

MODEL SPASIAL DEFORESTASI DI KABUPATEN KONAWE UTARA DAN KONAWE PROVINSI SULAWESI TENGGARA

(Deforestation Spatial Model In North Konawe And Konawe Districts South East Sulawesi Province)

HARIAJI SETIAWAN^{1,2}, I NENGAH SURATI JAYA³, NINING PUSPANINGSIH⁴

¹⁾Program Studi Ilmu Pengelanaan Hutan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Kampus Dramaga, Bogor 16680, Indonesia,

²⁾ Dinas Kehutanan Kabupaten Konawe Utara, Jl. Poros Trans Sulawesi, Kel. Wanggudu, Konawe Utara

^{3,4)} Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor
Email: setiawanhariaji@ @gmail.com Telp: +6285214101383

Diterima 11 Maret 2015 / Disetujui 23 April 2015

ABSTRACT

Deforestation is now becoming a global concern due to its effect on the global warming. This paper describes a dynamic change of deforestation and spatial modeling for predicting deforestation in North Konawe and Konawe Districts, Southeast Sulawesi Province. The study objective is to examine and analyze the variety of explanatory variables related to the process of deforestation at each deforestation typology. The data used for the analysis include Multitemporal Landsat images acquired in 1997, 2000, 2005, 2010 and 2013, the existing land cover maps published by the Ministry of Forestry, statistical data and ground truth. All district within the study area were classified into two typologies on the basis of social and economic factors by using clustering approaches, i.e., low-speed and high-speed deforestation district. To analyze model and predictions using land cover data in 2005, 2010 and 2013. The study found that the spatial model of deforestation for low-speed deforestation area is Logit (Deforestation) = $-1.0998 - 0.017031 * Kpd05_{(population\ density)} - 0.000095 * JJ_{(distance\ from\ road)} - 0.000419 * JS_{(distance\ from\ the\ river)} - 0.002057 * JH05_{(distance\ from\ forest\ edge)} - 0.00001 * Jpmk05_{(distance\ from\ settlements)} - 0.000019 * JPlc05_{(distance\ to\ the\ mixture\ of\ dry\ land\ agriculture)} + 0.016305 * S_{(slope)} + 0.084348 * E_{(elevation)}$ high-speed deforestation area is Logit (Deforestation) = $-1.2361 - 0.062622 * Kpd05_{(population\ density)} - 0.000008 * JJ_{(distance\ from\ road)} - 0.00001 * JS_{(distance\ from\ the\ river)} - 0.005443 * JH05_{(distance\ from\ forest\ edge)} - 0.000077 * Jpmk05_{(distance\ from\ settlements)} - 0.000067 * JPlc05_{(distance\ to\ the\ mixture\ of\ dry\ land\ agriculture)} + 0.469883 * S_{(slope)} + 0.300739 * E_{(elevation)}$. The low-speed and high-speed deforestation models had ROC (Relative Operating Characteristics) of 93.48% and 97.71%, respectively. The study concludes that typology could be made on the basis of population density and the amount of dry land with wetland. The results of this study showed that there are eight explanatory variables that significantly affect deforestation probability, namely population density, distance from road, distance to the river distance from the forest edge, distance to settlement, distance to the mixture of dryland agriculture, slope, elevation and.

Keywords: deforestation, konawe, logistic model, spatial model, typology

ABSTRAK

Deforestasi menjadi perhatian dunia karena perannya dalam pemanasan global. Berdasarkan hal itu, tulisan ini mempelajari dinamika deforestasi dan model spasial prediksi deforestasi di Kabupaten Konawe Utara dan Konawe Provinsi Sulawesi Tenggara. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan menganalisis berbagai variable penjelas terkait dengan proses deforestasi dan memprediksi terjadinya deforestasi berdasarkan pengelanaan wilayah (tipologi) menggunakan model regresi logistik. Data yang digunakan untuk analisis meliputi gambar Landsat Multitemporal yang diperoleh pada tahun 1997, 2000, 2005, 2010 dan 2013, peta tutupan lahan yang diterbitkan oleh Departemen kehutanan, data statistik dan pembuktian lapang. Semua kecamatan di wilayah studi digolongkan menjadi dua tipologi atas dasar faktor-faktor sosial dan ekonomi dengan menggunakan pendekatan clustering, yaitu deforestasi kecepatan rendah dan kecepatan tinggi. Untuk menganalisis model dan prediksi menggunakan data tutupan lahan tahun 2005, 2010 dan 2013. Studi ini menemukan bahwa model spasial deforestasi untuk wilayah deforestasi kecepatan rendah Logit (Deforestasi) = $-1.0998 - 0.017031 * Kpd05_{(kepadatan\ penduduk\ tahun\ 2005)} - 0.000095 * JJ_{(jarak\ dari\ jalan)} - 0.000419 * JS_{(jarak\ dari\ sungai)} - 0.002057 * JH05_{(jarak\ dari\ hutan\ tahun\ 2005)} - 0.00001 * Jpmk05_{(jarak\ dari\ pemukiman\ tahun\ 2005)} - 0.000019 * JPlc05_{(jarak\ dari\ pertanian\ lahan\ kering\ campur\ tahun\ 2005)} + 0.016305 * S_{(kemiringan)} + 0.084348 * E_{(elevasi)}$, spasial deforestasi untuk wilayah deforestasi kecepatan tinggi Logit (Deforestasi) = $-1.2361 - 0.062622 * Kpd05_{(kepadatan\ penduduk\ tahun\ 2005)} - 0.000008 * JJ_{(jarak\ dari\ jalan)} - 0.00001 * JS_{(jarak\ dari\ sungai)} - 0.005443 * JH05_{(jarak\ dari\ hutan\ tahun\ 2005)} - 0.000077 * Jpmk05_{(jarak\ dari\ pemukiman\ tahun\ 2005)} - 0.000067 * JPlc05_{(jarak\ dari\ pertanian\ lahan\ kering\ campur\ tahun\ 2005)} + 0.469883 * S_{(kemiringan)} + 0.300739 * E_{(elevasi)}$. Model deforestasi kecepatan rendah dan kecepatan tinggi masing-masing memiliki ROC (Karakteristik Operasi Relatif) sebesar 93,48% dan 97,71%. Studi ini menyimpulkan bahwa tipologi dapat dibuat atas dasar kepadatan penduduk dan luas lahan kering sawah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ada delapan peubah yang signifikan mempengaruhi peluang deforestasi, yaitu kepadatan penduduk, jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari tepi hutan, jarak dari pemukiman, jarak dari pertanian lahan kering campur, slope dan elevasi

Kata kunci: deforestasi, konawe, model logistik, model spasial, tipologi

PENDAHULUAN

Salah satu persoalan yang muncul akibat salah kelola dalam pembangunan kehutanan dan maraknya aktivitas di luar sektor kehutanan adalah deforestasi. Deforestasi didefinisikan sebagai perubahan secara permanen dari areal berhutan menjadi tidak berhutan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia dan bencana alam (Permenhut P.30/Menhut-II/2009). Kejadian deforestasi di negara-negara berkembang seperti Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor dan sangat kompleks. Penelitian Sasaki *et al.* (2011) menemukan sekitar 10 peubah yang menjadi pemicu terjadinya deforestasi yaitu : (a) penjualan lahan, (b) pembangunan pemukiman, (c) pembukaan ladang/kebun, (d) pencarian kayu bakar, (e) kebakaran hutan alami, (f) pembakaran untuk persiapan lahan, (g) pembalakan liar untuk komersil, (h) pembalakan liar untuk kebutuhan lokal, (i) pembangunan perkebunan dan (j) bencana alam. Semua hal tersebut tidak terlepas dari kepadatan penduduk yang merupakan salah satu peubah penyebab deforestasi di Indonesia (Sunderlin dan Resosudarmo 1996).

Sulawesi Tenggara mengalami deforestasi sekitar 63.7 ribu ha/tahun pada periode 2000–2009 dan luas lahan berhutannya sekitar 1.4 juta ha (Dirjen Planologi 2009). Bila laju deforestasi tidak berubah maka 20 tahun kemudian lahan berhutan di Sulawesi Tenggara dimungkinkan akan hilang. Begitu juga yang akan terjadi di Konawe Utara dan Konawe sebagai kabupaten di Sulawesi Tenggara yang luas kawasan hutannya 374.784 ha dari 500.339 ha luas wilayah Konawe Utara dan 437.722 ha dari 666.652 ha wilayah Konawe. Terdiri dari Hutan Lindung (HL), Hutan Produksi (HP), Taman Hutan Raya (Tahura), Taman Nasional (TN), Taman Wisata Alam Laut (TWAL) (BPS 2013). Kepadatan penduduk serta aktivitas perekonomiannya seiring dengan pembangunan daerah membuat kebutuhan akan lahan semakin meningkat, sehingga lahan hutan akan menjadi pilihan untuk dieksploitasi.

Maraknya penjarahan hutan (*illegal logging*) serta pembukaan wilayah hutan oleh perusahaan tambang dan perkebunan sawit ditengarai mempercepat laju kerusakan hutan di Konawe Utara dan sekitarnya (Wihardandi 2012). Dampak deforestasi di Konawe dan Konawe Utara yaitu terbentuknya lahan yang rawan erosi dan bencana longsor maupun banjir. Fakta menunjukkan bahwa sedikitnya 7 (tujuh) desa di 2 (dua) kecamatan Kabupaten Konawe Utara terendam banjir selama dua hari, pada bulan Juli 2012 dan bencana banjir ini terulang kembali dengan luasan yang lebih besar di 35 desa pada 6 kecamatan di Kabupaten Konawe Utara dan 21 desa/kelurahan di 6 Kecamatan di Kabupaten Konawe pada bulan Juli 2013 (BPBD Sultra 2013). Oleh karena itu perlu upaya mendeteksi dan mendapatkan informasi tentang deforestasi yang terjadi serta faktor penyebabnya secara akurat dan cepat. Hal ini dapat ditunjang dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan pendekatan berbasis spasial.

Berdasarkan hal tersebut di atas, penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan model deforestasi yang terjadi di Kabupaten Konawe Utara dan Konawe periode 2005–2013, dengan tujuan khusus yang akan dicapai yaitu mengidentifikasi laju deforestasi di Kabupaten Konawe Utara dan Konawe beserta kawasan hutannya selama periode tahun 1997–2013, mengidentifikasi faktor pendorongnya (*driving force*) di Kabupaten Konawe Utara dan Konawe baik dari aspek biofisik maupun sosial ekonomi masyarakat dengan pendekatan tipologi.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Konawe Utara dan Konawe Propinsi Sulawesi Tenggara. Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan yakni tahap persiapan, pengumpulan data dan survey lapang dilakukan bulan Juni–Agustus 2013 serta tahap analisis dan pembahasan dilakukan di Laboratorium Remote Sensing dan GIS Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, adalah: citra satelit yaitu Citra Landsat tahun 1997, 2000, 2005, 2010, dan 2013, peta Lereng, peta Elevasi, peta rupa bumi Indonesia (RBI), peta administrasi dan data statistik kabupaten dalam angka Konawe dan Konawe Utara tahun 2005, 2010 dan 2013.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Global Positioning System* (GPS), kamera digital, rekorder dan daftar isian (*tally sheet*) untuk pengamatan di lapangan. *Hardware* yang digunakan adalah seperangkat PC (*personal computer*). *Software* yang digunakan untuk pengolahan dan analisis data yakni ERDAS Imagine, Arcview 3.2 dengan extention Kappa dan Dendogram (Jaya's), Arc GIS 9.3, IDRISI, Google Earth, SPSS, Minitab dan Microsoft Excel.

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data lapangan. Data sekunder yang dikumpulkan dari inventarisasi dan penelusuran data, baik pada buku, peta, internet, peraturan perundang-undangan, penelitian terdahulu maupun dari beberapa instansi terkait baik instansi pemerintah di daerah maupun pusat atau instansi/lembaga independen lainnya. Meliputi perolehan data spasial, penyeragaman sistem proyeksi peta, konversi format data. Data lapangan diambil berdasarkan *purposive sampling* dengan pertimbangan kemudahan aksesibilitas dan ketersebaran titik contoh. Pengambilan titik contoh dapat mewakili masing-masing klasifikasi penutupan lahan. Data lainnya berupa wawancara tidak terstruktur dengan masyarakat, lembaga swadaya masyarakat (LSM) dan pemerintah setempat sebagai referensi untuk membantu mengetahui perubahan hutan dan faktor pendorong terjadinya deforestasi di wilayah penelitian.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi lima tahapan analisis data yaitu analisis deforestasi, analisis laju deforestasi, identifikasi faktor penyebab deforestasi, pembangunan tipologi dan model spasial deforestasi.

Analisis Deforestasi

Deforestasi didapatkan dengan menganalisis perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kabupaten

Konawe Utara dan Konawe, baik itu sebaran dan luasnya. Penelitian ini menggunakan analisis citra Landsat TM, ETM+ dan OLI tahun 1997, 2000, 2005, 2010 dan 2013 (Tabel 1). Data citra Landsat diunduh dari USGS (*United States Geological Survey*) yang diolah menggunakan *software* ERDAS *Imagine* dan Sistem Informasi Geografi (SIG). Data referensi menggunakan peta tutupan lahan Kementerian Kehutanan, Google Earth, dan wawancara.

Tabel 1. Data Citra Lansat TM, ETM+ dan OLI

Path/Raw	Year									
	1997		2000		2005		2010		2013	
	Image	Date	Image	Date	Image	Date	Image	Date	Image	Date
113/062	Landsat TM	17-10-1977	Landsat EIM+	21-01-2001	Landsat EIM+	12-08-2005	Landsat EIM+	30-11-2010	Landsat OLI/TIRS	29-10-2013
113/063	Landsat TM	15-09-1997	Landsat EIM+	02-09-2001	Landsat EIM+	12-08-2005	Landsat EIM+	20-04-2010	Landsat OLI/TIRS	29-10-2013
112/063	Landsat TM	08-09-1997	Landsat EIM+	13-12-2000	Landsat EIM+	30-09-2005	Landsat EIM+	17-09-2009	Landsat OLI/TIRS	29-04-2013

Tipe tutupan lahan yang dihasilkan dari analisis citra Landsat dengan tahapan sebagai berikut: koreksi geometrik dan radiometrik (*histogram matching*), *color composite*, metode klasifikasi visual dengan digitasi pada layer (*on screen digital*) dan uji akurasi (*overall accuracy* dan *kappa accuracy*).

Analisis Laju Deforestasi

Analisis laju deforestasi yang terjadi dilakukan dengan menghitung laju deforestasi dari data analisis deforestasi masing-masing periode. Laju deforestasi tahunan dihitung dengan menggunakan persamaan (Fearnside 1993):

$$r = (A1 - A2)/(t2-t1)$$

Keterangan: r = laju tahunan perubahan penutupan hutan; t = waktu (tahun); A = tutupan hutan (ha)

Identifikasi Faktor Penyebab Deforestasi

Menurut Wyman dan Stein (2010), Arekhi dan Jafarzadeh (2012), Kumar *et al.* (2014) faktor aksesibilitas yaitu; jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari pemukiman, jarak dari perkebunan/pertanian dan jarak dari tepi hutan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap deforestasi. Jarak antar obyek dihitung menggunakan Jarak Euklidian dengan format raster. Menurut Prasetyo *at al.* (2009), Arekhi dan Jafarzadeh, (2012) kemiringan lahan (*slope*) dan kelas ketinggian (elevasi) besar pengaruhnya terhadap terjadinya deforestasi. Data *slope* dan elevasi diambil dari data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

Pembangunan Tipologi

Pembangunan tipologi dilakukan menggunakan pendekatan klastering dengan unit pengamatan terkecil adalah kecamatan. Teknik klastering pada penelitian ini menggunakan jarak euclidean yang terstandarisasi (*Standardized Euclidean Distance*) karena dapat digunakan untuk membandingkan peubah dengan satuan unit yang berbeda. Jarak antara 2 kecamatan (klaster) dihitung dengan menggunakan rumus (Jaya 2010):

$$SdED_{JK} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(x_{ij} - x_{ik})^2}{s_i^2} \right]$$

Keterangan: SdED_{JK} = Jarak antara 2 klaster; S_i = keragaman dari peubah ke-i; X_{ij} = nilai peubah ke i dari klaster j; dan X_{ik} = nilai peubah ke I dari klaster j.

Agar memudahkan melakukan analisis pengkelasan berdasarkan tingkat kemiripan dari masing-masing ukuran klaster yang digunakan, maka diperlukan suatu tehnik untuk menyusun urutan pengelompokan klaster, dari jumlah yang banyak sampai dengan jumlah yang kecil. Tehnik penggambaran tersebut sering dikenal dengan istilah "*nested atau hierarchical classification*", dalam bentuk sebuah grafik dikotomi yang sering disebut dengan dendrogram, kemudian metode penggambaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode tetangga terdekat (*nearest neighbour method*).

Tipologi ini dibuat berdasarkan peubah-peubah sosial ekonomi masyarakat dan penggunaan lahan yang ada di setiap wilayah kecamatan yang dihubungkan sebagai peubah pendorong terjadinya deforestasi yaitu jumlah penduduk tahun 2005 per kecamatan (JPdd_05) dan luas lahan kering dan sawah tahun 2005

(LLKr_Swh). Pengolahan data kluster ini menggunakan software SPSS dan *Kappa & Dendogram (Jaya's) VI.6*. Peubah-peubah yang dapat mewakili tipologi kecamatan dihubungkan dengan deforestasi menggunakan analisis *overall accuracy* (OA).

$$\text{Overall Accuracy (OA)} = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{N} \times 100\%$$

Keterangan: X_{ii} = nilai diagonal dari matrik kontingensi baris ke-I dan kolom ke-I N = banyaknya piksel dalam contoh

Tipologi dengan nilai akurasi tinggi peubah-peubahnya digunakan dalam analisis selanjutnya.

Model Spasial Deforestasi

Pembangunan model spasial deforestasi dilakukan dengan menggunakan regresi logistik pada tipologi wilayah yang terpilih. Secara umum persamaan dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Logit (p)} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots b_nX_n$$

Rumus ini dapat juga ditulis sebagai berikut :

$$\text{Ln(p/1-p)} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots b_nX_n$$

dimana: p = peluang kejadian deforestasi (0 atau 1); $X_1 \sim X_n$ = peubah yang mempengaruhi deforestasi (variabel bebas); b_0 = konstanta ; $b_1 \sim b_3$ = koefisien regresi

Peubah bebas yang digunakan adalah sebagai berikut : kepadatan penduduk tahun 2005 (jiwa/km²), jarak dari jalan (m), jarak dari sungai (m), jarak dari tepi hutan tahun 2005 (m), jarak dari pemukiman tahun 2005 (m), jarak dari pertanian lahan kering campur tahun 2005 (m), *slope* (%) dan elevasi (mdpl). Peubah tidak bebas menggunakan hasil klasifikasi penutupan lahan tahun 2005 ke tahun 2010.

Model spasial dibangun menggunakan perangkat lunak Idrisi dengan keluaran model adalah peta peluang

deforestasi tahun 2013. Validasi prediksi model yang dibuat dalam fungsi *logistreg* Idrisi menggunakan grafik ROC (*Relative Operating Characteristics*). ROC memberikan ukuran koresponden antara model kuantitatif. Semakin nilai ROC mendekati nilai 1 maka semakin baik kemampuan model dalam memprediksi. Uji akurasi model untuk prediksi deforestasi dilakukan overlay antara deforestasi aktual tahun 2010-2013 dengan model peluang deforestasi 2013 menggunakan perangkat Idrisi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penutupan Lahan

Hasil interpretasi visual memperoleh klasifikasi tutupan lahan sebanyak 14 kelas yang terdiri atas, hutan lahan kering (HLK), hutan mangrove (HM), hutan rawa (HR), tubuh air (TA), lahan terbuka (LT), pemukiman (Pmk), pertanian lahan kering (PLK), pertanian lahan kering campur (PLKC), perkebunan (Pkb), sawah (Swh), savanna (Svn), semak belukar (SB), semak belukar rawa (SBR), dan tambak (Tbk).

Nilai akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan yang dilakukan terhadap data tahun 2013 diperoleh tingkat ketelitian *overall accuracy* sebesar 89% dan *kappa accuracy* sebesar 88%. Hal ini telah memenuhi persyaratan minimal nilai *overall accuracy* yang dikemukakan oleh Jensen (1986) bahwa *overall accuracy* pada peta tutupan lahan dalam pengelolaan sumber daya alam sebaiknya tidak kurang dari 85%.

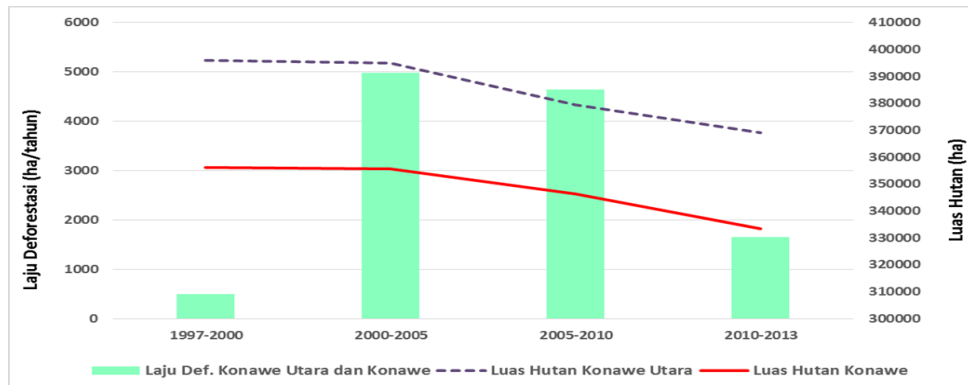
Laju Deforestasi

Periode tahun 1997–2013 terjadi penurunan luas hutan di dalam maupun di luar kawasan hutan pada Kabupaten Konawe Utara dan Konawe, sebesar 30.369,38 ha pada Kabupaten Konawe Utara dan 24.214,12 ha pada Kabupaten Konawe (Tabel 2).

Tabel 2. Luas deforestasi di dalam dan di luar kawasan hutan Kabupaten Konawe Utara dan Konawe periode tahun 1997-2013

Kabupaten	Kawasan Hutan				Tahura	TN	APL	Total
	HL	HP	HPK	HPT				
	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)	Luas (ha)
Konawe Utara	4027.61	14901.41	2209.02	2130.97			7100.37	30369.38
Konawe	3632.28	2305.59	715.13	5192.85	991.49	785.01	10591.78	24214.12

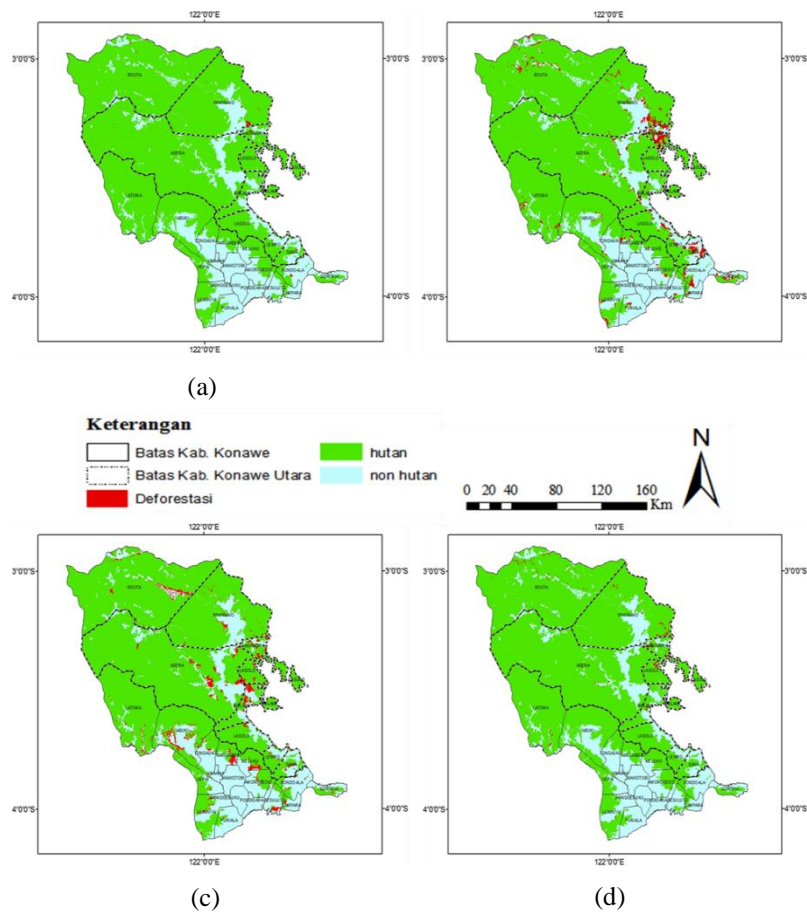
Hasil analisis deforestasi menunjukkan bahwa pada tiap periode tahun 1997–2013 laju deforestasi di wilayah studi relatif kecil (Gambar 1).



Gambar 1. Kurva luas hutan dan laju deforestasi

Laju deforestasi terendah terjadi pada periode 1997–2000 sebesar 494,71 ha/tahun. Laju deforestasi yang rendah pada periode 1997–2000 menyatakan bahwa kegaduhan politik di Indonesia tahun 1998 tidak berpengaruh nyata terhadap deforestasi di wilayah penelitian, tidak seperti yang dikemukakan oleh Nurrochmat dan Hasan (2010) bahwa terjadinya kegaduhan politik di Indonesia tahun 1998 meningkatkan deforestasi di pulau Jawa yang diakibatkan oleh meningkatnya penjarahan (*illegal logging*). Peningkatan

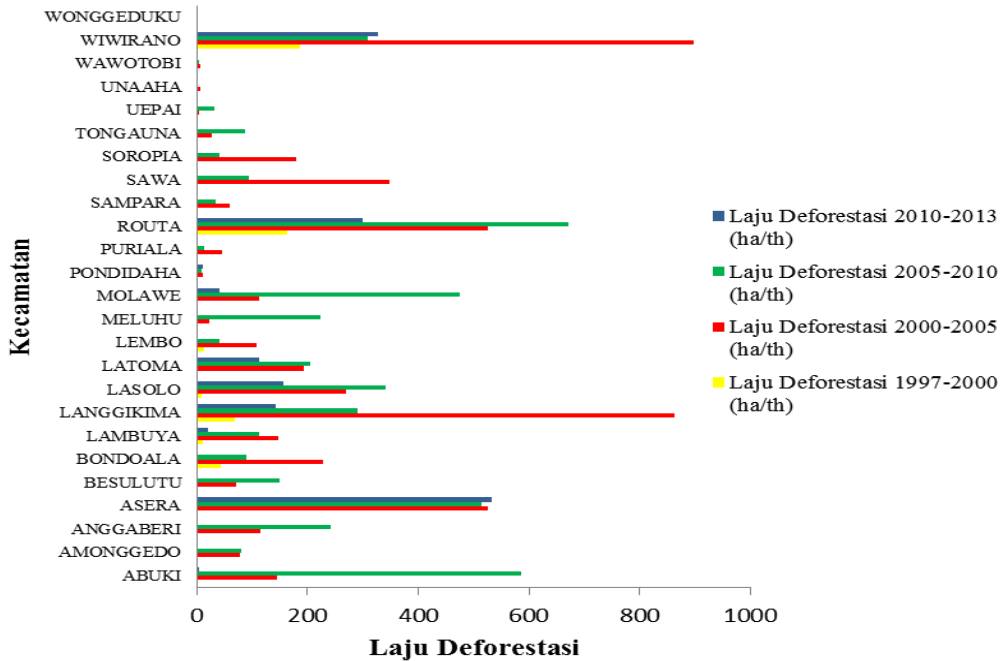
nilai laju deforestasi tertinggi terjadi pada periode 2000 – 2005 sebesar 4.984,82 ha/tahun. Peningkatan ini sejalan dengan penelitian Indrarto *at al.* (2012), bahwa sejak diberikannya wewenang pengelolaan sumber daya alam kepada pemerintah daerah (otonomi daerah) pada tahun 1999, deforestasi meningkat seiring meningkatnya pemberian izin usaha perkebunan, pertambangan dan kebijakan hak pemanfaatan hutan oleh masyarakat. Secara spasial, sebaran deforestasi tiap periode di wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sebaran deforestasi Kabupaten Konawe Utara dan Konawe periode tahun: (a) 1997–2000, (b) 2000–2005, (c) 2005–2010, (d) 2010–2013

Laju deforestasi fluktuatif terjadi pada setiap kecamatan per periode, laju deforestasi tertinggi pada periode tahun 2000–2005 terjadi pada 24 kecamatan di Kabupaten Konawe Utara dan Konawe tetapi hanya satu kecamatan yang tidak terjadi deforestasi yaitu Kecamatan Wonggeduku. Kecamatan Wonggeduku adalah satu-satunya kecamatan di Kabupaten Konawe

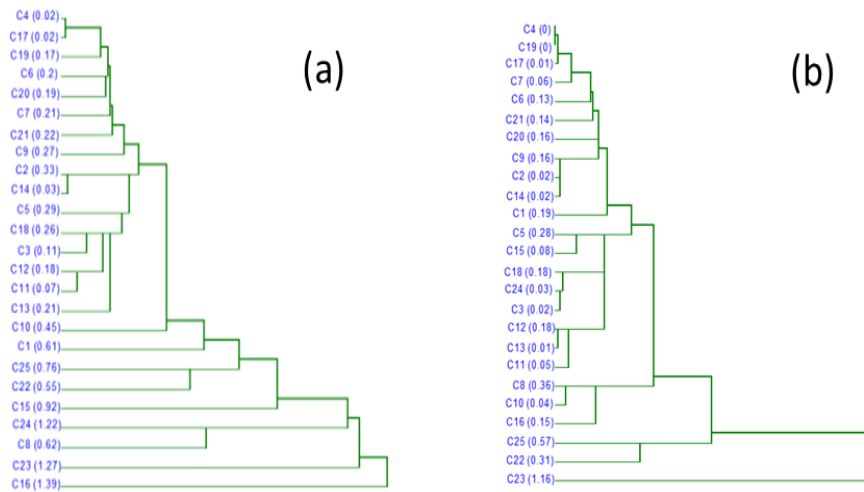
yang tidak mempunyai wilayah berhutan sehingga wajar jika tidak terdeteksi adanya deforestasi. Laju deforestasi yang tinggi terjadi pada kecamatan yang memiliki hutan yang relatif besar yaitu pada Kecamatan Asera, Langgikima, Routa dan Wiwirano pada periode 2000–2005 dan 2005–2010 (Gambar 3).



Gambar 3. Laju deforestasi per kecamatan

Pembangunan Tipologi

Hasil analisis klastering menggunakan *Standardized Euclidean Distance* (SdED) dari kedua variabel tersebut diperoleh grafik dendrogram (Gambar 4).



Gambar 4 Dendrogram dengan peubah jumlah penduduk per kecamatan (a) dan jumlah penduduk dan luas lahan kering dan sawah (b)

Hasil pengkelasan terhadap dendogram diperoleh 2 kategori tipologi, yaitu tipologi 1 (T1) dan tipologi 2 (T2). Pada tipologi dengan satu variabel, T1 dijelaskan pada jumlah penduduk yang relatif rendah dan T2 jumlah penduduk yang relatif tinggi. Sedangkan tipologi pada dua variabel, T1 dijelaskan pada luas lahan kering sawah yang rendah dan jumlah penduduk relatif tinggi serta T2 dijelaskan pada luas lahan kering dan sawah yang tinggi dan memiliki jumlah penduduk yang relatif rendah. Laju

deforestasi pada periode 2005–2010 dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu: laju deforestasi rendah (D1) sebesar ≤ 224 ha/tahun dan laju deforestasi tinggi (D2) sebesar 224–671 ha/tahun (Tabel 3). Akurasi tipologi dengan peubah jumlah penduduk per kecamatan yang dihubungkan dengan deforestasi didapatkan ketelitian *overall accuracy* sebesar 52% dan pada tipologi dengan peubah jumlah penduduk dan luas lahan kering dan sawah didapatkan ketelitian 72% (Tabel 4 dan 5).

Tabel 3. Tipologi wilayah berdasarkan kelas deforestasi

Kecamatan	Klaster	Variabel		Tipo_1v	Tipo_2v	KD05_10
		JPdd_05	LLKrSwh_05			
Abuki	C1	14037	17568	T1	T1	D2
Amonggedo	C2	9108	2203	T1	T1	D1
Anggaberri	C3	5699	4414	T1	T1	D2
Asera	C4	11312	7544	T1	T1	D2
Besulutu	C5	7415	3457	T1	T1	D1
Bondoala	C6	12066	9305	T1	T1	D1
Lambuya	C7	10938	2829	T1	T1	D1
Langgikima	C8	2326	34762	T1	T2	D2
Lasolo	C9	9236	9061	T1	T1	D2
Latoma	C10	2125	785	T1	T1	D1
lembo	C11	4353	4204	T1	T1	D1
Meluhu	C12	4700	4684	T1	T1	D2
Molawe	C13	4629	1739	T1	T1	D2
Pondidaha	C14	9012	2517	T1	T1	D1
Puriala	C15	6950	19139	T1	T1	D1
Routa	C16	1273	51655	T1	T2	D2
Sampara	C17	11278	7346	T1	T1	D1
Sawa	C18	5964	3188	T1	T1	D1
Soropia	C19	11322	5210	T1	T1	D1
Tongauna	C20	12967	10458	T1	T1	D1
Uepai	C21	10151	6363	T1	T1	D1
Unaaha	C22	18992	5823	T2	T1	D1
Wawotobi	C23	25523	12105	T2	T2	D1
Wiwirano	C24	5794	33891	T1	T2	D2
Wonggeduku	C25	17253	11376	T2	T1	D1
		Jumlah	T1	22	21	
			T2	3	4	

Tipologi terpilih adalah tipologi dengan menggunakan dua peubah yaitu jumlah penduduk dan luas lahan kering dan sawah dengan nilai *overall accuracy*

sebesar 72%, yang digunakan untuk analisis model deforestasi.

Tabel 4. Matriks kesesuaian tipologi dengan 1 variabel

	D1	D2	Jumlah	<i>Producers Accuracy</i>
T1	13	9	22	59%
T2	3	0	3	0
Jumlah	16	9	25	
<i>Users Accuracy</i>	81%	0		
<i>Overall Accuracy</i>	52%			

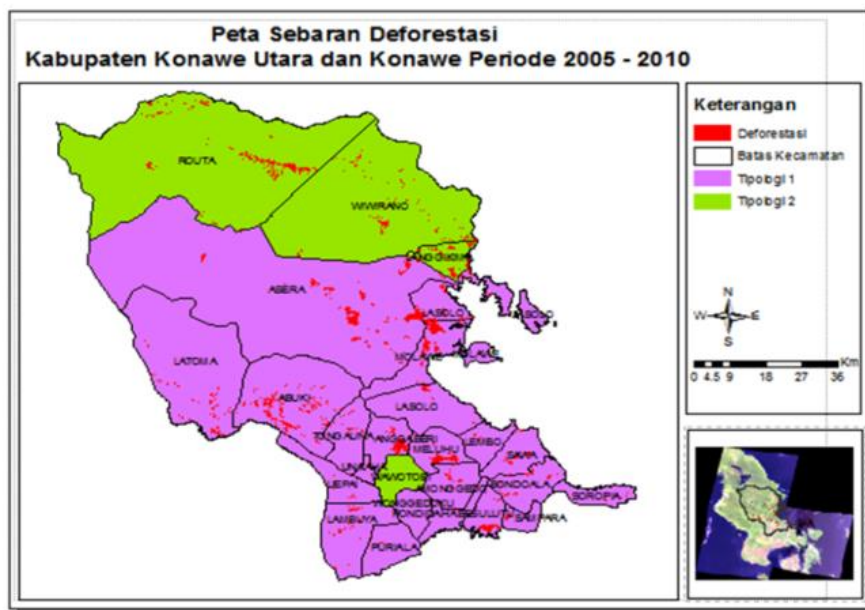
Tabel 5. Matriks kesesuaian tipologi dengan 2 variabel

	D1	D2	Jumlah	<i>Producers Accuracy</i>
T1	15	6	21	71%
T2	1	3	4	75%
Jumlah	16	9	25	
<i>Users Accuracy</i>	94%	33%		
<i>Overall Accuracy</i>	72%			

Berdasarkan *nearest neighbour method* pada tipologi dua peubah yang dihubungkan dengan sebaran deforestasi terpilih tipologi 1 dengan 21 kecamatan dan tipologi 2 terpilih 4 kecamatan (Gambar 5).

Model Spasial Deforestasi

Model regresi logistik digunakan untuk membuat model spasial deforestasi. Penentuan model terpilih dilakukan dengan membandingkan delapan model yang memiliki jumlah variabel berbeda pada tipologi 1 (Tabel 6) dan tipologi 2 (Tabel 7).



Gambar 5. Sebaran deforestasi tahun 2005-2010 di Kabupaten Konawe Utara dan konawe

Tabel 6 Model spasial deforestasi tipologi 1

Model	-2logL0	-2log (likelihood)	Pseudo R_square	Goodness of Fit	Model XChiSquare	ROC
Kpd05	2465532.988	2379306.6146	0.035	14972093.8186	86226.3734	0.7573
Kpdd05_jln	2465532.988	2135799.5409	0.1337	15827753.0720	329733.4471	0.8109
Kpdd05_jln_sng	2465532.988	2024764.4916	0.1788	10147312.3004	440768.4964	0.8521
Kpdd05_jln_sng_htn05	2465532.988	1676766.0920	0.3199	8245824.9220	788766.8959	0.9333
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05	2465532.988	1670094.4430	0.3226	8789138.1210	795438.5447	0.9345
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05_plkc05	2465532.988	1669169.4290	0.323	9117320.6720	796363.5595	0.9347
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05_plkc05_slp	2465532.988	1668682.3128	0.3232	8898613.5729	796850.6752	0.9348
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05_plkc05_slp_elv	2465532.988	1668254.4673	0.3234	9116344.9318	797278.8207	0.9348

Tabel 7. Model spasial deforestasi tipologi 2

Model	-2logL0	-2log (likelihood)	Pseudo R_square	Goodness of Fit	Model XChiSquare	ROC
Kpd05	858775.181	819981.3815	0.0452	13728725.069	38793.7995	0.6859
Kpdd05_jln	858775.181	804270.6783	0.0635	9809897.910	54504.5028	0.7607
Kpdd05_jln_sng	858775.181	780076.6919	0.0916	9144609.950	78698.4892	0.7841
Kpdd05_jln_sng_htn05	858775.181	508405.7049	0.408	2981120.452	350369.4762	0.973
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05	858775.181	501891.6665	0.4156	3002428.261	356883.5145	0.9742
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05_plkc05	858775.181	495361.2872	0.4232	3011006.683	363413.8938	0.9751
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05_plkc05_slp	858775.181	485551.2715	0.4346	3055862.294	373223.9095	0.9759
Kpdd05_jln_sng_htn05_pmk05_plkc05_slp_elv	858775.181	481796.4713	0.439	2849745.421	376978.7097	0.9771

Hasil analisis model spasial pada masing-masing tipologi menunjukkan bahawa model terpilih adalah model dengan delapan variabel. Hal ini ditentukan berdasarkan nilai *pseudo R_square* >0.2, memiliki nilai *goodness of fit* yang kecil dan nilai ROC yang besar (Kumar *et al.* 2014). Model pada tipologi 1 dengan delapan variabel menunjukkan nilai *pseudo R_square* sebesar 0.3234, nilai *goodness of fit* 9116344.9318 dan ROC sebesar 0.9348. Model terpilih pada tipologi 2 juga dibentuk dengan delapan variabel yang memiliki nilai *pseudo R_square* sebesar 0.439, nilai *goodness of fit* 2849745.421 dan ROC sebesar 0.9771. Berdasarkan model terpilih, maka model spasial pada masing-masing tipologi adalah sebagai berikut:

$$Deforestasi = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

$$Z_{T1} = -1.0998 - 0.017031(KPd05) - 0.000095(JJ) - 0.000419(JS) - 0.002057(JH05) - 0.00001(JPmk05) - 0.000019(JPlc05) + 0.016305(S) + 0.084348(E)$$

$$Z_{T2} = -1.2361 + 0.062622(KPd05) + 0.000008(JJ) + 0.00001(JS) - 0.005443(JH05) - 0.000077(JPmk05) + 0.000067(JPlc50) - 0.469883(S) + 0.300739(E)$$

Keterangan: e = eksponensial; Z = persamaan yang didapat; KPd05 = Kepadatan penduduk tahun 2005 (jiwa/km²); JJ = Jarak dari jalan (m); JS= Jarak tepi sungai (m); JH05 = Jarak tepi hutan tahun 2005 (m); JPmk05 = Jarak tepi pemukiman tahun 2005 (m); JPlc05 = Jarak tepi pertanian lahan kering campur tahun 2005 (m); S= Slope (%);E= Elevasi (m).

Berdasarkan model regresi logit yang diperoleh, hubungan peubah terhadap peluang deforestasi pada tipologi 1 dan 2 dapat dijelaskan pada Tabel 8.

Tabel 8. Deskripsi model deforestasi

Peubah bebas	Peluang terjadi deforestasi			
	Pada Tipologi 1		Pada Tipologi 2	
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
KPd50 (Kepadatan penduduk)	tinggi	rendah	rendah	Tinggi
JJ (Jarak dari jalan)	jauh	dekat	dekat	Jauh
JS (Jarak tepi sungai)	jauh	dekat	dekat	Jauh
JH50 (Jarak tepi hutan)	jauh	dekat	jauh	Dekat
JPmk50 (Jarak tepi pemukiman)	jauh	dekat	jauh	Dekat
JPlc50 (Jarak tepi pertanian lahan kering campur)	jauh	dekat	dekat	Jauh
S (Slope)	landai	curam	curam	landai
E (Elevasi)	datar	Tinggi	datar	Tinggi

Pendekatan dengan peubah-peubah bebas terhadap terjadinya deforestasi di wilayah penelitian dihasilkan model spasial prediksi deforestasi dengan ROC pada tipologi 1 sebesar 0,9348 dan tipologi 2 sebesar 0,9771. Hasil ini menjelaskan bahwa peubah-peubah bebas yang

digunakan dalam metode ini berpengaruh dengan baik terhadap terjadinya deforestasi.

Uji akurasi yang diperoleh dari spasial model prediksi dan nilai deforestasi aktual tahun 2010-2013, menghasilkan prediksi luas (Ha) deforestasi dan non

deforestasi di Kabupaten Konawe Utara dan Konawe tahun 2013 dengan nilai *overall accuracy* sebesar 70,7%

untuk tipologi 1 (Tabel 9) dan 99,7% untuk tipologi 2 (Tabel 10).

Tabel 9. Hasil uji validasi pada tipologi T1

Prediksi	Aktual		Total (ha)
	Deforestasi (ha)	Non-deforestasi (ha)	
Deforestasi (ha)	17229	414392	431622
Non-deforestasi (ha)	13838	1018120	1031958
Total			1463580
<i>Overall Accuracy (%)</i>			70.7

Tabel 10. Hasil uji validasi pada tipologi T2

Prediksi	Aktual		Total (ha)
	Deforestasi (ha)	Non-deforestasi (ha)	
Deforestasi (ha)	163	2805	2968
Non-deforestasi (ha)	1344	1229915	1231259
Total			1234227
<i>Overall Accuracy (%)</i>			99.7

Berdasarkan model yang diperoleh dengan regresi logistik, deforestasi pada tipologi 1 dan tipologi 2 dapat dijelaskan oleh delapan variabel. Peluang terjadinya deforestasi pada tipologi 1 akan semakin besar di areal yang berlereng curam. Namun, hal ini tidak terjadi pada tipologi 2 yang memiliki kecenderungan deforestasi akan terjadi pada areal yang landai. Pengaruh perbedaan slope ini dikarenakan deforestasi banyak terjadi pada wilayah perkebunan kelapa sawit dan tambang nikel. Pembukaan lahan dengan topografi apapun dengan kandungan tambang didalamnya akan tetap dilakukan eksploitasi.

Faktor aksesibilitas juga terjadi perbedaan pada tipologi 1 dan tipologi 2 yaitu: jarak dari jalan, jarak dari sungai dan jarak dari areal pertanian terhadap peluang deforestasi. Tipologi 1 menjelaskan bahwa semakin dekat aksesibilitas tersebut terhadap hutan peluang deforestasi semakin besar. Perbedaan pengaruh ini terlihat pada kondisi di lapangan bahwa deforestasi pada tipologi 1 terjadi pada wilayah yang didominasi oleh kecamatan berkembang dengan adanya Ibu Kota Kabupaten Konawe Utara yaitu Kecamatan Asera dan Ibu Kota kabupaten Konawe yaitu Kecamatan Unaaha. Wilayah berkembang ini terlihat dari semakin meluasnya wilayah dengan adanya pemekaran wilayah membuat semakin banyaknya jaringan jalan sehingga aksesibilitas semakin mudah.

Selain faktor biofisik dan aksesibilitas, faktor kepadatan penduduk juga terjadi perbedaan terhadap peluang terjadinya deforestasi. Tipologi 1 menjelaskan bahwa semakin besar penduduk peluang deforestasi semakin besar. Pengaruh wilayah berkembang pada tipologi 1 membuat semakin meluasnya wilayah perkantoran dan perdagangan sehingga peluang kerja

semakin tinggi. Peluang pekerjaan di perkotaan menjadikan dorongan terhadap hutan semakin berkurang.

SIMPULAN

Analisis deforestasi menunjukkan pada periode tahun 1997–2013 laju deforestasi di wilayah studi relatif kecil. Laju deforestasi terendah terjadi pada periode 1997–2000 sebesar 494,71 ha/tahun. Nilai laju deforestasi tertinggi terjadi pada periode 2000–2005 sebesar 4.984,82 ha/tahun. Faktor yang mempengaruhi deforestasi dibedakan menjadi dua tipologi yang menunjukkan kondisi daerah administrasi Kabupaten Konawe dan Konawe Utara. Model deforestasi menggunakan regresi logistik menunjukkan terdapat delapan faktor yang mendorong terjadinya deforestasi pada masing-masing tipologi. Faktor tersebut terdiri atas faktor aksesibilitas yaitu, jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari tepi hutan, jarak dari pemukiman dan jarak dari pertanian lahan kering campur, serta faktor sosial yaitu kepadatan penduduk dan biofisik yaitu ketinggian tempat (elevasi) dan kelereng (*slope*). Peubah-peubah bebas yang digunakan dalam metode ini berpengaruh dengan baik terhadap terjadinya deforestasi dilihat dari nilai dengan Relative Operating Characteristics (ROC) pada tipologi 1 sebesar 0,9348 dan tipologi 2 sebesar 0,9771. Akurasi model yang didapatkan pada tipologi 1 sebesar 70,7% dan 99,7% pada tipologi 2. Nilai akurasi tersebut menyatakan bahwa model spasial deforestasi yang digunakan baik untuk memprediksi terjadinya deforestasi pada wilayah penelitian periode tahun 2005–2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Arekhi S, dan Jafarzadeh. 2012. Deforestation modeling using logistic regression and GIS (Case study: Northern Ilam forest, Ilam Province, Iran). *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7 (11): 1727-1741. Doi: 10.5897/AJAR11.2041.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2005. *Konawe Dalam Angka 2005*. Jakarta (ID) : BPS Kabupaten Konawe.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2013. *Sulawesi Tenggara Dalam Angka 2013*. Jakarta (ID) : BPS Sulawesi Tenggara.
- Indrarto GB, Muharjanti P, Khatarina J, Pulungan I, Ivalerina F, Rahman J, Prana MN, Resosudarmo IAP, Muharrom E (2012). *The context of REDD+ in Indonesia; Drivers, agents and institutions* (Working Paper No. 92). Bogor: Center for International Forestry Research (CIFOR) page 57.
- Jaya INS. 2010. Analisis Citra Digital : Prespektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Fakultas Kehutanan. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Jensen JR. 1986. *Introductory Digital Image Processing A Remote sensing Prespective 2nd Edition*. Prentice-Hall Inc. USA.
- Kumar R, Nandy S, Agarwal R, Kushwaha SPS. 2014. Forest cover dynamics analysis and prediction modeling using logistic regression model. *Ecological Indicators*. 45: 444-455. doi: 10.1016/j.ecolind.2014.05.003.
- Nurrochmat DR, Hasan MF. 2010. Ekonomi Politik Kehutanan: Mengurai Mitos dan Fakta Pengelolaan Hutan. Jakarta: INDEF.
- Prasetyo, LB, Kartodiharjo H, Adiwibowo S, Okarda B, Setiawan Y. 2009. Spatial Model Approach on Deforestation of Java Island, Indonesia. *Journal of Integrated Field Science*, 6 : 37- 44.
- Sasaki TS, Ahmad AH, Ahmad ZA. 2011. *REDD development in Cambodia. Potential carbon Emission Reduction in ReDD Project*. FORMATH 10 (2011) 1-23.
- Shehzad K, Qamer F, Murthy MSR, Abbas S, Bhatta L. 2014. Deforestation trends and spatial modelling of its drivers in the dry temperate forests of northern Pakistan — A case study of Chitral. *J. Mt. Sci.* 11(5): 1192-1207.
- Wihardandi A. 2012. Degradasi Hutan Melaju, Banjir Menerjang Manusia. Kaleidoskop Bencana Lingkungan 2012 [internet]. Mongabay Indonesia. Tersedia pada: <http://www.mongabay.co.id>.
- Wyman MS dan Stein TV. 2010. Modelng social and land-use/land-cover change data to assess drivers of smallholder deforestation in Belize. *Applied Geography*. 30(3): 329-342.