

**ANCAMAN PERUBAHAN LAHAN KAWASAN HUTAN  
DI TAMAN NASIONAL LORE LINDU  
PROVINSI SULAWESI TENGAH, INDONESIA**

***THE THREAT OF LAND CHANGE FOREST AREA IN  
THE LORE LINDU NATIONAL PARK  
CENTRAL SULAWESI PROVINCE, INDONESIA***

Abdillah Munawir

Program Magister Studi Lingkungan, Sekolah Pascasarjana,  
Universitas Terbuka

abdillahmunawir@ecampus.ut.ac.id

**ABSTRAK**

*Pertumbuhan penduduk dapat menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan lahan secara drastis, terutama di sekitar daerah-daerah flora dan fauna di kawasan taman nasional. Tujuan penelitian ini menganalisis perubahan lahan hutan dan dampak yang mempengaruhi perubahan lahan hutan. Metode yang digunakan meliputi analisis Spasial Citra Satelit Landsat 7/8 dan analisis regresi logistik binner. Perubahan lahan secara keseluruhan pada wilayah Kawasan Taman Nasional Lore Lindu yang berada pada Kabupaten Sigi dan Donggala dianalisis dari data satelit Landsat tahun 1997, 2002, 2013, dan 2018. Hasil penelitian analisa interpretasi citra landsat diketahui bahwa kawasan hutan merupakan areal yang sangat signifikan mengalami perubahan menjadi areal penggunaan lahan lain; dengan perubahan luasan hutan 1997-2002 sebesar 218.362 ha, 2002-2013 sebesar 214.098 ha, dan 2013-2018 sebesar 210.830 ha. Masing-masing periode perubahan mempunyai rata-rata penurunan luasan kawasan hutan sebesar ±4.000 Ha. Dampak yang mempengaruhi peluang*

perubahan lahan hutan di kawasan Taman Nasional Lore Lindu berdasarkan hasil analisis regresi logistik biner adalah kepadatan penduduk ( $X_5$ ), jarak dari pemukiman ( $X_3$ ), jarak dari jalan raya ( $X_2$ ), jarak dari ibu kota ( $X_4$ ) dan kondisi topografi ( $X_1$ ). Dari kelima variabel tersebut, variabel kepadatan penduduk memiliki koefisien regresi negatif tertinggi yaitu sebesar  $-0,068$ . Persamaan regresi  $Y = -0,094X_1 - 0,157X_2 - 0,176X_3 - 0,083X_4 - 0,068X_5$ , dengan tingkat signifikansi  $0,001$  kurang dari  $0,05$  yang menunjukkan bahwa kelima faktor tersebut sangat mempengaruhi tingginya perubahan lahan di Taman Nasional Lore Lindu. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa peningkatan kepadatan penduduk di Taman Nasional Lore Lindu sangat berpengaruh signifikan pada penurunan luasan kawasan hutan sehingga diperlukan kebijakan pengelolaan kawasan Taman Nasional untuk membatasi laju peningkatan penduduk disekitar Taman Nasional Lore Lindu.

**Kata Kunci:** kawasan hutan, perubahan lahan, regresi logistik biner, taman nasional lore lindu

#### ABSTRACT

Population growth can cause drastic changes in land use, especially around flora and fauna areas in the national park area. The research objective is to analyze changes in forest land and the impacts that affect changes in forest land. The method used is spatial analysis of Landsat 7/8 satellite imagery and binary logistic regression analysis. Overall land change in the Lore Lindu National Park area in Sigi and Donggala Regencies using Landsat satellite data analysis for 1997, 2002, 2013 and 2018. The results of the analysis of Landsat image interpretation analysis show that the forest area is an area that has significantly changed into an area other land uses. The changes in forest area 1997-2002 of 218,362 ha, 2002-2013 of 214,098 ha, and 2013-2018 of 210,830 ha where each period of change averages a decrease in forest area of  $\pm 4,000$  Ha. Based on the results of binary logistic regression analysis, the impacts that affect the opportunities for changes in forest land in the Lore

Lindu National Park area are population density ( $X_5$ ), distance from settlements ( $X_3$ ), distance from main roads ( $X_2$ ), distance from the capital city ( $X_4$ ) and topographical conditions ( $X_1$ ). The five variables, the population density variable has the highest negative regression coefficient of  $-0.068$ . The regression equation  $Y = -0,094X_1 - 0,157X_2 - 0,176X_3 - 0,083X_4 - 0,068X_5$ , with a significance level of  $0.001$  less than  $0.05$  which indicates that these five factors greatly influence the high land change in Lore Lindu National Park. The results of this study explain that the increase in population density in Lore Lindu National Park has a significant effect on decreasing the area of forest area. Management policy for the National Park area is needed to limit the rate of increase in population around Lore Lindu National Park.

**Keywords:** forest area, land change, binary logistic regression, lore lindu national park

## PENDAHULUAN

Kawasan Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) di Provinsi Sulawesi Tengah ditetapkan sebagai kawasan perlindungan sumber daya alam seluas 229.000 hektar dengan Keputusan Menteri Kehutanan No. 593/kpts-ii/1993. Untuk keamanan Kota Palu, Kabupaten Donggala, dan Kabupaten Poso khususnya, TNLL merupakan zona penyangga yang penting (KLHK, 2017). Antara tahun 1999 dan 2002, luasan kawasan TNLL mengalami penurunan 2.200 hektar hutan alam yang dikonversi menjadi perkebunan dan tanaman pertanian (Erasmî, Andre, Ardiansyah, Malik & Kappas, 2004). Hal ini disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan yang sering terjadi di kawasan TNLL (Widjajanto, 2003).

Menurut Sitorus (2017), ketersediaan sumberdaya lahan dipengaruhi oleh variabel sosial, ekonomi, dan budaya. Hal ini, pada gilirannya, menyebabkan pergeseran pemanfaatan lahan secara berlebihan (Weismiller, Kristof, & Scholz, 1977). Perubahan penggunaan lahan dapat menyebabkan efek negatif yang tidak diinginkan pada ekosistem, seperti ketika berubahnya lahan hutan menjadi penggunaan lain sehingga menyebabkan berkurangnya keanekaragaman hayati (Meyer & Turner, 1994; Steininget al., 2002; Sandin, 2009). Perubahan penggunaan lahan dan perubahan penutupan lahan adalah penyebab signifikan atas terjadinya polusi air, tanah dan udara (Klein, Gessner, & Kuenzer, 2012; Anaba et al., 2017).

Perubahan lingkungan dan iklim dapat dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan (Liu, Kairé, Wood, Diallo, & Tieszen, 2004; Efromson et al., 2011). Sudah banyak diketahui bahwa perubahan penutupan lahan memainkan peran yang sangat penting di daerah skala global, dengan dampak terhadap fungsi ekosistem, jasa ekosistem, variabel biofisik dan manusia sehingga diperlukan kajian perubahan lahan menggunakan remote sensing dan kebijakan pemerintah (Meyer & Turner, 1994). Gambaran dari berbagai permasalahan global dan aktifitas yang terjadi pada kawasan TNLL berdampak pada perubahan penggunaan lahan,

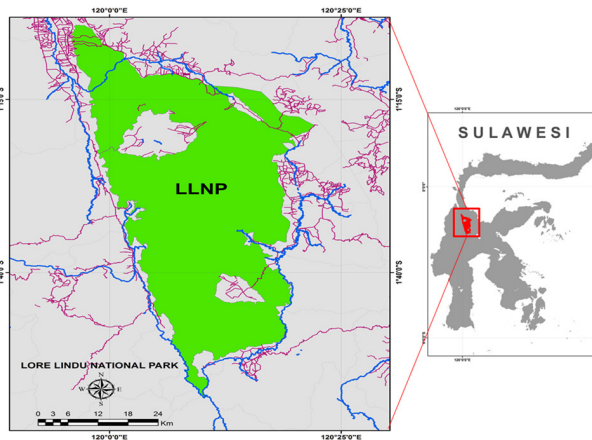
seperti: alih fungsi kawasan hutan yang mempengaruhi perubahan iklim global (Rauf, 2009). Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan penginderaan jauh menggunakan data remote sensing untuk mengetahui perubahan kondisi penggunaan lahan (June, Mejjide, Stiegler, Kusuma, & Knohl, 2018; Rusdiyanto & Munawir, 2023). Analisis simultan atribut penggunaan lahan dengan pemanfaatan penginderaan jauh diperlukan, sebagai cara untuk mengatasi masalah penggunaan lahan tersebut (Luneta et al., 2006; Setiawan & Kunihiro, 2012). Penelitian penggunaan lahan dan tutupan lahan diperlukan dalam memainkan peran penting, untuk memahami proses perubahan alam yang kompleks (Achard, Eva, Mayaux, Stibig, & Belward, 2004; Liu, Liu, Loveland, & Tieszen, 2008; Sellers et al., 1997).

Untuk memastikan bahwa ancaman kehilangan kawasan hutan TNLL dapat terus memenuhi peruntukannya dan untuk memastikan kelangsungan hidup keanekaragaman hayati TNLL dalam jangka panjang, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan di kawasan Taman Nasional Lore Lindu dan dampak signifikan yang sangat mempengaruhi laju berkurangnya tutupan lahan hutan. Penelitian elemen dinamis yang mendorong perubahan penggunaan lahan penting dilakukan untuk mengatasi masalah variasi penggunaan lahan yang berulang di Taman Nasional Lore Lindu; yang hasilnya dapat memberikan ruang bagi upaya pengendalian terjadinya deplesi kawasan hutan TNLL. Dengan demikian, fungsi TNLL dapat terjaga dengan baik dan juga digunakan sebagai masukan terhadap penyempurnaan pengelolaan dan pengembangan Taman Nasional Lore Lindu. Tujuan penelitian ini relevan dengan tema "*Trends in Science and Technology for Sustainable Living*", dalam rangka mewujudkan "kehidupan flora dan fauna yang berkelanjutan" khususnya di wilayah Taman Nasional Lore Lindu.

## METODE PENELITIAN

### 1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian di Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) Provinsi Sulawesi Tengah; lokasi penelitian ini secara geografis berada di antara *longitude* 119°58'00" –120°16'00" and *latitude* 1°8'00" – 1°3'00". Dataran Lembah Palu dan Dataran Lembah Palolo di utara, Dataran Lembah Napu di timur, Dataran Lembah Bada di selatan, serta Dataran Sungai Lariang dan Lembah Kulawi di barat membentuk batas TNLL. Sekitar 90% hutan di taman nasional ini terdapat di dataran tinggi, dan 10% sisanya terdapat di dataran rendah. Ujung TNLL paling barat laut merupakan tempat yang elevasinya paling rendah, sekitar 200 meter di atas permukaan laut (mdpl). Titik tertinggi adalah Gunung Nokilalaki (2.335 mdpl) dan Gunung Rorekatimbu (2.610 mdpl) yang berada di batas taman nasional bagian timur. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Maret tahun 2019 sampai dengan bulan Desember tahun 2019.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di Taman Nasional Lore Lindu

## 2. Bahan dan Metode

Sumber utama untuk analisis ini termasuk gambar satelit TNLL, data citra satelit yang digunakan tahun 2013 dan 2018 (Landsat 8), serta data citra tahun 1997 dan 2002 (Landsat 7). Dilanjutkan dengan menganalisis serangkaian *regresi logistik biner*, uji ini dapat memperoleh data luas perubahan lahan melalui interpretasi citra dengan sistem informasi geografis. ERDAS 2014, Google Earth Pro, dan ArcGIS 10.5 digunakan untuk mengetahui dinamika perubahan penggunaan lahan dan elemen yang berkontribusi dalam hasil pengolahan data; sedangkan analisis statistik dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel.

## 3. Prosedur Penelitian

Penginderaan jauh dan analisis geografis digunakan dalam penelitian ini. Delineasi lokasi studi dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik pengolahan citra digital (USGS, 2016). Perubahan tutupan lahan di wilayah studi dianalisis periode temporal (1997, 2002, 2013, dan 2018). Prosedur penelitian disajikan pada Gambar 2.

### a. Pre-image Processing

Pemrosesan citra landsat dimulai dengan penggambaran lokasi penelitian berdasarkan batas ekologis peta Taman Nasional Lore Lindu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Untuk menyesuaikan kesalahan dalam sistem koordinat (*grid*), data harus diubah menggunakan transformasi geometris (Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2004). Saat menggunakan ArcGIS 10, data citra satelit diproyeksikan ke UTM (*Universal Transverse Mercator*) Zone 51 S menggunakan datum WGS 84, karena data citra satelit yang mendasarinya memiliki koordinat yang berbeda (USGS, 2014). Hal ini diperlukan untuk mendapatkan nilai piksel yang tepat di lokasi tersebut. Distorsi atmosfer pada data citra satelit dapat dikoreksi dengan prosedur yang disebut koreksi radiometrik (USGS, 2016). Ada ketidaksesuaian antara Digital Number (DN) dan nilai sebenarnya, karena fenomena atmosfer yang menyebabkan benda-benda memantul di permukaan bumi. Kesalahan dalam mencerminkan permukaan atau kelengkungan bumi, arah sinar matahari, cuaca

dan kondisi atmosfer, serta variabel lainnya adalah semua masalah atmosfer yang perlu diperbaiki agar informasi yang lebih akurat dapat disajikan (Achar, Eva, Mayaux, Stibig, & Belward, 2004).

Mempertimbangkan kemungkinan piksel dikategorikan ke dalam kelompok tertentu, pendekatan klasifikasi digunakan sebagai metodologi klasifikasi (Trisakti & Nugroho, 2012). Hutan, kebun campur, ladang/tegalan, lahan terbangun, badan air, padang rumput, sawah, dan semak adalah 8 kategori yang dihasilkan dari metode ini. Sebagai langkah awal dalam mengkategorikan wilayah studi, peneliti memerlukan informasi di mana dan berapa banyak tutupan lahan yang berubah di sana. Kategorisasi terawasi dari 100 area perubahan, menggunakan inspeksi bantuan GPS, yang digunakan untuk membuat sistem kategorisasi penggunaan lahan. Data pada tahun 1997, 2002, 2013, dan 2018 direpresentasikan dalam foto citra digital yang dikumpulkan dan dianalisis. Akurasi Keseluruhan (OA) dan Kappa digunakan untuk mengevaluasi ketepatan hasil analisis kategorisasi (Howarth & Wickware, 1981; USGS, 2016; Jaya, 2015).

#### **b. Spatial Analysis**

Data analisis penginderaan jauh dikategorikan, dan kemudian analisis *overlay* digunakan untuk menentukan seberapa banyak badan air dan tutupan lahan telah berubah dari waktu ke waktu (Jaya, 2010). Hasil analisis klasifikasi, batas administrasi, permukiman, ibu kota, jalan, dan peta kepadatan penduduk dari Badan Pusat Statistik 2018 di-*overlay* dengan peta topografi Indonesia dari Badan Informasi Geospasial untuk dilakukan analisis spasial yang dimaksud dalam penelitian ini. ArcGIS digunakan untuk melakukan analisis geografis dari cakupan yang dihitung dari setiap kategori perubahan lahan untuk tahun 1997, 2002, 2013, dan 2018.

Perubahan lahan hutan menjadi lahan lainnya, serta kecepatan terjadinya, dapat dianalisis dengan menghitung jumlah area penggunaan lahan di lokasi penelitian untuk setiap kelas dan tahun (Jaya, 2015). Ketika dua atau lebih set data digunakan secara



bersamaan atau dalam domain yang sama, hasilnya adalah pendekatan operasional gabungan (Jaya, 2010). Keterkaitan spasial baru dalam pola perubahan lahan ditemukan dalam kumpulan data yang dihasilkan untuk tahun 1997, 2002, 2013, dan 2018.

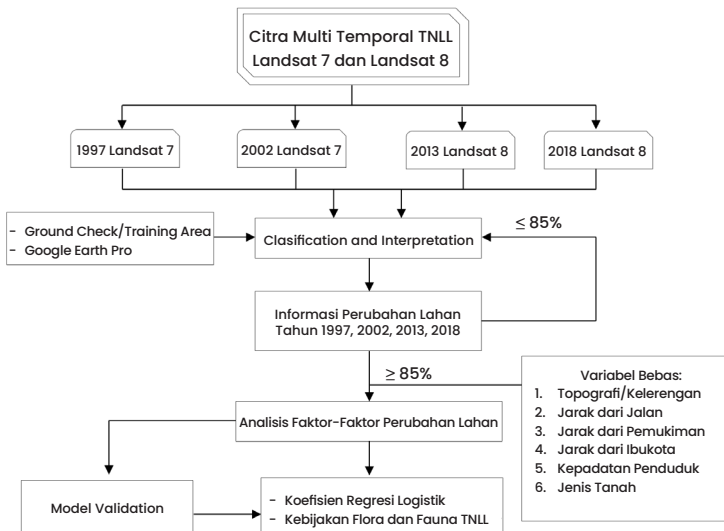
Dengan menggunakan proses semi-otomatis, peta kawasan TNLL di analisis terlebih dahulu, kemudian tempat-tempat yang mengalami perubahan diuraikan di data peta citra satelit. Selain itu, luas perubahan lahan diperoleh dengan digitalisasi peta kawasan TNLL. Keberhasilan digitalisasi manual sangat bergantung pada kemampuan penerjemah untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi tempat-tempat yang penggunaan lahan telah mengalami perubahan. Inspeksi dan pemeriksaan kondisi eksisting di lokasi yang ada tanda-tanda perubahan lahan dilakukan untuk memverifikasi temuan hasil citra satelit.

### c. Regresi Logistik Binner

Pola sebaran penggunaan lahan berdasarkan pemanfaatan fungsi kawasan dapat dipengaruhi oleh kepadatan penduduk (Prasetyo, Kartodihardjo, Okarada, Adiwibowo, & Setiawan, 2009), jarak jalan (Kumar, Nandy, Agarwal, & Kushwaha, 2014), jarak permukiman (Arekhi, 2011), jarak ibukota (Mahapatra & Kant, 2005), jarak kelerengan (Chen, Powers, de Carvalho, & Mora, 2015), dan jenis tanah (FAO, 2005). Proses perubahan penggunaan bersifat dinamis seiring dengan faktor yang menjadi ciri khas di suatu wilayah. Untuk memahami hubungan berbagai faktor pendorong yang dapat menyebabkan pergeseran pola penggunaan lahan, dapat diidentifikasi dengan analisis statistik terhadap lahan dengan *regresi logistik biner*. Ukuran nilai peluang atau *probabilitas* dapat menempatkan suatu peristiwa di mana saja antara 0 dan 1. Jika nilainya nol, maka tidak ada kemungkinan terjadinya perubahan lahan; dan jika nilainya satu, maka ada kemungkinan terjadinya perubahan lahan. Untuk tujuan *regresi logistik biner*, menggunakan persamaan Hosmer dan Lemeshow (1989):

$$\text{Log} \left[ \frac{Pi}{1 - Pi} \right] = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots \beta_n X_n \quad (1)$$

Analisis *regresi logistik* menggunakan pendekatan bertahap, di mana variabel independen ditambahkan ke model satu per satu dan disimpan dalam model hanya jika mereka memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik. Untuk memastikan bahwa variabel-variabel yang dimasukkan dalam model bermakna dalam hal penggunaan lahan, variabel independen yang tidak signifikan akan dihapus dari model. Sebagai efek samping, ini harus menghilangkan *multikolinearitas* antar variabel (Alikodra, 2012). Penggunaan lahan tahun 2000 digunakan sebagai variabel dependen selama penelitian ini. Kepadatan penduduk, topografi atau kemiringan lereng, jarak dari pusat kota, jarak dari jalan raya, jarak dari permukiman, dan jenis tanah merupakan variabel bebas yang digunakan untuk menganalisis wilayah TNLL Provinsi Sulawesi Tengah.

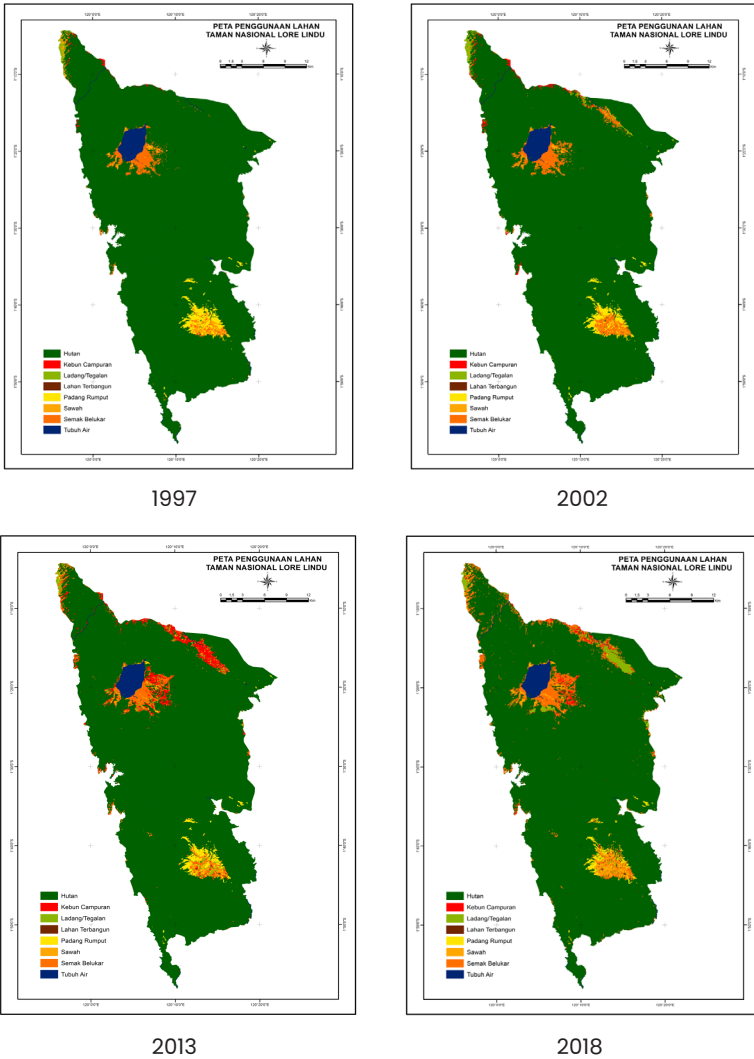


**Gambar 2.** Prosedur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

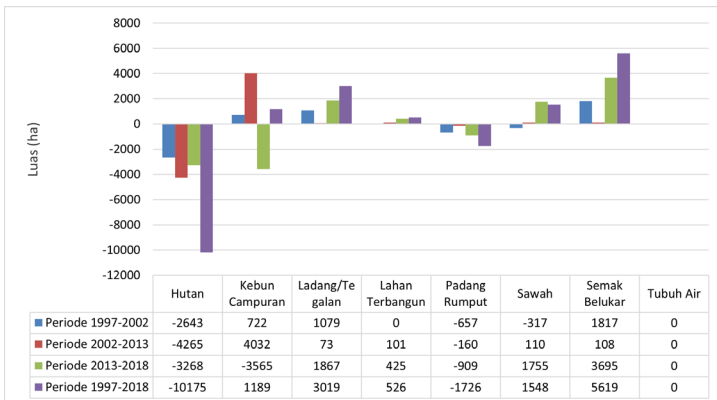
### 1. Perubahan Penggunaan Lahan TNLL

Ada berbagai alasan terjadinya penggunaan lahan, dan alasan ini mungkin berubah seiring waktu (Liu J, Liu S, Loveland, & Tieszen, 2008). Dinamika perubahan penggunaan lahan pada tahun 1997 digambarkan oleh temuan studi *geographic information system* (GIS) tentang interpretasi penggunaan lahan tahun 1997, 2002, 2013, dan 2018. Yusuf (2016) mengutip penelitian dari Zheng et al. (2004) menyarankan teknik GIS dapat digunakan untuk menganalisis dan memetakan bentuk nyata dari perubahan penggunaan lahan.



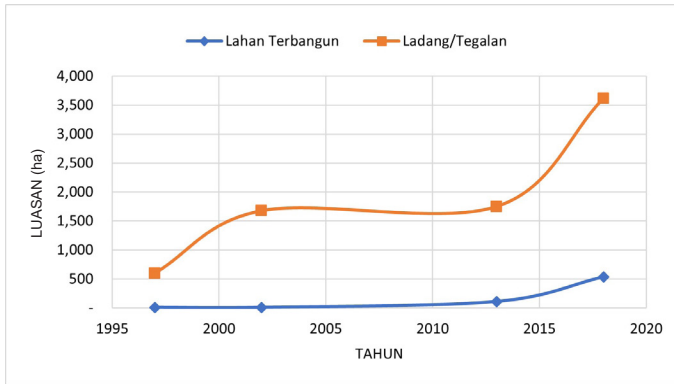
**Gambar 3.** Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1997, 2002, 2013, dan 2018

Kepadatan penduduk yang meningkat, ekonomi yang berkembang pesat, meningkatnya wisatawan, dan permintaan yang melonjak akan barang-barang pertanian semuanya berdampak pada penggunaan lahan di dalam dan sekitar Taman Nasional Lore Lindu (Barbier, Burgess, & Grainger, 2010; Rudel, et al., 2005; Easterlin, 1967).



**Gambar 4.** Peta Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 1997, 2002, 2013, dan 2018

Gambar 4 menunjukkan tren penurunan proporsi Taman Nasional Lore Lindu yang berhutan antara tahun 1997 sampai tahun 2018. Terdapat perbedaan tren penurunan yang sangat mencolok selama sepuluh tahun dengan periode rentan tahun 2002 hingga 2013 ketika luas hutan menyusut menjadi 214.098 ha, dan pada tahun 2018 luas hutan menjadi 210.830 ha, dari luasan 221.005 ha pada tahun 1997. Hasil ini sejalan dengan temuan Erasmi et al. (2004), yang menemukan bahwa proporsi hutan di Taman Nasional Lore Lindu terhadap total luas kawasan STORMA (*Stability Of Rain Forest Margins*) telah menurun dari waktu ke waktu.



**Gambar 5.** Grafik Perubahan Lahan Terbangun dan Ladang Tegalan TNLL

Pada periode 2013-2018 masih berdasarkan matriks transisi dan grafik, dinamika perubahan lahan yang terjadi sangat signifikan adalah penurunan luasan kawasan kebun campuran, diikuti perubahan lahan hutan dan padang rumput yang berubah menjadi empat penggunaan lain. Perubahan penggunaan lahan kawasan hutan merupakan kawasan yang mengalami penurunan yang cukup besar dari periode 1997 sampai 2018, diikuti dengan peningkatan yang cukup signifikan pada penggunaan lahan areal terbangun (permukiman) dan ladang/tegalan seperti disajikan Gambar 5. Pada periode tahun 1997-2018 terjadi perubahan yang sangat signifikan, ditunjukkan dengan besarnya penurunan luasan kawasan hutan dan padang rumput berubah menjadi lima penggunaan lain. Sementara itu, badan air tidak mengalami perubahan penggunaan lahan. Secara luasan, kawasan hutan adalah penggunaan lahan yang paling banyak terkonversi menjadi penggunaan lain yaitu seluas 10.175 ha selama periode tahun 1997 sampai dengan tahun 2018; sedangkan perubahan lahan padang rumput terkonversi seluas 1.726 ha.

**Tabel 1.** Luasan Kawasan Mengalami Perubahan Penggunaan Lahan di Dalam dan Luar Kawasan TNLL

Kawasan	Luas TNLL (ha)							
	1997	%	2002	%	2013	%	2018	%
Dalam kawasan	212.449	96,13	211.081	96,67	208.574	97,42	205.898	97,66
Luar kawasan	8.557	3,87	7.282	3,33	5.524	2,58	4.933	2,34
Jumlah	221.006	100,00	218.363	100,00	214.098	100,00	210.831	100,00

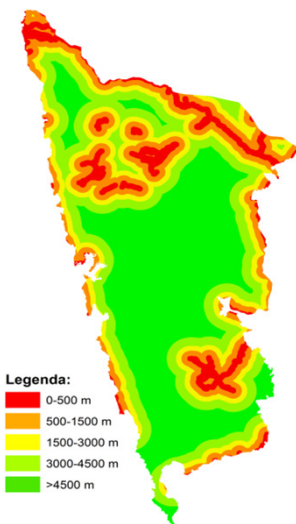
Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi sedikit penurunan luas hutan di dalam kawasan Taman Nasional Lore Lindu dari tahun 1997 hingga 2002 sebagai akibat dari perubahan penggunaan lahan; namun, tren ini berbalik selama periode sepuluh tahun dari tahun 2002 hingga 2013 dengan perubahan seluas 2.507 ha. Dari tahun 2013 hingga 2018, data penggunaan lahan menunjukkan pergeseran, yaitu dengan hilangnya kawasan hutan mencapai 2.676 ha hanya dalam waktu lima tahun. Kondisi ini mengakibatkan hampir semua tutupan lahan akibat pertambahan penduduk dan aktivitas ilegal logging di setiap distrik di sekitar TNLL telah mengalami perubahan di bagian hutannya (Munawir, June, Kusmana, & Setiawan, 2019). Ketika membandingkan perluasan kawasan hutan dengan perusakan atau penurunan kawasan hutan, ini menjadi suatu permasalahan serius dan menjadi ancaman keberlanjutan flora dan fauna endemic, dibandingkan dengan perubahan hutan menjadi penggunaan lahan lain di luar Taman Nasional Lore Lindu yang berubah secara signifikan antara tahun 1997 dan 2018 yaitu hutan di luar taman nasional menyusut 1.275 ha.

## 2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perubahan Lahan

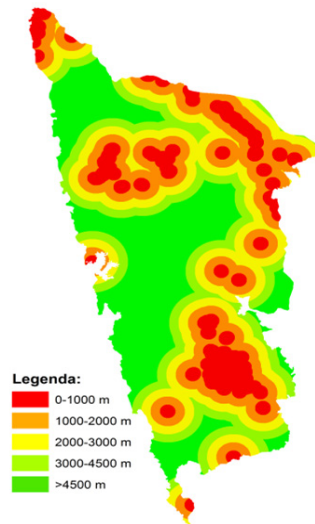
Enam variabel yang diduga mempengaruhi perluasan penggunaan lahan di Taman Nasional Lore Lindu dianalisis dengan menggunakan analisis *regresi logistik biner*. Hasil analisis variabel bebas antara lain kepadatan penduduk, jarak dari pemukiman, jarak dari jalan, jarak dari ibukota, kemiringan lereng, dan jenis tanah.

Keenam variabel ditata dalam bentuk spasial berdasar hasil analisis pada Gambar 6. Seperti yang ditunjukkan oleh analisis regresi logistik biner, lima faktor yaitu “jarak dari jalan”, “jarak dari pemukiman”, “jarak dari ibukota”, “kemiringan lereng”, dan “kepadatan penduduk” semuanya memiliki konstanta kurang dari 0,05 dengan nilai dari  $-0,370$ . Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kelima faktor tersebut dengan kenaikan perubahan penggunaan lahan di TNLL; namun, variabel jenis tanah tidak berpengaruh terhadap perubahan penggunaan lahan pada tingkat signifikansi 0,05 (setara dengan 0,565). Pengaruh laju perubahan lahan dapat dilihat dengan melakukan analisis spasial untuk mengetahui besarnya perubahan pada setiap arah perubahan. Ukuran data logistik biner dengan angka biner 0 (tidak berubah) atau biner 1 (berubah) akan mempengaruhi arah perubahan pada dua indeks yang dievaluasi. Tabel 2 menampilkan koefisien regresi dan tingkat signifikansi untuk setiap variabel independen yang ditentukan oleh analisis regresi logistik biner.

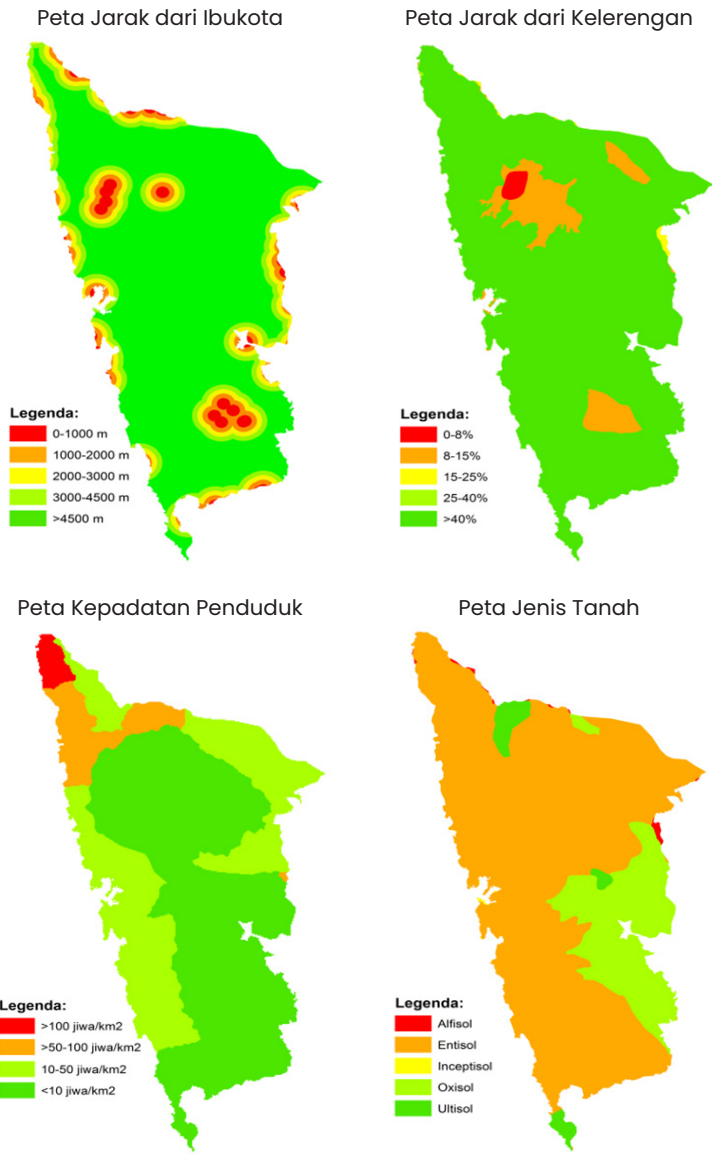
Peta Jarak dari Jalan



Peta Jarak dari Pemukiman







**Gambar 6.** Peta Faktor Independen Perubahan Lahan di Taman Nasional Lore Lindu

Persamaan regresi  $Y = -0,094X_1 - 0,157X_2 - 0,176X_3 - 0,083X_4 - 0,068X_5$ , dimana  $Y$  (Penggunaan Lahan),  $X_1$  (Kemiringan),  $X_2$  (Jarak Jalan),  $X_3$  (Jarak Permukiman),  $X_4$  (Jarak ke Ibukota), dan  $X_5$  (Kepadatan Penduduk), menunjukkan bahwa kepadatan penduduk memiliki nilai koefisien negatif tertinggi, yaitu  $-0,068$ . Temuan penelitian ini konsisten dengan penelitian lain yang menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi merupakan penentu utama tingginya laju konversi lahan di kawasan hutan (Kothke, Leischner, & Elsasser, 2013; Lambin & Meyfroidt, 2010; Mather, 1992).

Data statistik yang terkumpul kemudian digunakan untuk memeriksa kesesuaian variabel independen dalam proses konstruksi model yang dibangun melalui penerapan fungsi uji *Hosmer* dan *Lemeshow*. Jika nilai signifikansi uji *Hosmer* dan *Lemeshow* lebih dari ambang batas signifikansi  $0,005$ , maka model dianggap layak atau fit dengan variabel penduga. Dengan nilai *P-value of goodness of fit* sebesar  $0,059$  (di atas  $0,05$ ), sebagaimana ditentukan oleh uji *Hosmer* dan *Lemeshow*, model yang dihasilkan konsisten dengan data empiris, artinya dapat memprediksi secara akurat nilai observasi atau berdistribusi normal.

**Tabel 2.** Taraf Signifikansi dan Koefisien Regresi Variabel Bebas

Coefficients <sup>a</sup>						
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	1.199	.037		32.639	.000
	Kemiringan	-.036	.005	-.094	-6.622	.000
	Jarak jalan	-.070	.006	-.157	-11.330	.000
	Jarak permukiman	-.062	.004	-.176	-13.908	.000
	Jarak ibukota	-.032	.005	-.083	-5.937	.000
	Kepadatan	-.035	.007	-.068	-4.721	.000
	Jenis tanah	-.004	.006	-.007	-.575	.565

a. Dependent Variable: Perubahan lahan

Model validasi dilaksanakan dengan membandingkan akurasi keseluruhan dan akurasi Kappa dari temuan kategorisasi, analisis perubahan penggunaan lahan dipastikan akurat. Menghitung akurasi umum melibatkan pembagian jumlah piksel yang berhasil diidentifikasi di semua kelas dengan jumlah total piksel yang digunakan. Karena akurasi umum hanya membutuhkan piksel yang terklasifikasi dengan baik dalam proses komputasi, akurasi ini akan menghasilkan pengukuran yang cenderung berlebihan. Untuk saat ini, akurasi Kappa disarankan untuk mengevaluasi hasil klasifikasi selain akurasi umum (Gwet, 2002). Akurasi Kappa dihitung hanya menggunakan piksel yang juga digunakan untuk mengevaluasi akurasi umum dari hasil klasifikasi, sehingga memberikan evaluasi hasil klasifikasi yang lebih tepat daripada akurasi umum. Pada investigasi ini, nilai Kappa untuk kategorisasi menemukan perubahan penggunaan lahan di Taman Nasional Lore Lindu sebesar 86,6%, dengan nilai akurasi keseluruhan sebesar 88,9%; hal ini menjelaskan bahwa hasil akurasi dari data penelitian sangat baik dan sangat diterima oleh model.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis interpretasi citra Landsat, kawasan hutan di Taman Nasional Lore Lindu merupakan kawasan yang mengalami perubahan signifikan terhadap kawasan penggunaan lahan lainnya, dan perubahan tersebut telah berlangsung cukup lama, sejak ditetapkannya kawasan tersebut sebagai kawasan hutan. Kawasan konservasi TNLL telah mengalami perubahan dimulai pada tahun 1997, selama kurang lebih 22 tahun. Perubahan luasan hutan periode 1997-2002 sebesar 218.362 ha, 2002-2013 sebesar 214.098 ha, dan 2013-2018 sebesar 210.830 ha dimana masing-masing periode perubahan rata-rata penurunan luasan kawasan hutan sebesar  $\pm 4.000$  Ha. Hasil analisis *regresi logistik binner* dengan uji beberapa faktor perubahan lahan diperoleh kesimpulan bahwa variabel yang signifikan berpengaruh terhadap laju penggunaan lahan adalah kepadatan penduduk dan jarak

dari permukiman, dengan persamaan  $Y = -0,094X_1 - 0,157X_2 - 0,176X_3 - 0,083X_4 - 0,068X_5$ . Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa peningkatan kepadatan penduduk di Taman Nasional Lore Lindu sangat berpengaruh signifikan pada penurunan luasan kawasan hutan; sehingga diperlukan kebijakan pengelolaan kawasan Taman Nasional dengan membatasi laju peningkatan penduduk disekitar Taman Nasional Lore Lindu. Kebijakan pengelolaan ini dapat mengurangi kerusakan hutan, sehingga mendukung kehidupan flora dan fauna yang berkelanjutan (*sustainable living*) di Taman Nasional Lore Lindu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achard, F., Eva, H.D., Mayaux, P., Stibig, H.J., & Belward, A. (2004). Improved estimates of net carbon emissions from land cover change in the tropics for the 1990s. *Global Biogeochem. Cycles* 18, 1–11. doi:10.1029/2003 GB002142.
- Anaba, L.A., Banadda, N., Kiggundu, N., Wanyama, J., Engel, B., & Moriasi, D. (2017). Application of SWAT to assess the effect of land use change in the Murchison Bay Catchment in Uganda. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*. 6: 24–40.
- Alikodra, H.S. (2012). *Konservasi sumber daya alam dan lingkungan pendekatan ecosophy bagi penyelamatan bumi*, cetakan ke-1, Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Arekhi, S. (2011). Modelling spatial pattern of deforestation using GIS and logistic regression: A case study of Northern Ilam Forests, Ilam Province, Iran. *African Journal of Biotechnology*. 10(72): 16236–16249
- Barbier, E.B., Burgess, J.C., & Grainger, A. (2010). The forest transition: Towards a more comprehensive theoretical framework. *Land Use Policy*. 27(2): 98–107. doi: 10.1016/j.landusepol.2009.02.001
- Chen, G., Powers, R.P., de Carvalho, L.M.T., & Mora, B. (2015). Spatiotemporal patterns of tropical deforestation and forest degradation in response to the operation of the Tucuruí Hydroelectric Dam in the Amazon Basin. *Applied Geography*, 63: 1–18.
- Efroymson, D., Pham, H. A., Jones, L., Fitzgerald, S., Thu, L. T., & Hien, L. T. T. (2011). Tobacco and poverty: Evidence from Vietnam. *Tobacco Control*, 20(4), 296–301.

- Easterlin, R.A. (1967). Effects of population growth on the economic development of developing countries. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*. 369(1): 98-108. doi:10.1177/000271626736900110
- Erasmî, S., André, T., Ardiansyah, M., Malik, A., & Kappas, M. (2004). Mapping deforestation and land cover conversion at the rainforest margin in Central Sulawesi, Indonesia. *EARSel eProceedings* 3, 3/2004.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (2005). *The situation and developments in the forest sector*. Roma (IT) : FAO
- Gwet, K. (2002). Kappa statistic is not satisfactory for assessing the extent of agreement between raters. *Stat. Methods Inter-Rater Reliab Assess*. 76, 378-382.
- Howarth, P. J., & Wickware, G. M. (1981). Procedures for change detection using Landsat digital data. *International Journal of Remote Sensing*, 2(3), 277-291.
- Hosmer, D. W., & Lemeshow, S. (1989). *Applied logistic regression*. John Wiley & Son Inc. New York.
- Jaya, I. N. S. (2010). *Analisis citra digital: Perspektif penginderaan jarak jauh untuk pengelolaan sumberdaya alam*. IPB Press, Bogor (ID).
- Jaya, I. N. S. (2015). *Analisis citra digital: Perspektif penginderaan jauh untuk pengelolaan sumber daya alam: Teori dan praktek menggunakan erdas imagine*. IPB Press.
- June, T., Meijide, A., Stiegler, C., Kusuma, A.P., & Knohl, A. (2018). The influence of surface roughness and turbulence on heat fluxes from an oil palm plantation in Jambi, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 149: 1-11.

- Klein, I., Gessner, U., & Kuenzer, C. (2012). Regional land cover mapping and change detection in Central Asia using MODIS time-series. *Appl. Geogr.* 35, 219–234. doi:10.1016/j.apgeog.2012.06.016.
- KLHK, [Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan]. (2017). *Kawasan Taman Nasional Lore Lindu*. Jakarta.
- Kumar, R., Nandy, S., Agarwal, R., & Kushwaha, S.P.S. (2014). Forest cover dynamics analysis and prediction modeling using logistic regression model. *Ecological Indicator*.45: 444-455.
- Kothke, M., Leischner, B., & Elsasser, P. (2013). Uniform global deforestation patterns - an empirical analysis. *Forest Policy and Economics*. 28: 23-37. doi: 10.1016/j.forpol.2013.01.001
- Luneta, R.S., Joseph, F.K., Jayantha, E., John, G., Lyon, L., & Dorsey, W. (2006). Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Journal Remote Sensing of Environment*. Las Vegas, NV 89119, USA.
- Liu, J., Liu, S., Loveland, T.R., & Tieszen, L.L. (2008). Integrating remotely sensed land cover observations and a biogeochemical model for estimating forest ecosystem carbon dynamics. *Ecol. Modell.* 219, 361–372. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2008.04.019.
- Liu, S., Kairé, M., Wood, E., Diallo, O., & Tieszen, L.L. (2004). Impacts of land use and climate change on carbon dynamics in south-central Senegal. *J. Arid Environ.* 59, 583–604. doi:10.1016/j.jaridenv.2004.03.023.
- Lillesand, T.M, Kiefer, R.W., & Chipman, J.W. (2004). *Remote sensing and image interpretation*. Fifth Edition. Denver (US): John Wiley & Sons, Inc.

- Mahapatra, K., & Kant, S. (2005). Tropical deforestation: a multinomial logistic model and some country-specific policy prescriptions. *Forest Policy and Economics*. 7(1): 1-24.
- Mather, A.S. (1992). The forest transition. *Area*. 24(4): 367-379.
- Meyer, W.B., & Turner, B.L. II, (Eds.). (1994). *Changes in land use and land cover: A global perspective*. Cambridge: Cambridge University Press, xi+537 pp. £35.00 cloth ISBN: 0 521 47085 4
- Munawir, A. (2017). Kajian dampak lingkungan kegiatan penambangan tanah timbun di Kota Kendari. *Hasanuddin Student Journal*. Vol. 1 No. (2): 109-119, Desember 2017P-ISSN: 2579-7859, E-ISSN: 2579-7867. Universitas Hasanuddin.
- Munawir, A., June, T., Kusmana, C., & Setiawan, Y. (2019). Dynamics factors that affect the land use change in the Lore Lindu National Park. Proceeding of SPIE 11372. Event: Sixth Internasional Symposium on LAPAN-IPB Satellite. Bogor (ID). <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/11372/2542812/Dynamics-factors-that-affect-the-land-use-change-in-the/10.1117/12.2542812>. short
- Munawir, A., Nurhasanah., Rusdiyanto, E., & Muna, S.U.N. (2022). Kebijakan pemanfaatan hutan mangrove berkelanjutan dengan teknik interpretative structural modeling di Taman Nasional Rawa Aopa, Sulawesi Tenggara. *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*. DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/marina.v8i2.11693>  
<http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/mra>.
- Prasetyo, L.B., Kartodihardjo, H., Okarada, B., Adiwibowo, S., & Setiawan, Y. (2009). Spatial model approach on deforestation of Java Island, Indonesia. *Journal of Integrated Field Sciences*. 37(6): 37-44



- Rauf, A. (2009). *Intersepsi hujan dan pengaruhnya terhadap pemindahan energi dan massa pada hutan tropika basah*. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Rudel, T.K., Coomes, O.T., Moran, E., Achard, F., Angelsen, A., Xu, J., & Lambin, E. (2005). Forest transitions: Towards a global understanding of land use change. *Global Environmental Change*. 15(1): 23–31. doi:10.1016/j.gloenvcha.2004.11.001
- Rusdiyanto, E., & Munawir, A. (2023). New built land threat of Martapura River: Implementation of environmental sustainability in Banjarmasin City, South Kalimantan, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*. ISSUE: 5/2023 vol. 24. DOI:10.12911/22998993/161759
- Sandin, L. (2009). The relationship between land-use, hydromorphology and river biota at different spatial and temporal scales: a synthesis of seven case studies. *Fundamental and Applied Limnology*. 174(1): 1–5.
- Sellers, P.J., Dickinson, R.E., Randall, D.A., Betts, A.K., Hall, F.G., Berry, J.A., ... Henderson-Sellers, A. (1997). Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. *Science* (80). 275, 502–209.
- Setiawan, Y., & Kuniyiko, Y. (2012). Change detection in land-use and land-cover dynamics at a regional scale from modis time series imagery. *Journal Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, isprsannals-1-7-243.
- Sitorus, S.R.P. (2017). *Perencanaan penggunaan lahan*. IPB Press Pub., Bogor (ID).

- Steininger, M.K., Tucker, C.J., Townshend, J.R.G., Killeen, T.J., Desch, A., Bell, V., & Ersts, P. (2002). Tropical deforestation in the Bolivian Amazon. *Environ. Conserv.* 28, 127–134. doi:10.1017/S0376892901000133
- Trisakti, B., & Nugroho, G. (2012). Standarisasi koreksi data satelit multiwaktu dan multisensor (Landsat TM/ETM+ dan SPOT-4). *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 9, 25–34.
- [USGS] United States Geological Survey. (2016). *Landsat 8 (L8) data users handbook*. Department of the Interior U.S. Geological Survey.
- [USGS] United States Geological Survey. (2014). Landsat 8 OLI (operational land imager) and TIRS (thermal infrared sensor) [Internet]. [diacu 2015 Januari 6]. Tersedia dari <http://landsat.usgs.gov>.
- Weismiller, R., Kristof, S., & Scholz, D. (1977). Change detection in coastal zone environments. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 43(12), 1533–1539.
- Widjajanto, D. (2003). *Degradasi lahan dikawasan Taman Nasional Lore Lindu dan sekitarnya*. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Zheng, L., Chen, C., & Frank, Y.Z. (2004). Development of water quality model in the Sattila River Estuary, Georgia.