

# Pembangunan Sistem Penghitungan Karbon Nasional di Sektor Kehutanan

Wardoyo

Direktorat Inventarisasi & Pemantauan Sumber Daya Hutan  
Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan  
email: wwardoyo@hotmail.com

## ABSTRAK

Dalam rangka persiapan implemementasi pengurangan emisi dari deforestasi dan degradasi hutan (*Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation/REDD*), maka pembangunan sistem penghitungan karbon nasional (*Indonesia National Carbon Accounting System/INCAS*) sangat diperlukan. INCAS akan merupakan sistem untuk menghitung cadangan biomassa dan karbon, serta tingkat emisi dan penyerapan karbon yang terjadi dalam suatu wilayah hutan. Disamping itu, INCAS juga berfungsi untuk memantau perubahan tingkat emisi terhadap referensi yang telah ditetapkan. Untuk memenuhi keperluan tersebut, INCAS setidaknya mempunyai fungsi pengumpulan, pengolahan, analisis, dan penyajian data yang dapat dikelompokkan dalam sub-sub sistem, yaitu: sub sistem remote sensing, sub sistem biomass, sub sistem accounting model, dan sub sistem Reporting. Paper ini menguraikan konsep dan rancangan INCAS sebagaimana disebutkan di atas.

**Kata kunci :** biomassa, citra satelit, emisi karbon, perubahan iklim

## 1. PENDAHULUAN

Peranan hutan sebagai penyangga sistem kehidupan bagi masyarakat sudah dikenal sejak lama. Hutan mempunyai manfaat langsung (penghasil kayu dan non kayu), maupun tidak langsung (pengatur iklim mikro, tata air, kesuburan tanah dan sumber plasma nutfah). Hutan merupakan pendukung utama pembangunan nasional pada periode 1975 -1995, menjadi sumber pendapatan bagi sekitar 1,35% angkatan kerja langsung, 5,4% angkatan kerja tidak langsung [9].

Dalam kaitan dengan perubahan iklim akibat emisi gas rumah kaca (GRK), hutan berperan sebagai penyerap/penyimpan karbon (*carbon sink*), dan sebagai sumber emisi karbon (*source of carbon emission*). Ekosistem hutan menyimpan sekitar 4500 giga-ton CO<sub>2</sub>, [8] dan jumlah ini lebih besar dari pada karbon yang tersimpan di atmosfer (3000 giga-ton CO<sub>2</sub>). Selanjutnya Stern (2006) menyebutkan bahwa perubahan penggunaan lahan (*Land Use, Land Use Change, and Forestry/LULUCF*) di negara berkembang menyumbang emisi CO<sub>2</sub> sebesar 20% dari emisi global. Emisi tersebut akan meningkat ketika konversi lahan hutan menjadi lahan non-hutan terus meningkat, apalagi bila konversi lahan hutan tersebut dilakukan dengan cara membakar.

Perubahan iklim mempunyai dampak yang bersifat global, semua negara akan merasakan. Oleh karena itu, masyarakat internasional perlu berkontribusi untuk melindungi hutan yang ada. Jasa lingkungan yang dihasilkan dari hutan khususnya penyerapan karbon belum mendapat perhatian serius dari organisasi dan pasar internasional utamanya perhatian dari segi finansial. Mekanisme yang ada saat ini adalah A/R CDM

(*Aforestation/Reforestation Clean Development Mechanism*) dibawah Kyoto Protocol. Mekanisme CDM ini tidak berjalan karena prosedurnya kompleks. Hal ini mendorong negara-negara di dunia mengajukan mekanisme pengurangan emisi GRK dari deforestasi dan degradasi hutan (REDD) ke organisasi internasional UNFCCC (*United Nation Forum Convention on Climate Change*).

## 2. KOMPONEN REDD

Dalam Konferensi Para Pihak/*Conference on Parties 13* (COP – 13) yang membahas perubahan iklim di Bali pada akhir tahun 2007, UNFCCC telah menetapkan salah satu keputusannya tentang pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) dari deforestasi dan degradasi hutan (*Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation/REDD*).

Serangkaian kegiatan yang perlu dilakukan untuk implementasi REDD dapat dikelompokkan dalam 4 komponen [5], yaitu:

1. Penyiapan Infrastruktur, meliputi 5 hal:
  - a. Penetapan reference emission level (REL)
  - b. Penyusunan strategy penurunan deforestasi/ degradasi hutan
  - c. Penyusunan metodologi monitoring emisi/sequestrasi karbon
  - d. Penetapan mekanisme pasar/sistem penjualan karbon
  - e. Distribusi pendapatan dari penjualan karbon
2. Identifikasi aktivitas untuk pengurangan emisi karbon
3. Pengembangan sistem pasar
4. Penegakan hukum oleh pemerintah

Dalam persiapan infrastruktur terkait dengan penetapan REL dan penyusunan metodologi pemantauan emisi karbon tersebut di atas (1 a & c), maka perlu dilakukan pembangunan sistem penghitungan karbon hutan. Saat ini Departemen Kehutanan sedang membangun sistem perhitungan dan pemantauan karbon tersebut yang disebut *Indonesia National Carbon Accounting System* (INCAS), yang utamanya bertujuan untuk menghitung emisi dan penyerapan karbon serta perubahannya secara nasional.

### 3. TAHAPAN PEMBANGUNAN INCAS

Beberapa negara diantaranya Australia, Canada, Jepang telah mengembangkan sistem penghitungan karbon nasional untuk keperluan pemantauan dan pelaporan (reporting) internal dalam negeri dan internasional.

INCAS dibangun dengan mengacu pada sistem yang ada (khususnya Australia) disesuaikan dengan kondisi hutan di Indonesia. INCAS akan merupakan sistem yang komprehensif dan kredibel dalam penghitungan karbon, dan ini merupakan hal mendasar dalam implementasi REDD yang diarahkan pada pasar karbon internasional.

#### 3.1 Persyaratan Sistem/System requirement

Faktor kunci yang menentukan kredibilitas sistem penghitungan karbon diantaranya:

- a. Transparan (*Transparency*) – data/informasi dari sistem tersebut dapat diakses oleh pasar karbon dan pihak lain yang memerlukan.
- b. Konsisten (*Consistency*) – penghitungan karbon yang dilakukan oleh orang yang berbeda, pada waktu yang berbeda akan memberikan hasil yang sama atau mendekati sama.
- c. Terpadu (*Integrity*) – sistem dapat menghasilkan informasi emisi/sequestrasi karbon secara riil meliputi 5 tempat terkumpulnya karbon (carbon pools), yaitu: biomassa di atas permukaan lahan, biomassa di bawah permukaan lahan, kayu-kayu mati, serasah, dan organik tanah.
- d. Akurat (*Accuracy*) – mencerminkan kondisi di lapangan
- e. Menyeluruh (*Comprehensiveness*) – mencakup semua kegiatan yang berkaitan dengan pengurangan emisi karbon

Dengan memperhitungkan faktor-faktor tersebut di atas, INCAS diharapkan akan merupakan sistem yang tangguh (*robust*), sehingga dapat diperhitungkan emisi dan sequestrasi karbon yang terjadi akibat intervensi (intervention) dan gangguan (disturbances), diantaranya:

- . Pengelolaan hutan (penebangan, penanaman)
- . Gangguan (perambahan, illegal logging, kebakaran)
- . Konversi lahan hutan menjadi lahan non-hutan (perkebunan, pemukiman)
- . Deforestasi/degradasi hutan

Berkaitan dengan hal ini, INCAS harus dapat menyajikan data pada skala detail (< 1 ha), dalam skala

waktu yang tepat (tahunan) agar dapat menangkap intervensi dan disturbances yang terjadi di lapangan.

#### 3.2 Rancangan Sistem/System design

Memperhatikan persyaratan sistem tersebut di atas, struktur INCAS sebagaimana nampak pada Gambar 1. Dari Gambar 1 dapat diuraikan bahwa INCAS dapat menghitung baik karbon yang berada dalam kawasan hutan (*forest land*), maupun karbon yang berada dari lahan di luar kawasan hutan (*other land*). Data pokok yang diperlukan sebagai input adalah data kondisi hutan/lahan (dari citra satelit) dan perubahannya (akibat dari pengelolaan dan gangguan terhadap hutan), serta data pendukung lainnya (tanah, iklim, curah hujan). Model-model penghitungan karbon merupakan bagian dari sistem yang mengolah data tsb menjadi laporan tentang biomassa, emisi dan penyerapan karbon.

Dengan struktur seperti tersebut di atas, proses yang terjadi dalam INCAS dapat dikelompokkan menjadi 4 proses, yaitu: (i) proses pengumpulan dan pengolahan data citra penginderaan jauh (remotely sensed data), (ii) proses pengumpulan dan pengolahan data biomassa, (iii) proses penghitungan biomassa dan karbon, dan (iv) proses penyajian laporan biomassa, emisi/sequestrasi karbon (Gambar 2). Sesuai proses-proses tersebut, maka INCAS dapat dibagi dalam sub-sub sistem sebagai berikut: (i) sub sistem remote sensing, (ii) sub sistem biomass, (iii) sub sistem accounting model, dan (iv) sub sistem reporting.

##### (i) Sub sistem remote sensing (SSRS)

SSRS mengelola data citra satelit dari penginderaan jauh (remotely sensed data) yang merupakan data dasar untuk mengetahui jenis tutupan dan penggunaan lahan. Saat ini tersedia berbagai macam data citra satelit yang dapat digunakan untuk memetakan kondisi penutupan dan penggunaan lahan suatu landscape hutan (Tabel 1). Pada sub sistem ini, data citra satelit di olah dan diklasifikasi sesuai kelas penutupan lahan yang telah ditentukan. Selama ini Departemen Kehutanan melakukan pemantauan sumber daya hutan dengan citra satelit Landsat dengan menggunakan 23 kelas penutupan lahan. Sementara itu, dalam IPCC Guidelines penutupan lahan yang digunakan sebanyak 6 kelas penutupan lahan. Dengan demikian, penutupan lahan Departemen Kehutanan perlu dikelompokkan menjadi 6 kelas penutupan lahan bila metodologi penghitungan karbon mengacu pada IPCC Guidelines [6].

Tabel 1. Ketersediaan citra satelit optik dan radar [4]

NEGARA	SATELIT/SENSOR	RESOLUSI/LIPUTAN	BIAYA	KET
USA	Landsat 5 TM	30m 180 x 180 km2	Free	Resolusi temporal 16 hari
	Landsat 7 ETM	30m 60 x 180 km2	Free	Kerusakan SLC pada 2003
	Terra ASTER	15m 60 x 60 km2	USD 60/scene	Data tak tersedia secara rutin
INDIA	IRS-P2, LISS-III, AWiFS	23.5 m dan 56 m	USD 140/scene, USD 0.70/km2, USD 300/Scene	
	CBERS-2, HRCCD	20m	Free	u/ negara brkembangan
FRANCE	SPOT-5 HRVIR	10-20m 60 x 60 km2	USD 2.721/scene	
JAPAN	ALOS/ PALSAR	7-24m 70 x 70 km2	USD 250- 500/sc	Citra radar u/ wilayah berawan
UNITED STATES	ERS-1/2 Envisat ASAR	25m 100 x 100 km2	USD 544/scene	Citra radar u/ wilayah berawan

(ii) Sub sistem biomass (SSB)

SSB mengelola data berkaitan dengan data vegetasi (misalnya, type hutan, jenis, diameter, tinggi pohon) untuk menghitung cadangan biomassa dan karbon dari 5 tempat terkumpulnya karbon (carbon pools). Data pendukung lainnya (misal, data tanah, iklim, curah hujan) yang diperoleh dari pengukuran lapangan, atau data sekunder juga disimpan dalam sub sistem ini.

(iii) Sub sistem accounting model (SSAM)

SSAM melakukan pengolahan dan penghitungan karbon dengan persamaan alometrik dan model-model yang ada berdasarkan data yang tersimpan di SSRS dan SSB.

Besarnya cadangan karbon yang diperoleh dari INCAS harus menggambarkan cadangan karbon dari 5 tempat terkumpulnya karbon, yaitu:

- Biomassa di atas permukaan tanah (*above ground biomass/AGB*), yaitu biomassa dari semua vegetasi yang hidup baik berkayu maupun perdu termasuk batang, tonggak, cabang, kulit, biji, dan daun [6]. Besarnya biomassa di atas permukaan tanah mendominasi jumlah keseluruhan biomassa pohon. Umumnya biomassa di atas permukaan tanah dihitung dengan menggunakan persamaan alometrik yang merupakan hubungan regresi antara besarnya biomassa dan diameter pohon, dan/atau tinggi pohon

[1, 2]. Tabel 2 dan Tabel 3 menyajikan beberapa contoh persamaan alometrik untuk menghitung besarnya biomassa pohon hutan alam, dan sistem agroforestry.

Tabel 2. Persamaan alometrik biomassa pohon hutan alam [1]

Curah Hujan (mm/th)	Persamaan Alometrik
Kering (<1500)	$W = 0,139 D^{2,32}$
Lembab (1500 – 4000)	$W = 1,180 D^{2,53}$ $W = 0,049 D^2 H$
Basah (>4000)	$W = 0,037 D^{1,89} H$

Ket: W=biomassa pohon; D=diameter setinggi dada; H=tinggi pohon

Tabel 3. Persamaan alometrik biomassa pohon sistem agroforestry [5]

Jenis Tanaman	Pers Alometrik	Referensi
Kopi	$Y = 0,2811 X^{2,0635}$	Arifin, 2001
Pisang	$Y = 0,0303 X^{2,1345}$	Arifin, 2001
Bambu	$Y = 0,1312 X^{2,2784}$	Priyodarsini, 1998
Sengon	$Y = 0,0272 X^{2,831}$	Sugiarto, 2001
Pinus	$Y = 0,0417 X^{2,6576}$	Waterloo, 1995

Ket: Y=biomassa pohon; X=diameter setinggi dada;

- Biomassa di bawah permukaan tanah (*below ground biomass/BGB*), yaitu biomassa dari semua akar vegetasi hidup. Biomassa di bawah permukaan tanah tidak banyak, biasanya dihitung secara perbandingan dengan biomassa di atas permukaan tanah (BGB : AGB berkisar antara 1:2 s/d 1:6).
- Kayu mati (*Dead wood/DW*) termasuk semua biomassa dari kayu mati baik yang masih berdiri, melintang di atas tanah maupun di dalam tanah dengan diameter >10 cm.
- Seresah (*Litter/L*) termasuk semua biomassa yang tidak hidup dengan ukuran diameter kurang dari 10 cm, dan lebih besar dari 2mm.
- Organik tanah (*Soil organic matters/SOM*) termasuk semua karbon organik dari tanah mineral pada kedalaman tertentu (kedalaman ditentukan oleh negara ybs), dan kayu mati diameter < 2mm. Lahan gambut mempunyai arti penting dalam perubahan iklim karena lahan gambut diperkirakan mempunyai cadangan karbon yang cukup tinggi, demikian juga pembukaan lahan gambut akan mengakibatkan emisi karbon yang cukup tinggi pula.

Untuk mengetahui besarnya biomassa *dead wood, litter dan soil organic matters* perlu dilakukan penelitian lapangan, atau dapat juga menggunakan data dari referensi/literatur yang ada. Dalam hal ini, apabila tidak diperoleh besaran yang akurat, dapat digunakan default value yang ada dalam IPCC Guidance 2003 [5].

(iv) Sub sistem Reporting (SSR)

SSR akan handle proses untuk menghasilkan laporan-laporan yang diperlukan guna mengetahui perubahan cadangan dan emisi karbon secara rinci. Perubahan cadangan dan emisi karbon dapat dirinci

menurut kelas penutupan lahan, carbon pools, atau sebaran lokasinya.

### 3.3 Progress pembangunan INCAS

Kegiatan pembangunan INCAS yang telah berjalan sampai saat ini, adalah:

#### a. Pengumpulan data citra satelit

Untuk menyiapkan reference emission level (REL), perlu dikumpulkan data citra satelit secara time series. Sementara ini diasumsikan bahwa sebagai tahun dasar adalah tahun 1990. Untuk menentukan tingkat referensi emisi karbon, maka data citra satelit time series yang telah dikumpulkan perlu diolah dan dianalisis, kemudian dihitung rata-rata cadangan dan emisi karbon-nya. *Scene selection* dan *pre-processing* merupakan kegiatan pengumpulan data citra satelit yang sedang berjalan saat ini dalam pembangunan INCAS.

#### b. Pengumpulan literatur/referensi

Untuk menentukan persamaan alometrik dan model-model penghitungan cadangan biomassa dan karbon yang akan digunakan maka sebagai langkah awal dilakukan pengumpulan literatur dan referensi berkaitan dengan penghitungan karbon khususnya untuk tipe-tipe hutan di wilayah tropis.

#### c. Pembangunan INCAS masih pada tahap awal, kegiatan ini baru dimulai awal tahun 2009. Proses panjang masih perlu dilalui untuk terwujudnya INCAS secara lengkap. Khususnya pembangunan persamaan alometrik dan model-model estimasi biomassa dan karbon pada tipe-tipe hutan tropis di Indonesia yang kompleks akan memerlukan waktu 2-3 tahun.

## 4 KESIMPULAN

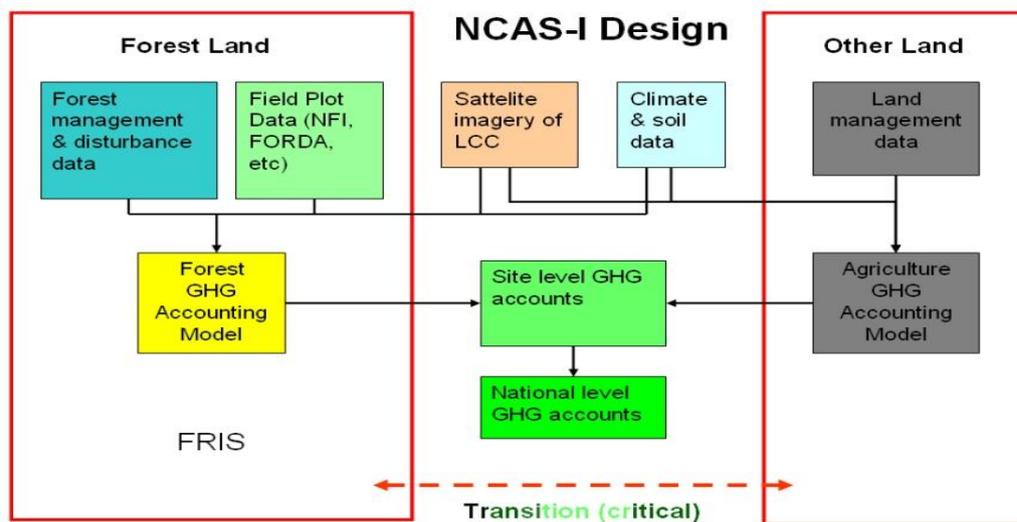
Pembangunan sistem penghitungan karbon hutan secara nasional (INCAS) mempunyai peranan penting dalam implementasi pengurangan emisi karbon dari deforestasi dan degradasi hutan (REDD). Kegiatan awal dalam pembangunan INCAS telah memberikan pertanda bahwa sistem ini akan dapat segera diwujudkan.

Meskipun demikian, banyak tantangan dan kendala yang harus dihadapi dalam pembangunan INCAS. Langkah awal dalam pembangunan INCAS menunjukkan

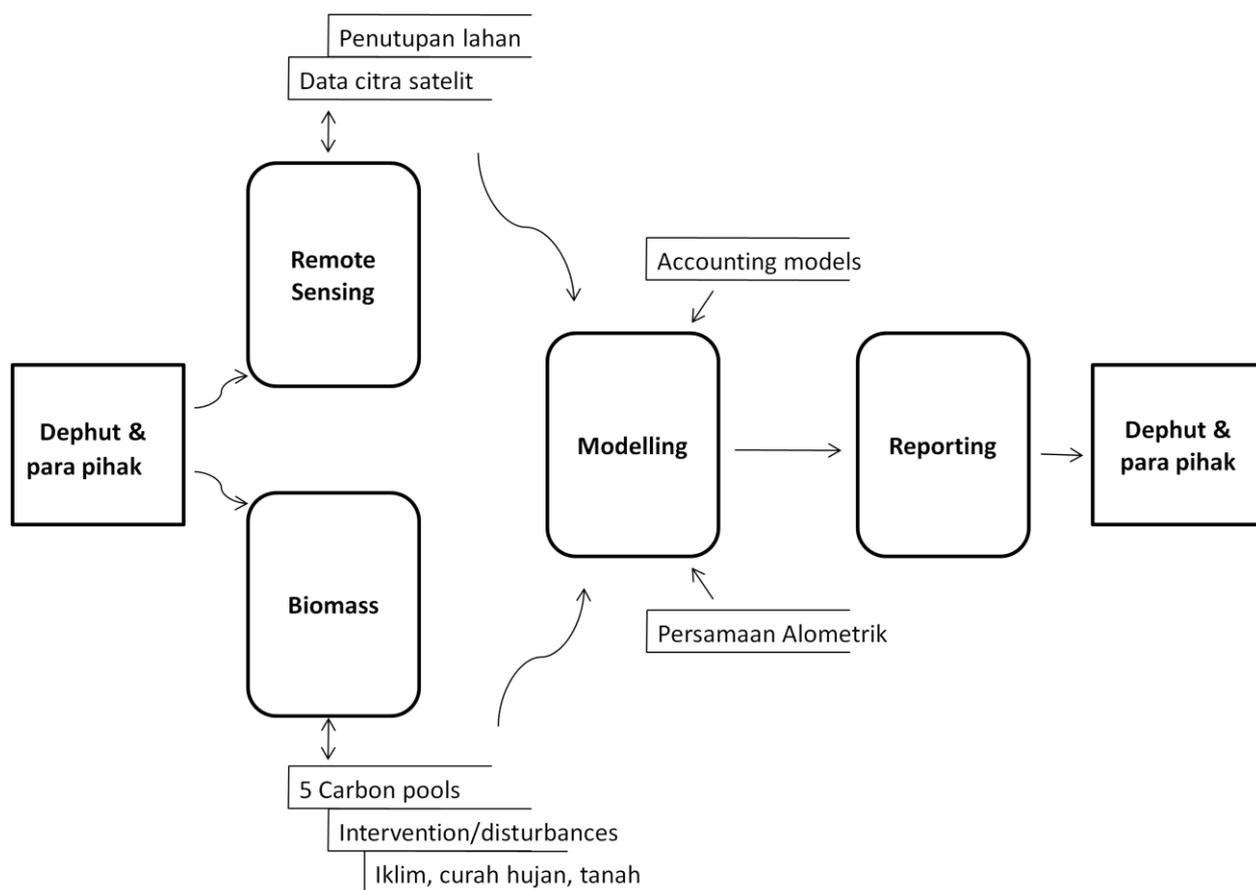
kompleksitas dalam pembangunan sistem ini. Ekosistem hutan Indonesia yang kompleks menyebabkan pembangunan sistem ini perlu waktu yang cukup (2-3 tahun). Disamping itu, mengingat emisi karbon nasional mencakup baik emisi dari dalam kawasan hutan maupun dari luar kawasan hutan maka koordinasi dengan para pihak terkait perlu dilakukan. Masalah lain seperti keterbatasan sumber daya (SDM, peralatan, anggaran) akan memberikan tantangan tersendiri. Tantangan dan kendala ini perlu diantisipasi untuk dicarikan solusi agar INCAS dapat terwujud sesuai harapan.

### REFERENSI:

- [1] Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer UN FAO Paper 134.
- [2] Chave, J, Andalo, C, Brown, S. *et al.* 2005. Tree allometry and improve estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87-99.
- [3] Ditjen Planologi Kehutanan. 2009. National Carbon Accounting System – Grand Design (Final draft).
- [4] GOF-C-GOLD. 2009. Reducing Greenhouse Gas Emission from Deforestation and Degradation in Developing Countries: A Source Book of Methods and Procedures for Measuring, Monitoring and Reporting. Alberta-Canada. 4-185p.
- [5] Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan diberbagai macam penggunaan lahan. ICRAF - Bogor. ISBN 979-3198-35-4.
- [6] IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. IGES - Japan. ISBN 4-88788-003-0.
- [7] MoFor 2008. IFCA 2007 Consolidation Report: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Indonesia. FORDA - Indonesia. ISBN 978-979-8452-26-0
- [8] Stern, N. 2006. Stern Review: The Economics of Climate Change.
- [9] [www.dephut.go.id/IFCA](http://www.dephut.go.id/IFCA)



Gambar 1. Struktur sistem perhitungan karbon nasional/INCAS [3]



Gambar 2. Diagram arus data yang menggambarkan input, proses, output dalam INCAS.