

PEMODELAN DAMPAK KEBIJAKAN REDD: STUDI KASUS HUTAN DI PULAU SUMATERA

(Modelling of REDD Policy Impact: Case Study in Forest Area at Sumatera Island)

Irmadi Nahib dan Yatin Suwarno

Pusat Penelitian, Promosi dan Kerja Sama, Badan Informasi Geospasial
Jalan Raya Jakarta - Bogor KM 46 Cibinong, 16911, Indonesia

E-mail: irmadi.nahib@big.go.id

Diterima (received): 14 Juli 2017; Direvisi (revised): 22 September 2017; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 10 Oktober 2017

ABSTRAK

Hutan Indonesia pada periode 2000-2009 telah mengalami deforestasi sekitar 15,15 juta ha. Distribusi spasial deforestasi terjadi di Pulau Kalimantan mencapai 5,51 juta ha (36,32%), Pulau Sumatera 3,71 juta ha (24,48%) dan Kepulauan Maluku 1,25 juta ha (8,30%). Di Pulau Sumatera, Provinsi Riau mengalami deforestasi yang tinggi, yang mencapai 2,002 juta ha. Deforestasi akan berdampak terhadap peningkatan emisi karbon. Salah satu metode untuk mengukur emisi karbon dampak deforestasi dan degradasi hutan adalah model Geosiris. Model ini mengasumsikan bahwa antara pendapatan produk pertanian yang diperoleh dari konversi hutan berbanding terbalik (*trade-off*) dengan pendapatan karbon yang diperoleh dengan melindungi hutan. Pemodelan Geosiris memungkinkan kebijakan pembayaran insentif terhadap wilayah yang mampu menurunkan emisi karbon. Data yang digunakan adalah peta tutupan hutan tahun 2005 dan 2010, peta deforestasi tahun 2005-2010, dan data penyebab deforestasi: (kemiringan, elevasi, jarak logaritmik ke jalan terdekat, jarak dari ibukota provinsi, peta taman nasional, peta areal perkebunan), harga karbon dan harga pertanian. Analisis emisi karbon dilakukan dengan menggunakan modul Geosiris pada *software* TerrSet. Tujuan penelitian ini adalah untuk menduga deforestasi dan emisi karbon pada periode 2005-2010 di pulau Sumatera dengan menggunakan model Geosiris dan untuk mengetahui nilai insentif yang harus dibayar oleh pemerintah pusat. Hasil analisis menunjukkan deforestasi yang terjadi di Pulau Sumatera adalah 1,632 juta ha (8,73%), dengan asumsi harga karbon sebesar US \$ 10 / tCO₂e, kebijakan REDD mampu menurunkan deforestasi hutan di Pulau Sumatera sebesar 0,387 juta ha (30,39%), perubahan emisi karena kebijakan REDD sebesar 46,83% atau setara penurunan emisi sebesar 775 juta tCO₂e/ 5 tahun serta surplus bersih pemerintah pusat dari pembayaran karbon sebesar US \$ 964 juta (NPV, 5 tahun).

Kata Kunci: deforestasi, emisi karbon, pendapatan pertanian, insentif karbon, model Geosiris

ABSTRACT

Indonesia's forest in the period 2000-2009 has been deforested about 15.15 million ha. The spatial distribution of deforestation occurred on the Kalimantan island reach 5.51million ha (36.32%), Sumatra Island 3.71 million ha (24.48%) and Maluku Islands 1.25 million ha (8.30%).In the Sumatra island, Riau Province has the greatest deforestation, they are reaching 2.002 million ha. Deforestation heightens carbon model. This model assumes forest utilization toward a trade-off between the agricultural revenue obtained from deforesting land, and the carbon revenue obtained by protecting them. A modeled GeOSIRIS policy uses a carbon payment system to incentivize emission reductions. Data used instudy are maps of forest cover in 2005 and 2010, map of deforestation, driver variables (slope, elevation, logarithmic distance to the nearest road or provincial capital, or the amount of area per pixel included in a national park, or a timber plantation), carbon price and agricultural. Calculating emisi carbon wasdone by the Geosiris module in TerrSet software. The aim of study is to predict deforestation and emissions from tropical deforestation period 2005-2010 in Sumatera island using Geosiris and to know the incentive value to be paid by the central government. The analysis results show rate of deforestation is 1.632 million ha (8.73%), with international carbon price of US \$10/tCO₂e. The REDD policy could decrease deforesestation in Sumatra Island as much as 0.387 million ha (30.39%). The change of emissions due to REDD is46.83%, or reduced emissions by 775 MtCO₂e/5 years, finally, net central government surplus from carbon payments are US \$ 964million (NPV, 5 years).

Keywords: deforestation, carbon emission, agricultural revenue, carbon payments, Geosiris model

PENDAHULUAN

Hutan tropis dan lanskap vegetasi lainnya seperti padang rumput, savana dan tanaman berkayu lainnya memainkan peran utama dalam

proses penyerapan karbon global. Konservasi dan perlindungan hutan menawarkan potensi besar untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan pemanasan global (Bununu, 2016). Sedangkan Barlow (2007) menyatakan bahwa penebangan

hutan primer juga mengakibatkan hilangnya keanekaragaman hayati karena penghancuran habitat hutan tropis yang unik.

Indonesia merupakan negara hutan tropis terbesar ketiga, penyumbang utama emisi gas rumah kaca global dari deforestasi, degradasi hutan dan lahan gambut (Margono *et al.*, 2014). Indonesia mengalami tingkat deforestasi tertinggi kedua di antara negara-negara tropis setelah Brasil. Oleh karena itu, data hutan yang tepat waktu dan teliti diperlukan untuk mengurangi deforestasi dan degradasi hutan dalam mendukung mitigasi perubahan iklim dan inisiatif kebijakan konservasi keanekaragaman hayati (FAO, 2010).

Deforestasi di Indonesia, terbesar terjadi di Kalimantan dan Sumatera dengan persentase masing-masing sebesar 36,32 persen dan 24,49 persen, diikuti Sulawesi 11,00 persen, Jawa 9,12 persen, Maluku 8,30 persen, Bali-Nusa Tenggara 6,62 persen. Papua menjadi wilayah yang paling kecil menyumbang deforestasi yakni sebesar 4,15 persen. Deforestasi di Indonesia sampai pada tahun 2009 terkonsentrasi di Kalimantan dan Sumatera (Sumargo, *et al.*, 2011).

Dari 15,79 juta hektar deforestasi yang terjadi di Indonesia pada periode 2000-2012, sebesar 6,02 juta (38,13%) merupakan deforestasi yang terjadi di hutan primer (Hansen, 2013). Deforestasi tahunan pada periode tersebut terus meningkat, dimana laju deforestasi tertinggi terjadi pada tahun 2012. Deforestasi hutan primer pada tahun 2012 mencapai 0,84 juta ha, lebih tinggi dari deforestasi hutan primer di Brasil (0,46 juta ha), yang merupakan deforestasi tertinggi pada hutan tropis. Pembukaan hutan primer di Indonesia mengakibatkan peningkatan emisi gas rumah kaca dan hilangnya keanekaragaman hayati (Margono *et al.*, 2014).

Pulau Sumatera mengalami pembukaan hutan secara intensif yang mengakibatkan konversi 70% kawasan hutan di pulau ini sampai 2010 (Margono *et al.*, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Sumargo (2011), pada periode tahun 2000-2009, di Pulau Sumatera terjadi deforestasi sebesar 3,71 juta ha atau 23,92% dari deforestasi yang terjadi di Indonesia. Penyumbang deforestasi terbesar di Pulau Sumatera adalah Provinsi Riau sebesar 31,42%, sedangkan Provinsi Bengkulu merupakan wilayah yang deforestasinya paling kecil yaitu 3,53%.

Beberapa metode dan pendekatan untuk penghitungan dan pemodelan emisi carbon. Salah satu metode adalah pemodelan Osiris yang dikembangkan oleh Jonah Busch dari Conservation International. Metode menyajikan hasil analisis dalam bentuk angka tabuler (Eastman, 2014).

Penyempurnaan pemodelan osiris menghasilkan pemodelan Geosiris. Pada pemodelan Geosiris selain dihasilkan data tabuler, juga dihasilkan informasi spasial. Pemodelan REDD pada modul Geosiris juga berbeda dengan pemodelan REDD pada modul "pemodelan perubahan lahan". Pemodelan REDD pada modul pemodelan perubahan lahan hanya memprediksi dan memodelkan deforestasi dan emisi karbon pada suatu kawasan tertentu (referensi) yang dilindungi dari deforestasi (lokasi proyek REDD). Sedangkan pemodelan Geosiris mampu memodelkan pada areal yang luas (nasional atau regional), dan dapat menyajikan hasil analisis pada tingkat administrasi dibawahnya serta mampu memberikan gambaran pembayaran insentif dampak pengurangan emisi pada wilayah administrasi yang diinginkan, seperti wilayah provinsi atau kabupaten (Eastman, 2014).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menduga deforestasi dan emisi karbon pada periode 2005-2010 di Pulau Sumatera dengan menggunakan model Geosiris dan mengetahui nilai insentif yang harus dibayar oleh pemerintah pusat kepada pemerintah daerah.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) peta tutupan hutan tahun 2005 dan 2010, peta deforestasi periode 2005-2010 sesuai pada **Gambar 1**,
- b) peta penyebab deforestasi, terdiri dari peta kemiringan lereng, elevasi, jarak logaritmik ke jalan terdekat, jarak dari ibukota provinsi, peta taman nasional, peta areal perkebunan, yang ditunjukkan oleh **Gambar 2**.

Data tersebut diperoleh dari <https://clarklabs.org/download/terrest-tutorial-data/>, diakses tanggal 4 April 2017. Data tersebut merupakan data global dengan resolusi spasial 3 km x 3 km. Kelemahan data ini adalah resolusi spasial yang terlalu kecil (dimana satu pixel mewakili luas 900 ha). Areal yang luasannya kurang dari 900 ha digabung ke dalam kelas yang lebih dominan. Peta tersebut menyajikan seluruh wilayah Indonesia. Penelitian ini hanya untuk wilayah Pulau Sumatera, yang diperoleh dengan cara memotong (*cropping*) hanya untuk wilayah Pulau Sumatera.

Pendekatan Model

Model Geosiris dalam penghitungan dampak REDD didasarkan pada model Osiris yang telah disempurnakan (Eastman, 2014). Pemodelan Geosiris mampu menyajikan data spasial.

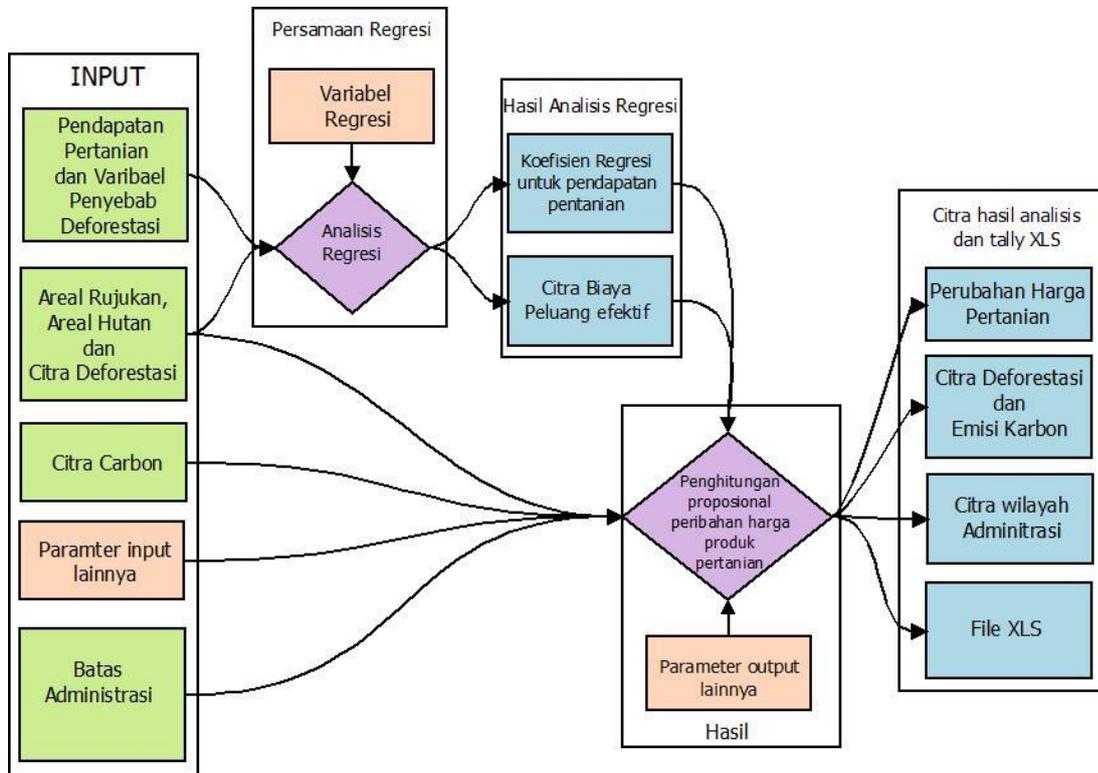
Diagram alir tahapan penyusunan model geosiris disajikan pada **Gambar 3**.

Analisis Regresi

Pendekatan yang digunakan pada analisis regresi pada model Geosiris adalah penghitungan deforestasi dan biaya peluang efektif, dengan memasukan variabel-variabel independen pada model regresi. Koefisien regresi yang diperoleh pada model ini digunakan untuk menghitung jumlah deforestasi dan emisi karbon yang terjadi. Parameter model yang digunakan terdiri atas

variabel pendapatan pertanian dan variable penyebab deforestasi serta variabel dependen (terikat) deforestasi. Variabel model yang digunakan terdiri atas; variabel faktor eksternal, variabel kebijakan REDD parameter model lainnya seperti pada **Tabel 1**.

Model Geosiris dapat menyajikan analisis pada tingkat administrasi wilayah yang berbeda, seperti tingkat provinsi dan kabupaten. Pada penelitian ini digunakan data administrasi tingkat provinsi dan juga kabupaten.



Sumber: Eastman, 2014.

Gambar 3. Diagram Alir Tahapan Penyusunan Model Geosiris.

Tabel 1. Faktor yang Digunakan dalam Pendugaan Harga Pertanian.

No	Paramater	Besaran
1	Faktor Eksternal	
	Harga karbon dunia (\$/tCO2e)	\$10.00
	Standar nasional emisi (as proportion of BAU emissions)	1,00
2	Kebijakan Nasional REDD+ dan insentif	
	Pembagian keuntungan: porsi harga karbon dunia yang dipotong oleh pemerintah nasional untuk pengurangan reduksi emisi di bawah garis dasar	0.2
	Harga karbon dalam negara yang diterima untuk pengurangan emisi di bawah garis dasar (\$ / tCO2e):	\$8.00
	Bagian pertanggungjawaban: porsi pertanggungjawaban yang ditanggung oleh pemerintah nasional untuk kenaikan emisi di atas dasar	1
	Tingkat provinsi berdasarkan garis dasar sebagai proporsi tingkat BAU yang sesuai	1
	Kabupaten tingkat dasar sebagai proporsi BAU tingkat yang sesuai	1
	Provinsi tingkat dasar sebagai proporsi rata-rata tingkat emisi nasional	0.25
	Lantai dasar tingkat provinsi sebagai proporsi rata-rata tingkat emisi nasional	0.25

Provinsi tingkat dasar sebagai proporsi dari total stok karbon hutan yang dapat dipancarkan		0.02	
Lantai dasar tingkat kotamadya sebagai proporsi dari total cadangan karbon hutan yang dapat dipancarkan		0.02	
Skala Akuntansi (1 untuk semua yang berlaku)			
Akuntansi tingkat nasional		1	
Akutansi tingkat provinsi		1	
Akuntansi tingkat kabupaten		1	
3 Parameter Model			
Proporsi pendapatan pertanian mentah yang dipertahankan setelah biaya produksi:		1	
Persentase tanah termasuk dalam faktor emisi (tanah non-gambut)		0.1	
Faktor emisi untuk tanah gambut (tCO ₂ e / ha)		1,474.20	
Sensitivitas harga produksi dalam negeri berubah di lahan domestik		0.6	
Kenaikan harga agregat endogen (dari penurunan daerah pertanian dalam negeri karena REDD +):			1.24
Kenaikan harga agregat (dari penurunan di bidang pertanian global misalnya karena mekanisme REDD + global):		0.3	
Perubahan proporsional harga agregat negara		1.54	1.54

Komponen untuk faktor emisi dalam model Geosiris ada 3 yaitu karbon di atas dan di bawah permukaan, karbon tanah, dan gambut. Persamaan untuk faktor emisi pada setiap piksel adalah :

$$E = (AB+SC*fs)*3.67 \quad \text{jika gambut } P=0$$

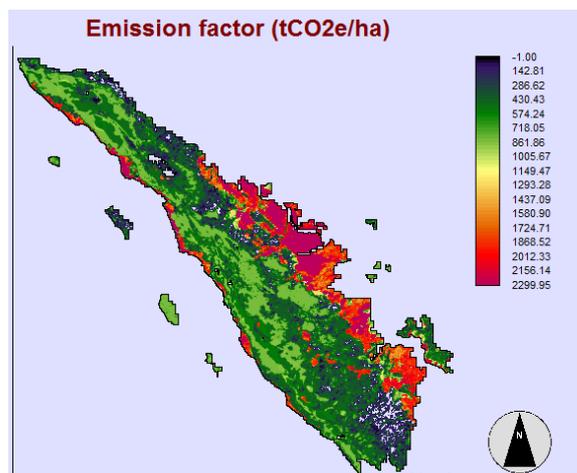
$$E = AB*3.67+fp \quad \text{jika gambut } P>0$$

dimana :

- E = faktor emisi (tCO₂e/ha)
- AB = kandungan karbon atas dan bawah permukaan
- SC = carbon tanah
- fs = faktor karbon tanah
- fp = faktor emisi untuk tanah gambut

Peta faktor emisi yang ditunjukkan oleh **Gambar 4** digunakan untuk menghitung berapa jumlah CO₂ yang akan dilepaskan per hektar akibat deforestasi.

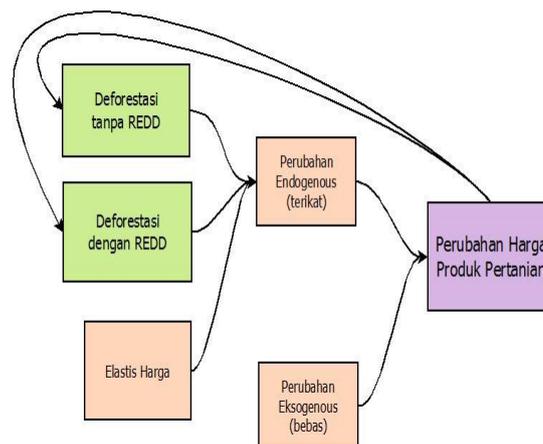
Tahap kegiatan analisis secara lengkap merujuk pada modul Geosiris yang dikembangkan oleh Eastman, 2014.



Gambar 4. Faktor Emisi Karbon Pulau Sumatera.

Analisis Perubahan Harga Produk Pertanian

Analisis untuk memperoleh nilai perubahan harga pertanian dengan membandingkan dua nilai berturut-turut untuk melihat apakah nilainya sudah tepat. Model akan terus berjalan hingga diperoleh dua nilai berturut-turut memenuhi kriteria, yakni tingkat ketelitian model atau jumlah maksimum iterasi terlampaui. Nilai iterasi terakhir yang diperoleh, akandigunakan untuk perhitungan akhir seperti **Gambar 5**. Analisis perubahan harga pertanian, merupakan proses perubahan proporsional harga pertanian dihitung dan citra deforestasi dan emisis serta rangkuman hasil perhitungan (lembar kerja Excel) dihasilkan.



Gambar 5. Penghitungan Harga Pertanian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deforestasi Hutan

Luas hutan di Pulau Sumatera pada tahun 2010 adalah 18,699 juta ha atau sekitar 42,79% dari luas Pulau Sumatera. Hutan di Pulau Sumatera terdiri dari hutan gambut seluas 3,112 juta ha (16,65%) dan hutan tanah mineral seluas 15,566 juta ha (83,35%). Berdasarkan tipe hutan, hutan di Pulau Sumatera terdiri atas hutan primer dan hutan sekunder. Sedangkan hasil penelitian Margono *et al.* (2012), luas hutan primer pada tahun 2000 mencapai 30%. Luas hutan tersebut belum menghitung luas hutan sekunder. Dengan demikian luas hutan tersebut relatif sama. Lebih lanjut disampaikan bahwa keberadaan hutan primer di Sumatera mempunyai kecenderungan terus berkurang. Pada tahun 1990 keberadaan hutan primer sebesar 47%, berkurang menjadi 33% pada tahun 2000 dan hanya menyisakan 30% pada tahun 2000.

Pada periode 2005-2010 terjadi deforestasi di Pulau Sumatera sebesar 1,632 juta ha (8,77%), terdiri dari deforestasi pada hutan gambut seluas 0,824 juta (26,48%) dan deforestasi pada tanah mineral seluas 0,808 juta (5,82 %), seperti disajikan pada **Tabel 2** dan **Gambar 6**.

Faktor utama penyebab terjadinya deforestasi adalah dampak kebijakan pemerintah dalam pengembangan areal pertanian, perkebunan sawit dan hutan tanaman industri. Pada tahun 2000 pemerintah mengeluarkan kebijakan untuk menambah luas areal pertanian (terutama perkebunan). Penyediaan lahan pertanian tersebut berasal dari areal hutan yang memicu terjadi deforestasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Fuller *et al.* (2004) yang menyatakan kebijakan perluasan pertanian, ekstraksi kayu dan perluasan infrastruktur merupakan penyebab utama berkurangnya areal hutan. Sedangkan Nawir *et al.* (2007); Indonesia, W.W.F. (2008), mengemukakan penyebab utama hilangnya tutupan hutan di Sumatera terkait dengan perluasan pasar global untuk *pulp*, kayu dan kelapa sawit. Demikian juga dengan penelitian Margono *et al.* (2012) menegaskan bahwa pada periode tahun 2000-

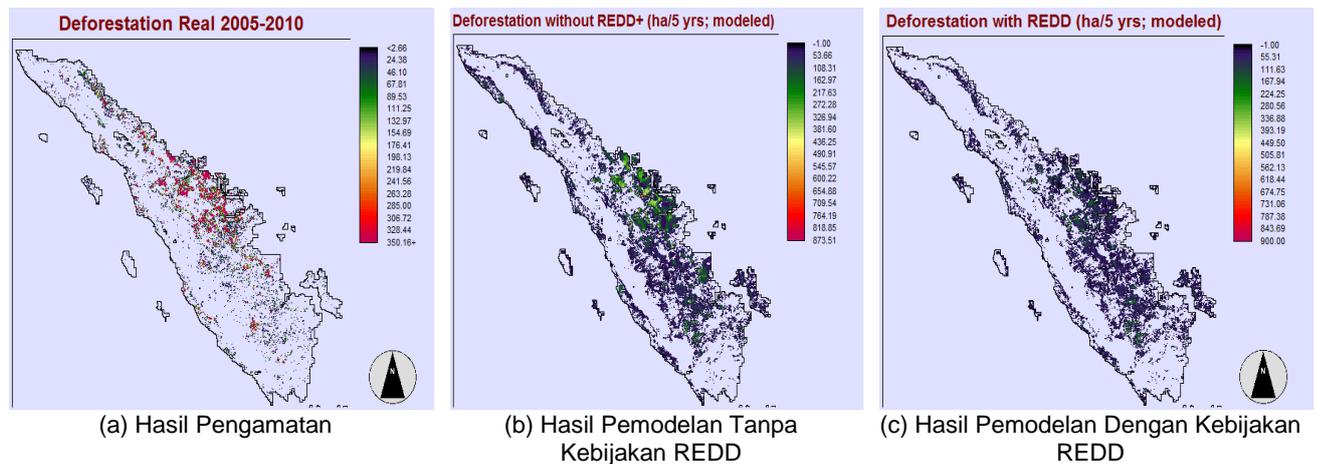
2010 penyebab terjadinya deforestasi adalah kegiatan perluasan areal pertanian, terutama perluasan areal perkebunan kepala sawit, perluasan areal hutan tanaman industri (HTI) *pulp* dan kertas dan penebangan hutan tanaman industri.

Ditinjau dari persentase luas hutan yang mengalami deforestasi terhadap luas hutan awal, maka laju deforestasi di Pulau Sumatera, lebih tinggi dari deforestasi yang terjadi di Pulau Kalimantan dan di rata-rata deforestasi di Indonesia pada periode yang sama. Deforestasi hutan di Pulau Kalimantan adalah 4,83%, terdiri deforestasi hutan pada hutan gambut 8,69% dan deforestasi hutan tanah mineral seluas 4,22%. Sedangkan laju deforestasi hutan di Indonesia adalah 5,00%, terdiri deforestasi hutan pada hutan gambut 13,01% dan deforestasi hutan tanah mineral ha 3,69%. Sedangkan Margono *et al.* (2014) menyatakan deforestasi di Sumatera pada periode tahun 1990-2010 sebesar 7,54 juta ha (35,71%) dimana sebesar 5,43 juta ha (72,01%) terjadi pada periode tahun 1990-2000 dan sisanya sebesar 2,11 juta ha (27,98%) terjadi pada periode 2000-2010.

Data deforestasi di Pulau Sumatera bervariasi tergantung tingkat kedetilan (resolusi spasial sumber data yang digunakan). Penelitian Margono dengan menggunakan citra landsat menghasilkan data deforestasi yang lebih besar. Hal ini dikarenakan resolusi spasial citra landsat (30 m) lebih teliti dibandingkan data global (3 km) yang digunakan pada penelitian ini. Kemampuan citra landsat ini telah diuji oleh Achard *et al.* (2002). Citra landsat mampu menyajikan detail spasial yang memadai untuk memperoleh estimasi daerah perubahan yang dapat diandalkan di Indonesia (Achard *et al.*, 2002). Sedangkan Tucker dan Townshend (2000) menyatakan peta yang mempunyai tingkat ketelitian yang dapat diandalkan untuk pemetaan gangguan tutupan hutan (deforestasi hutan) dapat dicapai melalui penggunaan gabungan citra satelit resolusi spasial nasional, seperti Landsat atau Satellite Pour l'Observation de la Terre (SPOT), jika ditafsirkan oleh para ahli dengan pengetahuan lokal.

Tabel 2. Hasil Pendugaan Deforestasi Pulau Sumatera Tahun 2005-2010

No	Pulau Sumatra	Total	Gambut	Tanah Mineral
1	Luas Pulau Sumatera (ha)	43.696.544	8.746.055	34.950.488
2	Luas hutan tahun awal (ha)	18.699.600	3.112.675	15.586.925
3	Deforestasi tanpa REDD (observed; ha/5 tahun)	1.632.613	824.421	808.192
4	Deforestasi tanpa REDD (modeled; ha/5 tahun)	1.275.984	567.917	708.067
5	Deforestasi dengan REDD (modeled; ha/5 tahun)	888.152	244.400	643.752
6	Pengurangan deforestasi (ha/5 tahun)	387.832	323.517	64.315
7	Perubahan deforestasi dampak REDD (%)	-30,39	-56,97	-9,08



Gambar 6. Peta Deforestasi Hutan Pulau Sumatera.

Sedangkan periode pengamatan dalam periode lima tahunan akan memberikan tingkat deforestasi yang lebih teliti (dengan angka deforestasi yang lebih besar). Pada periode yang lebih panjang dan pada periode sebelum tahun 2000-an maka tingkat deforestasi mempunyai kecenderungan yang lebih besar, karena pada kondisi tersebut areal hutan masih luas.

Pada periode yang lebih singkat dan juga kejadian setelah tahun 2000an, maka deforestasi cenderung lebih kecil. Hal ini dikarenakan luas hutan sudah semakin berkurang (kecil), sehingga pemanfaatan atau konversi hutan juga mempunyai kecenderungan lebih kecil dibanding pada saat kondisi sebelum periode 2000-an.

Kondisi Pulau Sumatera dengan tingkat deforestasi yang relatif tinggi, merupakan wilayah potensial sebagai areal proyek REDD. Program REDD diharapkan akan mampu menurunkan tingkat deforestasi dan juga mampu menurunkan tingkat emisi karbon.

Hasil simulasi, penerapan kebijakan REDD mampu menurunkan deforestasi hutan di Pulau Sumatera sebesar 0,387 juta ha (30,39%). Sedangkan pengurangan deforestasi pada areal hutan gambut sebesar 0,323 juta ha (56,97%) dan pada areal hutan tanah mineral sebesar 0,064 juta ha (9,08%) seperti disajikan pada Tabel 2.

Penurunan tingkat deforestasi di Pulau Sumatera ini, lebih besar dari deforestasi yang terjadi di Pulau Kalimantan atau Indonesia pada periode yang sama. Penurunan deforestasi hutan di Pulau Kalimantan adalah 16,70%, terdiri deforestasi hutan pada hutan gambut 28,52% dan deforestasi hutan tanah mineral 11,80%. Sedangkan laju penurunan deforestasi hutan di Indonesia adalah 17,45%, terdiri deforestasi hutan pada hutan gambut seluas 31,77% dan penurunan deforestasi hutan tanah mineral seluas ha 10,73%.

Emisi Karbon Dampak REDD

Penerapan kebijakan REDD akan berdampak terhadap penurunan tingkat

deforestasi hutan, juga secara langsung berdampak terhadap penurunan emisi karbon. Berdasarkan variabel yang mempengaruhi deforestasi diperoleh faktor emisi karbon Pulau Sumatera seperti disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa faktor emisi karbon pada wilayah Provinsi Riau, Riau Kepulauan, Sumatera Selatan dan Bangka Belitung relatif mempunyai nilai yang lebih tinggi dibanding dengan provinsi lainnya. Hal ini terkait dengan keberadaan hutan gambut yang sebagai besar berada pada wilayah tersebut. Konversi hutan gambut menjadi areal perkebunan sawit menyebabkan faktor emisi karbon menjadi lebih tinggi

Hasil analisis diperoleh emisi yang mungkin dilepaskan oleh hutan (*emitable CO₂*) adalah sebesar 16.792 juta tCO₂e, sumbangan hutan gambut 6.798 juta tCO₂e (40,48%) dan hutan mineral 9.994 juta tCO₂e (59,52%).

Besar emisi karbon di Pulau Sumatera adalah sebesar 1.655 juta tCO₂e. Emisi karbon yang terjadi di Pulau Sumatera ini merupakan yang terbesar (19,31%), diikuti emisi karbon yang terjadi emisi karbon di Pulau Kalimantan sebesar 1,392 juta tCO₂e (24,66%). Kedua pulau ini menyumbang emisi carbon sebesar 53,98%. Sementara itu menurut Alliance (2008). Menyatakan Indonesia memiliki tingkat emisi yang berbeda dari deforestasi di masing-masing pulau. Emisi karbon tertinggi berasal dari Sumatera, terhitung hampir 56% dari total emisi karbondan Kalimantan merupakan terbesar kedua dengan 28%. Total gabungan untuk kedua pulau ini adalah 84%.

Oleh sebab itu pentingnya memusatkan perhatian pada pulau-pulau ini dalam menerapkan strategi pengurangan emisi. Emisi yang tinggi dari Sumatera dan Kalimantan disebabkan oleh tingginya tingkat deforestasi di kedua pulau ini mencapai 77% dari total deforestasi Indonesia. Deforestasi di Sumatra kontribusi terbesar dari penting dari fokus yang ada pada pembukaan hutan gambut (Ministry of Forestry of The Republic Of Indonesia, 2008).

Kebijakan REDD menargetkan emisi karbon di Pulau Sumatera sebesar 880 juta. Sementara itu penurunan emisi kotor yang dapat diperoleh adalah 789 juta tCO₂e, dan emisi yang mampu diserap oleh hutan sebesar 14 juta tCO₂e. Kebijakan REDD mampu menurunkan emisi karbon di Pulau Sumatera sebesar 775 juta tCO₂e (47,83%). Sedangkan pengurangan emisi karbon pada areal hutan gambut sebesar 721 juta tCO₂e (57,79%) dan pada areal hutan tanah mineral sebesar 53 juta tCO₂e (13,17%) disajikan pada **Tabel 3** dan **Gambar 7**.

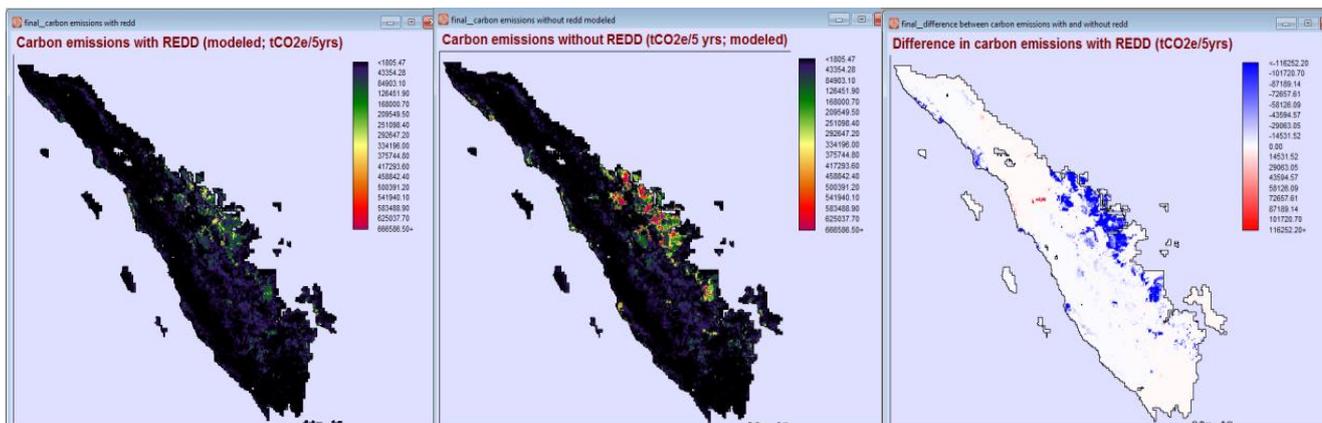
Penurunan tingkat emisi karbon di Pulau Sumatera ini, lebih besar dari deforestasi yang terjadi di Pulau Kalimantan dan juga deforestasi yang terjadi di Indonesia pada periode yang sama. Penurunan emisi karbon di Pulau Kalimantan adalah 245 juta tCO₂e (22,29%), terdiri emisi karbon pada hutan gambut seluas 180 juta tCO₂e (28,52%) dan emisi karbon tanah mineral sebesar 64 juta tCO₂e (14,02%).

Sedangkan penurunan emisi karbon di Indonesia adalah 1,091 juta tCO₂e (24,75%), terdiri emisi karbon pada hutan gambut 858 juta (32,42%) dan penurunan emisi karbon tanah mineral seluas 233 juta tCO₂e (13,22%).

Model Geosiris menyajikan *trade off* antara deforestasi dan pendapatan pertanian. Dengan asumsi harga carbon dunia adalah sebesar \$ 10//tCO₂e, diperoleh pendapatan nasional bruto dari pembayaran karbon (\$, NPV - 5 thn) adalah sebesar \$ 7.752 juta, dimana alokasinya diperuntuk pemerintah daerah (provinsi dan kabupaten) sebagai insentif (\$, NPV - 5 thn) sebesar \$ 6.787 juta (87,56%) dan sisanya sebesar \$ 964 juta (12,44%) sebagai keuntungan pemerintah pusat dari skenario pembayaran karbon. Kondisi ini akan dicapai pada tidak dana yang dialokasi sebagai pembayaran denda seperti disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 3. Hasil Pendugaan Emisi Karbon Pulau Sumatera Tahun 2005-2010

No.	Pulau Sumatra	Total	Gambut	Tanah Mineral
1	Emisi potensial yang dilepas (Emittable CO ₂) dari karbon hutan (estimated; tCO ₂)	16.792.820.736	6.798.115.840	9.994.704.896
2	Emisi tanpa REDD (estimated; tCO ₂ /5 yrs)	2.312.823.296	1.816.102.784	496.720.512
3	Emisi tanpa REDD (modeled; tCO ₂ /5 yrs)	1.655.341.440	1.248.899.072	406.442.368
4	Standar nasional emisi (tCO ₂ e/5 yrs)	1.655.341.440		
5	Emisi dengan REDD (modeled; tCO ₂ /5 yrs)	880.104.768	527.203.328	352.901.440
6	Pengurangan emisi kotor (tCO ₂ e/5 yrs)	789.616.192	724.265.408	65.350.784
7	Peningkatan emisi kotor (tCO ₂ e/5 yrs)	14.379.927	2.569.664	11.810.263
8	Total pengurangan emisi (tCO ₂ e/5 yrs)	775.236.672	721.695.744	53.540.928
9	Pengurangan emisi yang dikreditkan (tCO ₂ e/5 yrs)	775.236.672		
10	Perubahan emisi dampak REDD (%)	-47,83%	-57,79%	-13,17%



(a) Dampak REDD

(b) Tanpa REDD

(c) Perbedaan antara REDD dengan Tanpa REDD

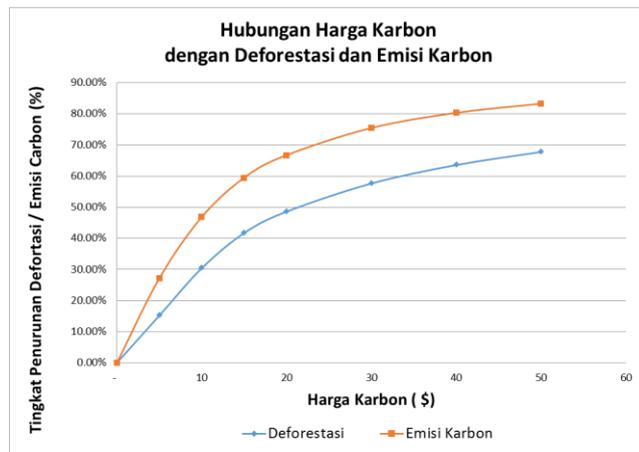
Gambar 7. Peta Emisi Karbon Pulau Sumatera Tahun 2005-2010.

Tabel 4. Hasil Pendugaan Keuntungan Kebijakan REDD Tahun 2005-2010 di Pulau Sumatera.

No	Pulau Sumatera	Nilai
1	Pendapatan nasional bruto dari pembayaran karbon (\$, NPV - 5 thn)	\$7.752.366.592
2	Pembayaran karbon ke entitas sub-nasional (\$, NPV - 5 thn)	\$6.787.840.512
3	Sanksi Karbon (jika berlaku) dibayarkan kepada pemerintah nasional oleh entitas sub-nasional (\$, NPV - 5 thn)	\$-
4	Kelebihan / defisit pemerintah pusat dari pembayaran karbon (\$, NPV - 5 thn)	\$964.526.080
5	Integritas lingkungan: penurunan emisi nasional bersih yang dicapai per pengurangan emisi nasional dikreditkan	100

Sumber: hasil analisis

Merujuk hasil penelitian Andersen (2012) yang melakukan penghitungan emisi karbon di Bolivia, bahwa model Osiris atau model Geosiris mampu mensimulasikan pengaruh perubahan harga terhadap tingkat penurunan deforestasi dan juga emisi karbon. Geosiris juga memungkinkan kita mengevaluasi seberapa besar pengurangan deforestasi dapat dicapai dengan harga karbon alternatif seperti **Gambar 8**.



Gambar 8. Hubungan Harga Karbon dengan Penurunan Deforestasi dan Emisi Karbon.

Untuk harga CO₂ internasional sebesar \$ 5 / tCO₂e, deforestasi di Pulau Sumatera dapat mengurangi sekitar 15% (dengan asumsi tidak ada biaya transaksi). Dengan harga \$ 10 bisa dikurangi sekitar 30% dan pada \$ 30 sekitar 57% seperti yang terlihat pada **Gambar 8**. Demikian juga emisi karbon yang akan terjadi, dimana keberhasilan menurunkan tingkat deforestasi berhubungan linier dengan penurunan emisi karbon. Semakin banyak hutan yang bisa dilindungi dari kegiatan penebangan hutan, maka secara ekonomi akan memberi manfaat yang lebih banyak.

Jika sekenario kebijakan REDD akan diterapkan pada tingkat provinsi atau kabupaten, maka dengan didasarkan pada trade-off antara pendapatan karbon dan pendapatan pertanian (dikurangi denda pembayaran karbon), ada sebanyak 58% atau 7 provinsi di Pulau Sumatera akan ikut berpartisipasi. Sedangkan berdasarkan

penyebaran tingkat kabupaten maka sebanyak 84 kabupaten (64%) yang ada di Pulau Sumatera yang akan berpartisipasi untuk mensukseskan program REDD.

KESIMPULAN

Pada periode 2005-2010 terjadi deforestasi di Pulau Sumatera seluas 1,632 juta ha (8,77%). Hasil simulasi, adanya kebijakan REDD mampu menurunkan deforestasi di Pulau Sumatera sebesar 0,387 juta ha (30,39%) dan mampu menurunkan emisi karbon sebesar 46,83% atau setara dengan penurunan emisi 775 juta tCO₂e/ 5 tahun serta surplus bersih pemerintah pusat dari pembayaran karbon sebesar US \$ 964 juta (NPV, 5 tahun).

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian, Promosi dan Kerja Sama Badan Informasi Geospasial dan Kepala Bidang Penelitian Pusat Penelitian, Promosi dan Kerja Sama Badan Informasi Geospasial yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

Ucapan terimakasih juga kami sampaikan ke clarklabs.org, yang telah menyediakan data yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Achard F, Eva H D, Stibig H J, Mayaux P, Gallego J, Richards T And Malingreau J P. (2002). Determination of Deforestation Rates of The World's Humid Tropical Forests Science 297 999–1002.
- Alliance, I. F. C. (2008). Reducing emissions from deforestation and forest degradation in Indonesia: IFCA consolidation report. Jakarta, Forestry Research and Development Agency, Ministry of Forestry of Republic of Indonesia.
- Andersen, L. E., Busch, J., Curran, E., Ledezma, J. C., Mayorga, J., & Bellier, M. (2012). Environmental and socio-economic consequences of forest carbon payments in Bolivia: Results of the OSIRIS-Bolivia model (No. 02/2012). Development Research Working Paper Series
- Bununu, Y. A., Ludin, A. N. M., & Hosni, N. (2016). Modelling vegetation loss and greenhouse gas

- emissions in Kaduna, Nigeria. *10th SEATUC Symposium, 22nd–24th February 2016, Shibaura Institute of Technology*, Tokyo, Japan
- Barlow, J., Gardner, T. A., Araujo, I. S., Ávila-Pires, T. C., Bonaldo, A. B., Costa, J. E., ... & Hoogmoed, M. S. (2007). Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(47), 18555-18560.
- Eastman JR (2014). Manual Terrset (CHAPTER EIGHT : GEOSIRIS). Clark University, Clark Labs, IDRISI Productions.
- FAO (Food and Agricultural Organization). (2010). Global Forest Resources Assessment 2010 Country Report Indonesia Forest Resource Assessment (FRA) 2010/095 (Rome: UNFAO).
- Fuller D O, Jessup T C and Salim A.(2004) Loss of forest cover in Kalimantan, Indonesia, since the 1997–1998 *El Nino Conserv. Biol.*, *18*, 249–54
- Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Loveland, T. R., Townshend, J. R., DeFries, R. S., ... & Carroll, M. (2008). Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(27), 9439-9444.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., ... & Kommareddy, A. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *science*, *342*(6160), 850-853.
- Indonesia, W. W. F. (2008). Deforestation, forest degradation, biodiversity loss and CO2 emissions in Riau, Sumatra, Indonesia. One Indonesian Province's Forest and Peat Soil Carbon loss over a Quarter Century and its Plans for the Future
- Margono, B. A., Turubanova, S., Zhuravleva, I., Potapov, P., Tyukavina, A., Baccini, A., ... & Hansen, M. C. (2012). Mapping and monitoring deforestation and forest degradation in Sumatra (Indonesia) using Landsat time series data sets from 1990 to 2010. *Environmental Research Letters*, *7*(3), 034010.
- Margono, B. A., Potapov, P. V., Turubanova, S., Stolle, F., & Hansen, M. C. (2014). Primary forest cover loss in Indonesia over 2000-2012. *Nature Climate Change*, *4*(8), 730-735.
- Ministry Of Forestry Of The Republic Of Indonesia. (2008). Consolidation Report Reducing Emissions From Deforestation And Forest Degradation In Indonesia
- Nawir A A, Murniati and Rumboko L.(2007). Forest Rehabilitation in Indonesia: Where to After More Than Three Decades? (Bogor: CIFOR)
- Sumargo W, Nanggara SG, Nainggolan FA, Apriani I. (2011). Potret Keadaan Hutan Indonesia 2000-2009. Edisi I. Forest Watch Indonesia 2011
- Tucker C J and Townshend J R G. (2000). Strategies for monitoring tropical deforestation using satellite data *Int. J. Remote Sens.* *21*, 1461–71