

# MODEL SPASIAL PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DI TAMAN NASIONAL GUNUNG MERBABU DAN DAERAH PENYANGGANYA

*(Landuse Change Spatial Model in Mount Merbabu National Park and its Buffer Zone)*

Muhamad Alkaf<sup>1</sup>, Khursatul Munibah<sup>2</sup>, dan Omo Rusdiana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Ilmu Perencanaan Wilayah, Sekolah Pascasarjana IPB

<sup>2</sup>Departemen ITSL, Fakultas Pertanian IPB.

<sup>3</sup>Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB.

Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

E-mail: alkaf\_muhamad@yahoo.co.id

*Diterima (received): 31 Desember 2013; Direvisi (revised): 19 Januari 2014; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 3 Maret 2014*

## ABSTRAK

Taman Nasional Gunung Merbabu adalah salah satu kawasan konservasi yang mencapai kondisi *ecological-overstress* disebabkan oleh tekanan penduduk. Penutupan lahan hutan hanya tersisa 30% dari keseluruhan kawasan Taman Nasional dengan laju deforestasi mencapai 3% per tahun. Perubahan penggunaan lahan yang terjadi mengindikasikan adanya perubahan ekosistem yang dapat mengancam fungsi kawasan terutama fungsi ekologi. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi penutupan lahan di masa yang akan datang dengan mengetahui pola perubahan tutupan lahan di masa lalu hingga saat ini. Metode *Cellular Automata Markov (CA Markov)* digunakan untuk membuat model spasial perubahan penggunaan lahan. Hasil dari penelitian ini adalah prediksi penggunaan lahan pada tahun 2025 dan rumusan skenario untuk mengatasi perubahan tersebut. Deforestasi diprediksi akan terus terjadi di masa yang akan datang, usaha yang penting untuk dilakukan adalah mengurangi laju deforestasi.

**Kata Kunci:** Gunung Merbabu, perubahan penggunaan lahan, prediksi

## ABSTRACT

Merbabu Mountain National Park is one among conservation areas with *ecological-overstress* condition caused by population pressure. Forest cover in that area is only remains 30% and deforestation rate reaches 3% per year. The occurrence of landuse changes indicates the changes on ecosystem that threaten the ecological function of the area. This study modeled to predict the future landuse by determines the pattern of landuse change in the past to the present. This research uses *CA Markov (Cellular Automata Markov)* method to derive spatial landuse changes model. The results of this study were landuse prediction in 2025 and scenarios to cope with the changes. The deforestation was predicted to continue in the future, so that the necessary attempt is needed to reduce the rate of deforestation.

**Keywords:** Merbabu Mountain, landuse change, prediction

## PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi penggunaan selain hutan (deforestasi) adalah isu hangat yang terus mengancam kelestarian hutan. FAO (2001) mencatat bahwa setiap tahunnya 0,38% lahan hutan di seluruh dunia terkonversi menjadi penggunaan lain. Sementara itu, Kementerian Kehutanan (2012) menyatakan bahwa angka deforestasi di Indonesia pada tahun 2011 mencapai 832.126 ha/tahun.

Salah satu bentuk kawasan konservasi yang terdapat di Provinsi Jawa Tengah adalah Taman Nasional Gunung Merbabu yang ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor: 135/Menhut-II/2004 dengan luas  $\pm$  5.725 ha. Kawasan Taman Nasional (TN) dan daerah di sekitarnya yang disebut dengan daerah penyangga sebenarnya memiliki hubungan timbal balik yang

sangat erat. Kawasan TN mempengaruhi daerah penyangganya dan juga sebaliknya, daerah penyangga mempengaruhi TN. Bentuk pengaruh TN terhadap daerah penyangganya adalah dalam bentuk perlindungan terhadap banjir dan erosi, sumber makanan (daging, buah, madu) dan juga fungsi spiritual, kultural dan estetika. Sedangkan bentuk pengaruh daerah penyangga terhadap kawasan TN adalah adanya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan kawasan TN. Namun, kelestarian fungsi kawasan Taman Nasional Gunung Merbabu (TNGMb) terancam oleh tekanan penduduk yang menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan hutan menjadi non hutan.

Perubahan penggunaan lahan di kawasan TNGMb telah mencapai kondisi yang mengkhawatirkan. Menurut data dari Balai Penelitian Kehutanan Solo (2007), kondisi penutupan lahan hutan di kawasan TNGMb hanya

tersisa 30% dari keseluruhan kawasan. Kondisi ini terutama diakibatkan oleh aktivitas penduduk yang secara ilegal mengumpulkan kayu untuk keperluan kayu bakar dan arang, serta terjadinya kebakaran hutan. Rata-rata laju deforestasi pada periode tahun 1991-2007 adalah 3% per tahun, sedangkan penurunan luas tutupan hutan pada periode tersebut mencapai 49,86% (Dewi, 2009).

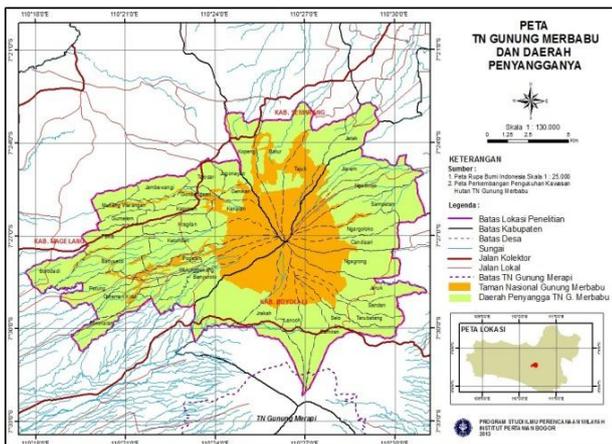
Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di dalam kawasan hutan seperti yang terjadi di kawasan TNGMb mengindikasikan adanya perubahan ekosistem yang dapat mengancam fungsi kawasan terutama fungsi ekologi. Perubahan penggunaan lahan dapat diamati dengan memperhatikan pola perubahannya. Pola tersebut kemudian dapat digunakan untuk membangun sebuah model prediksi perubahan penggunaan lahan di masa yang akan datang. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi penggunaan lahan adalah *Cellular Automata* (CA). Model penggunaan lahan dengan menggunakan CA telah diterapkan sebagai alat untuk mendukung perencanaan penggunaan lahan dan analisis kebijakan serta mengeksplorasi skenario untuk pembangunan di masa depan (Vliet *et al.*, 2009)

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis perubahan penggunaan lahan di kawasan TNGMb dan daerah penyangganya pada periode tahun 2001-2013;
2. Membangun prediksi penggunaan lahan untuk jangka waktu 12 tahun mendatang;
3. Menyusun skenario pengendalian perubahan penggunaan lahan.

**METODE**

Penelitian ini dilakukan pada Mei-Oktober 2013. Lokasi penelitian adalah di Taman Nasional Gunung Merbabu (TNGMb), dan kawasan penyangganya seperti terlihat pada **Gambar 1**. Secara geografis kawasan TNGMb terletak pada ketinggian 1.200 sampai 3.142 mdpl. Secara administratif, kawasan TNGMb terletak di 3 kabupaten yaitu Kabupaten Magelang (2.160 ha), Kabupaten Semarang (1.150 ha), dan Kabupaten Boyolali (2.415 ha).



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian.

Jenis data yang digunakan adalah: 1) Citra Landsat-7 tahun 2001 dan Landsat-8 tahun 2013 resolusi 30 meter didapat dengan cara mengunduh dari situs *United States Geological Survey* (USGS); 2) Citra *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) resolusi 90 meter; 3) Peta Satuan Peta Tanah (SPT) skala 1:100.000 dari Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian; 4) Data dasar berupa batas administrasi desa, kecamatan dan kabupaten skala 1:25.000; 5) Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi dan Kabupaten (RTRWP dan RTRWK) diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum; dan 6) Rencana Pengelolaan Taman Nasional periode 2007-2026 dari Balai TNGMb.

**Analisis Perubahan Penggunaan Lahan**

Citra Landsat tahun 2001 dan 2013 diinterpretasi dengan menggunakan metode interpretasi visual (*digitize on screen*) dengan pendekatan unsur yang meliputi: rona (berkaitan dengan warna/derajat keabuan suatu objek), tekstur (frekuensi perubahan rona), pola (susunan keruangan objek), ukuran, bentuk (berkaitan dengan bentuk umum, konfigurasi atau kerangka dari objek tunggal), bayangan dan situs (lokasi suatu objek terhadap objek-objek lain) (Lillesand & Kiefer, 1997). Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan dengan menggunakan operasi tumpang susun (*overlay*) antara peta penggunaan lahan tahun 2001 dengan tahun 2013. Analisis ini menghasilkan matriks transformasi perubahan penggunaan lahan.

Hasil interpretasi diverifikasi melalui pengecekan lapangan dan menggunakan *google earth*. Titik uji ditentukan menggunakan metode *stratified random sampling*, yaitu pengambilan tiap titik berstrata secara acak sesuai luas penggunaan tiap kelas. Hasil verifikasi lapangan kemudian dibandingkan dengan hasil interpretasi yang telah dilakukan, kemudian dihitung nilai akurasi menggunakan *overall accuracy* dan *kappa accuracy*

$$Kappa\ accuracy = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})} \dots\dots(1)$$

dimana:

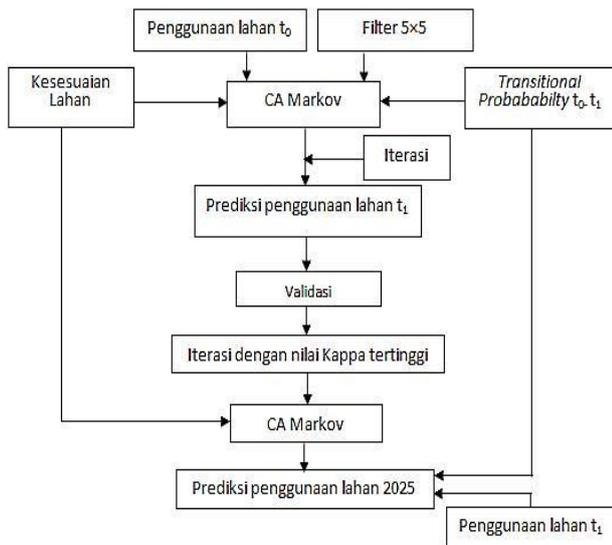
- $X_{ii}$  = jumlah jenis penggunaan lahan ke-i hasil interpretasi yang bersesuaian dengan penggunaan lahan hasil pengecekan/verifikasi
- $X_{i+}$  = jumlah titik hasil verifikasi pada jenis penggunaan lahan ke-i
- $X_{+i}$  = jumlah titik hasil interpretasi pada jenis penggunaan lahan ke-i
- $N$  = jumlah titik contoh
- $r$  = jumlah tipe penggunaan lahan

**Model Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan**

Penyusunan model ini bertujuan untuk memperoleh peta prediksi penggunaan lahan dalam jangka waktu 12 tahun ke depan yaitu pada tahun 2025. Tahapan proses prediksi perubahan penggunaan lahan disajikan pada **Gambar 2**. Data yang diperlukan adalah peta penggunaan lahan

tahun 2001 ( $t_0$ ), tahun 2013 ( $t_1$ ), peta kesesuaian lahan untuk setiap tipe penggunaan lahan, *transitional probability/area matrix* dan *moving filter*. Skenario perubahan penggunaan lahan pada setiap piksel tergantung pada kesesuaian lahannya dan penggunaan lahan tetangganya (Jacob *et al.*, 2008). Pengaruh ketetanggaan artinya perubahan penggunaan lahan pada suatu piksel akan dipengaruhi oleh penggunaan lahan pada piksel tetangganya.

Peta kesesuaian lahan berfungsi sebagai referensi dalam pengalokasian suatu penggunaan lahan. Evaluasi kesesuaian lahan ini merupakan suatu usaha untuk melakukan evaluasi penggunaan lahan, dimana penggunaan lahan sebaiknya disesuaikan dengan karakteristik lahan (fisik dan kimia) (Munibah, 2008). Pada penelitian ini, analisis kesesuaian lahan hanya dibatasi pada karakteristik fisik lahan saja, yang meliputi: sifat fisik tanah, kelerengan, elevasi, iklim, drainase, serta bahaya banjir dan erosi. Peta kesesuaian lahan dibuat untuk setiap tipe penggunaan lahan, yaitu hutan, permukiman, ladang, perkebunan campuran, padang rumput, semak belukar dan lahan terbuka. Kelas kesesuaian lahan terdiri dari 2 kelas yaitu kelas sesuai (S) dan tidak sesuai (N).



Gambar 2. Bagan alir model prediksi.

Kriteria kesesuaian lahan untuk permukiman menggunakan kriteria dari Mabberly (1979) dalam Peraturan Daerah Provinsi DIY (2010). Kriteria kesesuaian untuk ladang didekati dengan menggunakan kriteria kesesuaian untuk tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum*) menurut kriteria Djaenudin dkk. (2011). Kriteria kesesuaian untuk perkebunan campuran didekati dengan menggunakan kriteria kesesuaian untuk tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*) menurut kriteria Hardjowigeno & Widiatmaka (2007). Hal ini didasarkan bahwa sebagian besar lahan ladang yang tersedia digunakan untuk komoditas tanaman tembakau sedangkan lahan kebun campuran digunakan untuk komoditas tanaman Sengon.

Kriteria alokasi lahan prioritas untuk hutan disajikan pada **Tabel 1**. Analisis alokasi penggunaan lahan yang diprioritaskan untuk hutan menggunakan pendekatan sistem klasifikasi kemampuan lahan menurut *United States Department of Agriculture (USDA)*, sebagaimana yang dijelaskan oleh Hardjowigeno & Widiatmaka (2007). Hasil analisis menunjukkan bahwa kelas kemampuan lahan I-VIII adalah sesuai untuk hutan. Namun lahan yang diprioritaskan untuk hutan adalah lahan dengan kelas kemampuan lahan V-VIII, karena lahan dengan kelas kemampuan lahan I-IV sesuai untuk usaha pertanian.

Kesesuaian lahan untuk padang rumput dianggap sesuai untuk seluruh lahan di lokasi penelitian, sebaliknya seluruh lahan dianggap tidak sesuai untuk semak belukar dan lahan terbuka. Kriteria kesesuaian lahan untuk permukiman, ladang, dan perkebunan campuran secara berturut-turut disajikan pada **Tabel 2**, **Tabel 3**, dan **Tabel 4**.

Filter yang digunakan adalah filter 5x5 artinya perubahan penggunaan lahan pada piksel pusat dipengaruhi oleh penggunaan lahan pada 24 piksel sekitarnya. Peta hasil simulasi penggunaan lahan tahun 2013 pada berbagai jumlah iterasi kemudian divalidasi dengan menggunakan peta hasil interpretasi penggunaan lahan tahun 2013. Nilai *kappa* tertinggi hasil validasi pada iterasi ke-n artinya iterasi tersebut memiliki akurasi paling tinggi dalam memprediksi penggunaan lahan di tahun 2025.

Tabel 1. Kriteria alokasi lahan prioritas untuk hutan.

No	Faktor	Kelas Kemampuan Lahan							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Tekstur tanah (t)								
	a. Lapisan atas	t2/ t3	t1/ t4	t1/ t4	(*)	(*)	(*)	(*)	i5
	b. Lapisan bawah	t2/ t4	t1/ t4	t1/ t4	(*)	(*)	(*)	(*)	t5
2	Lereng permukaan (%)	i0	i1	i2	i3	(*)	i4	i5	i6
3	Drainase	d0/ d1	d2	d3	d4	(**)	(*)	(*)	(*)
4	Kedalaman efektif	k0	k0	k1	k2	(*)	k3	(*)	(*)
5	Keadaan erosi	e0	e1	e1	e2	(*)	e3	e4	(*)
6	Banjir	O0	O1	O2	O3	O4	(*)	(*)	(*)

Sumber : Hardjowigeno & Widiatmaka (2007).

**Tabel 2.** Kriteria kesesuaian lahan untuk permukiman.

No	Sifat Fisik	Sesuai (S)	Tidak Sesuai (N)
1	Kualitas air tanah	Payau-tawar	Asin
2	Bahaya Banjir	Musiman - tanpa (F0, F1, F2)	Permanen (F3, F4)
3	Lereng	< 15 %	> 15 %
4	Drainase	Cepat, agak cepat, agak terhambat, baik, sedang	Terhambat, sangat terhambat, sangat cepat
5	Erodibilitas tanah	Rendah - sedang	Tinggi
6	Tekstur	Agak kasar - halus	Kasar

Sumber : Mabberly (1972) dalam Perda Provinsi DIY (2010).

**Tabel 3.** Kriteria kesesuaian lahan untuk ladang.

No	Sifat Fisik	Sesuai (S)	Tidak Sesuai (N)
1	Lereng	< 30 %	> 30 %
2	Temperatur rata-rata tahunan (°C)	15-34	<15 atau >34
3	CH rata-rata (mm/th)	> 400	< 400
4	Kedalaman efektif (cm)	> 30	< 30
5	Drainase	Agak cepat, agak terhambat, baik, sedang	Sangat terhambat, cepat
6	Banjir	F0	F1-F4
7	Bahaya Erosi	Sangat ringan-berat	Sangat berat
8	Tekstur	Halus-kasar	-

**Tabel 4.** Kriteria kesesuaian lahan untuk perkebunan campuran.

No	Sifat Fisik	Sesuai (S)	Tidak Sesuai (N)
1	Lereng	<30 %	> 30 %
2	Temperatur rata-rata tahunan (°C)	19-34	<19 atau >34
3	CH rata-rata (mm/th)	2.000- 4.000	> 4.000 atau < 2.000
4	Kedalaman efektif	> 50 cm	< 50 cm
5	Drainase	Cepat, agak cepat, agak terhambat, baik, sedang	Terhambat, sangat terhambat, sangat cepat
6	Bulan kering (<75 cm)	0-4	> 4
7	Banjir	F0, F1, F2	F3, F4
8	Bahaya Erosi	Sangat ringan-sedang	Berat - sangat berat
9	Tekstur	Halus - agak kasar	Kasar

### Skenario Pengendalian Perubahan Penggunaan Lahan

Penyusunan skenario pengendalian perubahan penggunaan lahan di TNGMb dan daerah penyangganya, dilakukan dengan menggunakan kesesuaian lahan berdasarkan kebijakan yang akan diambil. Skenario pengendalian perubahan penggunaan lahan di dalam Kawasan TNGMb diarahkan agar dapat menjaga kelestarian kawasan TN dengan indikator berupa luas tutupan hutan. Skenario yang memiliki luas tutupan hutan paling besar merupakan skenario yang dianggap paling ideal. Skenario di daerah penyangga TNGMb diarahkan agar sesuai dengan pola ruang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Semarang, Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Magelang. Skenario yang memiliki ketidaksesuaian paling kecil dengan pola ruang pada RTRW merupakan

skenario yang paling ideal untuk mengendalikan perubahan penggunaan lahan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Perubahan Penggunaan Lahan Periode Tahun 2001-2013

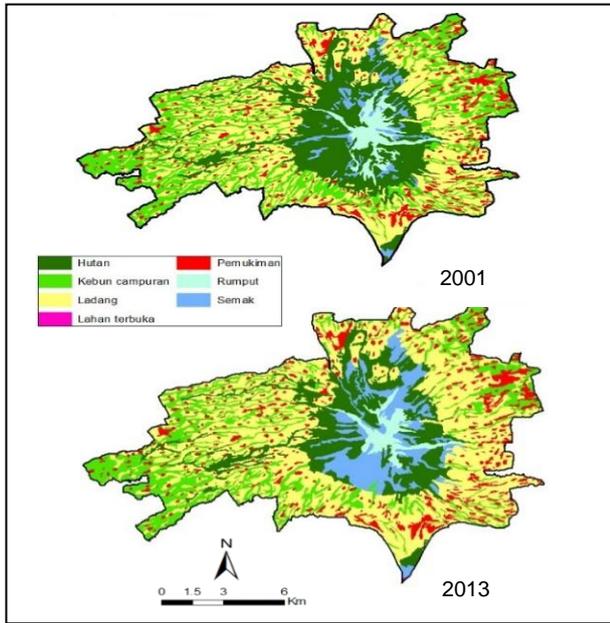
Penggunaan lahan di TNGMb dan daerah penyangganya terdiri dari 7 tipe yaitu: hutan (htn), padang rumput (rmp), semak belukar (smk), ladang (ldg), perkebunan campuran (kbnc), permukiman (pmk), dan lahan terbuka (ltb). Nilai *overall classification accuracy* hasil interpretasi citra landsat yang didapatkan adalah sebesar 88,0% dan *kappa accuracy* sebesar 84,2%. Peta penggunaan lahan tahun 2001 dan 2013 disajikan pada **Gambar 3**.

Matriks transformasi perubahan penggunaan lahan digunakan untuk mengetahui distribusi perubahan pada masing-masing tipe penggunaan lahan seperti disajikan pada **Tabel 5**. Hampir seluruh tipe penggunaan lahan mengalami perubahan. Perubahan hutan menjadi semak belukar dan perubahan perkebunan campuran menjadi ladang adalah distribusi perubahan yang paling besar terjadi. Penggunaan lahan permukiman adalah penggunaan lahan yang paling stabil karena tidak berubah menjadi jenis penggunaan lain. Penggunaan lahan yang tetap adalah lahan terbuka seluas 5 ha.

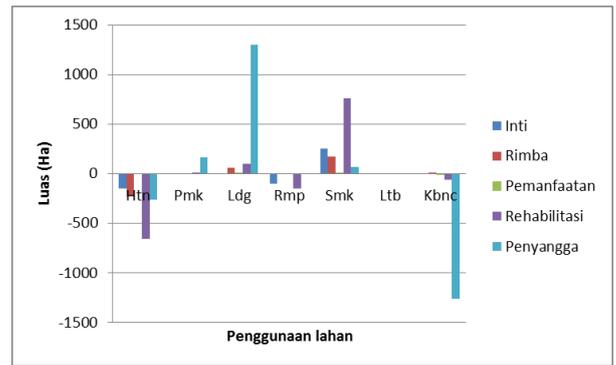
Penggunaan lahan tersebut dikelola dalam bentuk zonasi, sebagai ciri khas pengelolaan Taman Nasional. Zona taman nasional adalah wilayah di dalam kawasan taman nasional yang dibedakan menurut fungsi dan kondisi ekologis, sosial, ekonomi dan budaya masyarakat (Permenhut No.P.56/Menhut-II/2006). Zonasi ini dibagi dalam empat zona yaitu zona inti, rimba, pemanfaatan, dan rehabilitasi, serta daerah penyangga yang berada di luar kawasan TNGMb. Luas perubahan penggunaan lahan periode tahun 2001 dan 2013 pada setiap zona disajikan pada **Gambar 4**.

Pengurangan penggunaan lahan hutan terjadi pada semua zona. Pengurangan terbesar adalah pada zona rehabilitasi, yaitu mencapai >500 ha. Zona inti dan rimba juga tidak luput dari penyusutan tutupan hutan. Hal ini mengindikasikan terjadinya degradasi hutan pada kawasan TNGMb. Berkurangnya penggunaan lahan hutan pada seluruh zona adalah seluas 1.307 ha, diimbangi dengan meningkatnya luas penggunaan lahan berupa semak belukar seluas 1.258 ha. Sedangkan laju pengurangan tutupan hutan pada periode tahun

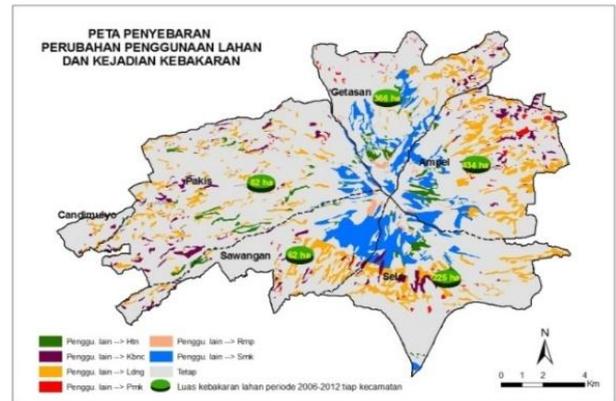
2001-2013 setiap tahunnya adalah 2,29% per tahun atau setara dengan 87 ha/tahun. Kondisi ini terutama diakibatkan oleh kebakaran hutan yang sering terjadi di dalam kawasan TNGMb. Kejadian kebakaran cukup besar yang terjadi di dalam kawasan TNGMb terjadi pada tahun 2006 seluas 463 ha dan juga pada tahun 2011 seluas 624 ha seperti terlihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 3.** Penggunaan lahan tahun 2001 & 2013.



**Gambar 4.** Luas perubahan penggunaan lahan periode 2001-2013 pada tiap zona.



**Gambar 5.** Penyebaran perubahan penggunaan lahan dan kejadian kebakaran.

**Tabel 5.** Matriks transformasi perubahan penggunaan lahan.

Tahun 2001 (ha)	Tahun 2013 (ha)							Jumlah (2001)
	Hutan	Pemukiman	Ladang	Rmp	Semak	Lahan terbuka	Kebun camp.	
Hutan	3.165		244	76	1.209		206	4.900
Pemukiman		1.79						1.797
Ladang		110	7.656				388	8.154
Rumput	61			480	300			841
Semak	204		19	28	446			698
Lh. terbuka						5		5
Kebun campuran	163	57	1.701				3.762	5.683
<b>Jumlah (2013)</b>	<b>3.593</b>	<b>1.964</b>	<b>9.619</b>	<b>584</b>	<b>1.955</b>	<b>5</b>	<b>4.356</b>	<b>22.077</b>

### Prediksi Penggunaan Lahan Tahun 2025

Hasil evaluasi kesesuaian lahan berdasarkan karakteristik fisik lahan menghasilkan peta kesesuaian lahan. Kesesuaian untuk ladang, permukiman, perkebunan campuran dan hutan, disajikan pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**. Ladang yang menempati dataran tinggi dengan kemiringan lereng >15% umumnya diolah secara tradisional. Kondisi ini mengakibatkan lahan sangat rentan terhadap erosi, karena jenis tanahnya adalah Andisol yang masuk kategori peka terhadap erosi. Tindakan konservasi berupa teras belum banyak dilakukan oleh petani, ditambah dengan penggunaan bedengan yang dibuat searah lereng.

Permukiman penduduk sebagian besar berada pada daerah dengan kemiringan maksimal 15%, hanya sebagian kecil saja yang menempati daerah dengan kelerengan >15%. Lahan yang tidak sesuai

(N) untuk permukiman sebagian besar berada pada lahan dengan kemiringan lereng >15% dan berada di dalam Kawasan TNGMb. Perkebunan campuran biasanya ditanam pada lahan yang sama dengan ladang. Perkebunan campuran merupakan jenis penggunaan lahan yang memiliki toleransi tinggi terhadap karakteristik fisik lahan, oleh karena itu intensitas pengelolaan lahan dalam kaitannya dengan tindakan konservasi lebih dipengaruhi oleh kemiringan lereng dan elevasi, bukan oleh keberadaannya pada lahan yang sesuai (S) atau tidak sesuai (N) (Munibah, 2008).

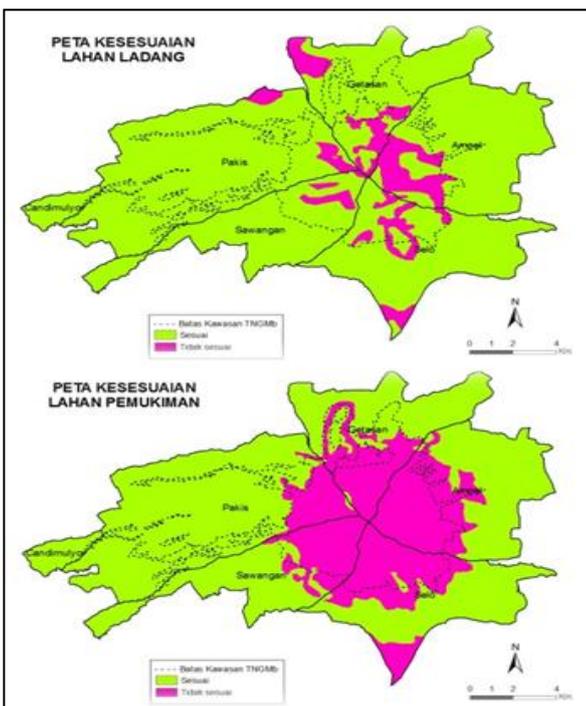
Hutan yang berada pada lahan yang diprioritaskan sebagai hutan sebagian besar berada di dalam Kawasan TNGMb pada daerah dengan bentuk lahan lereng volkan atas, kelerengan >30% dan ketinggian >2.000 mdpl. Lahan hutan yang berada di lahan yang tidak diprioritaskan sebagian besar juga termasuk ke dalam Kawasan TNGMb

dengan kemiringan lereng <15% dan ketinggian <1.500 mdpl.

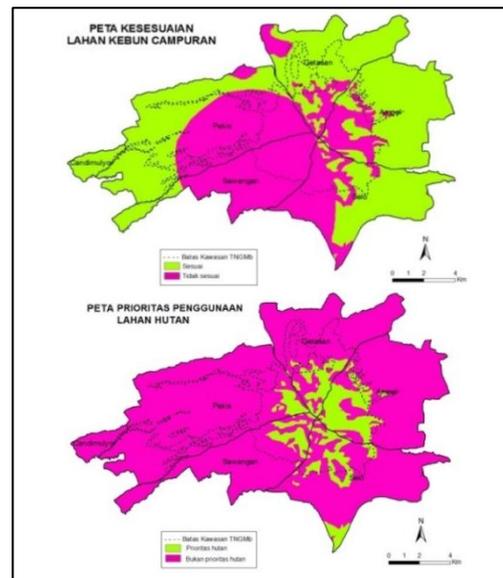
Nilai kappa tertinggi hasil validasi prediksi penggunaan lahan tahun 2013 didapatkan pada iterasi ke-20 yaitu sebesar 79,71% dengan waktu iterasi 10,3 menit. *Transitional Probabilty Matrix*, kesesuaian lahan, filter 5x5 dan iterasi ke-20 selanjutnya digunakan untuk membuat prediksi penggunaan lahan untuk jangka waktu 12 tahun ke depan yaitu penggunaan lahan tahun 2025. Hasil prediksi penggunaan lahan tahun 2025 dibandingkan dengan tahun 2013 disajikan pada **Gambar 8**.

Sementara itu **Gambar 9** menunjukkan luas perubahan lahan periode 2013-2025 pada masing-masing zona. Pada zona inti, zona rimba dan zona rehabilitasi diprediksi terjadi peningkatan luas semak belukar diikuti dengan penurunan luas hutan dan padang rumput. Zona pemanfaatan merupakan zona yang paling stabil, artinya pada periode tahun 2013-2025 diprediksi tidak terdapat perubahan yang signifikan pada semua tipe penggunaan lahan. Pada daerah penyangga diprediksi terjadi dinamika perubahan penggunaan lahan yang cukup signifikan. Perkebunan campuran diprediksi mengalami pengurangan luas paling besar yaitu >800 ha diikuti dengan peningkatan luas ladang yang juga mencapai >800 ha.

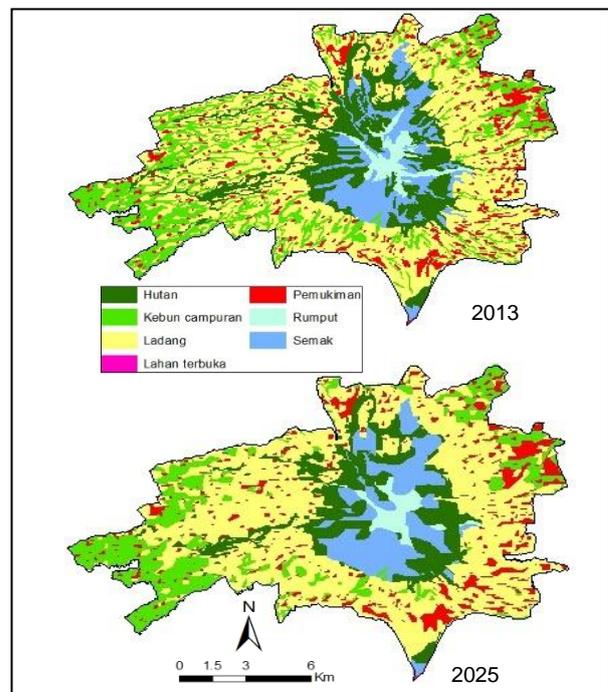
Kecenderungan perubahan penggunaan lahan pada tiga titik tahun yaitu 2001, 2013, dan 2025 disajikan pada **Gambar 10**. Penggunaan lahan berupa hutan, padang rumput, dan perkebunan campuran hingga tahun 2025 diprediksi cenderung menurun luasannya, sedangkan permukiman, ladang dan semak belukar luasnya cenderung meningkat.



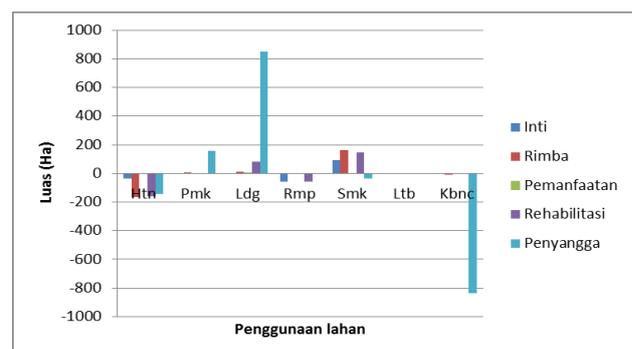
**Gambar 6.** Kesesuaian lahan untuk ladang (atas) dan permukiman (bawah).



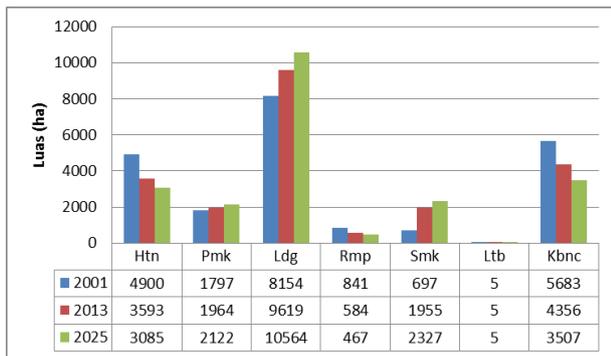
**Gambar 7.** Kesesuaian lahan untuk perkebunan campuran dan alokasi lahan hutan prioritas.



**Gambar 8.** Penggunaan lahan tahun 2013 dan prediksi 2025.



**Gambar 9.** Luas perubahan penggunaan lahan periode 2013-2025 pada tiap zona.



**Gambar 10.** Kecenderungan perubahan penggunaan lahan tahun 2001, 2013, dan 2025.

**Skenario Pengendalian Perubahan Penggunaan Lahan**

Pengendalian perubahan penggunaan lahan di dalam kawasan TNGMb diarahkan untuk dapat meningkatkan luas tutupan hutan, sedangkan pengendalian perubahan penggunaan lahan di daerah penyangga TNGMb diarahkan agar sesuai dengan RTRW kabupaten yang telah disusun. Skenario dalam pemodelan diterjemahkan sebagai kesesuaian lahan berdasarkan kebijakan, tidak lagi menggunakan kesesuaian secara fisik. Arahan penggunaan lahan berdasarkan skenario 1 dan 2 disajikan pada **Tabel 6**.

Skenario 1 diasumsikan bahwa Balai TNGMb sebagai pengelola menerapkan kebijakan yang progresif pada setiap zona dengan tidak memperbolehkan semua jenis kegiatan budidaya di dalam kawasan hutan. Penggunaan lahan di dalam kawasan hutan diarahkan untuk mencapai kondisi ekosistem alamiahnya yaitu a) ekosistem hutan sub-pegunungan, b) ekosistem hutan pegunungan dan c) ekosistem sub-alpin. Penggunaan lahan di daerah penyangga diarahkan menurut kesesuaian lahan berdasarkan karakteristik fisik lahan, dengan memperhatikan daerah-daerah yang harus dilindungi seperti sempadan sungai dan mata air serta kawasan resapan air (Keppres 32 Tahun 1990).

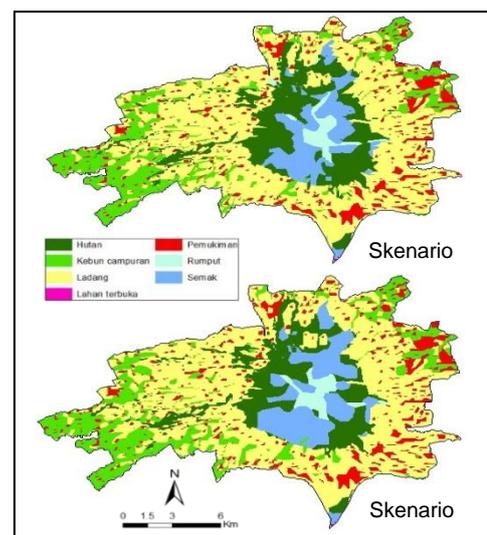
Skenario 2 diasumsikan bahwa Balai TNGMb sebagai pengelola menerapkan kebijakan zonasi sesuai dengan Rencana Pengelolaan Taman Nasional yang telah disusun. Pada skenario ini kegiatan budidaya secara terbatas pada zona rehabilitasi dan pemanfaatan masih memungkinkan untuk dilakukan oleh masyarakat. Penggunaan lahan di daerah penyangga diarahkan untuk kawasan budidaya secara umum dengan tetap memperhatikan daerah-daerah yang harus dilindungi sesuai Keppres No. 32 Tahun 1990.

Peta hasil prediksi penggunaan lahan pada skenario 1 dan 2 disajikan pada **Gambar 11**. Hasil analisis menunjukkan bahwa luas tutupan hutan pada skenario 1 lebih besar bila dibandingkan skenario 2. Luas tutupan hutan pada zona rehabilitasi dan zona rimba meningkat sedangkan

luas tutupan semak berkurang secara signifikan. Luas ladang dan perkebunan campuran di zona rehabilitasi pada skenario 1 juga lebih kecil bila dibandingkan dengan skenario 2. Hal ini menunjukkan bahwa aturan yang tegas dengan tidak memperbolehkan semua kegiatan budidaya di dalam kawasan hutan diprediksi cukup berhasil untuk merehabilitasi Kawasan TNGMb.

**Tabel 6.** Arahan penggunaan lahan berdasarkan skenario 1 dan 2.

Skenario	Zonasi	
1	Inti	Hanya sesuai untuk hutan rumput dan semak belukar
	Rimba	Hanya sesuai untuk hutan
	Pemanfaatan	Hanya sesuai untuk hutan
	Rehabilitasi	Hanya sesuai untuk hutan
	Daerah Penyangga	Kawasan budidaya umum: Kesesuaian berdasarkan karakteristik fisik Kawasan sempadan sungai dan mata air: Sesuai untuk rumput dan perkebunan campuran Kawasan resapan air: Tidak sesuai untuk permukiman ( <i>impermeable area</i> )
2	Inti	Hanya sesuai untuk hutan rumput dan semak belukar
	Rimba	Hanya sesuai untuk hutan rumput dan semak belukar
	Pemanfaatan	Sesuai untuk hutan, permukiman dan ladang
	Rehabilitasi	Kawasan budidaya umum: Tidak sesuai untuk hutan, semak belukar dan lahan terbuka Kawasan sempadan sungai dan mata air: Sesuai untuk rumput dan perkebunan campuran Kawasan resapan air: Tidak sesuai untuk permukiman ( <i>impermeable area</i> )
	Daerah Penyangga	Kawasan budidaya umum: Tidak sesuai untuk hutan, semak belukar dan lahan terbuka Kawasan sempadan sungai dan mata air: Sesuai untuk rumput dan perkebunan campuran Kawasan resapan air: Tidak sesuai untuk permukiman ( <i>impermeable area</i> )



**Gambar 2.** Penggunaan lahan hasil prediksi 2025 dengan skenario1 dan 2.

Sebaliknya, luas penggunaan lahan berupa ladang, semak belukar, dan perkebunan campuran meningkat pada skenario 2. Hal ini mengindikasikan masih besarnya tekanan penduduk terhadap kawasan TNGMb, terutama pada zona rehabilitasi yang letaknya berdekatan dengan permukiman

tanah milik masyarakat. Hal ini juga disebabkan masih diperbolehkannya aktivitas budidaya secara terbatas pada zona rehabilitasi sampai dengan tahun 2025, sehingga kondisinya diprediksi semakin meluas.

Pada daerah penyangga TNGMb, hasil prediksi penggunaan lahan pada skenario 1 dan 2 dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) digunakan untuk menganalisis skenario mana yang memiliki ketidakcocokan paling kecil dengan RTRW. Penilaian kecocokan dapat diketahui dengan melakukan tumpang susun peta prediksi kedua skenario dengan peta pola ruang RTRW. Secara umum skenario 1 dan 2 telah menunjukkan hasil yang positif, yaitu prediksi luas lahan yang sesuai lebih besar daripada yang tidak sesuai dengan RTRW. Luas lahan yang sesuai dengan RTRW pada skenario 1 dan 2 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Ketidaksesuaian penggunaan lahan yang penting seperti permukiman dan ladang pada kawasan konservasi maupun lindung, dianggap perlu mendapatkan tindakan perubahan yang tegas, sekaligus merupakan solusi terbaik bagi kedua belah pihak yaitu masyarakat dan pemerintah. Namun, untuk ketidaksesuaian penggunaan lahan pada kawasan budidaya seperti pertanian, permukiman, dan tanaman tahunan, dianggap sebagai hal yang wajar. Peruntukan ruang untuk pertanian misalnya, tidak dapat dipisahkan dari keberadaan permukiman, demikian pula sebaliknya, terutama pada masyarakat yang bermata pencaharian utama sebagai petani. Untuk itu, penggunaan lahan yang tidak sesuai pada kawasan budidaya dapat ditolerir.

## KESIMPULAN

Perubahan penggunaan lahan pada periode tahun 2001-2013 adalah pengurangan luasan hutan, rumput dan perkebunan campuran, diikuti dengan peningkatan luas semak, permukiman dan ladang. Laju deforestasi di dalam Kawasan TNGMb adalah sebesar 2,29% per-tahun atau setara dengan 87 ha/tahun.

Prediksi penggunaan lahan pada tahun 2025 masih memiliki pola yang sama dengan periode 2001-2013, yaitu hutan, rumput dan perkebunan campuran berkurang luasannya, diikuti dengan meningkatnya luas permukiman, ladang dan semak. Pengurangan luas hutan diprediksi masih terus terjadi pada semua zona terutama zona rehabilitasi dan zona rimba.

Upaya pengendalian perubahan penggunaan lahan dengan menerapkan skenario yang tidak memperbolehkan aktivitas budidaya di kawasan TNGMb diprediksi mampu untuk menambah luas tutupan hutan dan menahan laju deforestasi. Skenario berdasarkan Rencana Pengelolaan TN dinilai belum efektif untuk menahan laju deforestasi.

Saran yang bisa diberikan berdasarkan pada hasil penelitian ini adalah: (1) diperlukan perencanaan yang lebih intensif terhadap kawasan hutan yang berada pada zona rimba dan zona

rehabilitasi, karena diprediksi terjadi risiko deforestasi yang tinggi pada zona tersebut di masa yang akan datang; (2) perlu diterapkan pengembangan ekonomi berkelanjutan yang berbasis konservasi bagi masyarakat sekitar kawasan Taman Nasional Gunung Merbabu seperti pengembangan hutan rakyat dan budidaya hasil hutan bukan kayu berupa lebah madu dan jamur.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Pusat Pembinaan Pendidikan dan Pelatihan Perencana – Badan Perencanaan Pembangunan Nasional atas kesempatan beasiswa dan penelitian. Terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Balai Taman Nasional Gunung Merbabu serta seluruh staf dalam mendukung dan memfasilitasi penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Kehutanan Solo. (2007). Kajian Kriteria dan Penetapan Zonasi Taman Nasional Merbabu. Solo.
- Dewi, K. (2009). *Forest Cover Change and Vulnerability of Gunung Merbabu National Park*. Tesis. Double Degree Program Universitas Gadjah Mada – International Institut for Geo-Information Science and Observation.
- Djaenudin, D., Marwan H., Subagjo, H., & A. Hidayat. (2011). *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Bogor. 36p
- FAO (Food & Agriculture Organization). (2001). *Global Forest Resources Assessment 2000: Main report*. FAO Forestry Paper 140. Rome.
- Hardjowigeno & Widiatmaka. (2007). *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Jacob, N., R. Krishnan, P. Raju, & J. Saibaba. (2008). *Spatial and Dynamic Modelling Techniques for Land Use Change Dynamics Study*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science. Vol. XXXVII. Part B2. Beijing 2008 : 37 – 43
- Kementerian Kehutanan. (2012). *Statistik Kehutanan Indonesia 2011*. Kementerian Kehutanan
- Lillesand, T.M., & R.W. Kiefer. (1997). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* Terjemahan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Munibah, K. (2008). *Model Spasial Perubahan Penggunaan Lahan dan Arahan Penggunaan Lahan Berawasan Lingkungan Studi Kasus DAS Cidanau, Provinsi Banten*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Republik Indonesia. (1990). Keputusan Presiden Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung.
- Republik Indonesia. (2006). Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 56 Tahun 2006 tentang Pedoman Zonasi Taman Nasional.
- Peraturan Daerah Provinsi DIY (2010). Peraturan Daerah Nomor 2 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2009-2029.
- Vliet, J.V., R.White, & S. Dragicevic. (2009). Modeling Urban Growth Using a Variable Grid Cellular Automation. *Computers, Environment and Urban Systems*. 33(1), 35–43.