

## MODEL PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN PENDUGAAN CADANGAN KARBON DI DAERAH ALIRAN SUNGAI CISADANE, JAWA BARAT

LANDUSE CHANGE MODEL AND CARBON STOCK ESTIMATION IN CISADANE WATERSHED, WEST JAVA

Antonio Alberto\* dan Bambang Dwi Dasanto

Laboratorium Klimatologi, Dept. Geofisika dan Meteorologi IPB  
Gedung FMIPA Wing 19 Lv. 4 Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

\* Corresponding Author. E-mail: Antonio\_alberto28@yahoo.com

Penyerahan Naskah: 10 Mei 2010

Diterima untuk diterbitkan: 15 November 2010

### ABSTRACT

*Land use and land cover in Cisadane Watershed are very vulnerable to switch over, which is caused by the high rate of population growth. Land use and land cover change cause the carbon stock changes. These changes were analysed using the logistic regression models, and in this analysis we used land use maps in 2001 and 2006. As many as 44 regression equations were developed with various values of determination coefficient ( $R^2$ ); 14% of the  $R^2$  was less than 0.50, 29% was between 0.50 and 0.75, and 57% is than 0.75. Statistically, there were 31 equations suitable to generate landuse map in 2010, 2015, 2020, and 2025. The amount of carbon stocks in Cisadane Watershed until the year 2025 tend to decrease, so the sum of carbon emissions in the atmosphere increased. This was mainly due to conversion of forest area into other landuse types.*

**Keywords** : carbon stock, logistic regression, watershed

---

### PENDAHULUAN

*Modelling* merupakan alat yang penting untuk mempelajari perubahan penggunaan lahan karena mempunyai kemampuan mengintegrasikan suatu perubahan penggunaan lahan menjadi perubahan penggunaan lahan lain (Lambin *et al.* 1999). Lambin (1997) menunjukkan bahwa model perubahan penggunaan dan penutupan lahan dapat membantu para ilmuwan menghasilkan hipotesis dan dalam beberapa kasus dapat menjawab tiga pertanyaan utama : (1) Apakah variabel biofisik dan sosial ekonomi dapat menjelaskan perubahan penggunaan lahan? (2) Dimana lokasi yang terpengaruh oleh perubahan? (3) Pada tingkat perlakuan apakah perubahan penggunaan lahan meningkat?. Model kemudian membantu untuk menjelaskan dan atau memprediksi perubahan penggunaan dan penutupan lahan (Pontius 1994; Hall *et al.* 1995; Veldkamp and Fresco 1996; Lambin 1997; Schneider dan Pontius, 2001).

Daerah kajian yang dianalisis adalah daerah aliran sungai (DAS) Cisadane. Pemilihan daerah

kajian yang akan dianalisis didasarkan pada keberadaan DAS Cisadane yang merupakan salah satu DAS yang penting di propinsi Jawa Barat karena DAS Cisadane kaya akan keanekaragaman hayati dimana kebanyakan penduduk tinggal dan menggunakannya dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, DAS Cisadane juga merupakan kawasan yang sangat rentan terhadap perubahan penggunaan lahan, terutama di daerah Bogor dan Tangerang yang kepadatan penduduknya sangat tinggi.

Pertumbuhan penduduk yang terus mengalami peningkatan mendorong terjadinya pembukaan lahan untuk areal pemukiman maupun untuk areal pertanian dan industry (Kusimi 2008). Selain pembukaan lahan maka pertumbuhan penduduk yang diiringi dengan pembangunan ekonomi juga memacu terjadinya konversi lahan pedesaan menjadi perkotaan (Chen *et al.* 2007) dan ini berlangsung cepat dan di luar perkiraan yang terjadi selama sejarah kehidupan manusia (Turner 1994 dalam Dewan dan Yamaguchi 2009). Luas perkotaan ini hanya sekitar 3% dari seluruh muka bumi tetapi efek dari adanya perkotaan ini dapat mencakup skala

lokal maupun global termasuk dalam hal ini adalah perubahan iklim (Grimm *et al.* 2000 dalam Dewan dan Yamaguchi 2009). Menurut Tu (2009) perubahan iklim ini terbukti mempengaruhi variabilitas aliran sungai. Lebih lanjut, Asdak (1995) menyatakan bahwa aktivitas perubahan tata guna lahan di daerah hulu DAS tidak hanya akan memberikan dampak dimana kegiatan tersebut berlangsung (hulu DAS), tetapi juga akan menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit.

Selain menimbulkan dampak pada perubahan fluktuasi debit, perubahan penggunaan lahan tersebut juga menyebabkan terjadinya perubahan jumlah cadangan karbon (DeFries *et al.* 2002, Achard *et al.* 2004, Houghton 2008 dalam Kaul *et al.* 2009) pada suatu ekosistem karena adanya kehilangan yang cepat dari biomassa di atas permukaan tanah dan penurunan secara gradual pada bahan organik.

Lasco (2004) menyebutkan, diperkirakan sekitar 60 Gt karbon mengalir antara ekosistem daratan dan atmosfer setiap tahunnya, dan sebesar  $0,7 \pm 1,0$  Gt karbon diserap oleh ekosistem daratan. Watson *et al.* (2000) menambahkan, perubahan penggunaan lahan dan konversi hutan merupakan sumber utama emisi CO<sub>2</sub> dengan jumlah sebesar  $1,7 \pm 0,6$  Gt karbon per tahun. Apabila laju konsumsi bahan bakar dan pertumbuhan ekonomi global terus berlanjut seperti yang terjadi pada saat ini, maka dalam jangka waktu 100 tahun yang akan datang, suhu global rata-rata akan meningkat sekitar  $1,7 - 4,5^{\circ}\text{C}$  (Houghton *et al.* 2001).

## METODE PENELITIAN

### Penyusunan Model Perubahan Penggunaan Lahan

Data yang diperlukan untuk membuat model persamaan perubahan penggunaan lahan adalah data fisik dan data sosial DAS Cisadane tahun 2001 dan 2006 saja sedangkan data tahun 2008 digunakan untuk validasi dari model persamaan yang dihasilkan. Ada 6 variabel bebas yang digunakan untuk membangun model perubahan penggunaan lahan yaitu :

- X1 merupakan jarak ke tepi penggunaan lahan yang mengalami perubahan dari penggunaan lahan lain (m)
- X2 merupakan jarak ke pemukiman (m)
- X3 merupakan jarak ke jalan (m)
- X4 merupakan jarak ke sungai (m)
- X5 merupakan kepadatan penduduk di DAS Cisadane (orang/piksel)
- X6 merupakan pendapatan rata-rata di DAS Cisadane (Rp/piksel)

### Variabel Bebas (X)

Variabel bebas terdiri dari 2 jenis data yaitu data fisik DAS Cisadane dan data kondisi sosial ekonomi DAS Cisadane. Data fisik DAS Cisadane meliputi data/peta penggunaan lahan tahun 2001 dan 2006, sedangkan data kondisi sosial ekonomi DAS Cisadane meliputi data kepadatan penduduk dan pendapatan rata-rata penduduk di DAS Cisadane.

Peta kepadatan penduduk dibuat dengan asumsi bahwa populasi penduduk menyebar secara sirkuler dengan jari-jari 2 km dan populasi akan bertambah besar ketika mendekati pusat penyebarannya. Langkah pertama dibuat proporsi populasi tersebut dengan menggunakan aplikasi *image calculator* pada *software* IDRISI dengan rumus :

$$P = 0,2402 \exp\left(-0,9464 x \left(\frac{s}{1000}\right)\right) \quad (1)$$

S adalah peta jarak ke pemukiman. Setelah diperoleh peta proporsi langkah selanjutnya adalah membuat peta kepadatan penduduk dengan menggunakan rumus :

$$Kp = \rho \times A \times P \times C \quad (2)$$

- $\rho$  : Kepadatan penduduk non spasial (orang/Km<sup>2</sup>)
- A : Luas penyebaran populasi (Km<sup>2</sup>)  
=  $3,14 \times (2 \text{ Km})^2 = 12,56$
- P : Peta proporsi populasi
- C : Faktor konversi dari 1 Km<sup>2</sup> ke 1 Piksel

Variabel bebas berupa peta pendapatan penduduk dibuat dengan mengklasifikasi data pendapatan penduduk berdasarkan kabupaten dan kota yang ada di DAS Cisadane, yaitu kabupaten Bogor, kabupaten Tangerang, kabupaten Sukabumi, kabupaten Lebak, kota Bogor, dan kota Tangerang.

### Variabel Terikat (Y)

Variabel terikat dibuat tiap perubahan penggunaan lahan berupa peta peluang perubahan penggunaan lahan. Peluang dengan nilai 1 menunjukkan terjadi perubahan dan peluang dengan nilai 0 menunjukkan tidak terjadi perubahan lahan.

### Persamaan Perubahan Penggunaan Lahan

Secara umum persamaan regresi logistik dirumuskan sebagai berikut (Hosmer and Lemeshow 1989) :

$$\text{Logit}(Pi) = \ln\left(\frac{Pi}{1-Pi}\right) = \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n \quad (3)$$

Bentuk hubungan logit (Pi) dan Pi dirumuskan berdasarkan persamaan:

$$Pi = \frac{e^{\log it(Pi)}}{1+e^{\log it(Pi)}} = \frac{\exp(\alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n)}{1 + \alpha + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n} \quad (4)$$

- $\alpha$  : intersep  
 $\beta_1, \beta_2$  : koefisien variabel x  
 $X_{1-n}$  : variabel x  
 $P_i$  : peluang perubahan lahan (0-1)

Setelah variabel bebas dan variabel terikat didapat, selanjutnya dilakukan pembentukan persamaan regresi logistik menggunakan aplikasi *logitreg* pada *software* IDRISI dengan *probability sample size* sebesar 81 dan tingkat kepercayaan (*confidence level*) sebesar 0,8, artinya mempresentasikan 80% akan terjadi perubahan di masa akan datang berdasarkan peta peluangnya.

### Interpretasi Koefisien Persamaan Perubahan Penggunaan Lahan

Untuk menginterpretasikan seberapa besar pengaruh tiap variabel dalam menjelaskan perubahan penggunaan lahan, digunakan nilai *odds ratio* (OR) yang dirumuskan dengan (Stolle *et al.* 2002) :

$$OR = \exp(\beta) \quad (5)$$

$\exp$  merupakan sebuah konstanta dengan nilai 2,72 dan  $\beta$  merupakan koefisien masing-masing variabel.

### Validasi Persamaan Perubahan Penggunaan Lahan

Hasil akhir dari analisis perubahan penggunaan lahan menggunakan model logit berupa peta prediksi penggunaan lahan. Ketelitian peta prediksi yang dihasilkan dari model logit perlu divalidasi dengan peta real/asli untuk tahun yang sama (tahun 2008). Semakin banyak kesamaan sifat (jenis, luas dan ketepatan posisi) dari kedua peta tersebut maka tingkat ketelitian peta prediksi tersebut semakin tinggi.

### Proyeksi Peta Penggunaan Lahan

Setelah dilakukan validasi model perubahan penggunaan lahan, langkah terakhir adalah membuat peta proyeksi untuk tahun 2010, 2015, 2020, dan 2025. Peta proyeksi tersebut dibuat dengan asumsi

bahwa jalan dan sungai yang ada di DAS Cisadane tidak mengalami perubahan.

### Jumlah Cadangan Karbon

Perhitungan jumlah cadangan karbon mengacu pada nilai yang ada pada Tabel 1. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menghitung rata-rata kehilangan kandungan karbon tiap penggunaan lahan per tahun dengan rumus :

$$Loss = \frac{(C_o - C_t)A}{\Delta T} \quad (6)$$

- $C_o$  : jumlah kandungan karbon tiap penggunaan lahan tahun awal (tC/ha)  
 $C_t$  : jumlah kandungan karbon tiap penggunaan lahan tahun akhir (tC/ha)  
 $A$  : luas perubahan tiap penggunaan lahan (ha)  
 $\Delta T$  : selisih waktu (thn)

2. Menghitung jumlah penambahan penyerapan karbon tiap penggunaan lahan per tahun dengan rumus:

$$Gain = (C_i - C_h)A \quad (7)$$

- $C_i$  : *annual increment*, penambahan karbon tiap tahun tiap penggunaan lahan (tC/ha/thn)  
 $C_h$  : *annual harvesting*, pemanenan atau pemakaian karbon tiap tahun tiap penggunaan lahan (tC/ha/thn)  
 $A$  : luas perubahan tiap penggunaan lahan (ha)

3. Menghitung total karbon per tahun (tC/thn) dengan rumus:

$$Total = Loss + Gain \quad (8)$$

4. Menghitung jumlah cadangan karbon keseluruhan per tahun (Mt/thn) dengan rumus:

$$Carbon = \left(\frac{44}{12}\right) Total / 10^6 \quad (9)$$

Tabel 1. Nilai kandungan karbon, *annual increment*, dan *annual harvesting* tiap penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	$C_o/C_t$ (tC/ha)	$C_i$ (tC/ha/thn)	$C_h$ (tC/ha/thn)
Hutan	149,2	4,32	3
Lahan	0	0	0
Permukiman	0	0	0
Kebun	63	2,4	0
Sawah	5	0	0
Semak	15	0,6	0
Tambak	0	0	0
Tegal	9	0,2	0

(Sumber: IPCC 2006)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Deskripsi Fisik DAS Cisadane

Secara geografis, DAS Cisadane terletak pada  $6^{\circ}2'12''$  -  $6^{\circ}46'48''$  LS dan  $106^{\circ}28'12''$  -  $106^{\circ}57'0''$  BT. Sungai Cisadane mempunyai daerah tangkapan seluas 1.100 km<sup>2</sup> dan panjang sungai sekitar 80 km. Sungai Cisadane mempunyai beberapa anak sungai, antara lain : Cisodong, Cibogo, Citempuan, Ciaten, Cisadangbarang, dan Cipanas. Debit minimum sungai Cisadane adalah 26,54 m<sup>3</sup>/s dan debit maksimumnya adalah 484,43 m<sup>3</sup>/s (DPU 2007).

Iklim di DAS Cisadane adalah tropis, dengan suhu 9°C di Puncak Gunung Pangrango dan 34°C di Pantai Utara, curah hujan rata-rata 2.000 mm pertahun (kategori rendah), namun di beberapa daerah pegunungan antara 3.000 sampai 5.000 mm per tahun (kategori sangat tinggi). Bogor merupakan daerah di DAS Cisadane yang memiliki data curah hujan tertinggi di Jawa Barat. Kecenderungan perubahan iklim saat ini menyebabkan tingginya curah hujan yang berakibat banjir di daerah rendah dan mengancam lumbung pangan nasional.

Topografi DAS Cisadane bagian utara berupa dataran rendah sedangkan bagian tengah dan selatan berupa dataran tinggi yang berbukit-bukit dan bergunung-gunung dengan kemiringan lereng antara 8% (datar) sampai dengan >40% (sangat curam). Selain itu, DAS Cisadane juga memiliki lahan subur yang berasal dari endapan vulkanis serta banyaknya aliran sungai yang fungsi utamanya sebagian besar digunakan untuk pertanian.

Penggunaan lahan yang dominan di DAS Cisadane tahun 2001 adalah penggunaan lahan tegalan dengan luas lebih dari 72.700 ha atau sekitar 49% dari total luas DAS Cisadane. Penggunaan lahan hutan hanya seluas 32.500 ha atau sekitar 22%. Pada tahun 2006, penggunaan lahan yang dominan masih lahan tegalan tapi luasnya berkurang menjadi 57.600 ha atau sekitar 39%. Sama halnya dengan penggunaan lahan hutan luasnya juga berkurang menjadi 22.000 ha atau 15%. Tabel 2 menunjukkan perubahan penggunaan lahan DAS

Cisadane tahun 2001 menjadi penggunaan lahan tahun 2006. Perubahan penggunaan lahan terbesar adalah penggunaan lahan sawah yaitu bertambah sebesar 17900 ha. Berbeda dengan penggunaan lahan hutan yang mengalami penurunan luas sebesar 10400 ha.

Laju pertumbuhan penduduk per tahun di DAS Cisadane relatif cukup besar, diantaranya di Kabupaten Bogor sebesar 2,81%, di Kota Bogor sebesar 1,31%, di Kabupaten Sukabumi sebesar 0,71%. Berdasarkan perhitungan PDRB atas dasar harga konstan tahun 2000, laju pertumbuhan ekonomi di DAS Cisadane tahun 2001-2006 sebesar 5,47% .

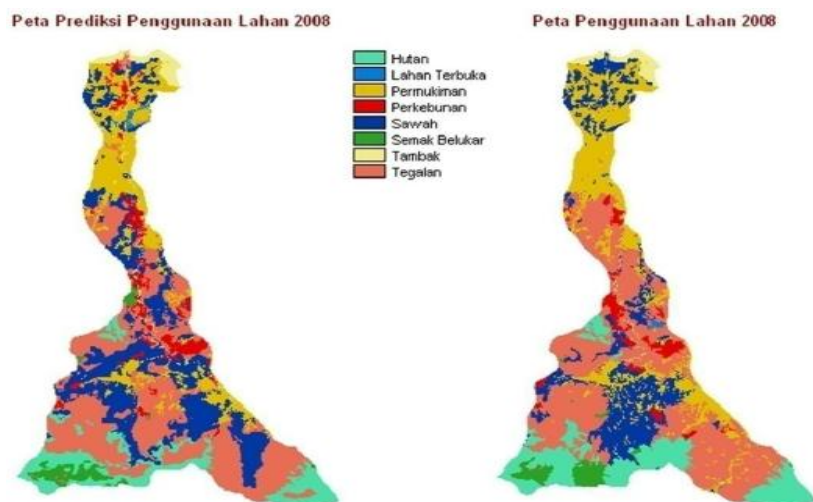
### Analisis Model Perubahan Penggunaan Lahan

Peta prediksi dibentuk dari persamaan perubahan penggunaan lahan yang didapat dari peta penggunaan lahan tahun 2001 dan 2006. Langkah pertama yang dilakukan adalah melihat tingkat kelogisan peta dari tahun 2001-2006 dengan melakukan tabulasi silang (*crosstab*) antara kedua peta sehingga didapat luas dan persentase perubahan penggunaan lahan. Berdasarkan hasil tabulasi silang tersebut, penggunaan lahan dari lahan terbuka, pemukiman, tegalan, dan sawah menjadi hutan sangat sulit terjadi dalam selang waktu 2001 sampai 2006 sehingga perlu dilakukan koreksi pada peta.

Peta penggunaan lahan tahun 2001 dan 2006 diklasifikasikan menjadi 8 jenis tutupan lahan, yaitu hutan, lahan terbuka, pemukiman, perkebunan, tegalan, sawah, semak belukar, dan tambak. Analisis dilakukan untuk tiap jenis penggunaan lahan tersebut sehingga didapat persamaan perubahan penggunaan lahan sebanyak 44 persamaan. Seharusnya persamaan yang didapat sebanyak 64 persamaan tapi ada sebagian penggunaan lahan yang tidak mengalami perubahan, seperti penggunaan lahan hutan menjadi penggunaan lahan tambak, lahan terbuka menjadi semak belukar, pemukiman menjadi lahan terbuka sehingga persamaannya juga tidak ada.

Tabel 2 Jenis Penggunaan Lahan DAS Cisadane Tahun 2001 dan 2006

Penggunaan Lahan	2001 (ha)	(%)	2006 (ha)	(%)	Perubahan (ha)
Hutan	32546	21,9	22086	14,8	-10460
Lahan Terbuka	1287	0,9	456	0,3	-831
Permukiman	24711	16,6	31142	20,9	6431
Perkebunan	5763	3,9	4972	3,3	-791
Sawah	7248	4,9	25165	16,9	17917
Semak Belukar	591	0,4	4112	2,8	3521
Tambak	4001	2,7	3313	2,2	-688
tegalan	72739	48,9	57639	38,7	-15100
Jumlah	148886	100,0	148886	100,0	0



Gambar 1 Validasi peta prediksi penggunaan lahan 2008 dengan peta penggunaan lahan 2008.

Model regresi logistik yang didapat sebanyak 44 persamaan dan mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) tertinggi sebesar 0,99, terendah sebesar 0,1 dan rata-rata sebesar 0,75. Hasil uji F menjelaskan bahwa semua persamaan yang didapat memberi pengaruh nyata. Semua persamaan diuji dengan memasukkan semua nilai variabel x ke persamaan sehingga didapat nilai variabel y dalam bentuk peluang. Persamaan yang digunakan untuk prediksi adalah yang mempunyai peluang lebih besar dari 50%.

Langkah terakhir adalah melakukan validasi terhadap persamaan yang didapat dengan cara membandingkan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2008 yang didapat dari persamaan dengan peta penggunaan lahan tahun 2008 (Gambar 1). Hasil validasi yang didapat mempunyai nilai ketelitian 61%. Nilai validasi ini cukup kecil, penyebabnya adalah banyaknya jenis penggunaan lahan yang digunakan yaitu sebanyak 8 jenis penggunaan lahan.

Persamaan yang didapat setelah proses validasi dilakukan adalah sebanyak 31 persamaan yang digunakan untuk prediksi penggunaan lahan tahun yang akan datang. Persamaan-persamaan itu antara lain 5 persamaan dari perubahan penggunaan lahan hutan, 4 persamaan dari perubahan penggunaan lahan terbuka, 1 persamaan dari perubahan penggunaan lahan permukiman, 5 persamaan dari perubahan penggunaan lahan perkebunan, 5 persamaan dari perubahan penggunaan lahan sawah, 3 persamaan dari perubahan penggunaan lahan semak belukar, 2 persamaan dari perubahan lahan tambak, dan 6 persamaan dari perubahan penggunaan lahan tegalan.

### Interpretasi Koefisien Persamaan Regresi Logistik

Koefisien persamaan penggunaan lahan yang akan diinterpretasikan adalah perubahan penggunaan lahan hutan menjadi sawah, hutan menjadi semak

belukar, hutan menjadi tegalan, sawah menjadi tegalan, dan semak belukar menjadi tegalan. Pemilihan dilakukan karena pada penggunaan lahan tersebut terjadi perubahan yang cukup signifikan dibanding perubahan penggunaan lahan yang lain.

### Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi sawah

Tabel 3 menjelaskan bahwa nilai *odds ratio* dari variabel X1 adalah sebesar 0,4625, artinya untuk setiap penambahan jarak ke tepi hutan yang berubah dari penggunaan lahan lain sebesar 1 m mengakibatkan kenaikan resiko (*odds*) terjadi perubahan penggunaan lahan hutan menjadi sawah sebesar 0,4625.

Tabel 3. Nilai *odds ratio* tiap koefisien

Variabel	Koefisien	Odds Ratio
X1	-0,7706	0,4625
X2	-0,8338	0,4342
X3	1,2125	3,3645
X4	0,9663	2,6298
X5	11,2872	9,0E+04
X6	-0,0001	0,9999

Pengaruh terbesar terdapat pada variabel X5 sebesar 8,0E+04, artinya untuk setiap penambahan kepadatan penduduk 1 org/piksel mengakibatkan kenaikan resiko terjadi perubahan penggunaan lahan hutan menjadi sawah sebesar 8,0E+04.

### Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi semak belukar

Tabel 4 merupakan nilai *odds ratio* dari koefisien persamaan perubahan penggunaan lahan hutan menjadi semak belukar. Pengaruh terbesar terdapat pada koefisien X1 sebesar 8,3E+09, artinya untuk setiap penambahan jarak ke tepi hutan yang berubah dari penggunaan lahan lain sebesar 1 m mengakibatkan kenaikan resiko terjadi perubahan

penggunaan lahan hutan menjadi semak belukar sebesar  $8,3E+09$ .

Tabel 4. Nilai *odds ratio* tiap koefisien

Variabel	Koefisien	Odds Ratio
X1	22,8214	$8,3E+09$
X2	-3,5754	0,0279
X3	4,6529	$1,1E+02$
X4	8,2372	$3,8E+03$
X5	12,6145	$3,0E+05$
X6	-0,0002	0,9998

#### **Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi tegalan**

Tabel 5 merupakan nilai *odds ratio* dari koefisien persamaan perubahan penggunaan lahan hutan menjadi tegalan. Pengaruh terbesar terdapat pada koefisien X1 sebesar  $1,3E+12$ , artinya untuk setiap penambahan jarak ke tepi hutan yang berubah dari penggunaan lahan lain sebesar 1 m mengakibatkan kenaikan resiko terjadi perubahan penggunaan lahan hutan menjadi tegalan sebesar  $1,3E+12$ .

Tabel 5. Nilai *odds ratio* tiap koefisien

Variabel	Koefisien	Odds Ratio
X1	27,8682	$1,3E+12$
X2	-4,7449	0,0087
X3	0,6105	1,8421
X4	-10,7895	0,0000
X5	8,7695	$6,5E+03$
X6	0,0002	1,0002

#### **Perubahan penggunaan lahan sawah menjadi tegalan**

Tabel 6 merupakan nilai *odds ratio* dari koefisien persamaan perubahan penggunaan lahan sawah menjadi tegalan. Pengaruh terbesar terdapat pada koefisien X1 sebesar  $2,4E+34$ , artinya untuk setiap penambahan jarak ke tepi sawah yang berubah dari penggunaan lahan lain sebesar 1 m mengakibatkan kenaikan resiko terjadi perubahan penggunaan lahan sawah menjadi tegalan sebesar  $2,4E+34$ .

Tabel 6. Nilai *odds ratio* tiap koefisien

Variabel	Koefisien	Odds Ratio
X1	79,1197	$2,4E+34$
X2	-7,1690	0,0008
X3	19,1027	$2,0E+08$
X4	-4,1869	0,0152
X5	12,1292	$1,9E+05$
X6	0,0001	1,0001

#### **Perubahan penggunaan lahan semak belukar menjadi tegalan**

Tabel 7 merupakan nilai *odds ratio* dari koefisien persamaan perubahan penggunaan lahan semak belukar menjadi tegalan. Pengaruh terbesar terdapat pada koefisien X1 sebesar  $1,1E+21$ , artinya untuk setiap penambahan jarak ke tepi semak belukar yang berubah dari penggunaan lahan lain sebesar 1 m mengakibatkan kenaikan resiko terjadi perubahan penggunaan lahan semak belukar menjadi tegalan sebesar  $1,1E+21$ .

Tabel 7. Nilai *odds ratio* tiap koefisien

Variabel	Koefisien	Odds Ratio
X1	48,4352	$1,1E+21$
X2	-7,5254	0,0005
X3	15,9684	$8,7E+06$
X4	6,2772	$5,3E+02$
X5	9,8640	$1,9E+04$
X6	0,0001	1,0001

Nilai koefisien dari setiap variabel persamaan perubahan penggunaan lahan mempunyai arti yang berbeda. Koefisien  $\beta_1$  berpengaruh pada variabel X1, koefisien  $\beta_2$  berpengaruh pada variabel X2, seterusnya sampai dengan koefisien  $\beta_6$  berpengaruh pada variabel X6. Nilai koefisien positif maksudnya peluang suatu perubahan penggunaan lahan akan semakin besar jika nilai variabelnya semakin besar. Nilai koefisien negatif maksudnya peluang suatu perubahan penggunaan lahan akan semakin kecil jika nilai variabelnya semakin besar.

Salah satu contohnya adalah koefisien  $\beta_1$ . Koefisien  $\beta_1$  bernilai positif artinya peluang suatu perubahan penggunaan lahan akan semakin besar jika jarak ke tepi penggunaan lahan yang mengalami perubahan dari penggunaan lahan lain semakin besar, sedangkan jika bernilai negatif artinya peluang suatu perubahan penggunaan lahan akan semakin kecil jika jarak ke tepi penggunaan lahan yang mengalami perubahan dari penggunaan lahan lain semakin besar.

#### **Peta Prediksi Penggunaan Lahan**

Hasil akhir dari semua persamaan yang dapat digunakan adalah peta prediksi penggunaan lahan tahun 2010, 2015, 2020, dan tahun 2025 yang terlihat pada Gambar 2 di bawah. Penggunaan lahan yang cukup signifikan mengalami perubahan pada Gambar 2 adalah penggunaan lahan hutan, sawah, dan tegalan (lihat Tabel 8). Tabel 8 menunjukkan luas perubahan dari peta prediksi penggunaan lahan. Perubahan yang cukup signifikan terjadi pada penggunaan lahan sawah dan tegalan dari tahun 2015 sampai tahun 2020. Penggunaan lahan sawah berkurang sebesar 46.577 ha sedangkan penggunaan lahan tegalan bertambah sebesar 48.364 ha.



Tabel 9. Luas Perubahan Penggunaan Lahan di DAS Cisadane

Penggunaan Lahan	Perubahan (ha)				
	2001-2006	2006-2010	2010-2015	2015-2020	2020-2025
Hutan	-10460	-6981	-4800	-2730	577
Lahan Terbuka	-831	80	51	247	245
Permukiman	6431	-5664	150	-124	-421
Perkebunan	-791	-934	552	1182	-13
Sawah	17917	31698	1154	-46577	-7152
Semak Belukar	3521	-355	421	-340	-361
Tambak	-688	684	-27	-23	-12
Tegalan	-15100	-18526	2498	48365	7137
Jumlah	0	0	0	0	0

### Perhitungan Jumlah Cadangan Karbon

Jumlah cadangan karbon dihitung per tahun dari tiap peta prediksi penggunaan lahan yang dihasilkan. Jumlah cadangan karbon yang dihasilkan terlihat pada Tabel 10 di bawah.

Tabel 10. Jumlah cadangan karbon tiap tahun (Mt/thn)

Tahun	Loss (tC/thn)	Gain (tC/thn)	Total (tC/thn)	Cadangan Karbon (Mt/thn)
2001	5886182	71695	5957876	21,8
2006	4292618	55082	4347700	15,9
2010	3185617	39706	3225324	11,8
2015	2543622	35447	2579069	9,5
2020	2410764	44150	2454913	9,0
2025	2518551	46091	2564642	9,4

Tabel 10 merupakan jumlah cadangan karbon per tahun yang terdapat pada tiap penggunaan lahan di DAS Cisadane. Dari Tabel 10 terlihat bahwa jumlah cadangan karbon terbesar terdapat pada 2001 sebesar 21,8 Mt/thn dan hingga tahun 2025 cadangan karbon tersebut cenderung menurun. Dalam selang waktu dari tahun 2001 hingga tahun 2025, jumlah cadangan karbon cenderung menurun, artinya terjadi peningkatan emisi karbon ke atmosfer. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya luas areal penggunaan lahan hutan yang merupakan penyimpan cadangan karbon terbesar dibanding penggunaan lahan lain.

### KESIMPULAN

Analisis perubahan penggunaan lahan di DAS Cisadane menghasilkan 31 persamaan regresi logistik dengan nilai koefisien determinasi rata-rata sebesar 0,75. Hasil uji F menjelaskan bahwa setiap variabel x pada persamaan memiliki pengaruh nyata yang berbeda-beda untuk tiap jenis penggunaan lahan. Persamaan regresi logistik ini digunakan untuk membuat peta prediksi penggunaan lahan

tahun 2010, 2015, 2020, dan tahun 2025. Dari peta prediksi yang dihasilkan, terlihat degradasi hutan yang berubah menjadi penggunaan lahan lain.

Jumlah cadangan karbon yang terdapat pada penggunaan lahan di DAS Cisadane dalam selang waktu tahun 2001 hingga tahun 2025 cenderung menurun. Dengan arti kata, terjadi peningkatan emisi karbon ke atmosfer. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya luas areal penggunaan lahan hutan yang merupakan penyimpan cadangan karbon terbesar dibanding penggunaan lahan lain.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asdak C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chen J, Wei S, Chang K, Tsai B. 2007. A comparative case study of cultivated land changes in Fujian and Taiwan. *J Landusepol* 24: 386–395
- Dewan AM dan Yamaguchi Y. 2009. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. *J Apgeog* 29: 390–401
- [DPU] Departemen Pekerjaan Umum. 2007. Status Mutu Air Sungai di Indonesia. [Terhubung berkala]. <http://www.pu.go.id>. [28 Juni 2009].
- Hall CAS, Tian H, Qi Y, Pontius G and Cornell J. 1995. Modelling Spatial and Temporal Patterns of Tropical Land Use Change. *J. Biogeogr.* 22 (4/5), 753–757.
- Hosmer DW dan Lemeshow S. 1989. *Applied Regression Analysis*. Wiley: Ncew York.
- Houghton JT *et al.* 2001. *Climate Change : The Scientific Basis*. Cambridge University Press. 83 pp. [terhubung berkala]. <http://www.ipcc.ch>. [28 Desember 2009].
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Co-Chairs of the Task Force Bureau on National Greenhouse Gas Inventories, Switzerland.
- Kaul M, Dadhwal VK, Mohren GMJ. 2009. Land use change and net C flux in Indian forests. *J Foreco* 258: 100-108.



- Kusimi JM. 2008. Assessing land use and land cover change in the Wassa West District of Ghana using remote sensing. *GeoJournal* 71: 249 - 259.
- Lambin EF. 1997. Modelling and Monitoring Land-Cover Change Processes in Tropical Regions. *Prog. Phys. Geogr.* 21(3): 375–393.
- Lambin EF *et al.* 1999. *Land-Use and Land-Cover Change (LUCC): Implementation Strategy*. IGBP Report 48, IHDP Report 10.
- Lasco RD. 2004. Forest carbon budgets in Southeast Asia following harvesting and land cover change. Di dalam: *Impacts of land use Change on the Terrestrial Carbon Cycle in the Asian Pacific Region. Science in China Vol. 45, 76-86.*
- Pontius Jr RG. 1994. *Modeling Tropical Land Use Change and Assessing Policies to Reduce Carbondioxide Release From Africa*. Graduate Program in Environmental Science. SUNY-ESF, Syracuse, 177 pp.
- Schneider L.C. dan R. Gil Pontius Jr., 2001. Modeling land-use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *J Agriculture, Ecosystem and Environment* 85: 83-94.
- Stolle F, Chomitz KM, Lambin EF, dan Tomich TP. 2002. *Landuse and Vegetation Fires in Jambi Province, Sumatera, Indonesia*. Universite Catholique de Louvain : Belgium.
- Tu J. 2009. Combined impact of climate dan land use changes on streamflow and water quality in eastern Massachusetts, USA. *J Jhydrol* 379: 268-283
- Veldkamp A dan Fresco LO. 1996. CLUE-CR: An Integrated Multi-Scale Model to Simulate Land Use Change Scenarios in Costa Rica. *Ecol. Model.* 91, 231–248.
- Watson RT, Noble IR, Bolin B, Ravindranath NH, Verado DJ dan Dokken DJ. 2000. *Land Use and Land-Use Change and Forestry: A special report of the IPCC*. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 377 pp.