i \rightarrow S_j) = P_{ij}(N(C)) \quad (3)$$

Sumber: Susilo, 2006

Tahap awal dari penyusunan model CA adalah menentukan matrik probabilitas transisi. Probabilitas transisi adalah kemungkinan terjadinya perubahan penggunaan lahan dari suatu kategori menjadi kategori lainnya. Pada konsep markov chain, peta penggunaan lahan yang digunakan adalah peta penggunaan lahan 1990 dan 2013. Metode yang digunakan adalah tabulasi silang.



Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 3:
ILUSTRASI DATA SPASIAL TIME SERIES (T1 DAN T2) DALAM BENTUK MATRIKS

Setiap elemen pada matriks memiliki nilai tertentu, yaitu data spasial penggunaan lahan. Pada gambar 3, elemen matrik adalah PLK (pertanian lahan kering), HTN (hutan), dan SW (sawah). Dari matrik spasial time series tersebut, kemudian dihitung probabilitas transisi untuk setiap elemen matriks dalam bentuk formula berikut:

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=0}^n x_{ij}} \quad (4)$$

Sumber: Susilo, 2006

P_{ij} adalah probabilitas transisi untuk elemen pada baris i dan kolom j . X_{ij} adalah kategori penggunaan lahan pada baris i dan kolom j . Hasil perhitungan probabilitas transisi untuk setiap elemen disimpan dalam bentuk matriks yang disebut matriks probabilitas transisi (MPT). Dimensi dari MPT adalah $n \times n$, dimana nilai n sesuai dengan jumlah kategori penggunaan lahan. Setelah didapatkan matrik probabilities transisi, kemudian ditentukan peta sebagai basis proyeksi, jenis neighborhood dan aturan sesuai dengan skenario yang akan diberikan.

Integrasi Cellular Automata Markov chain dan Regresi Logistik

Setelah didapatkan syarat-syarat aturan CA, kemudian dimasukkan ke dalam persamaan untuk mendapatkan persamaan CA. Perubahan sel (S) dari kondisi awal (S_t) pada waktu t menjadi (S_{t+1}) pada waktu $t+1$ merupakan fungsi dari kondisi sekitarnya (N) dan prinsip transisi tertentu (T) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_{t+1} = f(S_t, N, T) \quad (5)$$

Sumber: Susilo, 2006

Dari hasil pemodelan dihasilkan peta simulasi penggunaan lahan tahun 2015 untuk validasi model dan tahun 2023 sebagai hasil akhir prediksi perubahan lahan sesuai dengan akhir berlakunya RP KPH. Validasi model perubahan penggunaan lahan yang dibangun akan dilakukan dengan dua cara, yaitu: 1) uji kappa akurasi dengan peta penggunaan lahan yang sudah tervalidasi sebelumnya, 2) uji lapangan. Akurasi model diharapkan mencapai nilai paling sedikit 85%. (Jensen 1996).

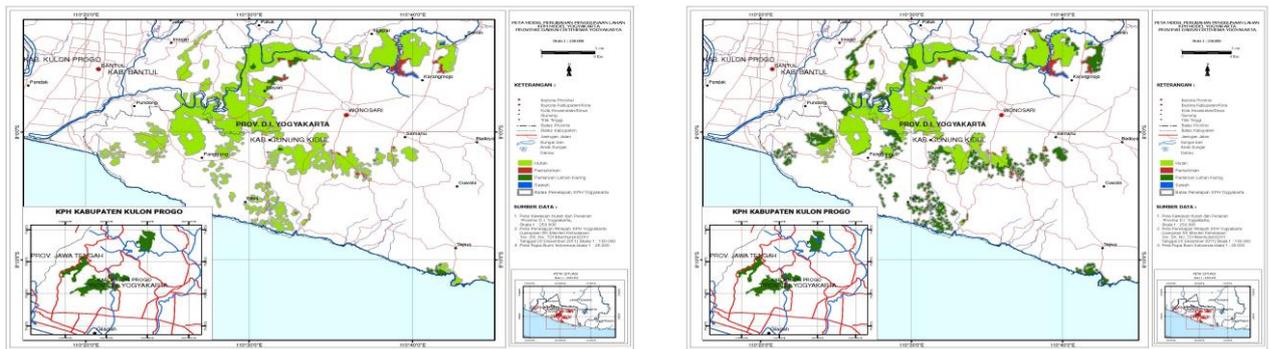
Setelah didapatkan model dan aturan CA yang sudah memenuhi syarat ketelitian yang diberikan, langkah akhir dari model prediksi ini adalah memberikan skenario sesuai dengan asumsi-asumsi yang diberikan. Pada penelitian ini akan diberikan 2 skenario prediksi, yaitu:

- a. Skenario 1 adalah prediksi sesuai dengan kondisi eksisting (current condition)
- b. Skenario 2 adalah prediksi dengan intervensi kebijakan spasial dari peraturan yang ada. Kebijakan spasial dan pembatasan areanya (spasial policies and area restriction) bahwa tidak boleh ada konversi hutan pada: 1) blok apapun di hutan lindung, 2) blok inti dan perlindungan pada hutan produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil penafsiran citra landsat tahun 1990 dan 2013, didapatkan peta penggunaan lahan tahun 1990 dan 2013. Klasifikasi penggunaan lahan mengacu untuk peta skala 1: 250.000 dengan beberapa penggabungan. Penggabungan ini adalah untuk mengurangi kompleksitas dari pemodelan dikarenakan wilayah penelitian mencakup regional. Peta penggunaan lahan 1990 dan 2013 digambarkan pada peta berikut :



Sumber: hasil analisis, 2015

Peta penggunaan lahan tahun 1990 KPH Yogyakarta

Sumber: hasil analisis, 2015

Peta penggunaan lahan tahun 2013 KPH

GAMBAR 4.
PETA PENGGUNAAN LAHAN KPH YOGYAKARTA TAHUN 1990 DAN 2013

Dari data peta penggunaan lahan, kemudian di overlaykan untuk mendapatkan perubahan penggunaan lahan tahun 1990-2013. Hasil overlay perubahan penggunaan lahan di kawasan KPH Yogyakarta tahun 1990-2013 menghasilkan tabel input output perubahan penggunaan lahan yang disajikan pada tabel 1 dan 2.

TABEL 1.
MATRIKS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 1990-2013

Luas penggunaan lahan tahun 1990	Luas Penggunaan Lahan 2013 (ha)				Jumlah (ha)
	Hutan	Pemukiman	Pertanian Lahan Kering	Sawah	
Hutan	10.827	0	3.703	0	14.530
Pemukiman	0	406	0	0	406
Pertanian Lahan Kering	0	6	1.219	21	1.246
Sawah	0	0	0	74	74

sumber: hasil analisis, 2015

TABEL 2.
MATRIKS PERSENTASE PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 1990-2013

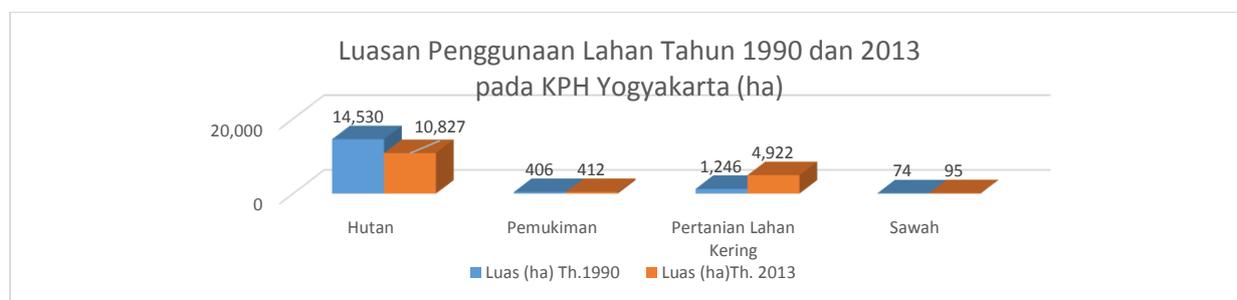
Luas penggunaan lahan tahun 1990	Luas Penggunaan Lahan 2013 (ha)				Jumlah(%)
	Hutan (%)	Pemukiman(%)	Pertanian Lahan Kering(%)	Sawah(%)	
Hutan	74,5	0,0	25,5	0,0	100,0
Pemukiman	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0
Pertanian Lahan Kering	0,0	0,5	97,9	1,6	100,0
Sawah	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0

sumber: hasil analisis, 2015

Lahan hutan adalah lahan yang mengalami perubahan lahan terbesar dibandingkan dengan kelas-kelas penggunaan yang lain. Lahan hutan yang tidak mengalami perubahan sebesar 10.827 ha atau 74,5%, sedangkan sisanya mengalami perubahan. Semua perubahan penggunaan lahan hutan pada

KPH Yogyakarta adalah ke pertanian lahan kering. Hal ini relatif cukup mengkhawatirkan karena penurunan sebesar 25,5% cukup besar, dan jika terus terjadi akan mengakibatkan keseimbangan ekosistem terganggu. Lahan pemukiman tidak mengalami perubahan ke kelas penggunaan lain, tetapi justru bertambah sebanyak 0,5% dari pertanian lahan kering. Hal ini menunjukkan adanya penambahan lahan terbangun di dalam KPH Yogyakarta yang seharusnya di dalam peraturan tidak diperkenankan ada pemukiman di dalam wilayah KPH Yogyakarta. Dengan adanya organisasi KPH ditingkat tapak, diharapkan pemukiman di kawasan hutan bisa ditekan seminimal mungkin, atau bahkan bisa memindahkan pemukiman ke area yang diizinkan untuk pemukiman.

Kelas Pertanian lahan kering yang pada awalnya hanya 1.246 ha mengalami peningkatan yang cukup besar menjadi 4.922 ha (gambar 5). Selain terjadi penambahan, kelas pertaian lahan kering juga mengalami perubahan ke kelas penggunaan lahan sawah sebesar 21 ha atau 1,6% dan pemukiman 6 atau 0,5%. Hal ini berarti terjadi peningkatan aktifitas yang menyebabkan penambahan luas tersebut. Hal ini perlu di waspadai oleh Balai KPH Yogyakarta karena kawasan hutan tidak diperkenankan untuk pemukiman maupun untuk sawah. Perubahan antar kelas penggunaan lahan dapat digambarkan sesuai grafik pada gambar 5.



sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 5.
GRAFIK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN KPH YOGYAKARTA PERIODE 1990-2013

Model Spasial Penggunaan Lahan

Regresi Logistik

Langkah awal pembuatan persamaan regresi logistik adalah membuat peta jarak dari tujuh (7) faktor pendorong perubahan lahan yang mempengaruhi dengan analisis *euclidian distance* yang kemudian dilakukan normalisasi untuk mendapatkan nilai cell berkisar 0-1. Dari 7 peta yang dihasilkan, kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi logistik sebagai berikut:

$$Y = -14,8208 + (2,941053 * X_1) - (3,994416 * X_2) + (1,655652 * X_3) + (7,346567 * X_4) + (1,306707 * X_5) + (3,954352 * X_6) + (7,261260 * X_7) \quad (6)$$

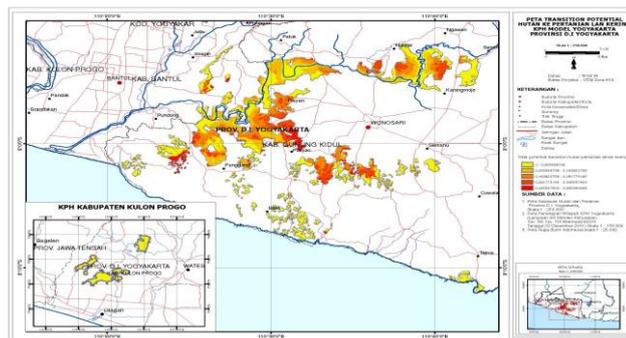
Y : Logit Perubahan
 X₁ : HKm
 X₂ : HTR
 X₃ : Jalan Non Utama

X₄ : Jalan Utama
 X₅ : Kelerengan
 X₆ : Pemukiman
 X₇ : Sungai

Y (logit perubahan) adalah logaritma normal dari *odds*, merupakan rasio antara kemungkinan terjadinya perubahan dengan kemungkinan tidak terjadinya perubahan. Logaritma perubahan merupakan fungsi linier dari variabel prediktor yang kemudian dimasukkan ke persamaan

probabilitas perubahan untuk menghasilkan nilai perubahan. Probabilitas mendekati 0 diprediksikan tidak terjadi perubahan sedangkan probabilitas mendekati 1 diprediksikan terjadi perubahan. Selain mendapatkan persamaan logit perubahan, juga didapatkan koefisien dari persamaan regresi tersebut. Besar kecilnya pengaruh suatu variabel independen terhadap variabel dependen direpresentasikan dalam sebuah koefisien regresi. Semakin besar koefisien regresi maka semakin besar pula pengaruh variabel independen tersebut pada perubahan lahan

Dari persamaan regresi logistik yang dihasilkan menunjukkan jalan utama dan sungai menjadi faktor utama pendorong perubahan lahan hutan menjadi Non-hutan. Logit perubahan dari persamaan persamaan diatas, kemudian direpresentasikan ke dalam sebuah peta transisi sebagai berikut



Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 6.
PETA TRANSISI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN HUTAN
PERTANIAN LAHAN KERING

Cellular Automata Markov chain

Model Cellular automata adalah fungsi dari state atau ruang dari kelas penggunaan lahan, serangkaian aturan transisi dan ketetanggaan. Langkah awal dari CA MC adalah membuat matrik transisi probabilitas dengan melakukan analisis cross tab dengan peta penggunaan lahan 1990 dan 2013 sebagai input, sehingga didapatkan matrik seperti terlihat pada gambar 7 Jumlah piksel lahan yang diprediksi berubah sesuai dengan *matrik probabilities* dari hasil model cellular automata markov chain.

File	Edit	Format	View	Help	
Given :					Probability of changing to :
					C1. 1 C1. 2 C1. 3 C1. 4
Class 1	:	0.8738	0.0000	0.1262	0.0000
Class 2	:	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Class 3	:	0.0000	0.0000	0.9905	0.0073
Class 4	:	0.0000	0.0000	0.0021	1.0000

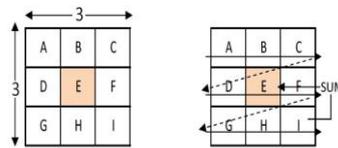
Keterangan gambar:
 Class.1/C1.1 : Hutan
 Class.2/C1.2 : Pemukiman
 Class.3/C1.3 : Pertanian Lahan kering
 Class.4/C1.4 : Sawah

Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 7.
MATRIK PROBABILITAS TRANSISI CA MC (SUMBER: HASIL ANALISIS, 2015)

Tahap selanjutnya adalah menentukan bentuk dan nilai *neighbourhood filter*. *Neighbourhood filter* (disebut juga kernel) adalah filter cell yang berfungsi menentukan rasio pengaruh bobot antara cell inti dan sel disekitarnya. Ukuran dan bentuk *neighbourhood* atau ketetanggaan yang digunakan pada penelitian ini adalah 3x3. Hal ini dimaksud agar dengan ukuran filter cell yang relatif kecil berpengaruh terhadap jarak ketetanggaan yang semakin dekat. Nilai variabel yang digunakan

adalah sama yakni 1 (satu), penyamarataan nilai 1 (satu) ini dimaksudkan untuk menggunakan nilai asli yang terdapat pada peta transisi dan diasumsikan cell inti dan cell sekitar memiliki derajat pengaruh dan elastisitas perubahan yang sama. (Aldiansyah, 2015)



Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 8.
ILUSTRASI PROSEDUR KERJA NEIGHBORHOOD FILTER 3X3

Proses perhitungan yang dilakukan pada proses *neighbourhood filter* dimulai dari cell paling kiri atas sampai dengan ke cell kanan bawah. Perhitungan yang dilakukan adalah penjumlahan total cell yang terdapat pada kernel tersebut sesuai dengan urutan pergerakannya. Hasil kalkulasi tersebut menjadi nilai inti baru pada cell inti. (Inti cel pada gambar diatas disimbolkan dengan huruf E).

Tahap akhir dari pemodelan CA adalah menentukan peta basis proyeksi sebagai state. Pada penelitian ini, peta basis proyeksi yang digunakan adalah peta penggunaan lahan tahun 2013.

Integrasi Cellular automata markov chain dan regresi logistik

Setelah semua aturan ditentukan maka dilakukan proses prediksi dengan model yang dibangun dengan mengintegrasikan CA-MC dan peta regresi logistik yang dihasilkan. Dalam analisis ini menggunakan tiga data utama, yaitu:

- Peta basis proyeksi, yaitu peta penggunaan lahan tahun 2013
- Matriks *probabilities* dari peta penggunaan lahan 1990 dan 2013
- Neighborhood 3 x 3
- Peta transisi dari persamaan regresi logistik

Sehingga dari hasil integrasi CA-MC dengan regresi logistik didapatkan perubahan sel (S) dari keadaan awal S_t pada waktu t menjadi S_{t+1} sebagai berikut:

$$S_{t+1} : f(\text{Peta penggunaan lahan 2013, Matrik probabilitas, Neighborhood } 3 \times 3, \text{ Peta regresi logistik}) \quad (7)$$

Dari persamaan yang dihasilkan, kemudian dilakukan validasi model untuk menguji ketelitian persamaan yang dihasilkan. Validasi model akan dilakukan dengan dua cara, yaitu: 1) Uji kappa akurasi dengan peta penggunaan lahan yang sudah tervalidasi sebelumnya, 2) Uji lapangan. Uji kappa akurasi dilakukan dengan mensimulasikan peta penggunaan lahan tahun 2014 yang kemudian dilakukan uji kappa dengan peta penggunaan lahan yang sudah tervalidasi sebelumnya. Dalam penelitian ini dihasilkan *kappa index agreement* (KIA) sebesar 0,9785 atau sekitar 97,8 %. Sehingga masuk dalam kriteria *Almost perfect agreement*.

Selain dilakukan uji validasi dengan *kappa*, validasi model juga akan dilaksanakan dengan mensimulasikan peta hasil penggunaan lahan tahun 2015 yang kemudian dilakukan uji lapangan (*ground check*) dengan menggunakan GPS. Metode *sampling* pada uji model ini adalah *stratified random sampling*, yaitu acak dengan memperhatikan *strata*/kelas populasi. Dari 120 titik yang

diambil menghasilkan tingkat ketelitian 85,8%. Dari kedua uji yang dilakukan memenuhi standar syarat minimal ketelitian, yaitu 85%.

Setelah persamaan memenuhi standar ketelitian yang diperkenankan, kemudian dilakukan prediksi dengan 2 skenario yang telah ditentukan, yaitu skenario 1 *current condition* dan skenario 2 dengan aturan kebijakan peraturan yang ada.

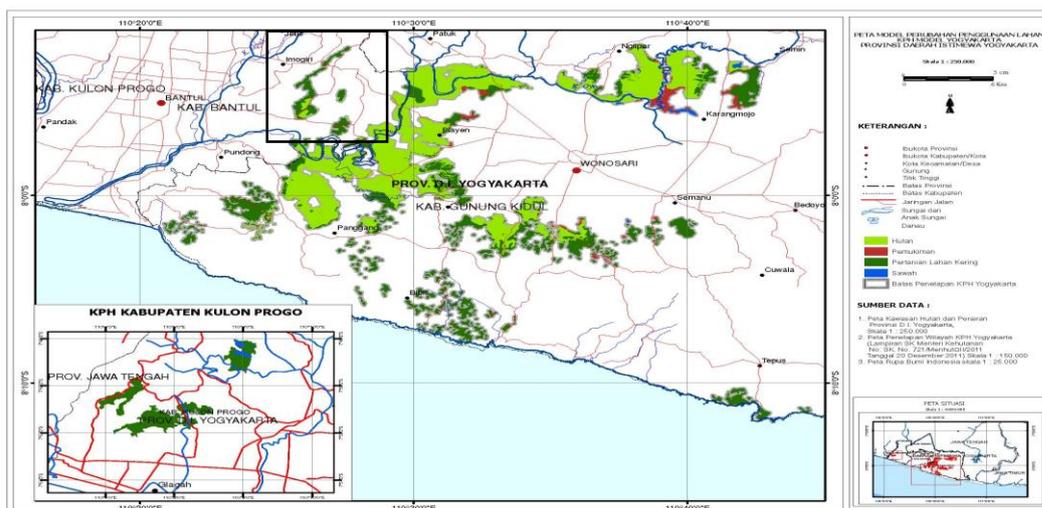
Skenario 1 adalah dengan melakukan prediksi sesuai dengan kondisi eksisting tanpa melakukan intervensi apapun. Dari hasil skenario 1 didapatkan bahwa pada akhir berlakunya RP KPH, masih terjadi penurunan luas hutan yang cukup signifikan seluas 1.336 ha dan Lahan yang berkurang hanyalah lahan hutan. Hasil dari skenario 1 dapat dilihat pada tabel berikut.

TABEL 3.
MATRIKS PERSENTASE PREDIKSI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
TAHUN 2023 SKENARIO 2

No	Kelas Penggunaan Lahan	Luas (ha)		Σ Perubahan (ha)	Persen perubahan (%)
		2013	2023		
1	Hutan	10.826,6	9.490,8	-1.335,8	-12,3
2	Pemukiman	412,0	412,6	0,6	0,2
3	Pertanian Lahan Kering	4.922,1	6.221,6	1.299,5	25,0
4	Sawah	94,5	130,2	35,7	37,8
Luas		16.255,2	16.255,2		

Sumber: hasil analisis, 2015

Dari tabel tersebut juga didapatkan Peningkatan pertanian lahan kering yang cukup signifikan tetap harus diperhatikan karena jika tidak ada kebijakan-kebijakan yang membatasi dikhawatirkan wilayah KPH Yogyakarta akan didominasi oleh pertanian lahan kering.



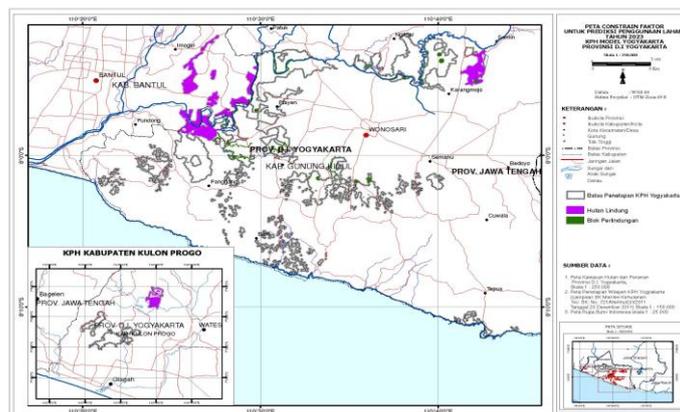
Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 9.
PETA PREDIKSI PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 2023 SKENARIO 1

Skenario 2 adalah prediksi dengan memberikan kebijakan spasial sesuai dengan Perdirjen Planologi Kehutanan P.5/VII-WP3H/2012 tentang tentang juknis tata hutan dan rencana pengelolaan , yaitu:

1. Hutan pada kawasan lindung disemua blok rencana (inti, pemanfaatan maupun khusus) tidak boleh ada konversi dari hutan menjadi non hutan
2. Hutan pada kawasan produksi di blok perlindungan tidak diperkenankan terjadi perubahan kelas lahan hutan.

Dengan asumsi selain area tersebut boleh terjadi konversi sesuai dengan rencana yang disahkan pemangku kebijakan.



Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 10.
PETA HUTAN LINDUNG DAN BLOK PERLINDUNGAN
PADA HUTAN PRODUKSI KPH YOGYAKARTA

Sehingga dari asumsi diatas dihasilkan prediksi tahun 2023 dengan skenario 2 seperti tersaji pada tabel 4.

TABEL 4.
MATRIKS PERSENTASE PREDIKSI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 2023
SKENARIO 2

No	Kelas Penggunaan Lahan	Luas (ha)		Σ Perubahan (ha)	Persen perubahan (%)
		2013	2023		
1	Hutan	10.826,6	9.562,2	-1.264,4	-11,6
2	Pemukiman	412,0	412	0,0	0,0
3	Pertanian Lahan Kering	4.922,1	6.150,8	1.228,7	25,0
4	Sawah	94,5	130,2	35,7	37,8
Luas		16.255,2	16.255,2		

Sumber: hasil analisis, 2015

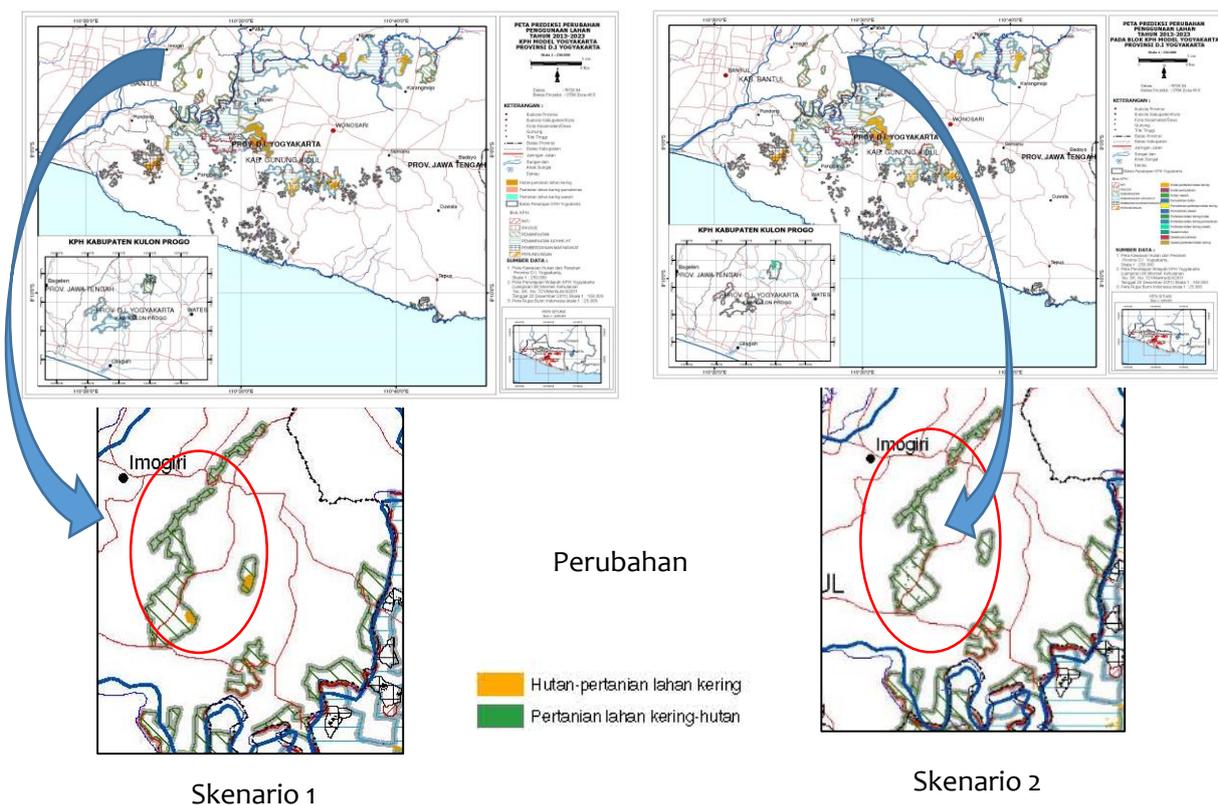
Dari hasil prediksi dengan skenario 2, didapatkan hasil konversi lahan hutan menjadi non hutan relatif lebih sedikit dibandingkan dengan skenario 1. Kenaikan luasan pertanian lahan kering juga mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena luas hutan yang pada skenario 1 berubah menjadi pertanian lahan kering, dilakukan intervensi sesuai dengan skenario 2 sehingga tidak terjadi perubahan hutan menjadi pertanian lahan kering yang berefek ke kelas yang lain.

TABEL 5.
MATRIKS PERBANDINGAN PREDIKSI PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TAHUN 2023
SKENARIO 1 DAN 2

No	Kelas Penggunaan Lahan	Luas (ha)					Persentase prediksi (%)	
		Tahun 2013	Prediksi tahun 2023		Perubahan		Skenario 1	Skenario 2
			Skenario 1	Skenario 2	Skenario 1	Skenario 2		
1	Hutan	10.826,6	9.490,8	9.562,2	-1.335,8	-1.264,4	-12,3	-11,6
2	Pemukiman	412,0	412,6	412,0	0,6	0,0	0,2	0,0
3	Pertanian Lahan Kering	4.922,1	6.221,6	6.150,8	1.299,5	1.228,7	26,4	25,0
4	Sawah	94,5	130,2	130,2	35,7	35,7	37,8	37,8
Luas		16.255,2	16.255,2	16.255,2				

Sumber: hasil analisis, 2015

Dari tabel tersebut juga bisa diketahui lokasi perubahan pada peta sesuai dengan gambar 12.



Sumber: hasil analisis, 2015

GAMBAR 12.
PERBANDINGAN PREDIKSI PERUBAHAN LAHAN TAHUN 2023 SKENARIO 1 DAN 2

Hal ini bisa menjadi rekomendasi kepada pemegang kebijakan bahwa skenario 2 dengan melakukan implementasi dan pengendalian sesuai dengan aturan bisa mengurangi laju konversi

hutan menjadi non hutan dibandingkan dengan skenario 1 dengan sesuai kondisi yang ada (tanpa intervensi).

KESIMPULAN

Kesimpulan hasil penelitian sebagai berikut: 1) Model dengan skenario 2, yaitu dengan pemberian intervensi tidak ada perubahan pada area hutan lindung dan blok perlindungan hutan produksi dapat mengurangi laju deforestasi dibandingkan dengan kondisi saat ini (*current condition*), 2) Masih terjadinya perubahan lahan hutan menjadi lahan non hutan pada wilayah KPH Yogyakarta dalam kurun waktu tahun 1990 dan 2013 seluas 3.673 ha, 3) Faktor pendorong utama perubahan lahan hutan menjadi non hutan adalah jalan utama dan sungai, 4) Integrasi Cellular automata markov chain dengan regresi logistik dapat dijadikan alat untuk memprediksikan secara keruangan pada tahun 2013-2023 sehingga pengelola KPH bisa melakukan antisipasi perubahan negatif dan dapat melakukan perencanaan yang lebih optimal untuk mendukung RP KPH 5) Model prediksi perubahan lahan bisa digunakan untuk membantu memilih beberapa alternatif prioritas kebijakan KPH yang ada dengan melakukan simulasi perubahan dimasa yang akan datang sehingga pemangku kebijakan bisa tepat dalam penentuan kebijakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, J. And Lu, K., 2003. Modeling And Prediction Of Future Urban Growth In The Charleston Region Of South Carolina: A Gis-Based Integrated Approach, *Journal Of Conservation Ecology*, Vol. 8, No.2, Page 136-143
- Almeida, C.M., Batty, M., Monteiro, A.M.V., Cãmara, G., Soares-Filho, B.S., Cerqueira, G.C., Pennachin, C.L., 2003. Stochastic cellular automata modelling of urban land use dynamics: empirical development and estimation. *Comput. Environ. Urban Syst.* 27, 481–509.
- Badan Pusat Statistik, 2014. Daerah Istimewa Yogyakarta dalam angka tahun 2003-2014. Badan Pusat Statistik Provinsi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Balzter, H., Braun, P.W., Kohler, W., 1998. Cellular automata models for vegetation dynamics. *Ecol. Model.* 107, 113–125.
- Bone, C., Dragicevic, S., Roberts, A., 2006. A fuzzy-constrained cellular automata model of forest insect infestations. *Ecol. Model.* 192, 107–125.
- Colasanti, R.L., Hunt, R., Watrud, L., 2007. A simple cellular automaton model for high-level vegetation dynamics. *Ecol. Model.* 203, 363–374
- Deliar, A., 2010. Pemodelan Hibrid Dalam Prediksi Dinamika Perubahan Tutupan Lahan (Studi Kasus: Wilayah Bandung), Disertasi, Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Favier, C., Chave, J., Fabing, A., Schwartz, D., Dubois, M.A., 2004. Modelling forest-savanna mosaic dynamics in man-influenced environments: effects of fire, climate and soil heterogeneity. *Ecol. Model.* 171, 85–102.
- Hosmer, D.W., dan Lemeshow, S., 2000. *Applied Logistic Regression*. John Wiley dan Son. New York.
- Jensen, J.R., 1996. *Introductory digital image processing a remote sensing Prespective*. 2nd Edition. USA: Prentice-Hall, Inc.
- Kesatuan Pengelolaan Hutan Yogyakarta, (2014). *Rencana Pengelolaan Kesatuan Pengelolaan Hutan Yogyakarta*. Balai Kesatuan Pengelolaan Hutan, Yogyakarta.
- Susilo, B., 2005. *Model SIG-Binary Logistic Regression Untuk Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan (Studi Kasus di Daerah Pinggiran Kota Yogyakarta)*, Tesis. Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung

- Susilo, B., 2006. Geokomputasi Berbasis Sistem Informasi Geografi dan Cellular Automata untuk Pemodelan Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan di Daerah Pinggiran Kota Yogyakarta, Laporan Penelitian. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Stevens, D., Dragicevic, S., Rothley, K., 2007. iCity: a GIS-CA modelling tool for urban planning and decision making. *Environ. Modell. Software* 22, 761–773
- Toffoli T, Margolus N., 1987. *Cellular Automata Machines: A New Environment for Modeling*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Undang-undang No. 41 tentang Kehutanan
- Ward, D.P., Phinn, S.R., Murray, A.T., 2000a. Monitoring growth in rapidly urbanizing areas using remotely sensed data. *Professional Geographer* 52, 371–386.
- White, R., Engelen, G., 2000. High-resolution integrated modeling of spatial dynamics of urban and regional systems. *Comput. Environ. Urban Syst.* 24, 383–400.
- Wijaya, Sufwandika. 2012. “Integrasi Model Spasial Cellular Automata dan regresi logistic biner untuk pemodelan dinamika perkembangan lahan terbangun (studi kasus kota salatiga)”, Skripsi tidak diterbitkan. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.