

KAJIAN PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MULTI LAYER PERCEPTRON* DAN *LOGISTIC REGRESSION* DI TAMAN NASIONAL GUNUNG CIREMAI

(Study of Land Cover Change using Multi Layer Perceptron and Logistic Regression Methods in Gunung Ciremai National Park)

AGUS RUDI DARMAWAN¹⁾, NINING PUSPANINGSIH²⁾ DAN M. BUCE SALEH³⁾

¹⁾ Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Ilmu Pengelolaan Hutan, IPB

^{2,3)} Dosen Departemen Manajemen Hutan, IPB

Email: agus.rudi.darmawan@gmail.com

Diterima 07 Desember 2017 / Disetujui 17 Januari 2018

ABSTRACT

The development of land cover change is important to understand, so that the pattern of future land cover changes can be predicted and its negative impacts can be prevented or reduced. Various modeling approaches have been widely used to analyze land cover changes. The common modeling methods used for analyzing land cover changes are Multi-layer Perceptron (MLP) and Logistic Regression (Logit). This research is designed to assess the accuracy of modeling of land cover change with MLP and Logit methods in Gunung Ciremai National Park. The result indicated that the accuracy of both methods was very good with kappa values were 0,8991 and 0,8989 for MLP and Logit respectively. Therefore, the model can be applied to predict land cover change in Gunung Ciremai National Park in the future.

Keywords: Gunung Ciremai National Park, land cover change, Logistic Regression, Multi-layer Perceptron

ABSTRAK

Perkembangan perubahan tutupan lahan sangat penting untuk diketahui, agar pola perubahan tutupan lahan dimasa datang dapat diprediksi sehingga perubahan penutupan lahan yang bersifat negatif dapat dicegah atau dikurangi. Berbagai pendekatan pemodelan telah banyak digunakan untuk menganalisis perubahan penutupan lahan. Metode pemodelan yang sering digunakan untuk menganalisis perubahan penutupan lahan adalah *Multi-layer Perceptron* (MLP) dan *Logistic Regression* (Logit). Penelitian ini dirancang untuk mengetahui tingkat akurasi pemodelan perubahan penutupan lahan dengan metode MLP dan Logit di Taman Nasional Gunung Ciremai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat akurasi pada kedua metode menghasilkan prediksi yang sangat baik dengan nilai kappa masing-masing sebesar 0,8991 dan 0,8989 untuk MLP dan Logit. Sehingga model dapat diaplikasikan untuk memprediksi penutupan lahan di Taman Nasional Gunung Ciremai pada masa yang akan datang.

Kata kunci: *Logistic Regression, Multi-layer Perceptron, perubahan penutupan lahan, Taman Nasional Gunung Ciremai*

PENDAHULUAN

Taman Nasional Gunung Ciremai (TNGC) merupakan salah satu kawasan pelestarian alam yang ada di Provinsi Jawa Barat. TNGC ditunjuk sebagai taman nasional berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 424/Menhut-II/2004 tanggal 19 Oktober 2004 tentang perubahan fungsi kelompok hutan lindung pada kelompok hutan Gunung Ciremai seluas ± 15.500 ha yang terletak di Kabupaten Kuningan dan Majalengka, Provinsi Jawa Barat menjadi Taman Nasional (Kementerian Kehutanan 2004). TNGC merupakan kawasan konservasi yang berfungsi sebagai kawasan pelestarian sumber daya alam hayati beserta ekosistemnya, daerah resapan air bagi kawasan di bawahnya dan beberapa sungai penting di Kabupaten Kuningan, Majalengka dan Cirebon serta sumber beberapa mata air yang dimanfaatkan untuk kebutuhan

masyarakat, pertanian, perikanan, suplai Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan industri (Yusri 2011).

Sebelum ditetapkan sebagai taman nasional, kawasan hutan Gunung Ciremai merupakan hutan lindung dan hutan produksi yang pengelolaannya menjadi kewenangan Perum Perhutani. Dalam pengelolaannya, Perum Perhutani melakukan kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan pelibatan masyarakat dalam mengelola hutan. Kegiatan tersebut dimulai dari Perhutanan Sosial (PS), kemudian Pembinaan Masyarakat Desa Hutan (PMDH) dan diperbaiki dengan PMDH Terpadu (PMDHT) (Zuhriana 2012).

Pada tahun 2001 Perum Perhutani mengembangkan sistem Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM) dalam pengelolaan kawasan hutan (Yuniandra 2007). PHBM merupakan suatu sistem pengelolaan sumberdaya hutan yang dilakukan bersama oleh Perum Perhutani dan masyarakat desa hutan dan atau oleh Perum Perhutani dan masyarakat desa hutan dengan pihak yang

berkepentingan (*stakeholder*) dengan jiwa berbagi sehingga kepentingan bersama untuk mencapai keberlanjutan fungsi dan manfaat sumber daya hutan dapat diwujudkan secara optimal dan proporsional (Wachyuni 2016). Sistem ini memperbolehkan masyarakat untuk menggarap kawasan dengan pola tumpang sari. Sistem tumpang sari itu sendiri merupakan penanaman lebih dari satu jenis tanaman berumur genjah dalam barisan tanam yang teratur dan saat penanamannya bersamaan dilakukan pada sebidang lahan (Francis 1986 dalam Turmudi 2002).

Strategi pemberdayaan masyarakat hutan oleh Perum Perhutani sedikit banyak juga mempengaruhi tutupan lahan kawasan Gunung Ciremai. Pola ini cenderung mengkonversi lahan hutan secara tidak terkendali sehingga dapat menyebabkan perluasan lahan kritis dan berkurangnya tutupan lahan. Lahan yang dimanfaatkan untuk tumpangsari justru banyak dikonversi menjadi ladang sayur mayur tanpa memelihara hutan pinus sebagai tegakan utama (Yusri 2011). Zuhriana (2012) menyatakan bahwa penerapan program PHBM oleh Perum Perhutani telah menyisakan kerusakan hutan yang mencapai luas 3.799,27 ha atau sebesar 42,54% lahan di Gunung Ciremai. Sementara itu (Yusri *et al.* 2012) menyebutkan bahwa penurunan tutupan lahan TNGC khususnya hutan alam, salah satunya disebabkan oleh tingginya tingkat perambahan yang dipengaruhi oleh faktor sosial ekonomi masyarakat yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumberdaya alam TNGC dan tingkat pengetahuan serta sikap masyarakat terhadap keberadaan TNGC yang masih rendah.

Perkembangan perubahan tutupan lahan suatu wilayah dapat dianalisis dengan memanfaatkan data penginderaan jauh (*remote sensing*) berupa citra satelit *multitemporal*. Menurut (Petit *et al.* 2001) pemanfaatan teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu cara untuk mengetahui secara cepat alih fungsi lahan. Perkembangan perubahan tutupan lahan sangat penting untuk diketahui, agar pola perubahan tutupan lahan dimasa datang dapat diprediksi sehingga perubahan penutupan lahan yang bersifat negatif dapat dicegah atau dikurangi. Oleh karena itu perlu upaya untuk mengetahui perkembangan perubahan tutupan lahan di TNGC, sehingga dapat dianalisis perubahan tutupan lahan yang terjadi. Monitoring perubahan tutupan lahan dapat dilakukan atau dikembangkan secara semiotomatis dalam bentuk pemodelan khususnya pemodelan spasial (Jaya 2009). Berbagai pendekatan pemodelan telah banyak digunakan untuk menganalisis perubahan penutupan lahan. Metode pemodelan yang sering digunakan untuk menganalisis perubahan penutupan lahan adalah *Multi-layer Perceptron* (MLP) dan *Logistic Regression* (Logit). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan penutupan lahan secara spasial di TNGC pada tahun 2000–2008 dan menyusun pemodelan perubahan penutupan lahan di TNGC pada tahun 2016 dengan

metode MLP dan Logit berdasarkan perubahan penutupan lahan tahun 2000–2008.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan TNGC yang secara administratif pemerintahan termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Kuningan dan Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat. Luas wilayah TNGC secara keseluruhan adalah sebesar $\pm 14.841,30$ ha. Pengumpulan data dan survei lapangan dilakukan mulai bulan Januari hingga April 2017.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG), citra *Digital Elevation Model-Shuttle Radar Topographic Mission* (DEM-SRTM) resolusi 30 x 30 meter bersumber dari *United States Geological Survey* (USGS), citra Landsat 5 *Thematic Mapper* (TM) tahun 2000, 2008 dan citra Landsat 8 *Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor* (OLI/TIRS) tahun 2016 bersumber dari USGS, dan data tabular berupa data jumlah penduduk bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kuningan dan Kabupaten Majalengka. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Global Positioning System* (GPS), kamera digital, alat tulis, panduan wawancara, *tally sheet*, seperangkat komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak yang menunjang kegiatan analisis seperti *ArcGIS 10.3* digunakan untuk menganalisis data vektor, *ERDAS Imagine 2014* digunakan untuk klasifikasi citra secara digital dan *IDRISI Selva 17.0* digunakan untuk menganalisis perubahan penutupan lahan.

Klasifikasi citra yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode interpretasi secara digital dan visual. Citra yang sudah diinterpretasi secara digital kemudian dilakukan koreksi dengan metode interpretasi secara visual. Hal ini dilakukan untuk memperbaiki hasil interpretasi digital karena penafsiran citra dengan metode interpretasi digital pada umumnya baru sampai pada tahap pemanfaatan rona (*brightness*) sebagai penciri obyek (Fariz 2015). Penafsiran citra secara digital dilakukan dengan menggunakan software *ERDAS Imagine 2014*. Metode yang digunakan adalah *supervised classification* (klasifikasi terbimbing) dengan algoritma *maximum likelihood*. Kombinasi band yang digunakan dalam interpretasi adalah 5–4–3 untuk citra Landsat TM 5 dan 6–5–3 untuk citra Landsat OLI/TIRS 8.

Penentuan klasifikasi penutupan lahan dalam penelitian ini mengacu pada klasifikasi penutup lahan yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) No 7645:2010. Penggunaan metode interpretasi memungkinkan adanya obyek-obyek yang meragukan, sehingga untuk jenis obyek seperti ini perlu pengecekan untuk klarifikasi. Klarifikasi dilakukan dalam dua cara: pertama melakukan cek menggunakan citra resolusi tinggi (*Google Earth*) dengan tahun perekaman yang sama, kedua dilakukan cek kondisi lapangan secara

langsung (*ground check*) apabila masih didapatkan obyek-obyek yang meragukan setelah dilakukan pengecekan dengan citra resolusi tinggi.

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kemiringan lereng, jarak dari jalan, jarak dari pemukiman, dan kepadatan penduduk. Pemilihan variabel peubah bebas tersebut berdasarkan hasil pengamatan terhadap kondisi lapangan di wilayah penelitian dan juga memperhatikan berbagai hasil penelitian. Sebelumnya, Tasha (2012) pernah menggunakan beberapa peubah bebas dalam penelitiannya mengenai pemodelan perubahan penutupan lahan dengan ANN yaitu jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke permukiman, dan kepadatan penduduk. Yudarwati (2016) dan Wardani *et al.* (2016) juga melakukan penelitian perubahan penggunaan lahan dengan menggunakan beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan.

Peta jarak dari jalan diperoleh dari peta RBI skala 1:25.000. Peta jarak dari jalan dan jarak dari pemukiman dibuat dengan cara memasukkan peta jalan dan pemukiman ke modul *Distance* dengan memilih menu *GIS Analysis-Distance Operator-Distance* pada Idrisi Selva. Jarak dihitung berdasarkan *Euclidean*, yaitu jarak dari satu objek ke objek yang lainnya. Satuan yang digunakan untuk jarak adalah meter.

Data kepadatan penduduk digunakan untuk membuat peta kepadatan penduduk. Peta kepadatan penduduk dibuat dengan modul *Image Calculator* pada *software Idrisi Selva* dengan menggunakan rumus proporsi populasi (Alberto dan Dasanto 2010). Adapun rumus proporsi populasi adalah sebagai berikut:

$$P = 0.2402 \exp \left(-0.9464 \times \left(\frac{\text{peta jarak ke pemukiman}}{1000} \right) \right)$$

Setelah diperoleh peta proporsi langkah selanjutnya adalah membuat peta kepadatan penduduk dengan menggunakan rumus (Alberto dan Dasanto 2010):

$$P_d = \rho \times A \times P \times C$$

Keterangan:

P_d : peta kepadatan penduduk per piksel

ρ : kepadatan penduduk non-spasial (penduduk/km²)

A : luas wilayah penyebaran populasi (km²) = 3,14 x (2 km)² = 12,5 km²

P : proporsi populasi

C : faktor konversi, dari 1 km² ke 1 piksel = 100

Metode pemodelan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Multi-layer Perceptron* (MLP) dan *Logistic Regression* (Logit). MLP adalah salah satu bentuk arsitektur jaringan ANN yang paling banyak digunakan. MLP umumnya terdiri dari tiga jenis layer dengan topologi jaringan seperti Gambar 1, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan lapisan keluaran (*output layer*) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu hubungan non linier di kehidupan nyata (Rumelhart *et al.* 1986 dalam Tasha 2012). Sedangkan Logit adalah sebuah regresi dengan variable dependen yang bersifat biner. Data yang bersifat biner merupakan data/peristiwa yang memiliki 2

keputusan, sebagai contoh hitam atau putih, gelap atau terang, baik atau buruk (Wijaya dan Umam 2015).

Pemodelan dan prediksi dilakukan dengan menggunakan menu *Land Change Modeler* (LCM) di dalam *software Idrisi Selva*. Tahapan yang digunakan adalah analisis perubahan (*Change Analysis*), pemodelan perubahan penutupan lahan (*Transition Potential*), dan proyeksi penutupan lahan (*Change Prediction*). Metode pemodelan MLP dan Logit mempunyai tahapan yang hampir sama, hanya berbeda di dalam tahap *transition potential* pada saat pemilihan pendekatan yang diterapkan.

Pemodelan yang sudah dihasilkan divalidasi terlebih dahulu untuk melihat apakah model tersebut baik digunakan untuk memprediksi penutupan lahan tahun yang akan datang. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi penutupan lahan tahun 2016 dengan peta penutupan lahan aktual tahun 2016 yang diperoleh dari hasil pengolahan interpretasi citra, sedangkan metode yang digunakan adalah tabulasi silang (*crossstab*). Nilai Kappa atau nilai kesesuaian antara jumlah kolom dan baris bernilai maksimal 1,00. Menurut Altman (1991) dalam Kubangun *et al.* (2015) nilai Kappa 0,81–1,00 menunjukkan adanya kesesuaian yang sangat baik, nilai Kappa 0,61–0,80 adalah baik, 0,41–0,60 adalah sedang, 0,21–0,40 adalah kurang dari sedang, dan nilai <0,21 dikatakan buruk.

Apabila nilai Kappa hasil validasi untuk proyeksi ini menunjukkan kesesuaian yang “sangat baik” terhadap kondisi sebenarnya penutupan lahan tahun aktual, maka model ini selanjutnya dapat digunakan untuk memprediksi pola persebaran dan luasan penutupan lahan beberapa tahun ke depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil interpretasi citra Landsat diperoleh 8 kelas penutupan lahan, yaitu: (1) badan air, (2) hutan dataran rendah, (3) hutan pegunungan, (4) hutan sub alpine, (5) hutan tanaman, (6) kawah, (7) lahan terbuka, dan (8) semak. Untuk menilai seberapa besar tingkat ketepatan hasil interpretasi citra Landsat terhadap kondisi yang sebenarnya di lapangan perlu dilakukan uji akurasi. Hasil uji akurasi menggunakan *confusion matrix* diperoleh hasil uji akurasi kelas penutupan lahan tahun 2000, 2008 dan 2016 dengan nilai Kappa masing-masing sebesar 86,21%, 85,36% dan 86,11%.

Kawah merupakan bagian puncak gunung berapi berbentuk lekukan besar yang dilewati bahan letusan. Kenampakan kelas penutupan kawah pada citra berwarna ungu tua dengan tekstur yang kasar. **Hutan sub alpine**, menurut Soerianegara dan Indrawan (1982) hutan sub alpine merupakan jenis hutan yang terdapat pada ekosistem hutan yang terletak pada ketinggian >2.400 mdpl. Kenampakan kelas hutan sub alpine pada citra berwarna ungu kehijauan dengan tekstur yang kasar. **Hutan pegunungan**, menurut Soerianegara dan Indrawan (1982) hutan pegunungan merupakan jenis

hutan yang terdapat pada ekosistem hutan yang terletak pada ketinggian 1.000–2.400 mdpl. Penutupan hutan pegunungan ini berupa hutan alam. Kenampakan hutan pegunungan pada citra adalah berwarna hijau tua sampai gelap dengan tekstur yang kasar. **Hutan dataran rendah**, menurut Soerianegara dan Indrawan (1982) hutan dataran rendah merupakan hutan yang terdapat pada ekosistem hutan yang terletak pada ketinggian <1.000 mdpl. Kenampakan hutan dataran rendah pada citra adalah berwarna hijau muda dengan tekstur yang kasar. **Hutan tanaman** menurut Badan Standardisasi Nasional (2010) adalah hutan tanaman yang dibangun dalam rangka meningkatkan potensi dan kualitas hutan produksi, termasuk hutan tanaman untuk reboisasi dan hutan tanaman industri. Penutupan hutan tanaman pada areal penelitian adalah hutan tanaman jenis pinus yang merupakan bekas areal hutan produksi Perum Perhutani. Kenampakan hutan tanaman pada citra adalah berwarna hijau gelap dengan tekstur yang halus. **Badan Air** menurut Badan Standardisasi Nasional (2010), adalah lahan berupa perairan, termasuk laut, sungai, danau, waduk, dan lain-lain. Klasifikasi badan air di lokasi penelitian merupakan penampakan permukaan air berupa danau. Kenampakan kelas penutupan lahan badan air pada citra Landsat memiliki warna biru tua meliputi areal yang cukup luas dengan rona yang gelap dan teksturnya halus. **Lahan terbuka** menurut Badan Standardisasi Nasional (2010) merupakan seluruh kenampakan lahan yang tidak bervegetasi dan lahan bekas kebakaran. Klasifikasi lahan terbuka di lokasi penelitian merupakan seluruh kenampakan lahan yang tidak bervegetasi, lahan bekas kebakaran dan tanah bebatuan. Kenampakan lahan terbuka pada citra berwarna coklat keunguan dengan tekstur yang kasar. **Semak** menurut Badan Standardisasi Nasional (2010), semak merupakan lahan kering dengan dominasi vegetasi rendah. Klasifikasi semak di lokasi penelitian adalah lahan berupa rumput, tumbuhan bawah,

ilalang dan tanaman muda yang tumbuh pada lahan bekas garapan yang ditinggalkan. Semak pada citra memiliki warna hijau kekuningan dengan tekstur yang halus sampai dengan agak kasar, memiliki pola yang tidak teratur

1. Deteksi Perubahan Penutupan Lahan di TNGC

Deteksi perubahan penutupan lahan dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai transisi atau perubahan apa saja yang terjadi pada dua titik tahun yang berbeda. Pada penelitian ini, deteksi perubahan dikelompokkan menjadi dua periode, yaitu 2000–2008 dan 2008–2016. Tumpang tindih dilakukan pada masing-masing peta, dan dilakukan perbandingan antar tahun untuk melihat pola perubahan penutupan lahan yang terjadi.

a. Perubahan penutupan lahan periode tahun 2000–2008

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa selama periode tahun 2000–2008, perubahan penutupan lahan terbesar terjadi pada penutupan lahan terbuka yang mengalami peningkatan sebesar 898,87 ha. Peningkatan luas tersebut diikuti dengan penurunan luas beberapa penutupan lahan antara lain hutan pegunungan, hutan tanaman dan semak dengan penurunan luas masing-masing sebesar 79,59 ha, 11,06 ha dan 808,22 ha. Luas perubahan penutupan lahan di daerah penelitian pada tahun 2000 dan 2008 disajikan pada Tabel 1.

Penurunan luas hutan pegunungan dan hutan tanaman tersebut diindikasikan sebagai akibat adanya gangguan kawasan berupa pembukaan lahan oleh masyarakat untuk dikonversi menjadi lahan pertanian (Yusri 2011). Hal ini mengingat bahwa pada periode tersebut merupakan masa transisi pengelolaan dari Perum Perhutani ke Balai Taman Nasional Gunung Ciremai (BTNGC) (Zuhriana 2012).

Tabel 1. Matriks transisi luas perubahan penutupan lahan di kawasan TNGC dari tahun 2000 ke tahun 2008

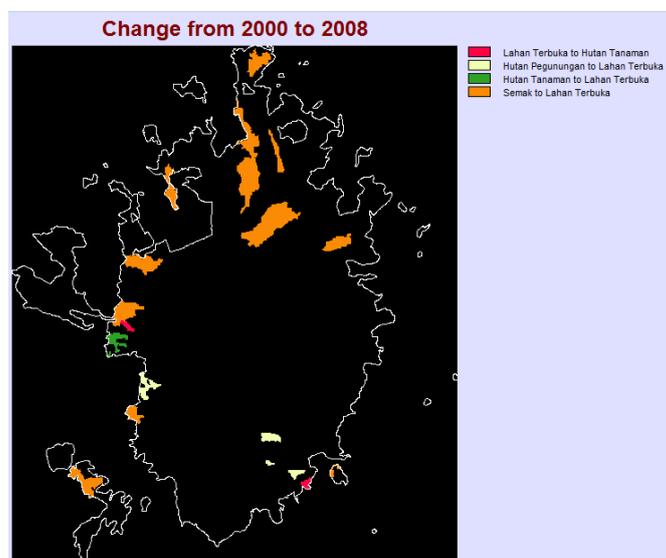
Luas penutupan lahan tahun 2000 (ha)	Luas penutupan lahan tahun 2008 (ha)								Jml
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
(1)	2,12	0	0	0	0	0	0	0	22,12
(2)	0	2.160,71	0	0	0	0	0	0	2.160,71
(3)	0	0	7.136,39	0	0	0	79,59	0	7.215,98
(4)	0	0	0	337,61	0	0	0	0	337,61
(5)	0	0	0	0	1.150,5	0	11,06	0	1.161,55
(6)	0	0	0	0	0	37,41	0	0	37,41
(7)	0	0	0	0	0	0	2.814,52	0	2.814,52
(8)	0	0	0	0	0	0	808,22	288,05	1.096,27
Jumlah	2,12	2.160,71	7.136,39	337,61	1.150,5	37,41	3.713,39	288,05	14.846,18

Pada tahun 2001 Perum Perhutani mengembangkan program PHBM dalam pengelolaan kawasan hutan. Program ini memberi akses kepada masyarakat untuk menggarap kawasan dengan melakukan penanaman tanaman semusim menggunakan pola tumpang sari. Pengelolaan dengan sistem ini cenderung mengkonversi

lahan secara tidak terkendali sehingga dapat menyebabkan berkurangnya tutupan lahan di kawasan tersebut (Yusri 2011). Pada awal pengelolaan oleh BTNGC masyarakat masih tetap diberi akses untuk melakukan kegiatan pemanfaatan kawasan TNGC untuk budidaya tanaman. Selama periode tahun 2000–2008

terdapat 4 (empat) model perubahan penutupan lahan di TNGC yang berubah sebagaimana disajikan pada

Gambar 1.



Gambar 1. Perubahan penutupan lahan tahun 2000–2008

b. Perubahan penutupan lahan periode tahun 2008–2016

Berdasarkan pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa selama periode tahun 2008–2016, perubahan penutupan lahan hanya terjadi pada penutupan lahan terbuka dan

semak. Lahan terbuka mengalami penurunan luas sebesar 1.907,91 ha yang berubah menjadi semak. Luas perubahan penutupan lahan di daerah penelitian pada tahun 2008 dan 2016 disajikan pada Tabel 2.

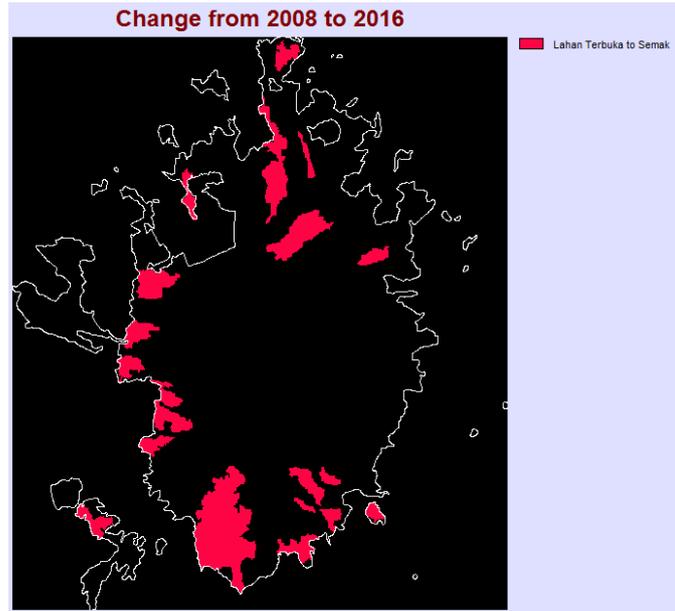
Tabel 2. Matriks transisi luas perubahan penutupan lahan di kawasan TNGC dari tahun 2008 ke tahun 2016

Luas penutupan lahan tahun 2008 (ha)	Luas penutupan lahan tahun 2016 (ha)								Jml
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
(1)	22,12	0	0	0	0	0	0	0	22,12
(2)	0	2.160,71	0	0	0	0	0	0	2.160,71
(3)	0	0	7.136,39	0	0	0	0	0	7.136,39
(4)	0	0	0	337,61	0	0	0	0	337,61
(5)	0	0	0	0	1.150,5	0	0	0	1.150,5
(6)	0	0	0	0	0	37,41	0	0	37,41
(7)	0	0	0	0	0	0	1.805,48	1.907,91	3.713,39
(8)	0	0	0	0	0	0	0	288,05	288,05
Jumlah	22,12	2.160,71	7.136,39	337,61	1.150,5	37,41	1.805,48	2.195,96	14.846,18

Sebagian besar penutupan lahan terbuka di lokasi penelitian merupakan lahan yang berpasir dan berbatu. Penutupan lahan terbuka ini lebih banyak diakibatkan karena areal tersebut merupakan bekas aliran lava erupsi gunung berapi yang terakhir meletus sekitar tahun 1938. Penutupan lahan pada areal ini memiliki komposisi tanah berpasir dan berbatu sehingga berpengaruh terhadap suksesi alami tumbuhan. Penutupan lahan semak lebih didominasi oleh rumput, tumbuhan bawah, ilalang dan tanaman muda yang tumbuh pada lahan bekas garapan yang ditinggalkan.

Pengelolaan kawasan Gunung Ciremai pada periode ini sudah sepenuhnya dilaksanakan oleh Balai TNGC.

Langkah-langkah penertiban terhadap penggarapan lahan di kawasan TNGC mulai dilakukan oleh Balai TNGC, baik usaha tani tanaman sayuran maupun perkebunan (Zuhriana 2012). Upaya penertiban tersebut cukup berhasil, sebagian besar penggarap sekitar 2.331 orang penggarap (1.654 KK) telah menghentikan aktivitasnya dari kawasan TNGC telah menghentikan aktivitas penggarapan lahan di kawasan TNGC tanpa menimbulkan gejala yang besar di lapangan seperti yang biasa terjadi di lokasi lain (Zuhriana 2012). Selama periode tahun 2008–2016 hanya satu model perubahan penutupan lahan di TNGC yang berubah, yaitu semak sebagaimana disajikan pada Gambar 2.

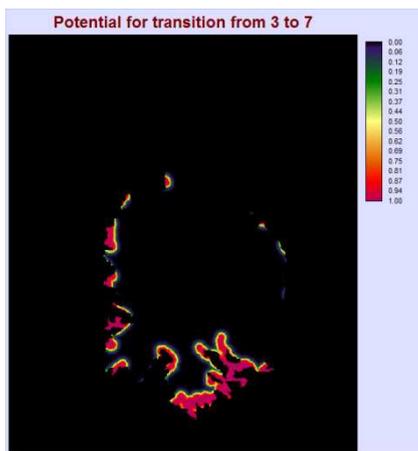


Gambar 2. Perubahan penutupan lahan tahun 2008–2016

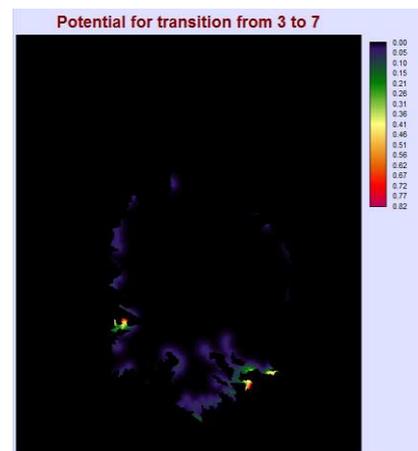
2. Pemodelan Perubahan Penutupan Lahan dengan Metode MLP dan Logit

Penutupan lahan yang digunakan pada pemodelan ini adalah penutupan lahan tahun 2000 dan 2008. Variabel peubah bebas yang dimasukkan ke dalam model antara lain adalah jarak dari jalan, jarak dari pemukiman, kemiringan lereng dan kepadatan penduduk. Setelah kriteria model telah terpenuhi, maka tahap selanjutnya adalah menampilkan potensi perubahan penutupan lahan. Perbedaan antara metode pemodelan MLP dan Logit

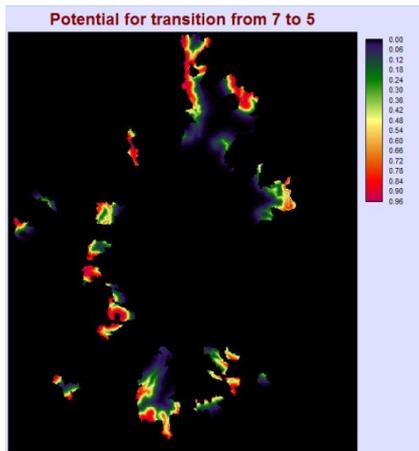
terdapat pada tahap ini. Analisis pada tahap ini, baik metode pemodelan MLP maupun Logit akan menghasilkan potensi perubahan penutupan lahan. Potensi perubahan penutupan lahan memiliki rentang nilai 0–1, dimana semakin mendekati 1 maka daerah tersebut berpotensi berubah menjadi penutupan lahan lain. Berdasarkan input penutupan lahan tahun 2000 dan 2008 serta input variabel peubah bebas, diperoleh 4 model potensi perubahan penutupan lahan (Gambar 3).



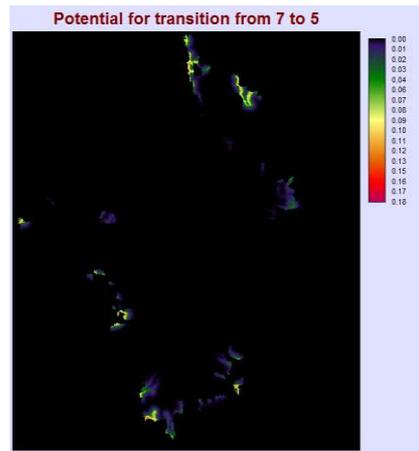
Hutan pegunungan menjadi lahan terbuka metode MLP



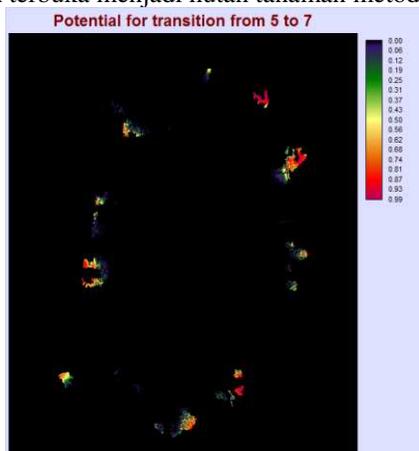
Hutan pegunungan menjadi lahan terbuka metode Logit



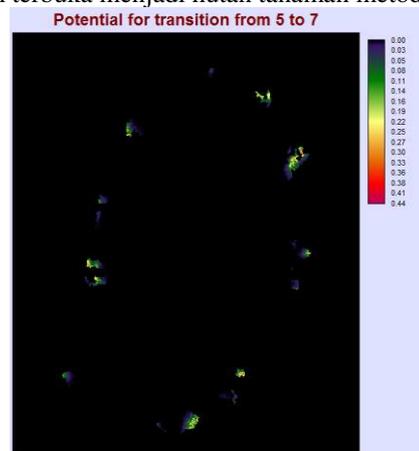
Lahan terbuka menjadi hutan tanaman metode MLP



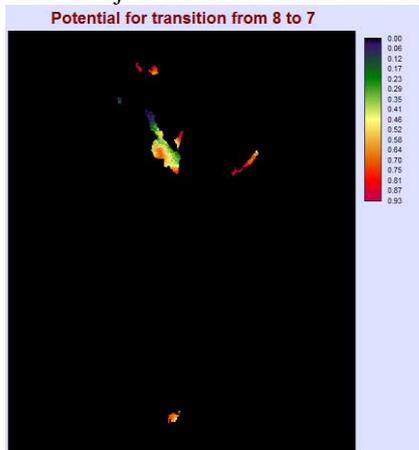
Lahan terbuka menjadi hutan tanaman metode Logit



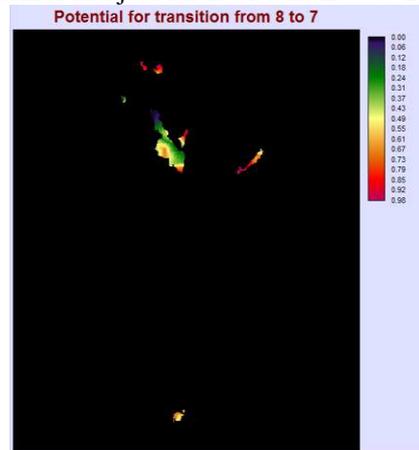
Hutan tanaman menjadi lahan terbuka metode MLP



Hutan tanaman menjadi lahan terbuka metode Logit



Semak menjadi lahan terbuka metode MLP



Semak menjadi lahan terbuka metode Logit

Gambar 3. Potensi perubahan pada masing-masing model perubahan penutupan lahan menggunakan metode MLP dan Logit

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa pada metode MLP, potensi perubahan pada masing-masing model perubahan memiliki nilai potensi yang cukup besar untuk berubah menjadi penutupan lahan lain. Potensi hutan pegunungan untuk berubah menjadi lahan terbuka mencapai nilai 1. Potensi perubahan hutan tanaman dan semak menjadi lahan terbuka masing-

masing mencapai nilai 0,99 dan 0,93 sedangkan potensi perubahan lahan terbuka berubah menjadi hutan tanaman mencapai nilai 0,96.

Hasil pemodelan dengan metode Logit menunjukkan bahwa potensi perubahan pada masing-masing model beragam. Potensi hutan pegunungan berubah menjadi lahan terbuka mencapai nilai 0,82.

Potensi perubahan hutan tanaman dan semak menjadi lahan terbuka masing-masing mencapai nilai 0,44 dan 0,98. Sedangkan potensi perubahan lahan terbuka berubah menjadi hutan tanaman mencapai nilai 0,18.

Potensi perubahan penutupan lahan pada kedua metode memiliki distribusi lokasi yang hampir sama, perbedaan hanya terletak pada luasan dan angka potensi. Potensi perubahan penutupan lahan pada metode MLP memiliki luasan yang lebih besar untuk berubah menjadi penutupan lahan lain dibandingkan dengan metode Logit. Potensi perubahan ini menunjukkan hasil yang sama dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Ridwan *et al.* (2017) tentang pemodelan perubahan penutupan lahan dengan pendekatan MLP dan Logit.

Perbedaan luasan dan nilai potensi perubahan penutupan lahan pada kedua metode ini diduga karena adanya pengaruh korelasi yang kuat di antara variabel-variabel peubah bebas yang diikutsertakan dalam pembentukan model regresi linier atau yang biasa disebut *Multikolinieritas*. *Multikolinieritas* merupakan suatu kondisi dimana antar variabel bebas memiliki korelasi yang cukup tinggi. Wardani (2015) menyebutkan bahwa MLP memiliki kemampuan untuk mencari hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap perubahan penggunaan lahan. MLP mampu mengatasi kompleksitas variabel bebas yang bersifat non linear dan tidak terpengaruh *multikolinieritas*.

3. Prediksi Penutupan Lahan Kawasan TNGC Tahun 2016

Metode prediksi penutupan lahan yang digunakan adalah Markov Chain. Tahap ini menghasilkan matriks

Markov Chain berdasarkan empirik tahun 2000–2008 (Gambar 4). Nilai peluang terjadinya perubahan di dalam matriks didasarkan pada perubahan penutupan lahan tahun 2000 sampai 2008. Peluang perubahan yang terjadi dari tahun 2000 sampai 2008 merupakan gambaran dari peluang terjadinya perubahan di masa yang akan datang.

Pada komponen on-diagonal (kotak merah) nilai yang mendekati 1 berarti penutupan lahan tersebut berpeluang besar untuk tidak berubah ke penutupan lahan lainnya. Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa penutupan lahan (1), (2), (3), (4), (5), (6) dan (7) memiliki nilai peluang mendekati 1 sampai 1 hal ini menunjukkan bahwa penutupan lahan tersebut cenderung tidak berubah menjadi penutupan lahan lainnya. Sedangkan penutupan lahan (8) memiliki nilai peluang yang mendekati 0 yaitu sebesar 0,2628. Hal ini menunjukkan bahwa peluang penutupan lahan semak untuk berubah menjadi penutupan lahan lain cukup besar.

Kotak off-diagonal menunjukkan peluang suatu penutupan lahan untuk berubah ke penutupan lahan lainnya. Semakin mendekati 1, maka semakin besar peluang untuk berubah ke penutupan lahan lainnya. Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa hampir semua penutupan lahan menunjukkan angka 0 atau mendekati 0 sehingga penutupan lahan tersebut berpeluang untuk tidak berubah ke penutupan lahan lainnya. Hanya penutupan lahan (8) saja yang memiliki nilai peluang yang mendekati 1 yaitu sebesar 0,7372. Hal ini menunjukkan bahwa peluang penutupan lahan semak untuk berubah menjadi penutupan lahan terbuka cukup besar.

Given :	Probability of changing to :							
	Badan Air	Hutan Datar	Hutan Pegur	Hutan Sub A	Hutan Tanar	Kawah	Lahan Terbu	Semak
Badan Air	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hutan Dataran Rendah	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hutan Pegunungan	0.0000	0.0000	0.9890	0.0000	0.0000	0.0000	0.0110	0.0000
Hutan Sub Alpine	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hutan Tanaman	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9686	0.0000	0.0314	0.0000
Kawah	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Lahan Terbuka	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0000	0.9910	0.0000
Semak	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7372	0.2628

Gambar 4. Matriks *Markov Chain* berdasarkan empirik tahun 2000–2008

4. Validasi Peta Prediksi Penutupan Lahan

Peta prediksi tahun 2016 yang diturunkan dari kedua metode pemodelan, divalidasi terhadap peta penutupan lahan aktual tahun 2016 hasil interpretasi. Validasi dilakukan untuk melihat kesesuaian peta prediksi 2016 yang dimodelkan menggunakan metode MLP dan Logit dengan peta penutupan lahan aktual

tahun 2016 hasil interpretasi sebagai acuan dalam akurasi prediksi penutupan lahan dimasa yang akan datang. Metode validasi model yang digunakan dalam tahap ini adalah metode tabulasi silang (*crosstab*). Validasi silang metode *crosstab* antara luas prediksi MLP dan Logit tahun 2016 dengan penutupan lahan aktual tahun 2016 hasil interpretasi disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Validasi silang metode *crosstab* antara luas prediksi MLP tahun 2016 dengan penutupan lahan aktual tahun 2016 hasil interpretasi

Luas penutupan lahan MLP tahun 2016 (ha)	Luas penutupan lahan tahun 2016 (ha)								Jumlah
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
(1)	22,12	0	0	0	0	0	0	0	22,12
(2)	0	2.160,71	0	0	0	0	0	0	2.160,71
(3)	0	0	7.056,66	0	0	0	0	0	7.056,66
(4)	0	0	0	337,61	0	0	0	0	337,61
(5)	0	0	0	0	1.141,45	0	0	0	1.141,45
(6)	0	0	0	0	0	37,41	0	0	37,41
(7)	0	0	79,39	0	9,05	0	1.805,48	2.125,19	4.019,45
(8)	0	0	0	0	0	0	0	70,77	70,77
Jumlah	22,12	2.160,71	7.136,39	337,61	1.150,5	37,41	1.805,48	2.195,96	14.846,18

Tabel 4. Validasi silang metode *crosstab* antara luas prediksi Logit tahun 2016 dengan penutupan lahan aktual tahun 2016 hasil interpretasi

Luas penutupan lahan MLP tahun 2016 (ha)	Luas penutupan lahan tahun 2016 (ha)								Jumlah
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
(1)	22,12	0	0	0	0	0	0	0	22,12
(2)	0	2.160,71	0	0	0	0	0	0	2.160,71
(3)	0	0	7.057,93	0	0	0	0	0	7.057,93
(4)	0	0	0	337,61	0	0	0	0	337,61
(5)	0	0	0	0	1.137,81	0	0	0	1.137,81
(6)	0	0	0	0	0	37,41	0	0	37,41
(7)	0	0	78,46	0	912,69	0	1.805,48	2.119,22	4.015,85
(8)	0	0	0	0	0	0	0	76,74	76,74
Jumlah	22,12	2.160,71	7.136,39	337,61	1.150,5	37,41	1.805,48	2.195,96	14.846,18

Hasil validasi mendapatkan nilai Kappa untuk MLP sebesar 0,8991 dan untuk Logit sebesar 0,8989. Nilai ini menunjukkan bahwa prediksi penutupan lahan tahun 2016 kedua metode mempunyai kekuatan kesesuaian yang sangat baik terhadap peta penutupan lahan tahun 2016 hasil interpretasi. Hasil validasi tersebut menunjukkan bahwa model dapat diaplikasikan untuk prediksi penutupan lahan pada tahun-tahun yang akan datang.

SIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa perubahan penutupan lahan di kawasan TNGC pada periode 2000–2008 terjadi pada penutupan lahan terbuka yang mengalami peningkatan luas sebesar 898,87 ha. Hal ini diikuti dengan penurunan luas penutupan hutan pegunungan, hutan tanaman dan semak masing-masing sebesar 79,59 ha, 11,06 ha dan 808,22 ha. Sedangkan selama periode tahun 2008–2016 perubahan penutupan lahan hanya terjadi pada

penutupan lahan terbuka dan semak dengan luas masing-masing sebesar 1.907,91 ha.

2. Selain itu dapat juga disimpulkan bahwa pemodelan perubahan penutupan lahan 2016 dengan menggunakan metode MLP dan Logit dapat diaplikasikan untuk prediksi penutupan lahan di kawasan TNGC pada tahun-tahun yang akan datang. Hal ini berdasarkan nilai akurasi prediksi yang diperoleh dengan predikat sangat baik, adapun nilai Kappa untuk metode MLP sebesar 0,8991 dan untuk metode Logit sebesar 0,8989.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberto A, Dasanto BD. 2010. Model perubahan penggunaan lahan dan pendugaan cadangan karbon di Daerah Aliran Sungai Cisadane, Jawa Barat. *Jurnal Agromet*. 24(2): 18–26.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2010. Klasifikasi Penutup Lahan SNI No 7645:2010 [internet]. [diacu tanggal 18 April 2017]. Tersedia pada: www.bsn.go.id.

- Fariz TR. 2015. Pemanfaatan citra satelit dan sistem informasi geografis untuk pengembangan ruang terbuka hijau berdasarkan estimasi suhu permukaan daratan di Kota Pekalongan [skripsi]. Semarang (ID): Universitas Negeri Semarang.
- Jaya INS. 2009. *Teknik-Teknik Pemodelan Spasial Dalam Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- [Kementerian Kehutanan] Menteri Kehutanan. 2004. Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 424/Menhut-II/2004 tentang Perubahan Fungsi Kelompok Hutan Lindung pada Kelompok Hutan Gunung Ciremai Seluas ± 15.500 Hektar yang Terletak di Kabupaten Kuningan dan Majalengka, Propinsi Jawa Barat Menjadi Taman Nasional.
- Kubangun SH, Haridjaja O, Gandasasmita K. 2015. Model spasial bahaya lahan kritis di Kabupaten Bogor, Cianjur, dan Sukabumi. *Majalah Ilmiah Globe*. 16(2): 149–156.
- Petit C, Scudder T, Lambin E. 2001. Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia. *International Journal Remote Sensing*. 22(17): 3435–3456.
- Ridwan F, Ardiansyah M, Gandasasmita K. 2017. Pemodelan perubahan penutupan/penggunaan lahan dengan pendekatan *Artificial Neural Network* dan *Logistic Regression* (studi kasus: Das Citarum, Jawa Barat). *Buletin Tanah dan Lahan*. 1(1): 30–36.
- Soerianegara I, Indrawan A. 1982. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tasha K. 2012. Pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan menggunakan pendekatan *Artificial Neural Network* (studi kasus: Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Turmudi E. 2002. Kajian Pertumbuhan dan hasil tanaman dalam sistem tumpangsari jagung dengan empat kultivar kedelai pada berbagai waktu tanam. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 4(2): 89–96.
- [USGS] United States Geological Survey. 2013. Frequently Asked Questions about the Landsat Missions [internet]. [diacu tanggal 10 November 2016]. Tersedia pada: http://landsat.usgs.gov/L8_band_combos.php.
- Wachyuni M. 2016. Kontribusi PHBM terhadap perubahan luas hutan dan pendapatan rumah tangga di KPH Ngawi, Jawa Timur [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wardani DW. 2015. Kajian perubahan penggunaan lahan berbasis citra satelit penginderaan jauh resolusi menengah dengan Metode *Multi Layer Perceptron* dan *Markov Chain* (studi di sebagian Kabupaten Bantul) [tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Wardani DW, Danoedoro P, Susilo B. 2016. Kajian perubahan penggunaan lahan berbasis citra penginderaan jauh resolusi menengah dengan Metode *Multi Layer Perceptron* dan *Markov Chain*. *Majalah Geografi Indonesia*. 30(1): 9–18.
- Wijaya MS, Umam N. 2015. Pemodelan spasial perkembangan fisik perkotaan Yogyakarta menggunakan model *cellular automata* dan Regresi logistik biner. *Majalah Ilmiah Globë*. 17(2): 165–172.
- Yudarwati R. 2016. Perubahan penggunaan lahan dan arahan pengendaliannya di Kabupaten Bogor dan Cianjur [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yuniandra F. 2007. Formulasi strategi kebijakan pengelolaan hutan bersama masyarakat di Taman Nasional Gunung Ciremai, Kabupaten Kuningan [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yusri A. 2011. Perubahan penutupan lahan dan analisis faktor penyebab perambahan kawasan Taman Nasional Gunung Ciremai [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yusri A, Basuni S, Budiprasetyo L. 2012. Analisis faktor penyebab perambahan kawasan Taman Nasional Gunung Ciremai. *Jurnal Media Konservasi*. 17(1): 1–5.
- Zuhriana D. 2012. Pengembangan sosial ekonomi masyarakat daerah penyangga Taman Nasional Gunung Ciremai [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.