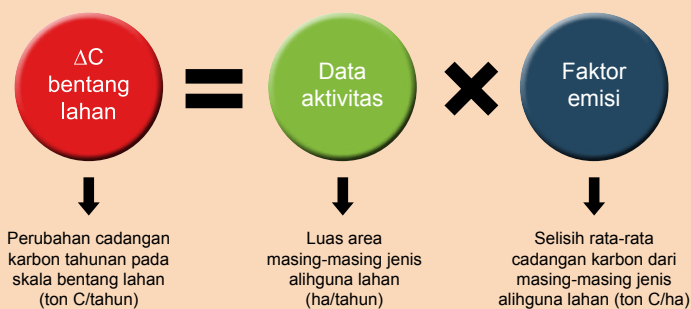


# Estimasi hilangnya cadangan karbon di atas permukaan tanah akibat alihguna lahan di Indonesia (1990, 2000, 2005)



Gambar 1 . Metode estimasi dinamika cadangan karbon (dimodifikasi dari Penman 2003). Dapat diunduh dari <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>

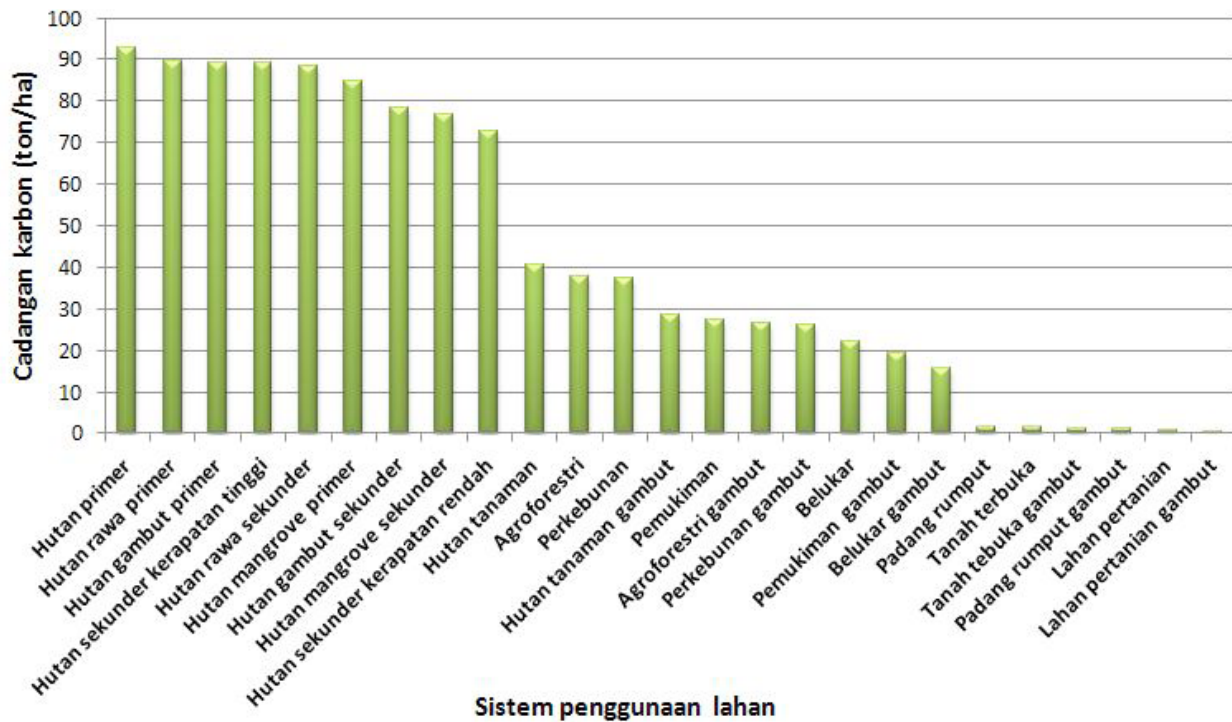
## Estimasi dinamika cadangan karbon nasional

Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) menentukan dua pendekatan utama untuk mengukur emisi dari sektor lahan: selisih cadangan (stock difference) dan penambahan dan kehilangan (gain and loss). Kami menggunakan pendekatan pertama di mana perubahan cadangan karbon diukur pada dua titik waktu dengan menggunakan dua faktor: data aktivitas dan faktor emisi. Gambar 1 menunjukkan pendekatan yang kami gunakan dalam penelitian ini. Data aktivitas adalah luas area masing-masing jenis alihguna lahan, sedangkan faktor emisi merupakan selisih rata-rata cadangan karbon antara kedua jenis sistem penggunaan lahan per unit wilayah per tahun.

Sistem penggunaan lahan didefinisikan sebagai kesatuan penggunaan dan tutupan lahan, yang mengandung beberapa konsep: tutupan lahan (tumbuh-tumbuhan dan bangunan buatan manusia di permukaan Bumi), penggunaan lahan (sistem pengelolaan/pembudidayaan yang diterapkan pada penutup tanah tersebut) dan sistem rotasi, yang meliputi urutan perubahan tumbuhan dalam suatu sistem penggunaan lahan dan periode waktunya. Kami memakai data aktivitas dari perubahan sistem penggunaan lahan yang dihasilkan dari analisa perubahan tutupan lahan tahun 1990, 2000 dan 2005. Rincian lebih lanjut dapat dilihat dalam Brief No.29.

## Pokok Permasalahan

1. Indonesia merupakan salah satu negara pelepas gas rumah kaca terbesar di dunia; lebih dari setengah jumlah emisi Indonesiaberasal dari sektor lahan (land use, land use change and forestry - LULUCF)
2. Pemerintah Indonesia telah menyatakan komitmen untuk menurunkan emisinya sebesar 26% hingga tahun 2020 dengan usaha sendiri dan dengan tambahan sebesar 15% dengan kerjasama multilateral. Sebesar 82% dari penurunan tersebut ditargetkan dari sektor lahan. Dalam upaya menetapkan tingkat emisi acuan, diperlukan tingkat ketidakpastian yang rendah dalam nilai estimasi emisi di masa lampau dari sektor lahan pada tingkat sub nasional. Identifikasi sumber-sumber dan pemicu utama alihguna lahan pada tingkat sub nasional perlu dilakukan untuk mengembangkan strategi lokal dalam mengurangi emisi, mengingat tingkat keragaman yang tinggi antar daerah
3. Melalui proyek Akuntabilitas dan Inisiatif Lokal untuk Mengurangi Emisi dari Deforestasi dan Degradasi (*Accountability and Local Level Initiative for Reducing Emission from Deforestation and Degradation - ALLREDDI*), dua data utama yang dibutuhkan untuk menghitung emisi gas rumah kaca dari sektor lahan telah dihasilkan: (1) data aktivitas yang dihasilkan dari analisa penggunaan lahan dan perubahan penggunaan lahan untuk seluruh Indonesia; dan (2) cadangan rata-rata karbon hutan di seluruh Indonesia yang diambil dari basis data Inventarisasi Hutan Nasional (IHN), serta cadangan rata-rata karbon pada berbagai jenis penggunaan dan tutupan lahan lainnya dari berbagai basis data, yang merupakan data dasar untuk menentukan faktor emisi. Data aktivitas dan faktor emisi selanjutnya diolah untuk memperoleh estimasi kehilangan cadangan karbon nasional.



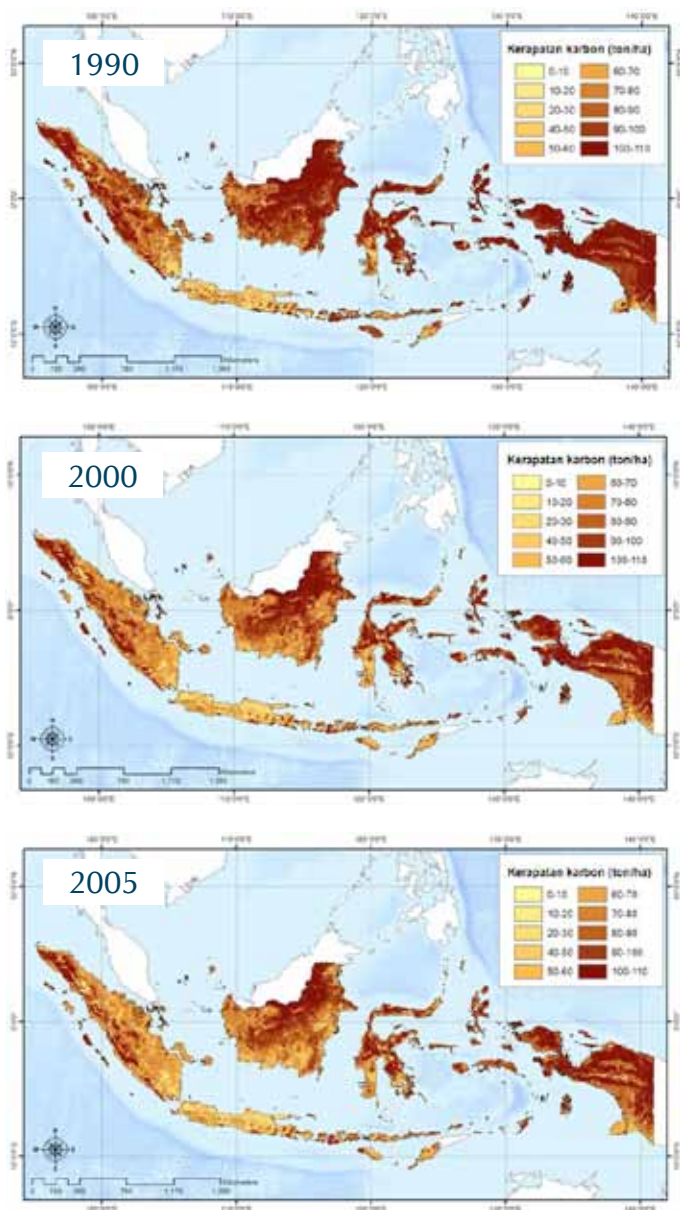
Gambar 2. Cadangan karbon rata-rata dari berbagai sistem penggunaan lahan di Indonesia

Cadangan karbon hutan diperoleh dari basis data Inventarisasi Hutan Nasional (IHN), yang dikumpulkan dan disusun oleh Kementerian Kehutanan Indonesia. Algoritma terinci mengenai konversi data IHN menjadi data cadangan karbon dapat dilihat dalam Brief No. 30. Untuk sistem penggunaan lahan non-hutan, kami terutama menggunakan basis data World Agroforestry Centre, yang merupakan kumpulan data primer dari berbagai kegiatan penelitian dan data sekunder yang bersumber dari para mitra dan literatur. Basis data tersebut mengacu pada pengukuran plot di berbagai daerah di Indonesia. Gambar 2 menunjukkan keragaman cadangan karbon rata-rata dari berbagai sistem penggunaan lahan di seluruh Indonesia.

Petunjuk IPCC untuk inventarisasi gas rumah kaca (IPCC 2006) membedakan tiga tingkatan (tier) akurasi estimasi gas rumah kaca. Estimasi Tingkat 1 jika data aktivitas diambil dari data global tanpa merujuk pada data spasial yang dihasilkan dari penginderaan jarak jauh dan faktor emisi juga diambil dari data global. Estimasi dikategorikan menjadi Tingkat 2 jika data aktivitas dan faktor emisi diambil dari data nasional, dan menjadi Tingkat 3 jika estimasi didasarkan pada data aktivitas lokal atau sub nasional dan/atau hasil pengukuran.

Proyek ALLREDDI ini bertujuan untuk menghasilkan estimasi yang mendekati Tingkat 3. Untuk itu, kami menghasilkan peta-peta penggunaan dan tutupan lahan dengan resolusi spasial berukuran 30 x 30 m

sebagai data aktivitas. Kami menggunakan rata-rata cadangan karbon hutan yang diukur secara sistematis di seluruh Indonesia (oleh IHN) untuk memperkirakan faktor emisi dari alihguna hutan. Estimasi yang kami paparkan dalam brief ini hanya mencakup perubahan cadangan karbon di atas permukaan tanah, sehingga baru meliputi sebagian inventarisasi gas rumah kaca total, yang seharusnya mencakup cadangan karbon dibawah permukaan tanah, seresah dan tumbuhan mati. Terutama pada lahan gambut yang dikeringkan, apalagi dibakar, emisi di bawah tanah sangat signifikan, sehingga selayaknya diperhitungkan dalam estimasi emisi total. Kami menggunakan data zonasi ekologi untuk membedakan tingkat cadangan karbon hutan di Indonesia dengan asumsi bahwa suatu zona ekologi mewakili faktor-faktor penentu abiotik dari biomassa hutan. Faktor emisi dari penebangan hutan pada suatu zona ekologi bisa sangat berbeda dengan faktor emisi dari penebangan hutan pada zona yang lain. Dengan pendekatan ini kami menghitung emisi maupun sequestrasi dari keseluruhan sektor lahan di Indonesia. Emisi didefinisikan sebagai penurunan cadangan karbon di atas permukaan tanah sementara *sequestrasi* adalah pertambahannya. Kami memperkirakan perubahan kerapatan karbon di atas permukaan tanah di seluruh Indonesia selama periode 1990–2000–2005 dengan menggunakan peta tutupan lahan tahun 1990, 2000 dan 2005 sebagai data aktivitas. Dinamika kerapatan karbon di seluruh Indonesia selama periode tersebut dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Cadangan karbon di atas permukaan tanah Indonesia 1990-2000-2005

### Berapa besarnya emisi Indonesia? Apakah tingkat emisi menurun atau meningkat selama dua periode lampau?

Tingkat kerapatan karbon di atas permukaan tanah di seluruh Indonesia memperlihatkan penurunan yang konsisten selama periode 1990-2000-2005. Secara keseluruhan, emisi bersih total dari Indonesia pada tahun 1990-2005 diperkirakan sejumlah 9,23 Gt CO<sub>2</sub>e atau rata-rata 0,68 Gt CO<sub>2</sub>e per tahun.

Dengan membagi periode pengamatan menjadi dua, yaitu 1990-2000 dan 2000-2005, didapatkan bahwa emisi tahunan pada periode 2000-2005 lebih rendah daripada emisi pada periode yang lebih dini. Selama periode 1990-2000, tingkat emisi Indonesia adalah sebesar 0,79 Gt CO<sub>2</sub>e per tahun. Dalam periode terakhir, tingkat emisi tersebut lebih berkurang menjadi 0,47 Gt CO<sub>2</sub>e per tahun. Tingkat penyerapan tahunan dalam periode akhir lebih besar dua kali lipat

dibandingkan periode sebelumnya. Ikhtisar tingkat emisi dan penyerapan Indonesia selama periode 1990-2000-2005 dapat dilihat dalam Tabel 1. Perubahan pola emisi ini mempunyai implikasi praktis dan politis dalam hal penentuan baseline, penentuan target penurunan maupun identifikasi kegiatan mitigasi yang potensial.

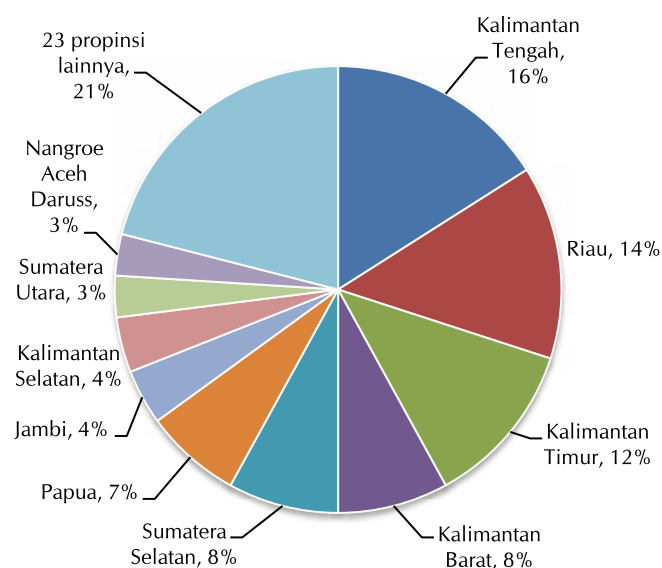
Tabel 1. Dinamika cadangan karbon di atas permukaan tanah di Indonesia 1990- 2000-2005

|  | 1990-2000 | 2000-2005 | 1990-2005 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Emisi Bruto Total (Gt CO <sub>2</sub> e)         | 7,93      | 2,35      | 10,27     |
| Penyerapan Total (Gt CO <sub>2</sub> e)          | 0,93      | 1,10      | 1,04      |
| Emisi Bersih Total (Gt CO <sub>2</sub> e)        | 6,99      | 1,25      | 9,23      |
| Tingkat Emisi Bruto (Gt CO <sub>2</sub> e/tahun) | 0,79      | 0,47      | 0,68      |

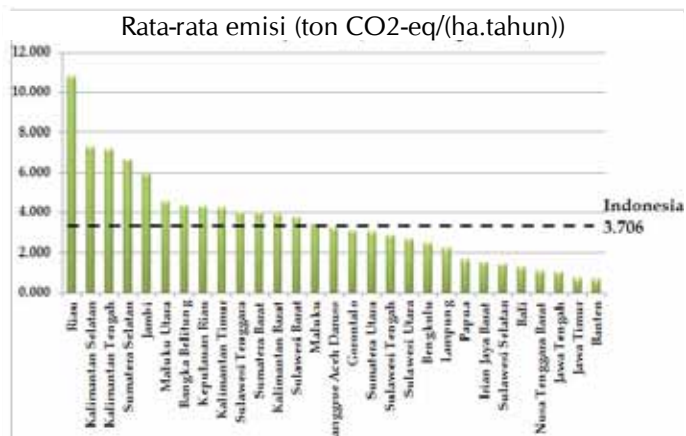
### Sumbangan emisi dari setiap provinsi: provinsi mana yang mengeluarkan emisi terbesar?

Dalam menetapkan landasan dan strategi nasional dan sub nasional untuk penurunan emisi, perlu diketahui tingkat emisi yang terpilah secara spasial pada masing-masing provinsi di Indonesia, atau sumbangan emisi dari masing-masing provinsi terhadap emisi total di Indonesia. Emisi tingkat provinsi dapat dilihat pada Gambar 4. Untuk penentuan strategi lokal mungkin diperlukan pemilahan lebih lanjut, misalnya hingga tingkat kabupaten (Gambar 5), daerah aliran sungai atau penetapan perbatasan lainnya, yang dapat dengan mudah dihitung dengan menggunakan data yang dihasilkan melalui kajian ini.

### Sumbangan emisi dari masing-masing provinsi terhadap emisi total Indonesia





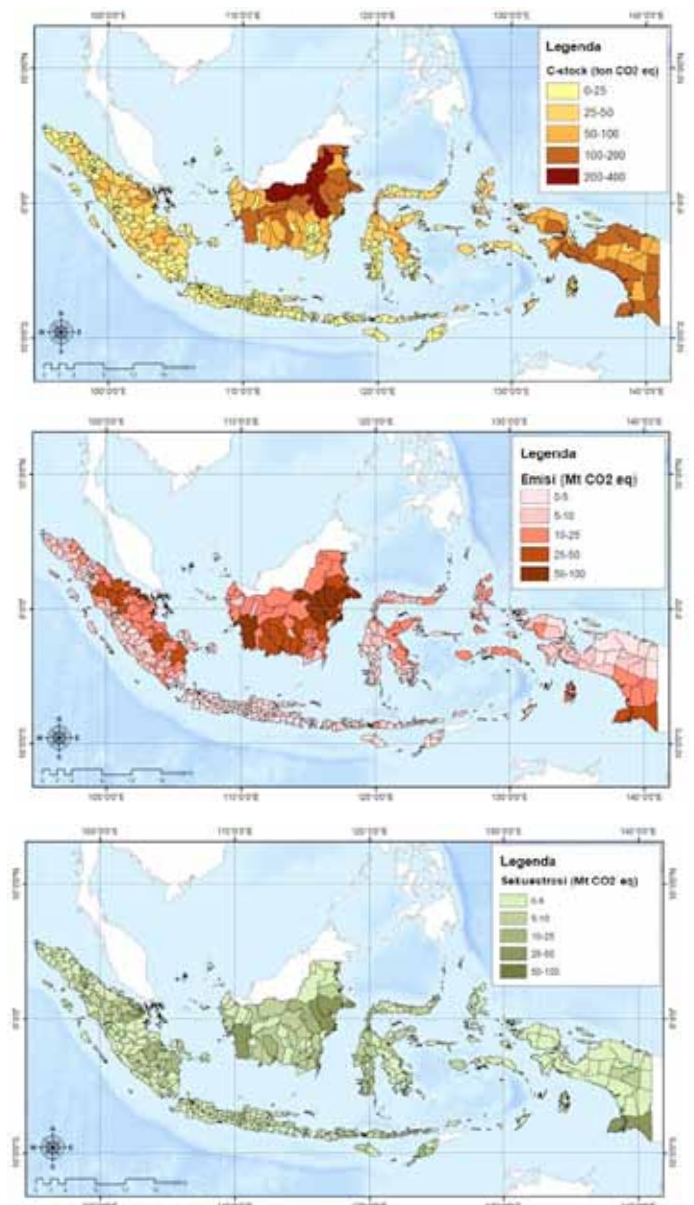


Gambar 4. Sumbangan emisi provinsi (panel atas) dan tingkat emisi rata-rata 1990–2005 dari masing-masing provinsi di Indonesia (panel bawah)

Data yang kami hasilkan menunjukkan bahwa lebih dari 79% dari emisi Indonesia (dari perubahan cadangan karbon di atas permukaan tanah saja) dihasilkan oleh kurang dari sepertiga jumlah provinsi di Indonesia (10 dari 33 provinsi). Emisi terbesar dikeluarkan oleh Kalimantan Tengah (16%), Riau (14%), Kalimantan Timur (12%) dan Kalimantan Barat (8%) (Gambar 4a). Jika angka-angka tersebut dinormalisasi dengan luas daerah provinsi yang bersangkutan, akan ditemui pola yang berbeda sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4b.

Temuan ini penting artinya dalam menentukan sasaran penurunan emisi dan strategi pada tingkat nasional dan sub nasional. Sebagai contoh, Papua memiliki tingkat emisi yang tinggi tetapi emisi per hektarnya rendah, artinya strategi untuk mengurangi emisi harus mencakup wilayah yang besar; sementara itu, Riau memiliki tingkat emisi yang tinggi dan tingkat emisi per hektarnya adalah yang tertinggi, yang berarti selain harus mencakup wilayah yang luas, kegiatan penurunan emisi juga harus menjangkau emisi pada skala kecil. Pulau-pulau yang lebih kecil, seperti Maluku, Kepulauan Riau dan Bangka Belitung, memang memberikan sumbangan yang kecil pada emisi nasional, tetapi emisi per luas wilayahnya termasuk yang tertinggi. Sekalipun jika pulau-pulau ini bukan termasuk pemain kunci dalam strategi mitigasi perubahan iklim nasional, mereka harus menjadi fokus dalam strategi adaptasi perubahan iklim, terutama dalam kaitannya dengan kerentanan terhadap perubahan iklim.

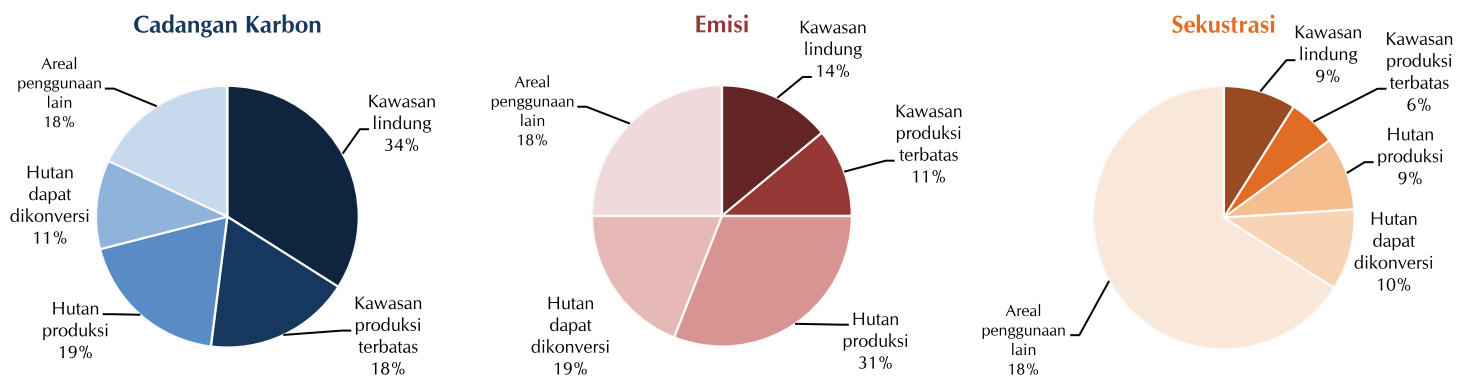
Dalam mengembangkan strategi, selama masa implementasi dan pengawasan dan perencanaan penggunaan lahan, seringkali dibutuhkan analisa pada tingkatan yang lebih kecil dari provinsi. Contoh analisis tingkat kabupaten tentang variasi kerapatan, emisi dan penyerapan karbon ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Cadangan, emisi dan penyerapan pada tingkat kabupaten

### Kawasan hutan dan pengurangan emisi: pentingnya peranan kawasan non hutan

Dalam upaya mengkaji ulang kebijakan penggunaan lahan pada umumnya dan kebijakan perencanaan kehutanan pada khususnya, dalam kaitannya dengan upaya pembangunan rendah emisi, diperlukan adanya data mengenai jumlah emisi untuk kelas-kelas kawasan yang berbeda berdasarkan penunjukan kawasan hutan nasional. Kami menganalisa tingkat emisi dan sequestrasi pada berbagai kelas kawasan yang tercantum didalam Peta Penunjukan Kawasan Hutan 1999 dari Kementerian Kehutanan, yaitu, 'hutan lindung', 'hutan produksi terbatas', 'hutan produksi tetap', 'hutan produksi yang dapat dikonversi' dan 'areal penggunaan lain'. Pada tahun 2005, hanya 34% dari keseluruhan cadangan karbon Indonesia yang tersimpan pada kawasan yang termasuk dalam kategori hutan lindung. Sekitar 48% tersimpan di lahan produksi atau hutan yang dapat dikonversi.



Gambar 6. Cadangan karbon 2005, emisi dan sequestrasi karbon pada periode 1990–2005 di berbagai kawasan di Indonesia

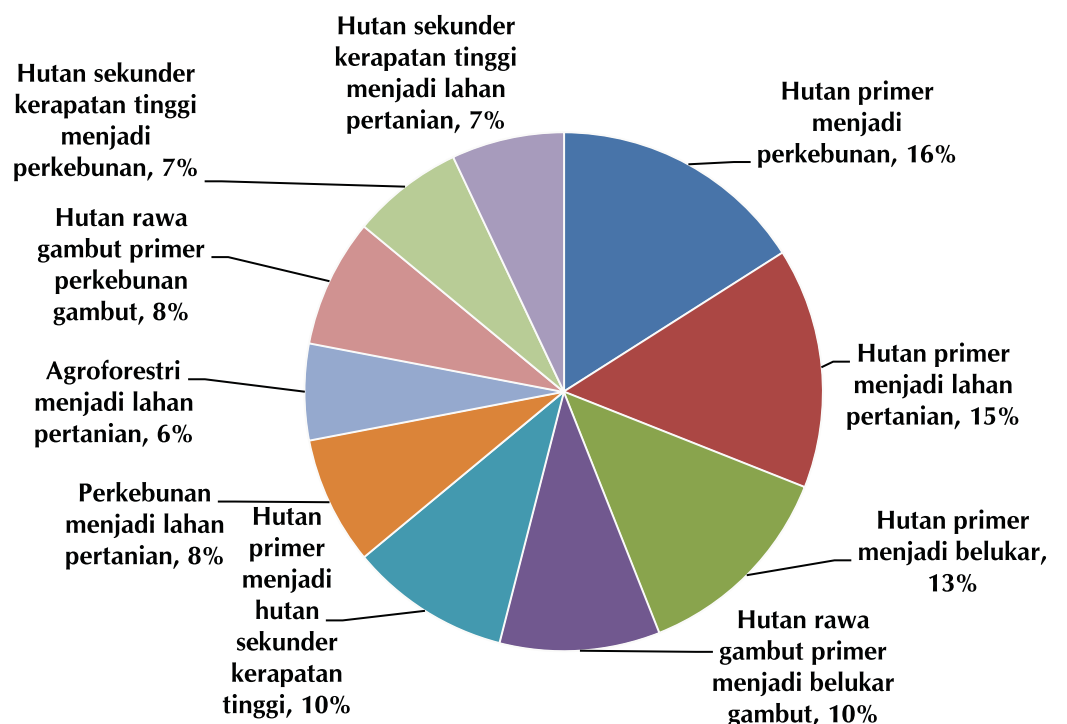
Lebih dari setengah emisi total selama periode 1990–2005 berasal dari kegiatan dalam kawasan ‘hutan produksi’ (31%), ‘hutan produksi yang dapat dikonversi’ (19%) dan ‘hutan produksi terbatas’ (11%). Kondisi ini termasuk wajar mengingat fungsi peruntukan hutan yang memang direncanakan sebagai fungsi produksi. Namun demikian, emisi sebesar 14% dari wilayah lindung menunjukkan bahwa arahan penunjukan kawasan tidak diimplementasikan secara efektif, sehingga dibutuhkan adanya instrumen-instrumen yang mendukung peruntukan lahan sesuai dengan fungsinya.

Jumlah sequestrasi meningkat dari 12% pada periode 1990–2000 menjadi 47% pada periode 2000–2005. Dua pertiga dari jumlah sequestrasi tersebut berasal dari ‘areal penggunaan lain’, yang juga masih menyimpan 18% dari cadangan karbon nasional. Temuan ini memiliki implikasi besar dalam merancang skema REDD+ yang sepatutnya mempertimbangkan potensi penurunan emisi dan peningkatan sequestrasi dari ‘kawasan non-hutan’. Gambar 6 membandingkan cadangan karbon, emisi dan sequestrasi karbon di berbagai kawasan di Indonesia.

### Alihguna lahan apa yang merupakan sumber emisi utama?

Diperlukan pemahaman terhadap faktor pemicu perubahan penggunaan dan penutup lahan untuk dapat mengidentifikasi kegiatan

mitigasi perubahan iklim yang efektif di masa yang akan datang. Kami mengelompokkan berbagai jenis alihguna lahan di Indonesia berdasarkan proses dan pemicunya. Gambar 7 menunjukkan sumbangan emisi Indonesia 1990–2005 dari berbagai kelompok alihguna lahan. Sumbangan emisi terbesar diberikan oleh alihguna ‘hutan tak terganggu’ menjadi ‘perkebunan’ (16%), alihguna ‘hutan tak terganggu’ menjadi ‘lahan pertanian’ (15%) dan alihguna ‘hutan tak terganggu’ menjadi ‘belukar’ (13%). Besarnya emisi didominasi oleh penebangan hutan (konversi hutan dalam berbagai tingkatan dan berbagai ekosistem dataran rendah, bergunung, rawa dan bakau). Empat belas persen (14%) emisi berasal dari konversi penggunaan lahan atau penutup lahan di luar kategori ‘hutan’ menjadi lahan pertanian.



Gambar 7. Emisi 1990–2005 berdasarkan alur perubahan penggunaan lahan di Indonesia

## Kesimpulan dan rekomendasi

Kajian ini merupakan bagian dari inventarisasi gas rumah kaca tingkat nasional dari sektor lahan dengan Tingkat 2+ IPCC. Walaupun belum semua sumber karbon tercakup dalam analisa yang kami lakukan, penelitian ini merupakan langkah maju yang penting menuju inventarisasi gas rumah kaca Tingkat 3 di Indonesia yang berasal dari LULUCF.

Kumpulan data dan analisis yang sekarang tersedia melalui kajian ini akan berguna dalam diskusi REDD+ serta dalam pembuatan strategi dan implementasi yang menyangkut mitigasi maupun adaptasi dari sektor lahan. Brief No. 32 akan membahas strategi yang spesifik dari suatu provinsi ataupun kawasan tertentu dapat dikembangkan dengan mengacu pada kebutuhan pembangunan lokal, yang dilakukan dengan menggunakan hasil kajian ini.

Data dan analisis tersebut juga dapat mendukung beragam kajian jasa lingkungan, seperti konservasi keanekaragaman hayati dan perlindungan daerah aliran sungai, yang memiliki kebutuhan data dasar yang sama, seperti perubahan penggunaan dan penutup lahan

(faktor antropogenik), tumbuhan (spesies, kerapatan tajuk, biomassa) (faktor biotik), wilayah ekologi, iklim, topografi (faktor abiotik) dan aspek-aspek pengelolaan seperti peruntukan lahan dan pengambilan keputusan atas penggunaan lahan.

## Rujukan

IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K, eds. Kanagawa, Japan: Institute for Global Environmental Strategies.

[IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Kanagawa, Japan: Institute for Global Environmental Strategies.

## Sangkalan

Pendapat yang disampaikan dalam terbitan ini merupakan pendapat para penulis dan belum tentu sejalan dengan pandangan organisasi-organisasi yang tersebut di dalamnya.

## ALLREDDI

Akuntabilitas dan Inisiatif Tingkat Lokal untuk Mengurangi Emisi dari Penebangan dan Perusakan Hutan (*Accountability and Local Level Initiative to Reduce Emission from Deforestation and Degradation - ALLREDDI*) adalah proyek penelitian yang didanai oleh Uni Eropa dan dilaksanakan secara bersama oleh World Agroforestry Centre dan Badan Planologi Kehutanan serta melibatkan kemitraan dengan Universitas Brawijaya dan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Garis besar tujuan proyek penelitian ini adalah untuk membantu Indonesia mempertanggungjawabkan emisi gas rumah kaca berbasis penggunaan lahan dan mempersiapkan diri bagi insentif ekonomi internasional 'REDD' untuk penurunan emisi melalui pengambilan keputusan di tingkat lokal dan nasional.

Ada beberapa tujuan spesifik yang diharapkan dapat tercapai dalam implementasi tiga tahun ALLREDDI (2009–2012).

- Mengembangkan sistem penghitungan karbon nasional yang sesuai dengan petunjuk *Intergovernmental Panel on Climate Change* Tingkat 3 dalam konteks pertanian, kehutanan dan penggunaan lahan lainnya, agar dapat melengkapi dan memaksimalkan usaha-usaha yang sekarang sedang dilakukan
- Memperkokoh kemampuan nasional dan sub-nasional dalam penghitungan dan pengawasan karbon
- Merancang mekanisme operasional dalam lima tatanan untuk REDD

## Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kepada M. Thoha Zulkarnain, Nur Ikhwan Khusaini, Dwi Astuti Sayekty dan Zuraidah Said atas bantuan dalam proses interpretasi citra dan Jusupta Tarigan atas sumbangan diskusi dan masukan yang diberikan.

## Sitasi

Ekadinata A, Dewi S. 2012. Memperkirakan hilangnya cadangan karbon di atas permukaan tanah sebagai akibat dari penggunaan lahan dan perubahan penggunaan lahan di Indonesia (1990, 2000, 2005). Brief No 31. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office. 6p.

Untuk informasi lebih lengkap silakan hubungi:  
Sonya Dewi (s.dewi@cgiar.org)