



UN-REDD
PROGRAMME
INDONESIA

Penyempurnaan National Forest Inventory
untuk Inventarisasi Stok
dan Estimasi Emisi Karbon Hutan Tingkat Provinsi



untuk Mendukung Inventarisasi
Gas Rumah Kaca Nasional





DIREKTORAT JENDERAL PLANOLOGI
KEMENTERIAN KEHUTANAN



Penyempurnaan National Forest Inventory
untuk Inventarisasi Stok
dan Estimasi Emisi Karbon Hutan Tingkat Provinsi

untuk Mendukung Inventarisasi
Gas Rumah Kaca Nasional



PENYEMPURNAAN NATIONAL FOREST INVENTORY
UNTUK INVENTARISASI STOK
DAN ESTIMASI EMISI KARBON HUTAN TINGKAT PROVINSI

@ Kemenhut RI, UN-REDD, FAO, UNDP, UNEP
All right reserved published in 2012

Penulis
Ruslandi

Desain dan Visualisasi
Tugas Suprianto

Gedung Manggala Wanabakti Ruang 525C, Blok IV, 5th Floor
Jl. Gatot Subroto, Senayan, Jakarta 1070
Telp. 62-21-57951505, 57902950, 5703246 Ext. 5246 Faks. 62-21-5746748
Email: info@un-redd.or.id
www.un-redd.or.id

Daftar Isi

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iii
1. Pendahuluan	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Ruang Lingkup	2
2. Peran NFI dalam inventarisasi GRK dan tantangan-tantangannya	3
2.1 Peran NFI dalam inventarisasi GRK nasional	3
4.2 Tantangan-tantangan estimasi emisi karbon hutan untuk kegiatan REDD+	4
4.2.1. Kegiatan apa yang diperlukan untuk estimasi emisi karbon hutan kegiatan REDD+?	4
4.2.2 Bagaimana stratifikasi dilakukan untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan?	4
4.2.3 Bagaimana kredit emisi karbon dihi-tung untuk masing-masing kegiatan REDD+?	5
2.2.4 Data–data untuk menghitung kredit emisi karbon dari kegiatan REDD+	7
3. Dasar- dasar inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan (Gas Rumah Kaca)	9
3.1 Apa yang dilaporkan?	9
3.2 Metode dalam penghitungan emisi	9
3.3 Tingkat kerincian/ tiers pelaporan emisi	13
3.4 Rumus dasar penghitungan emisi	13
3.5 Data yang diperlukan dan sumber data	13
3.6 Langkah – langkah inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan	13
3.6.1 Penentuan areal yang akan diinven-tarisasi	13
3.6.2 Stratifikasi areal yang akan diinven-tarisasi	13
3.6.3 Penentuan aktivitas pengelolaan yang akan diinventarisasi	14
3.6.4 Penentuan unit pelaporan	14
3.6.5 Perancangan sampling	14
3.6.6 Pelaksanaan lapangan	14
3.6.7 Data entry, analisis dan pelaporan	14

4. Konsep penyempurnaan aspek teknis NFI dalam rangka inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan	17
4.1 Prinsip –prinsip penyempurnaan NFI untuk mendukung inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan	17
4.2 Konsep penyempurnaan NFI untuk mendukung inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan	17
4.2.1 Sampling design	17
4.2.2 Prosedur lapangan inventarisasi stok karbon hutan	18
4.3 Implikasi terhadap rancangan samp-ling NFI	18
4.4 Implikasi terhadap prosedur lapang-an enumerasi/reenumerasi NFI	19
4.5 Konsep stratifikasi hutan dan unit pelaporan untuk inventarisasi emisi karbon hutan	19
4.5.1 Stratifikasi	19
4.5.2 Kegiatan Pengelolaan	20
4.5.3 Unit Pelaporan	20
4.5.4 Monitoring perubahan per unit pelaporan	20
7. Penutup	22
Daftar Pustaka	23
Lampiran-lampiran	25

1. Pendahuluan

Indonesia berkomitmen untuk menurunkan tingkat emisinya sebesar 26 % pada tahun 2020 dengan upaya-upaya unilateral dan sampai dengan 41 % dengan dukungan internasional, dari tingkat emisi berdasarkan skenario business as Usual (BAU). Sebagai tindak lanjut dari komitmen ini, Indonesia telah menerbitkan dua Peraturan Presiden (Perpres), yaitu Perpres no. 61 tentang rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK) dan Perpres no.71 tentang penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca (GRK) nasional. RAN-GRK adalah dokumen rencana kerja untuk pelaksanaan berbagai kegiatan yang secara langsung atau tidak langsung menurunkan emisi gas rumah kaca. Kegiatan RAN-GRK meliputi bidang pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, pengelolaan limbah dan kegiatan pendukung lain.

Indonesia juga merupakan salah satu dari sembilan negara percontohan (pilot countries) untuk penerapan Reduced Emission from Deforestation and Degradation plus (REDD) dibawah program UN-REDD. REDD+ merupakan program penurunan emisi Gas Rumah Kaca pada negara-negara berkembang melalui kegiatan-kegiatan : (1) pengurangan deforestasi (2) pengurangan degradasi hutan (3) praktek konservasi (4) pengelolaan hutan lestari (5) peningkatan stok karbon. Salah satu outcome dari proyek percontohan ini adalah UN-REDD akan membantu pemerintah Indonesia dalam pengembangan sistem pengukuran, pelaporan dan verifikasi (measurement, reporting and verification - MRV), khususnya untuk sub-sektor kehutanan. Sistem MRV ini diperlukan untuk mengkuantifikasi seberapa besar penurunan emisi dari kegiatan REDD+ dan juga untuk mendukung implementasi kedua

peraturan presiden di atas, khususnya untuk mengetahui seberapa besar penurunan emisi yang sudah dicapai pada bidang Kehutanan, yang dilakukan melalui inventarisasi GRK. Hasil inventarisasi GRK ini selanjutnya dapat dijadikan dasar untuk melakukan evaluasi terhadap keberhasilan kegiatan-kegiatan dalam RAN-GRK dan termasuk tindakan perbaikan, apabila diperlukan.

Untuk sektor berbasis lahan, inventarisasi hutan skala nasional (National Forest Inventory -NFI) merupakan komponen penting dalam sistem MRV. NFI akan menghasilkan data faktor emisi (emission factors) berupa perubahan stok karbon (carbon stock change) setiap aktivitas pengelolaan, yang akan dikombinasikan dengan data aktivitas (activity data) berupa luasan perubahan dari setiap aktivitas pengelolaan. Kombinasi faktor emisi dan data aktivitas ini akan menghasilkan dugaan besarnya emisi.

Dalam rangka pengumpulan data dan informasi terkait sumber daya hutan, khususnya stok kayu dan penyebarannya, Kementerian Kehutanan telah menerapkan NFI sejak tahun 1990an. Kurang lebih 3000 plot contoh telah dibuat dan dimonitor, yang tersebar secara sistematis di seluruh wilayah Indonesia. Sebagian dari plot contoh di atas juga telah dilakukan pengukuran ulang (re-enumerasi). Plot-plot contoh ini merupakan sumber potensi data yang baik untuk pendugaan stok karbon hutan dan perubahannya, paling tidak di kawasan hutan negara. Sayangnya, plot-plot contoh ini belum memenuhi syarat sepenuhnya untuk digunakan dalam mendapatkan data stok karbon hutan dan perubahannya yang mencakup lima pool karbon dan tingkat uncertainty yang rendah, seperti disyaratkan oleh pelaporan emisi untuk tier 2 atau lebih tinggi. Dengan demikian, sejumlah

penyempurnaan dalam aspek teknis masih diperlukan untuk mendapatkan data faktor emisi yang country specific bahkan local/site specific untuk mengurangi uncertainty dan mencakup 5 (lima) pool karbon. Di samping itu, pertimbangan waktu untuk mendapatkan data yang demikian juga perlu diperhatikan. Dalam konteks implementasi REDD+, data ini sebaiknya tersedia dalam waktu beberapa tahun ke depan.

Dokumen ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang konsep dan prosedur inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan, sebagai bagian dari inventarisasi GRK nasional, dengan menggunakan plot contoh NFI. Konsep dan prosedur ini akan diujicobakan di provinsi Sulawesi Tengah dan berdasarkan hasil ujicoba ini akan ditindaklanjuti dengan policy recommendations untuk kemungkinan penerapannya pada provinsi yang lain. Dalam dokumen ini dijelaskan tentang penyempurnaan-penyempurnaan aspek teknis yang dilakukan terhadap NFI saat ini, guna pencapaian tujuan inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan, khususnya dalam mendapatkan data faktor emisi.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penyusunan dokumen ini dan penerapannya adalah:

1. Mengembangkan konsep dan prosedur inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan tingkat provinsi, dengan penyempurnaan prosedur national forest inventory (NFI).
2. Mendapatkan data dan informasi stok karbon hutan dan perubahannya (emission factor) dengan memanfaatkan data plot-plot NFI dalam rangka untuk mempersiapkan negara dalam pelaporan emisi GRK kepada United Nations Framework Convention for Climate Change (UNFCCC¹) (REDD+) pada tier 2 atau lebih tinggi.

1 Pelaporan GRK Indonesia kepada UNFCCC dalam bentuk national communication akan mencakup lima sektor dan sejumlah emisi gas rumah kaca (GRK). Dokumen ini hanya akan mencakup sub sektor kehutanan dari sektor AFOLU dan hanya melaporkan emisi carbon (CO₂).

1.3. Ruang Lingkup

Dokumen ini secara umum menjelaskan tentang inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan, tetapi rincian prosedur hanya difokuskan pada inventarisasi hutan untuk mendapatkan komponen faktor emisi. Namun demikian, untuk prosedur tertentu seperti stratifikasi, dapat pula digunakan pada proses pengumpulan data aktivitas.

Sesuai dengan cakupan plot contoh NFI, konsep dan prosedur ini hanya akan digunakan pada kawasan hutan negara. Namun demikian, prinsip yang sama dapat diterapkan pada kawasan di luar hutan negara.

Dokumen ini hanya akan melakukan penyempurnaan pada bagian rancangan sampling dan prosedur lapangan NFI sehingga ketentuan inventarisasi yang lain, seperti periode inventarisasi, masih mengikuti ketentuan NFI saat ini, yaitu dire-enumerasi setiap 5 tahun.

Inventarisasi karbon tanah pada tanah organik di hutan gambut berbeda dengan inventarisasi karbon tanah pada tanah mineral. Meskipun lingkup dari dokumen ini adalah untuk seluruh kawasan hutan negara, akan tetapi untuk karbon tanah pada hutan gambut tidak dicakup dalam dokumen ini. Mengingat pentingnya peran hutan gambut sebagai sumber emisi GRK maka inventarisasi stok dan emisi karbon tanah pada hutan gambut disarankan untuk disiapkan dokumen secara terpisah. Rujukan prosedur inventarisasi karbon tanah pada lahan gambut akan dilampirkan pada dokumen ini, akan tetapi saat ini tidak menjadi bagian dari prosedur penyempurnaan NFI yang harus dilaksanakan dalam kegiatan NFI.

Dokumen ini hanya mencakup inventarisasi emisi karbon (CO₂) dari hutan. Untuk GRK selain CO₂ perlu dijelaskan pada dokumen terpisah.

2. Peran NFI dalam inventarisasi GRK dan tantangan-tantangannya

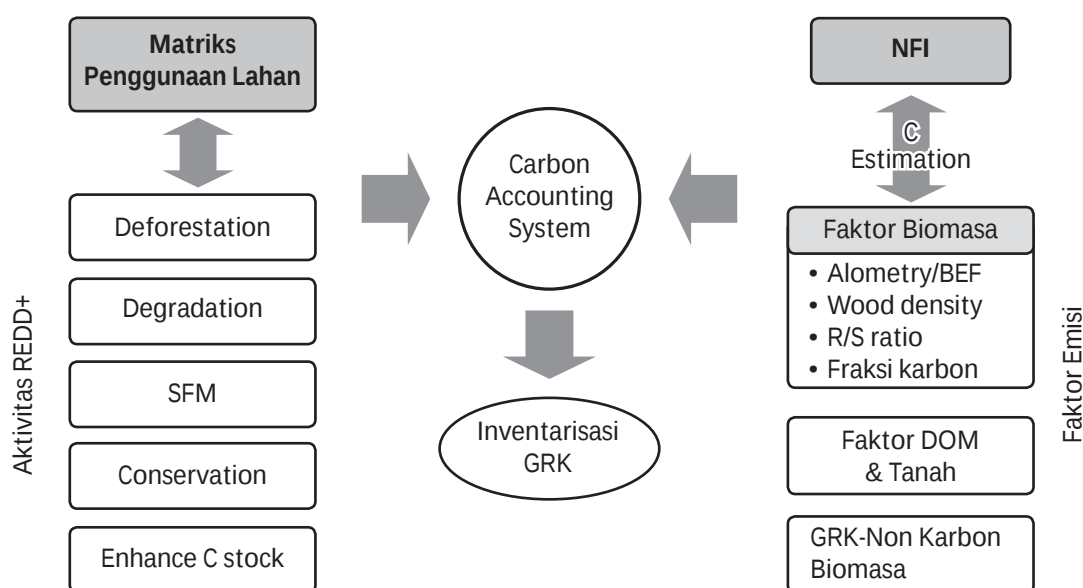
2.1 Peran NFI dalam inventarisasi GRK nasional

Salah satu keputusan kebijakan (policy decision) pada the Conference of the Parties (COP) 16 dari UNFCCC di Cancun (2010) menyebutkan bahwa negara yang berpartisipasi dalam mekanisme penurunan emisi gas rumah kaca melalui kegiatan REDD+ harus menyiapkan sistem monitoring nasional, yang mendukung persyaratan MRV dan harus mengacu pada Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guideline terkini.

Untuk membangun sistem monitoring ini, National forest inventory (NFI) “tradisional” merupakan salah satu opsi potensial yang dapat digunakan dalam mendukung pelaporan emisi gas rumah kaca dari kegiatan REDD+. Seperti sudah banyak disebutkan dalam berbagai dokumen, data pengukuran lapangan NFI akan dijadikan sebagai sumber data faktor

emisi. Meskipun demikian, dalam prakteknya perolehan data faktor emisi dari NFI merupakan proses yang tidak sederhana dan memerlukan berbagai jenis data lainnya. Secara skematis, peran NFI dalam inventarisasi GRK dapat dilihat pada gambar 1.

Pada gambar 1 terlihat bahwa NFI akan menghasilkan data proksi dalam pendugaan stok karbon, yang harus dikombinasikan dengan berbagai faktor biomasa dan faktor lainnya terkait pendugaan stok karbon. Selanjutnya data ini digunakan untuk mendapatkan data perubahan stok karbon (faktor emisi) dalam jangka waktu tertentu untuk setiap aktivitas pengelolaan dari REDD+. Akhirnya data faktor emisi dari masing-masing kegiatan REDD+ ini akan dikalikan dengan perubahan luasan arealnya (data aktivitas) untuk mendapatkan dugaan besarnya emisi karbon (emissions by sources and removals by sinks), sebagai bagian dari inventarisasi GRK.



Gambar 1. Peran NFI dalam inventarisasi GRK nasional

4.2 Tantangan-tantangan estimasi emisi karbon hutan untuk kegiatan REDD+

4.2.1. Kegiatan apa yang diperlukan untuk estimasi emisi karbon hutan kegiatan REDD+?

Untuk sektor berbasis lahan, khususnya hutan, pada umumnya emisi gas rumah kaca (GRK) yang menjadi fokus adalah karbon. Untuk kepentingan pelaporan kepada UNFCCC atau REDD+, pelaporan diperlukan dalam bentuk emisi karbon (*emissions by sources and removals by sinks*) atau perubahan stok karbon (*carbon stock change*).

Sampai saat ini, sudah banyak upaya pemetaan biomasa hutan yang dihasilkan dari berbagai metode dan sumber. Sudah banyak pula tersedia pedoman inventarisasi stok biomasa/karbon. Akan tetapi, belum banyak pedoman yang menjelaskan bagaimana peta biomasa hutan atau stok karbon tunggal hasil inventarisasi stok karbon tersebut digunakan untuk pelaporan emisi karbon hutan (bagian dari GRK). Hal ini penting khususnya untuk kegiatan REDD+ yang mencakup perubahan penggunaan lahan dan juga perubahan penutupan lahan. Pada kegiatan yang mengakibatkan perubahan penggunaan lahan seperti deforestasi, emisi karbon dapat diperoleh dari stok karbon tunggal, dengan asumsi bahwa seluruh stok karbon habis teremisi akibat deforestasi. Sedangkan untuk kegiatan REDD+ lainnya seperti degradasi hutan, perubahan stok karbon harus diperoleh dari dua kali pengukuran stok karbon atau satu kali pengukuran dan pemodelan dinamika hutan. Persoalannya adalah bagaimana data perubahan stok karbon ini diperoleh dalam waktu yang singkat, misalnya dalam 1–2 tahun. Lebih lanjut, inventarisasi emisi karbon hutan dengan memanfaatkan NFI di negara tropis merupakan hal yang baru dan belum tersedia referensi dari negara lain.

Dengan pertimbangan bahwa laporan emisi kegiatan REDD+ dapat tersedia dalam waktu yang tidak terlalu lama, maka untuk sementara, kegiatan yang feasible untuk dilakukan dalam rangka estimasi emisi karbon hutan dari kegiatan REDD+ adalah melalui inventarisasi stok karbon tunggal dan dikombinasikan dengan pemodelan dinamika hutan (metode *gain-loss*). Metode *stock difference* dengan menggunakan

inventarisasi stok karbon berulang pada akhirnya dapat digunakan apabila data sudah tersedia.

4.2.2 Bagaimana stratifikasi dilakukan untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan?

Pada inventarisasi skala nasional, stratifikasi hanya berdasarkan kelas penutupan lahan seperti disarankan pada berbagai pedoman inventarisasi stok karbon yang sudah ada masih belum cukup. Hal ini dikarenakan pada skala nasional khususnya Indonesia terdapat variasi baik biofisikal maupun tipe hutan, selain kelas tutupan lahan, yang berpengaruh terhadap stok karbon dan perubahannya (*carbon stock and change*) atau faktor emisi. Kelas penutupan lahan biasanya berkaitan dengan akibat dari tindakan pengelolaan ataupun gangguan sehingga masih diperlukan stratifikasi yang lebih rinci untuk mendapatkan faktor emisi yang lebih lokal spesifik dan lebih homogen untuk setiap unit lahan tertentu sehingga ketidakpastian (*uncertainty*) dalam penghitungan dapat dikurangi. Perlu ditekankan pula bahwa pelaporan emisi GRK pada tiers yang tinggi memerlukan data perubahan stok karbon (*emission* dan atau *removal*) secara spasial. Laporan perubahan stok karbon (emisi karbon) dari dua titik waktu tanpa rincian data spasial akan menghasilkan tier yang rendah.

Inventarisasi hutan secara nasional juga akan mencakup wilayah yang luas dan jumlah plot contoh yang banyak. Dengan demikian, stratifikasi hutan yang mengefisienkan inventarisasi stok karbon hutan nasional juga merupakan hal yang harus diperhatikan, khususnya dalam hal bagaimana strategi sampling diterapkan dalam inventarisasi yang mencakup lima pool karbon.

Tantangannya adalah bagaimana dan berdasarkan parameter apa stratifikasi harus dibuat untuk mendapatkan strata yang lebih homogen dan representatif dalam hal faktor emisi dan efisien dalam inventarisasi stok karbon yang mencakup lima pool karbon. Lebih lanjut, stratifikasi untuk keperluan inventarisasi emisi karbon hutan juga harus sejalan dengan stratifikasi NFI secara keseluruhan.

4.2.3 Bagaimana kredit emisi karbon dihitung untuk masing-masing kegiatan REDD+?

Dalam menghitung emisi karbon hutan perlu memperhatikan lima kegiatan yang diperhitungkan dalam REDD+, yaitu:

- (1) Deforestasi (*Deforestation*)
- (2) Degradasi hutan (*Forest Degradation*)
- (3) Peranan konservasi (*The role of conservation*)
- (4) Pengelolaan hutan lestari (*Sustainable management of forest -SMF*)
- (5) Peningkatan stok karbon (*Enhancement of carbon stock*)

Secara umum rumus penghitungan kredit penurunan emisi dari kegiatan REDD+ dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Kredit penurunan emisi} = \text{Target emisi (REL)} - \text{Emisi aktual}$$

Hanya apabila aktual emisi lebih kecil dibandingkan *Reference emission level* (REL) (lihat gambar 2 berikut), maka pihak penyelenggara mendapatkan kredit penurunan emisi dan berhak mendapatkan kompensasi.

Reference emission level (REL) dihitung berdasarkan sejarah tingkat emisi dan sejumlah

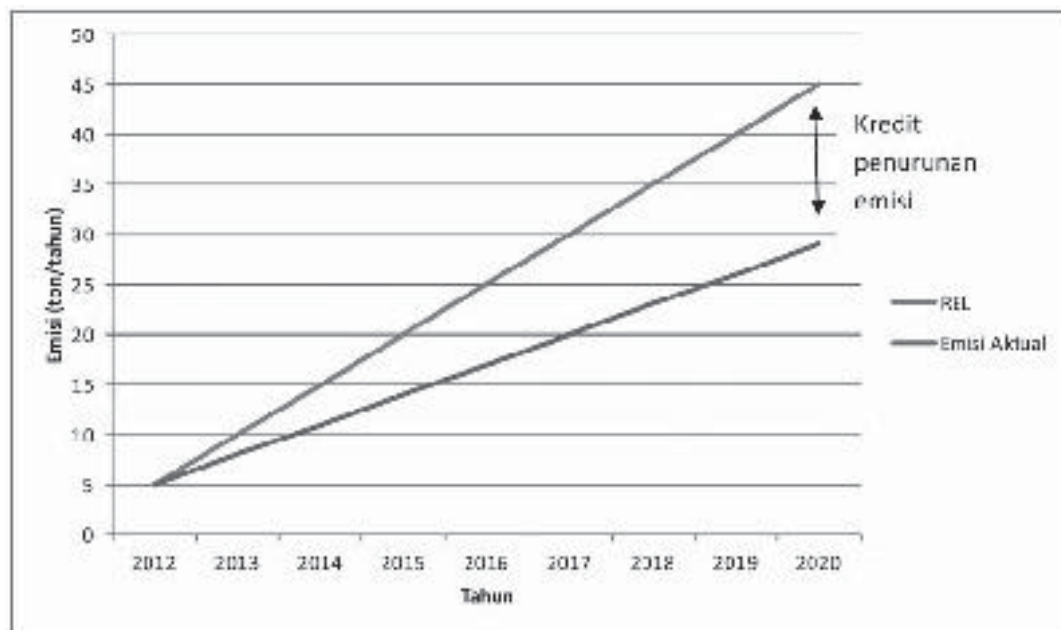
penyesuaian (adjustment), apabila dikehendaki. Untuk sub-sektor kehutanan, sejarah tingkat emisi dihitung berdasarkan tingkat emisi dari kegiatan deforestasi dan degradasi hutan (dari luas perubahan penggunaan lahan dan penutupan lahan).

Emisi aktual merupakan emisi yang dihasilkan dari berbagai aktivitas pengelolaan hutan dan atau gangguan hutan. Sampai saat ini, secara konseptual emisi aktual dapat diturunkan melalui kegiatan-kegiatan:

1. Penghindaran deforestasi (*Avoid deforestation*)
2. Penghindaran degradasi (*Avoid degradation*)
3. Peningkatan stok karbon melalui penanaman (*Enhancement of carbon stock*)
4. Peningkatan stok karbon melalui restorasi (*Enhancement of carbon stock*)
5. Peningkatan stok karbon melalui regenerasi alam dan regrowth setelah gangguan (*Enhancement of carbon stock*)

Dari metode penghitungan kredit penurunan emisi di atas terlihat bahwa terdapat dua aktivitas REDD+ yang belum diperhitungkan, yaitu:

1. *The role of conservation*
2. *Sustainable management of forest (SMF)*.



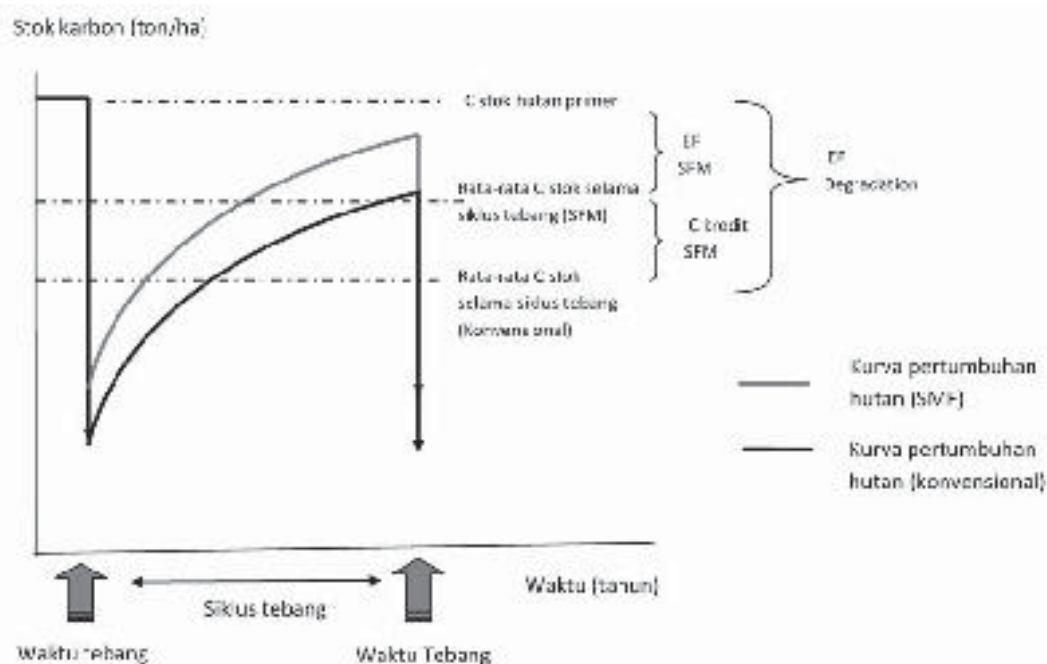
Gambar 2. Ilustrasi penghitungan kredit penurunan emisi

Untuk konteks Indonesia, kegiatan *the role of conservation* akan diwujudkan dengan pengelolaan hutan lindung dan hutan konservasi, yang secara alami bersifat “*carbon neutral*” (pada kondisi hutan klimaks, tingkat emisi dan penyerapannya kurang lebih sama), sehingga berdasarkan metode penghitungan di atas tidak terlihat berkontribusi terhadap penurunan emisi. Dengan demikian, penghitungan kredit emisi penurunan karbon dari *the role of conservation* ini perlu dilakukan dengan metode khusus, misalnya apakah ditentukan sebesar penghindaran deforestasi atau degradasi. Hal ini perlu ditentukan karena dengan bersifat carbon neutral maka kegiatan ini tidak memiliki additionality baik dalam mengurangi tingkat emisi maupun penyerapan karbon dari atmosfer.

Begitu pula untuk kegiatan SMF, secara spasial kegiatan ini akan terlihat seperti kombinasi forest degradation dan *enhancement of carbon stock*. Pada areal yang sedang dilakukan logging akan terlihat berupa forest degradation sedangkan pada areal bekas tebangan akan terlihat *enhancement of carbon stock*, sebagai hasil dari regenerasi dan pertumbuhan hutan bekas tebangan. Hal lain yang harus diperhatikan pula adalah bahwa (gross) forest degradation berlangsung hanya sekali di satu tempat sedang *enhancement of carbon stock* berlang-

sung terus menerus sejak suatu areal ditebang. Tantangannya adalah bagaimana membedakan kegiatan SMF ini dari kegiatan degradasi hutan dan bagaimana menghitung kredit emisi karbonnya, karena secara *additionality* barangkali kegiatan SMF ini, dalam satu periode proyek karbon, masih karbon defisit walaupun tidak sebesar degradasi hutan. Untuk kegiatan-kegiatan semacam ini, IPCC 2006 Guideline pun masih memerlukan penjelasan lanjutan. Dari bagian aktivitas data, kegiatan SMF dapat diidentifikasi sebagai areal hutan yang telah mendapatkan sertifikat PHL sebagai proksi dari areal hutan yang menerapkan pengelolaan hutan lestari. Namun demikian, dari bagian faktor emisi, hal ini tidak begitu mudah untuk ditentukan. Baik logging konvensional (degradasi hutan) maupun SMF masih bersifat defisit stok karbon dibandingkan dengan hutan primer, tetapi secara teoritis penurunan stok karbon pada SMF dipercaya lebih kecil dari degradasi hutan. Selisih penurunan stok karbon (rata-rata stok karbon) antara SMF dan konvensional/degradasi merupakan kredit karbon dari SMF (lihat gambar 3).

Meskipun secara konsep, areal yang menerapkan SMF akan menghasilkan emisi yang lebih rendah bila dibandingkan dengan areal yang tidak dikelola secara SMF. Akan tetapi, pada kenyataannya bisa terjadi sebaliknya kare-



Gambar 3. Ilustrasi penghitungan kredit karbon SMF per petak tebangan

na banyak faktor lain yang lebih berpengaruh. Sebagai contoh: areal hutan yang secara alami tidak memungkinkan dieksploitasi dengan intensitas logging tinggi, walaupun tidak dikelola secara SMF, akan menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah bila dibandingkan dengan areal hutan yang dikelola secara SMF pada areal yang dilakukan logging dengan intensitas lebih tinggi.

Di sampling kedua kegiatan REDD+ (the role of conservation dan SMF) yang masih memerlukan pendalaman lebih lanjut dari aspek metodologi, kegiatan REDD+ yang lain juga masih memerlukan sejumlah data yang tidak mudah untuk diperoleh, khususnya untuk negara-negara berkembang.

Dari kelima kegiatan REDD+ di atas, hanya kegiatan penghindaran deforestasi dan peningkatan stok karbon, khususnya melalui a orestasi atau reforestasi, yang sudah jelas penghitungan kredit emisi karbonnya, baik metodologi maupun ketersediaan datanya. Kedua kegiatan ini terkait dengan perubahan penggunaan lahan hutan menjadi non-hutan dan sebaliknya (*land use change*). Kredit emisi karbon dari penghindaran deforestasi adalah sebesar stok karbon hutan. Sedangkan kredit emisi karbon dari kegiatan a orestasi dan reforestasi adalah sesuai dengan akumulasi karbon dari pertumbuhan tanaman pada jangka waktu tertentu. Data untuk penghitungan kredit penurunan emisi untuk kegiatan deforestasi berupa stok karbon hutan sudah banyak tersedia. Begitu pula, data riap tumbuhan pada hutan tanaman sudah tersedia untuk sebagian besar jenis.

Untuk kegiatan REDD+ yang lainnya, kegiatan terjadi pada lahan hutan tetap menjadi lahan hutan (*forest land remaining forest land*). Secara umum, pada lahan kategori ini hanya terdapat dua kemungkinan tren perubahan stok karbon yang dapat dimonitor, yaitu penurunan stok karbon (*degradation*) dan peningkatan stok karbon (*enhancement of carbon stock*) melalui penanaman dan pertumbuhan pohon. Secara metodologi, kegiatan REDD+ jenis ini dapat dimonitor emisinya, akan tetapi ketersediaan data dan sumber daya di negara – negara berkembang barangkali akan menjadi kendalanya (lihat 2.2.4 untuk keterangan lebih lanjut).

Dengan demikian, penghitungan kredit emisi karbon untuk kegiatan REDD+ di negara berkembang masih terkendala pada ketersediaan metodologi yang tepat untuk sebagian kegiatan dan ketersediaan data dan sumber daya untuk sebagian kegiatan lainnya.

2.2.4 Data–data untuk menghitung kredit emisi karbon dari kegiatan REDD+

Untuk menghitung kredit emisi dari seluruh kegiatan REDD+, seperti dijelaskan pada 4.2.3, tampak jelas bahwa estimasi emisi karbon hutan hanya dengan berdasarkan monitoring perubahan kelas penutupan hutan yang tersedia saat ini (hutan primer, hutan sekunder, semak belukar dan tanah terbuka) masih belum cukup. Beberapa kegiatan REDD+ masih memerlukan monitoring proxi perubahan stok karbon yang lebih rinci. Tentunya monitoring perubahan stok karbon yang lebih rinci ini akan berimplikasi baik terhadap keperluan faktor emisi dan data aktivitas.

Sebagai contoh sederhana adalah kegiatan degradasi hutan. Emisi yang diakibatkan oleh degradasi hutan sangat bervariasi, tergantung dari penyebabnya. Diantara penyebabnya adalah logging dan kebakaran. Dengan demikian, untuk memonitornya diperlukan identifikasi penyebab degradasi hutan dan kemungkinan dampaknya terhadap stok karbon. Data seperti ini tidak dapat diperoleh dari perubahan kelas penutupan hutan. Data lain yang diperlukan adalah seberapa besar penyerapan karbon hasil dari pertumbuhan hutan terjadi setelah gangguan/ penebangan. Kedua data ini diperlukan untuk menghitung net emisi dari degradasi hutan.

Karakteristik emisi dan penyerapan kegiatan degradasi hutan adalah emisi (emission) biasanya terjadi pada satu waktu (tahun) tertentu dan dalam jumlah yang cukup besar. Sedangkan penyerapan (removal) terjadi dalam waktu yang panjang dan jumlahnya tidak terlalu besar. Besar penyerapan ditentukan oleh intensitas degradasi dan juga waktu setelah degradasi.

Untuk mendapatkan faktor emisi dari kegiatan degradasi hutan maka diperlukan data net emission dari setiap jenis degradasi hutan tersebut. Misalnya jenis degradasi dari kegiatan logging, faktor emisi untuk kegia-

tan ini memerlukan data karbon yang hilang pada waktu logging (gross emission dari degradasi hutan) dan data pertambahan stok karbon selama rotasi tebang sebagai hasil dari pertumbuhan. Selisih pengurangan dan penambahan stok karbon selama rotasi tebang ini merupakan net emission dari kegiatan degradasi hutan berupa logging. Net emission inilah yang selanjutnya dianggap sebagai faktor emisi dari kegiatan degradasi hutan berupa penebangan. Net emission dari kegiatan degradasi hutan ini dapat diperoleh melalui dua (2) pendekatan, yaitu :

- (1) Inventarisasi berulang, dimana stok karbon pada dua titik waktu yang berbeda akan memiliki stok karbon rata-rata/ha yang berbeda untuk kelas penutupan lahan/hutan yang sama. Selisih stok karbon antara kedua titik waktu yang berbeda tersebut akan menghasilkan net emission.
- (2) Pemodelan kehilangan karbon akibat logging dan pertumbuhan hutan dan karbonnya setelah terjadi gangguan (logging atau kebakaran).

Untuk mendapatkan estimasi emisi yang akurat dari kegiatan degradasi hutan berupa logging maka diperlukan data sejarah logging

baik untuk pendekatan yang pertama maupun yang kedua. Paling tidak, sejarah logging ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa fase dinamika hutan setelah logging. Data spasial fase dinamika hutan setelah logging ini diperlukan baik dalam perancangan sampling maupun penyediaan data aktivitas. Data semacam ini, khususnya pengupdate-annya barangkali tidak mudah untuk diperoleh.

Untungnya, Indonesia memiliki potensi data, yang tersimpan di berbagai instansi atau berbagai direktorat dalam instansi yang sama, yang dapat dijadikan dasar dalam pelaporan emisi karbon dari kegiatan REDD+. Contoh data yang tersedia setiap tahun di Kementerian Kehutanan, karena menjadi kewajiban Perusahaan, adalah data Inventarisasi Tegakan Sebelum Penebangan (ITSP), Laporan Hasil Penebangan dan luasan serta posisi penanaman. Permasalahan pemanfaatan data semacam ini adalah kualitas data dan kelebihannya adalah keberadaan peraturan menyangkut pelaporan data tersebut. Tantangannya adalah bagaimana mendapatkan dan mengkawinkan dan memperbaiki kualitas data-data tersebut menjadi data dan informasi yang diharapkan dan dalam waktu yang tidak terlalu lama.

3. Dasar- dasar inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan (Gas Rumah Kaca)

3.1 Apa yang dilaporkan?

Untuk kepentingan pelaporan kepada UNFCCC (REDD+) , negara harus melaporkan emisi GRKnya (emission by sources and removal by sinks). Salah satu jenis GRK adalah karbon, yang biasanya ditampilkan dalam bentuk CO_2 . Untuk sektor berbasis lahan termasuk kehutanan, tingkat emisi biasanya dilaporkan berdasarkan besarnya perubahan stok karbon (carbon stock change), dengan demikian seluruh stok karbon yang dinyatakan dalam biomasa perlu dikonversi terlebih dahulu menjadi karbon, dengan menggunakan faktor konversi yang biasanya sebesar kurang lebih 0,5. Perubahan stok karbon ini selanjutnya dikalikan dengan faktor konversi dari karbon menjadi karbon dioksida (CO_2) yang besarnya 44/12 atau 3,67.

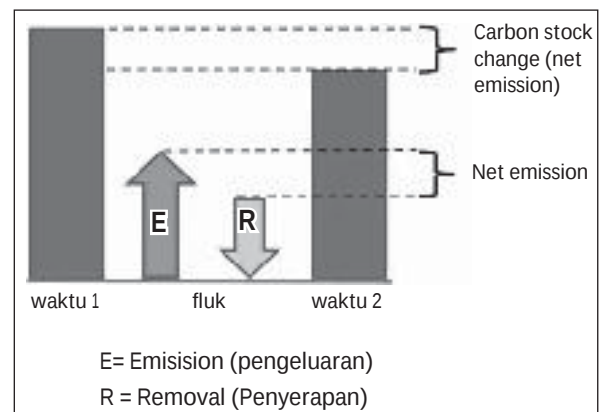
Pelaporan harus ditampilkan berupa *carbon balance* sehingga akan diperlukan:

- (1) Sediaan karbon (*carbon stock*) pada waktu tertentu.
- (2) Jumlah emisi (*emissions*) dan penyerapan karbon (*removals*) selama periode tertentu atau perubahan stok karbon (*carbon stock change*) selama periode tertentu.

3.2 Metode dalam penghitungan emisi

Seperti disebutkan pada 5.1, untuk sektor berbasis lahan, besarnya emisi diperoleh dari penghitungan perubahan stok karbon (*carbon stock change*). Perubahan stok karbon ini secara sederhana dapat diperoleh melalui inventarisasi stok karbon secara berulang sehingga dapat diperoleh data perubahan stok karbon selama periode antar siklus inventarisasi. Dalam istilah IPCC 2006 *Guideline*, cara penghitungan

emisi karbon seperti ini dikenal dengan nama “*stock difference*”. Namun demikian, dalam IPCC 2006 *Guideline* disebutkan pula bahwa data emisi dan serapan karbon (perubahan stok karbon) juga dapat diperoleh dengan satu siklus inventarisasi dan pemodelan. Pada metode ini, setiap aktivitas pengelolaan akan dihitung “besarnya emisi (*emissions*) yang ditimbulkan dan atau penyerapan (*removals*) yang dihasilkan” melalui pemodelan. Dengan kata lain, penghitungan emisi dilakukan berdasarkan *carbon flux* yang terjadi selama periode antar inventarisasi. Cara yang kedua ini disebut metode “*gain loss*”. Secara skematik perbedaan antara kedua metode di atas dapat dilihat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4.
Ilustrasi perbedaan metode stok difference dan gain-loss

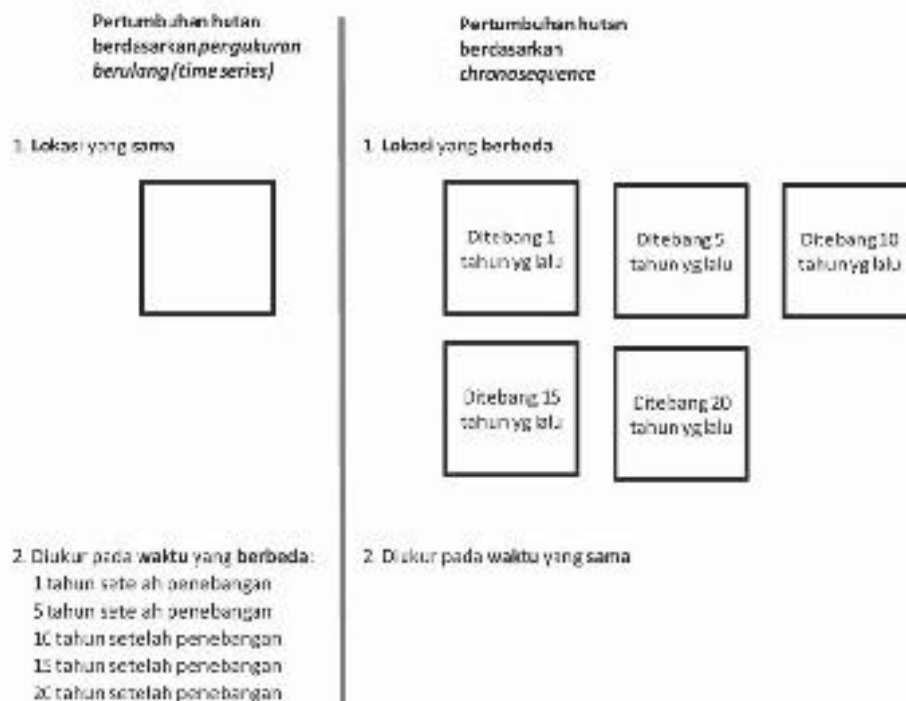
Pada sejumlah kegiatan REDD+, besarnya perubahan stok karbon (*carbon stock change*) jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan stok karbonnya (*carbon stock*). Misalnya kegiatan degradasi hutan melalui kegiatan eksploitasi hutan biasanya perubahan stok

karbon tidak melebihi separoh stok karbonnya. Perbedaan cara penghitungan kedua metode ini selengkapnya dapat dilihat pada Kotak 1.

Terkait dengan metode *gain-loss*, komponen loss biasanya diperoleh dari kehilangan karbon akibat pemanenan (pohon yang dipanen dan kerusakan yang ditimbulkan). komponen gain biasanya diperoleh melalui pemodelan pertumbuhan tegakan hutan yang menghasilkan serapan karbon (*carbon removal*). Untuk pemodelan ini diperlukan data dinamika hutan (pertumbuhan tegakan hutan: merupakan resultant dari *increment*, *ingrowth and mortality*), khususnya untuk hutan setelah mengalami gangguan seperti penebangan, kebakaran dan lainnya. Data dinamika hutan setelah gangguan ini dapat diperoleh melalui pengamatan secara berulang (*time series*) atau "*chronosequence*". Pendekatan *chronosequence* dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran dinamika hutan setelah mengalami gangguan, dengan konsep mengganti waktu (*time*) dengan

ruang (*space*) seperti terlihat pada gambar 5, sehingga waktu yang diperlukan untuk memperolehnya lebih singkat dibandingkan dengan pengamatan secara *time series*. Namun demikian, pendekatan *chronosequence* ini hanya akan dilakukan apabila tidak tersedia data dinamika hutan berdasarkan pengamatan *time series*.

Kelebihan dari pendekatan pengukuran berulang (*time series*), khususnya apabila monitoring dilakukan berdasarkan individu pohon, akan menghasilkan data perubahan stok karbon yang lebih teliti. Kelemahannya adalah metode ini memerlukan waktu yang sangat panjang dan usaha yang tidak mudah untuk menjaga plot pengamatannya. Sedangkan pendekatan *chronosequence* memiliki kelebihan, karena data dapat diperoleh dalam waktu yang singkat walaupun data perubahan stok karbon yang diperolehnya tidak terlalu teliti, khususnya apabila kondisi awal antar plot *chronosequence* tidak sama.



Gambar 5. Ilustrasi perbedaan antara *time series* dan *chronosequence*

PERBEDAAN PROSES PENGHITUNGAN EMISI ANTARA METODE “STOCK DIFFERENCE” DAN “GAIN-LOSS”

Metode “Stock difference”

Waktu 1:

1. Hitung luas tutupan lahan masing-masing tipe/kelas penutupan lahan (misalnya: hutan primer, sekunder dan tidak berhutan) pada waktu 1.
2. Hitung rata-rata stok karbon pada masing-masing tutupan lahan pada waktu 1.
3. Hitung total stok karbon pada waktu 1

Waktu 2:

1. Hitung luas tutupan lahan masing-masing tipe/kelas penutupan lahan (misalnya: hutan primer, sekunder dan tidak berhutan) pada waktu 2.
2. Hitung rata-rata stok karbon pada masing-masing tutupan lahan pada waktu 2
3. Hitung total stok karbon pada waktu 2

Perubahan stok karbon (*carbon stock change*) adalah selisih antara stok karbon waktu 1 dan waktu 2.

Pada kondisi ini dimungkinkan waktu 1 dan waktu 2 memiliki komposisi kelas penutupan lahan yang sama, tetapi masing-masing kelas penutupan lahan memiliki rata-rata stok karbon yang berbeda. Komposisi kelas tutupan lahan pada waktu 1 dan waktu 2 juga bisa berbeda, tetapi sepanjang stok karbon pada semua tutupan diketahui maka hal ini tidak menjadi masalah Rata-rata stok karbon pada masing-masing kelas penutupan lahan berubah dari waktu ke waktu.

Metode “Gain-loss”

Metode ini memerlukan identifikasi aktivitas yang terjadi dan emisi/penyerapan yang ditimbulkan oleh aktivitas tersebut. Secara

sederhana, estimasi emisi (perubahan stok karbon) metode ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{Emisi} = \text{Data aktivitas} \times \text{Faktor emisi}$$

Dalam konteks REDD+;

Data aktivitas = luasan perubahan tutupan lahan yang diakibatkan oleh aktivitas REDD+ tertentu

Faktor emisi = besarnya perubahan stok karbon yang diakibatkan oleh aktivitas REDD+ tertentu.

Pada sebuah strata yang dianggap homogen, faktor emisi untuk aktivitas tertentu tidak akan berubah dari waktu ke waktu (misalnya kegiatan degradasi seperti penebangan akan memiliki faktor emisi sebesar x ton /ha).

Dalam metode ini, perubahan stok karbon (emisi) dari waktu ke waktu hanya ditentukan oleh luasnya data aktivitas.

Keperluan data inventarisasi hutan untuk masing-masing metode

Metode “stock difference” mutlak memerlukan inventerisasi hutan/karbon berulang.

Metode “gain-loss” memerlukan pengukuran berulang untuk penentuan faktor emisi; atau faktor emisi diperoleh dengan cara pemodelan dari plot penelitian (time series data) atau *chronosequence sampling design*.

Ilustrasi contoh penghitungan perubahan stok karbon antara metode “stock difference” dan “gain-loss” berdasarkan kemampuan deteksi perubahan penutupan hutan saat ini (perhatikan tabel berikut).

“Stock difference”

Waktu 1

Kelas tutupan hutan	Luas (ha)	Rata-rata stok karbon (ton/ha)	Total stok karbon (ton)
Hutan primer	1.000	300	300.000
Hutan sekunder	2.000	150*	300.000
Tidak berhutan	100	25*	2.500
JUMLAH	3.100		602.500

Waktu 2

Kelas tutupan hutan	Luas (ha)	Rata-rata stok karbon (ton/ha)	Total stok karbon (ton)
Hutan primer	700	300	210.000
Hutan sekunder	2.300	200*	460.000
Tidak berhutan	100	50*	5.000
JUMLAH	3.100		675.000

*Rata –rata stok karbon pada hutan sekunder and tidak berhutan pada waktu 2 lebih besar daripada waktu 1 karena adanya pertumbuhan hutan.

Perubahan stok karbon selama periode waktu 1 dan waktu 2 adalah + **72.500 ton**
(675.000 – 602.500)

“Gain-loss”

Perubahan stok karbon selama periode waktu 1 dan waktu 2

Perubahan Kelas tutupan hutan	Luas perubahan (ton/ha)	Faktor emisi (ton/ha)	Total perubahan stok karbon (ton)
Hutan primer → hutan primer	700	0	0
Hutan primer → hutan sekunder	300	-150*	-45.000
Hutan sekunder → hutan sekunder	2.000	0	0
Hutan sekunder → tidak berhutan	0	-100	0
Tidak berhutan → tidak berhutan	100	0	0
JUMLAH	3.100		675.000

*)perbedaan stok karbon antara hutan primer dan hutan sekunder pada waktu 1

Dari contoh perhitungan di atas terlihat jelas bahwa tanpa kemampuan deteksi perubahan pada hutan sekunder yang dihasilkan dari pertumbuhan akan menghasilkan hasil penghitungan “stock difference” dan “gain-loss” berbeda secara nyata. Hal ini disebabkan metode gain-loss hanya menggunakan faktor emisi deforestasi hutan berupa gross emission (belum memperhitungkan penyerapan/removal). Deteksi perubahan yang lebih rinci diperlukan agar hasil perhitungan “gain-loss” mendekati “stock difference”.

3.3 Tingkat kerincian/tiers pelaporan emisi

Terdapat 3 tingkat kerincian (tiers) dalam pelaporan emisi sesuai dengan tingkat kerumitan methodology dan data yang digunakan. Semakin tinggi tiers maka akan semakin sulit untuk dilakukan, tetapi memiliki nilai kredit emisi yang lebih tinggi. Secara sederhana, perbedaan ketiga tiers di atas adalah sebagai berikut:

Tier 1	Asumsi IPCC default + default methodology + default data
Tier 2	Asumsi IPCC default + default methodology + country specific data
Tier 3	Asumsi country specific (asumsi + metodologi + data) (perlu review secara internasional)

Untuk REDD+, pada tahap implementasi, pelaporan pada tiers 2 atau lebih tinggi akan dipersyaratkan. Untuk memenuhi kriteria tiers 2, negara harus memiliki:

1. Faktor emisi yang country specific, mencakup 5 pool karbon IPCC;
2. Multi-temporal inventory data atau model dinamika hutan (tergantung metode yang digunakan);
3. Perkiraan uncertainty dari data yang dilaporkan - IPCC mengindikasikan bahwa analisis uncertainty secara kuantitatif harus dilakukan dengan menggunakan 95 % Confidence Interval (CI) untuk perkiraan emisi dan serapan untuk masing-masing kategori dan secara keseluruhan.

3.4 Rumus dasar penghitungan emisi

Berdasarkan IPCC 2006 Guideline, rumus dasar untuk penghitungan emisi adalah sebagai berikut:

$$\text{Emission estimate} = \text{Activity data (AD)} \times \text{Emission factor (EF)}$$

Dimana, untuk sektor berbasis lahan ;

Activity data =

luas areal yang kena dampak dari kegiatan

pengelolaan REDD+ tertentu. Secara sederhana activity data merupakan perubahan luas hutan dan atau penutupan hutannya (ha). Pada sejumlah kegiatan REDD+, perubahan hanya terjadi pada penutupan hutannya seperti kegiatan penebangan (degradasi).

Emission factor =

Koefisien yang mengkuantifikasi emisi atau penyerapan per unit aktivitas. Dalam konteks REDD+, merupakan perubahan stock karbon (pengeluaran emisi dan atau penyerapan) per unit areal yang diakibatkan oleh aktivitas pengelolaan REDD+ tertentu (ton/ha).

3.5 Data yang diperlukan dan sumber data

Sesuai dengan rumus umum IPCC 2006 Guideline, dua komponen data diperlukan untuk penghitungan emisi karbon hutan, yaitu data aktivitas (activity data) dan faktor emisi (emission factor). Untuk pelaporan tier yang tinggi, data aktivitas akan diperoleh dari penginderaan jarak jauh dan data spasial lainnya sedangkan faktor emisi akan diperoleh dari pengukuran terestris, seperti dilakukan dalam national forest inventory.

3.6 Langkah – langkah inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan

3.6.1 Penentuan areal yang akan diinventarisasi

Untuk kepentingan pelaporan emisi (GRK) nasional kepada UNFCCC, seluruh kategori lahan harus dicakup. Untuk kasus Indonesia, pembagian antara lahan/kawasan hutan negara dan non kawasan hutan negara barangkali lebih mudah diterapkan. Kementerian Kehutanan akan melaporkan emisi/penyerapan dari kawasan hutan negara. Sedangkan kawasan di luar hutan negara menjadi tanggung jawab Kementerian Pertanian.

3.6.2 Stratifikasi areal yang akan diinventarisasi

Hutan Indonesia memiliki tingkat keragaman yang tinggi baik dari aspek ekosistem maupun structure dan komposisi hutannya.

Keragaman ini akan berpengaruh terhadap stok karbon dan perubahannya. Dengan demikian, stratifikasi hutan ke dalam unit-unit lahan yang lebih homogen dalam hal karbon stok dan perubahannya akan bermanfaat dalam konteks ini. Pada IPPC 2006 guideline disebutkan bahwa stratifikasi hutan untuk inventarisasi stok karbon dan perubahannya disarankan dengan menggunakan parameter iklim, tanah dan topografi dan tipe vegetasi.

Dengan mempertimbangkan ketersediaan data dan pengaruhnya terhadap stok karbon dan perubahannya dan evaluasi terhadap peta ecoregion yang ada di Indonesia (peta ecoregion WFF dan Kementerian Lingkungan Hidup), untuk Indonesia, stratifikasi direkomendasikan menggunakan kelompok pulau sebagai sub-populasi dan kemudian pada masing-masing sub-populasi distratifikasikan berdasarkan tipe hutan. Stratifikasi yang direkomendasikan merupakan penyederhanaan dari peta ecoregion yang telah dikembangkan oleh kementerian Kehutanan (1995).

3.6.3 Penentuan aktivitas pengelolaan yang akan diinventarisasi

REDD+ mencakup lima aktivitas, yaitu; 1) pengurangan deforestasi (2) pengurangan degradasi hutan (3) peranan konservasi (4) pengelolaan hutan lestari (5) peningkatan stok karbon.

Dalam hal ini, Indonesia perlu menentukan aktivitas apa yang akan dilaporkan sesuai dengan kondisi nasional (ketersediaan data dan sumberdaya). Hal ini dikarenakan untuk kegiatan REDD+ tertentu seperti SFM memerlukan data dan metode yang lebih rumit, bahkan IPPC 2006 Guideline sendiri masih perlu dirincikan lagi.

Dalam hal perancangan sampling, jumlah aktivitas yang dimasukkan dalam inventarisasi akan berpengaruh terhadap jumlah dan sebaran plot contoh yang diperlukan.

3.6.4 Penentuan unit pelaporan

Untuk pelaporan pada tier tinggi, faktor emisi harus bersifat lokal spesifik sehingga faktor emisi ini harus ditampilkan per strata dan jenis kegiatan pengelolaan tertentu. Strata berdasarkan aspek fisik lingkungan dan

vegetasi akan mengurangi variasi dalam hal potensi kemampuan hutan untuk tumbuh dan potensi tegakannya sedangkan jenis kegiatan pengelolaan tertentu juga akan menghasilkan emisi dan serapan karbon tertentu. Dengan demikian, unit pelaporan akan ditentukan berdasarkan strata dan jenis kegiatan pengelolaan tertentu. Dalam pelaporan, stok karbon, emisi dan penyerapan karbon akan ditampilkan per unit pelaporan.

3.6.5 Perancangan sampling

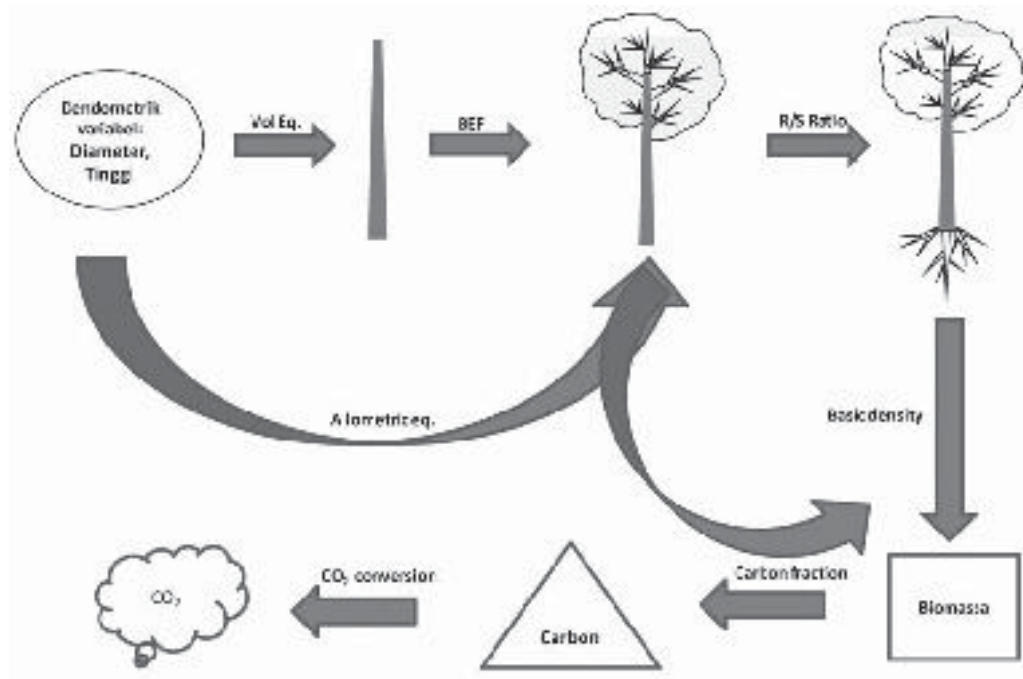
Perancangan sampling dimaksudkan untuk menghitung jumlah plot contoh yang diperlukan untuk mencapai target presisi yang diinginkan serta menentukan dimana plot-plot contoh harus diletakan. Dalam hal ini, peletakan plot contoh harus mewakili seluruh variasi yang ada dalam populasi. Untuk kepentingan inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon, variasi akan direpresentasikan dalam bentuk strata dan jenis aktivitas pengelolaan sehingga plot-plot contoh harus mewakili strata dan jenis kegiatan pengelolaan yang ada.

3.6.6 Pelaksanaan lapangan

Pada setiap lokasi plot contoh yang ditentukan sebagai hasil dari perancangan sampling, kegiatan pembuatan plot contoh dan pengukuran variabel lingkungan dan hutan yang dikehendaki akan dilakukan. Dalam dokumen ini, prosedur lapangan inventarisasi stok karbon yang mencakup 5 pool karbon merupakan kombinasi dari prosedur lapangan enumerasi dan re-enumerasi PSP dari Direktorat Jenderal Planologi kehutanan (1992 dan 2000), Kementerian kehutanan dan SNI 7724:2011 dari Badan standarisasi Nasional (BSN) serta Rapid Carbon Stock Appraisal dari ICRAF (2011).

3.6.7 Data entry, analisis dan pelaporan

Secara skematik tahapan dan faktor-faktor ekspansi dan konversi yang diperlukan dalam penghitungan emisi karbon dari pengukuran lapangan sampai dengan diperolehnya emisi CO₂, khususnya untuk komponen pohon, dapat dilihat pada gambar 6 berikut:



Gambar 6. Skematik tahapan penghitungan emisi karbon pohon yang di tebang

Dengan dikembangkannya sistem database NFI maka diharapkan proses data entry, analisis dan pelaporan untuk stok karbon per plot dan per unit lahan tertentu dapat ditampilkan melalui software pengolahan data tersebut. Dengan membandingkan stok karbon per unit lahan dari waktu ke waktu maka perubahan stok karbon (faktor emisi) untuk aktivitas tertentu dapat diperoleh. Selanjutnya perhitungan emisi karbon dilakukan dengan mengkalikan faktor emisi dengan luasan data aktivitas yang diwakilinya.

Tahapan penghitungan emisi karbon hutan nasional dapat disederhanakan sebagai berikut:

1. Perhitungan stok karbon (penghitungan per pohon, plot dan strata mengacu kepada SNI 7724: 2011).
2. Perhitungan perubahan stok karbon (carbon stock change) per strata dan aktivitas pengelolaan (emission factor).
3. Penghitungan data aktivitas.
4. Penghitungan emisi per unit pelaporan.
5. Penjumlahan emisi karbon hutan tingkat provinsi dan nasional.

Catatan!

Analisis data untuk data aktivitas (activity data) tidak dicakup dalam dokumen ini, namun demikian diharapkan data aktivitas dapat ditampilkan pada tingkat kerincian yang sama dengan faktor emisi.

4. Konsep penyempurnaan aspek teknis NFI dalam rangka inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan

4.1 Prinsip –prinsip penyempurnaan NFI untuk mendukung inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan

- Target dari penyempurnaan adalah agar NFI dapat digunakan dalam inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan, khususnya untuk memperoleh faktor emisi yang dapat menghasilkan laporan emisi GRK pada tier 2 atau lebih tinggi, seperti disyaratkan untuk pelaporan tahap implementasi REDD+. Faktor emisi yang dihasilkan akan:
 - (1) Mencakup 5 pool karbon
 - (2) Local spesifik
 - (3) Uncertainty rendah
 - (4) Berdasarkan data time series atau chronosequence

Faktor emisi diperoleh dalam waktu yang tidak terlalu lama (dalam satu atau dua tahun).

- Aktivitas REDD+ yang akan dimasukkan dalam pelaporan akan disesuaikan dengan kondisi nasional, sesuai dengan ketersediaan data dan sumber daya.
- Pelaporan emisi karbon (GRK) akan bersifat kombinasi tiers untuk berbagai pool karbon.
- Penyempurnaan ini tidak akan merubah metode NFI saat ini, tetapi hanya bersifat melengkapi sejumlah aspek teknis terkait dengan sampling design dan prosedur lapangan.
- Untuk mendapatkan data multi temporal (time series) maka penyempurnaan hanya dilakukan pada permanent sample plot (PSP) NFI. Hal ini dilakukan karena konsep temporer plot NFI saat ini tidak dirancang untuk dilakukan inventarisasi

tegakan berulang. Temporer plot pada suatu tegakan hutan hanya akan dilakukan sekali pengukuran. Konsep monitoring hutan pada NFI saat ini mengacu kepada monitoring individu pohon melalui PSP, bukan tegakan hutan.

4.2 Konsep penyempurnaan NFI untuk mendukung inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan

Mengacu kepada prinsip-prinsip dalam penyempurnaan NFI di atas, maka terdapat dua aspek teknis yang akan disempurnakan, yaitu:

4.2.1 Sampling design

Terdapat tiga (3) maksud dari penyempurnaan sampling design ini, yaitu:

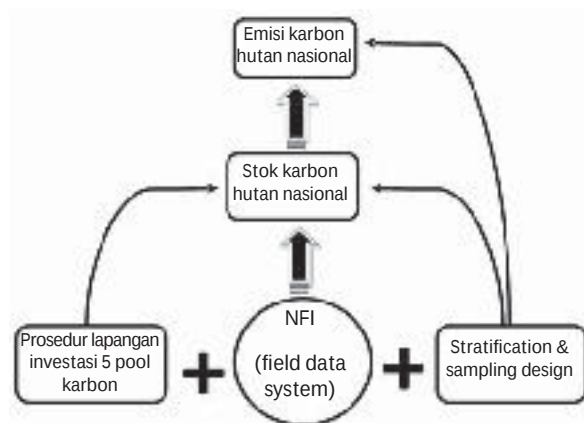
- (1) Untuk mendapatkan faktor emisi yang lebih homogen dan representatif per unit lahan sehingga uncertainty dalam pendugaan emisi menjadi lebih rendah. Untuk mencapai maksud ini, stratifikasi akan digunakan.
- (2) Untuk mendapatkan faktor emisi degradasi hutan alam dan pertumbuhan hutan tanaman. Faktor emisi ini diperlukan dalam pendugaan emisi menggunakan metode “gain-loss”. Khusus untuk faktor emisi degradasi hutan alam, sampling design dimaksudkan untuk mendapatkan data emisi gross dari degradasi hutan dan data penyerapan karbon, yang secara teoritis akan meningkat, setelah degradasi. Untuk maksud ini akan dilakukan studi chronosequence dengan memanfaatkan plot contoh NFI yang sudah ada dan atau penambahan plot contoh, apabila diperlukan. Plot contoh studi yang letaknya sejalan dengan rancangan sampling NFI

dapat dijadikan bagian dari plot contoh NFI.

- (3) Untuk meningkatkan efisiensi sampling dalam inventarisasi stok karbon hutan, khususnya dalam pemilihan sample plot yang akan dilakukan pengukuran 5 pool karbon. Dalam hal ini, hanya pada sample plot terpilih yang akan dilakukan pengukuran 5 pool karbon.

4.2.2 Prosedur lapangan inventarisasi stok karbon hutan

Maksud dari penyempurnaan ini adalah untuk mendapatkan stok karbon dari lima pool. Untuk ini, penambahan variabel lapangan yang mencakup 5 pool karbon akan dilakukan. Secara skematis, kedua penyempurnaan di atas akan berkontribusi terhadap inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan nasional sebagai berikut:



Gambar 7.

Kontribusi masing-masing aspek penyempurnaan NFI dalam estimasi emisi karbon hutan

Seperti disebutkan pada bagian 5.1 bahwa pelaporan GRK untuk sektor berbasis lahan akan berupa carbon balance sehingga diperlukan data:

1. Stok karbon
2. Perubahan stok karbon atau besarnya emissions dan removals

Penyempurnaan prosedur lapangan akan berkontribusi dalam menghasilkan stok karbon dari 5 pool karbon. Sedangkan kedua aspek penyempurnaan di atas akan berkontribusi terhadap pendugaan emisi karbon hutan, baik menggunakan metode “stock difference”

mapupun “gain-loss”, walaupun penekanan sampling design dimaksudkan untuk mendapatkan faktor emisi untuk metode “gain-loss”.

4.3 Implikasi terhadap rancangan sampling NFI

Hutan Indonesia memiliki keragaman yang tinggi baik dari aspek ekosistem, struktur dan komposisi jenis. Keragaman ini akan berpengaruh terhadap stok karbon dan perubahannya sehingga stratifikasi hutan menjadi unit-unit lahan yang lebih homogen dalam hal stok karbon dan perubahannya akan sangat bermanfaat untuk mengurangi tingkat uncertainty dalam pendugaan emisi karbon hutan. Sejalan dengan IPCC 2006 Guideline, stratifikasi hutan berdasarkan kombinasi parameter iklim, tanah, topografi dan tipe vegetasi disarankan.

Terdapat berbagai pilihan untuk stratifikasi hutan di Indonesia, dalam rangka inventarisasi emisi karbon hutan, misalnya stratifikasi berdasarkan forest ecological zones dari Direktorat RRL Kementerian Kehutanan 1995, eco-bioregion WWF dan juga bioregion dari Kementerian Lingkungan. Dengan pertimbangan ketersediaan data dan agar stratifikasi dibuat sederhana mungkin dan sesuai dengan stratifikasi tipe hutan pada kelas penutupan hutan dari Kementerian Kehutanan, maka dalam dokumen ini stratifikasi dilakukan berdasarkan kombinasi kelompok pulau dan tipe hutan. Kelompok pulau merupakan sub populasi dan pada masing-masing sub-populasi akan dilakukan stratifikasi menggunakan parameter tipe hutan. Penjelasan selengkapnya tentang stratifikasi hutan dapat dilihat pada poin 6.5.

Dengan dilakukannya pre-stratifikasi maka implikasinya adalah rancangan sampling (sampling design) yang awalnya berupa systematic sampling with a random strat berubah menjadi stratified systematic sampling. Penambahan jumlah plot contoh pada masing-masing strata akan mengikuti kaidah optimum allocation dan mewakili sebanyak mungkin mozaic inventarisasi (variasi di dalam strata).

Prosedur rancangan sampling untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan tingkat provinsi dengan menggunakan plot NFI selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

4.4 Implikasi terhadap prosedur lapangan enumerasi/reenumerasi NFI

Untuk pelaporan REDD+ tahap implementasi, pelaporan pada tier 2 atau lebih tinggi dipersyaratkan. Untuk tingkat tiers ini maka inventarisasi karbon yang mencakup 5 pool karbon perlu dilakukan. Dalam hal ini, transfer antar pool karbon juga perlu diperhitungkan. Prosedur lapangan NFI saat ini belum sepenuhnya mencakup 5 pool karbon sehingga diperlukan penambahan prosedur untuk pengukuran pool karbon yang belum dicakup oleh prosedur yang sudah ada. Secara singkat, pool karbon : below ground, pohon mati, seresah dan tanah perlu ditambahkan pada prosedur lapangan saat ini atau paling tidak ditegaskan kembali untuk sejumlah pool karbon yang secara parsial sudah dicakup oleh prosedur yang sudah ada.

Untuk mendapatkan data faktor emisi yang diperoleh melalui pengukuran berulang maka untuk keperluan inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan akan difokuskan pada PSP.

Dengan adanya penambahan variabel untuk mengumpulkan data karbon hutan dari lima pool maka rancangan plot PSP saat ini perlu ditambah dengan sejumlah sub-plot untuk pengukuran karbon pool seperti: aboveground untuk tumbuhan bawah, pohon mati, seresah dan tanah.

Prosedur lapangan inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan tingkat provinsi dengan menggunakan plot NFI selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

4.5 Konsep stratifikasi hutan dan unit pelaporan untuk inventarisasi emisi karbon hutan

4.5.1 Stratifikasi

Untuk kepentingan penghitungan emisi karbon hutan, kawasan hutan distratifikasikan sehingga diperoleh unit-unit lahan yang homogen dalam hal potensi karbon pada kondisi klimaksnya.

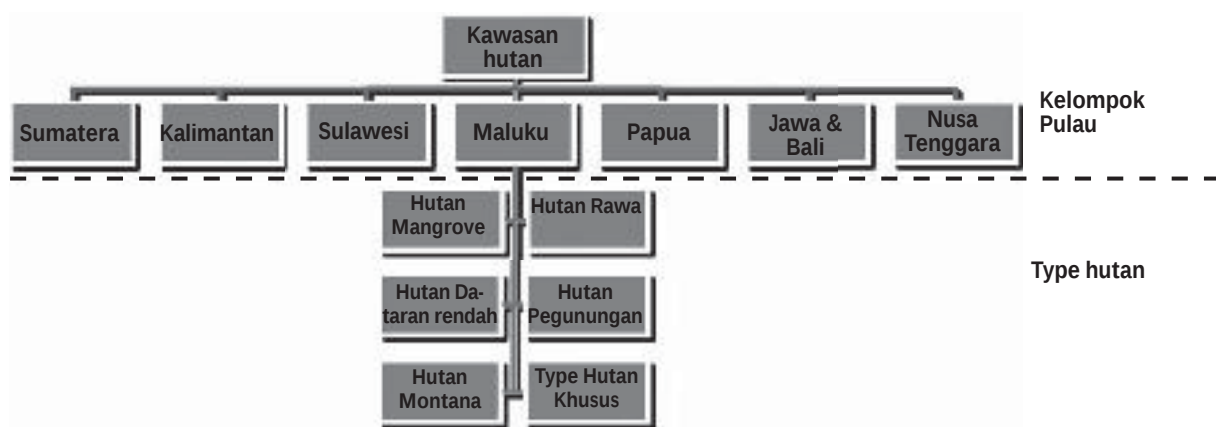
Proses stratifikasi diawali dengan pembagian populasi menjadi sejumlah sub-populasi dan kemudian pada masing-masing sub-populasi dilakukan stratifikasi. Kelompok pulau akan dijadikan sebagai sub-populasi sedangkan tipe hutan akan dijadikan parameter untuk stratifikasi.

Kelompok Pulau – sub populasi

Pembagian kawasan hutan berdasarkan kelompok pulau secara garis besar didasarkan atas garis wallace and garis webber yang membagi wilayah Indonesia ke dalam tiga wilayah, yaitu Barat, tengah dan Timur. Namun demikian, mengingat vegetasi dan iklim yang cukup berbeda, pada masing-masing pulau besar, khususnya Jawa dan Nusa Tenggara maka kelompok pulau sebagai sub-populasi akan dibedakan menjadi 7 kelompok pulau besar seperti terlihat pada gambar 8 di bawah ini.

Tipe Hutan

Pada masing-masing kelompok pulau selanjutnya dilakukan stratifikasi lanjutan berdasarkan tipe hutan seperti terlihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Stratifikasi hutan berdasarkan kelompok pulau sebagai sub-populasi dan tipe hutan sebagai strata

Dari gambar di atas terlihat bahwa tipe hutan dibedakan menjadi 3 kelompok besar, yaitu:

1. Hutan rawa
2. Hutan mangrove
3. Hutan dataran, yang selanjutnya dirincikan berdasarkan elevasinya.

Apabila ditemukan tipe hutan tertentu yang secara jelas dapat dideteksi baik dari citra satelit maupun di lapangan dan memiliki potensi karbon berbeda dengan dengan tipe hutan umum di atas maka tipe hutan khusus tersebut dapat dibuat strata hutan tersendiri. Misalnya Hutan kerangas, hutan conifer dan hutan notofagus di Papua.

4.5.2 Kegiatan Pengelolaan

Dalam konteks REDD+, kegiatan pengelolaan mencakup:

1. Pengurangan deforestasi
2. Pengurangan degradasi hutan
3. Peranan konservasi
4. Pengelolaan hutan lestari
5. Peningkatan stok karbon

Sesuai dengan fungsi kawasan hutan di Indonesia, maka tipe pengelolaan di atas dapat dikempokkan menjadi:

1. Hutan konservasi (HWSA, Taman Nasional)
2. Hutan lindung
3. Hutan produksi alam (HP)
4. Hutan produksi alam – Terbatas (HPT)
5. Hutan produksi alam – Konversi (HPK)
6. Hutan produksi tanaman

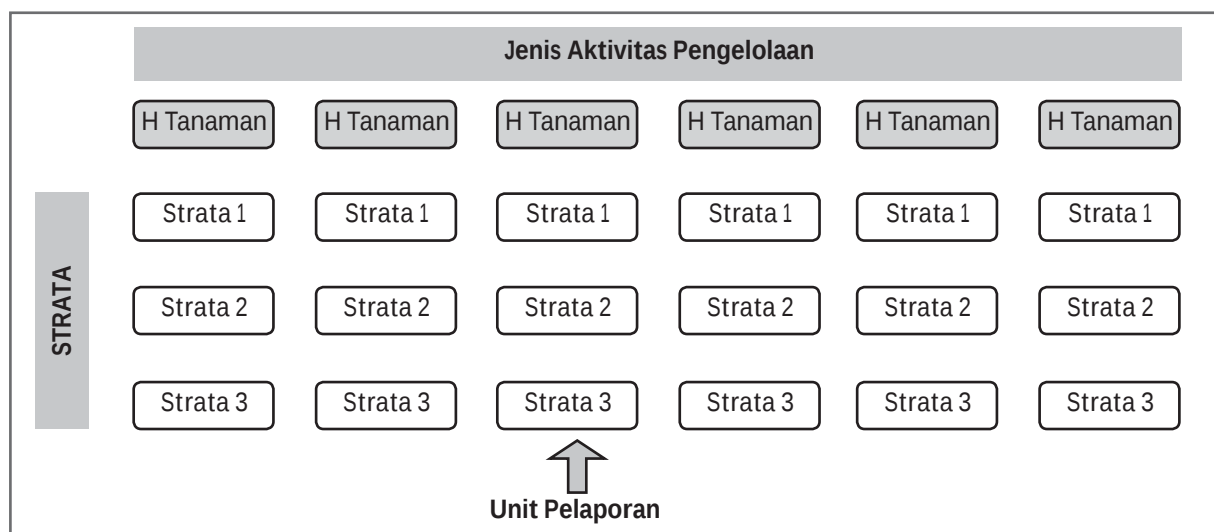
Untuk pelaporan implementasi REDD+, pengelolaan hutan lestari (SFM) dapat dirincikan dan dipisahkan dari hutan produksi di atas.

4.5.3 Unit Pelaporan

Penghitungan emisi karbon hutan dilakukan per unit pelaporan. Unit pelaporan merupakan matriks kombinasi antara strata dengan kegiatan REDD+, sehingga setiap unit pelaporan akan merujuk kepada strata dan kegiatan REDD+ tertentu. Sesuai dengan kondisi Indonesia, secara sederhana, unit pelaporan digambarkan seperti pada gambar 9.

4.5.4 Monitoring perubahan per unit pelaporan

Pada masing-masing unit pelaporan, untuk hutan alam, perubahan kondisi hutan yang dikelompokkan berdasarkan fase dinamika suksesi hutan akan dimonitor. Pada kawasan hutan yang tidak diketahui jenis pengelolannya akan dilakukan monitoring fase dinamika suksesi hutan dengan menggunakan proxi kelas penutupan hutan, yaitu: tanah terbuka, semak belukar, hutan sekunder dan hutan primer. Sedangkan pada kawasan hutan yang diketahui jenis pengelolannya seperti logging (degradasi hutan ataupun SFM), fase dinamika suksesi hutan akan dimonitor menggunakan proxi sejarah logging. Misalnya: tahun setelah logging. Untuk hutan tanaman, monitoring perubahan kondisi hutan akan dilakukan berdasarkan jenis dan kelas umur serta site index apabila diketahui.



Gambar 9.

Secara umum, dengan menggunakan citra satelit LANDSAT yang dimiliki Kementerian kehutanan, perubahan kondisi hutan berikut dapat dideteksi dan dimonitor (lihat gambar 10).



Gambar 10.

Untuk monitoring kondisi hutan dan selanjutnya diketahui perubahan stok karbonnya, dengan menggunakan proksi-proksi di atas maka data perubahan kelas penutupan hutan saja tidak cukup. Data – data spasial lainnya seperti sejarah logging masih perlu ditambahkan.

7. Penutup

Dokumen ini dimaksudkan untuk memberikan panduan secara umum inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan tingkat sub-nasional dan nasional sebagai bagian dari inventarisasi GRK nasional dan secara spesifik untuk mendapatkan data faktor emisi dari kegiatan REDD+ yang memenuhi syarat tier 2 atau lebih tinggi. Prinsip dari inventarisasi dalam dokumen ini adalah memanfaatkan semaksimal mungkin metode dan data nasional yang sudah ada,

yang dalam hal ini adalah national forest inventory (NFI). Untuk itu, metode dan teknik yang dikembangkan dalam dokumen ini hanya bersifat penyempurnaan terhadap sejumlah aspek teknis dari sistem NFI, khususnya dalam hal rancangan sampling dengan memasukan stratifikasi dan rancangan sampling tambahan untuk mencapture karakteristik faktor emisi tertentu dalam waktu yang lebih singkat serta prosedur lapangan dengan mencakup inventarisasi lima pool karbon.

Daftar Pustaka

- Badan Planologi, Kementrian Kehutanan. 2000. *Petunjuk teknis re-enumerasi permanen sampel plot (PSP) dalam inventarisasi hutan nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2011. *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon –Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Lahan, Departemen kehutanan. 1992. *Langkah-langkah Prosedur Sampling Lapangan untuk Proyek Inventarisasi Hutan Nasional*. Direktorat Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Hutan Departemen Kehutanan dan FAO, Jakarta.
- GOFC-GOLD. 2009. *A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks of forests remaining forests, dan forestation*.
- Hairiah.K , Dewi, S., Agus, F., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S. and van Noordwijk M, 2011. *Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual*. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office.
- IPCC. 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 - Agriculture, Forestry and other Land Use*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- Maniatis, D. and Mollicone, D. 2010. *Options for sampling and stratification for national forest inventories to implement REDD+ under the UNFCCC*. Carbon Balance and Management 2010 5:9

Lampiran-lampiran

Prosedur Rancangan Sampling Estimasi Emisi Karbon Hutan Tingkat Provinsi

Untuk Mendukung Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional

1. Pendahuluan

Mengapa diperlukan penyempurnaan rancangan sampling untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan?

Dalam rangka pelaporan kepada UNFCCC atau REDD+, inventarisasi emisi karbon (bagian dari gas rumah kaca) diperlukan untuk mendapatkan data dan informasi dalam hal stok karbon dan tingkat emisi karbon (resultant dari besarnya emisi dan penyerapan). Untuk mendukung inventarisasi stok dan emisi karbon ini perlu dibangun sistem pengukuran pelaporan dan verifikasi (*measurement, reporting and verification*). Salah satu aspek dari sistem MRV adalah berkaitan dengan metode bagaimana penghitungan emisi dilakukan. Untuk sektor berbasis lahan, penghitungan emisi (khususnya karbon) dapat dilakukan dengan dua metode sebagai berikut:

1. “*Stock difference*” : Inventarisasi stok karbon secara berulang (time series); dan atau
2. “*Gain-loss*” : Penghitungan perubahan stok karbon (*carbon stock change*) berdasarkan monitoring luasan aktivitas (data aktivitas) dan perubahan stok karbon yang diakibatkan oleh aktivitas tersebut (faktor emisi).

Dari penjelasan di atas, tampak jelas bahwa kedua metode di atas dimaksudkan untuk mendapatkan perubahan karbon stok (*carbon stock change*), yang kemudian besarnya perubahan stok karbon ini dikonversi menjadi emisi (khususnya CO₂ equivalen).

Untuk mendapatkan pelaporan pada tier yang tinggi (tier 2 atau 3), seperti disyaratkan untuk pelaporan kepada mekanisme REDD+ pada tahap implementasi atau pelaporan ke

UNFCCC untuk kategori kunci (*key categories*), kedua pendekatan di atas memerlukan inventarisasi stok karbon secara terestris. Untuk metode yang pertama, inventarisasi stok karbon secara terestris akan menghasilkan rata-rata stok karbon untuk setiap unit lahan pada saat inventarisasi dilakukan. Sedangkan untuk metode yang kedua, inventarisasi stok karbon dimaksudkan untuk mengkuantifikasi perubahan stok karbon (*carbon stock change*) yang diakibatkan oleh suatu aktivitas tertentu dan dalam hal ini sering disebut sebagai faktor emisi (*emission factor*). Berbeda dengan rata-rata stok karbon yang dapat berubah-ubah dari waktu ke waktu, faktor emisi dapat dikatakan tetap untuk jangka waktu yang lama.

Untuk pelaporan dengan tier tinggi, faktor emisi harus bersifat lokal spesifik sehingga *uncertainty* dalam pendugaan emisi menjadi lebih kecil. Dengan demikian, stratifikasi diperlukan untuk mendapatkan unit-unit lahan hutan yang lebih homogen dalam menggambarkan stok karbon maupun faktor emisi. Untuk Indonesia, stratifikasi ini sangat bermanfaat karena Indonesia memiliki hutan yang sangat bervariasi baik dari aspek geo-fisik maupun vegetasinya.

Dengan dilakukannya pre-stratifikasi pada rancangan sampling untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan maka rancangan sampling NFI yang saat ini berupa *systematic sampling with a random start* akan berubah menjadi *stratified systematic sampling*.

Prosedur perancangan sampling ini dimaksudkan untuk memberikan pedoman dalam perancangan sampling untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan, baik untuk mendapatkan rata-rata stok karbon per unit lahan pada saat inventarisasi dilakukan maupun

untuk mendapatkan faktor emisi. Namun demikian, perancangan sampling ini ditekankan pada perolehan data faktor emisi untuk penghitungan emisi dengan metode “*gain-loss*”, mengingat waktu yang tersedia cukup singkat untuk dapat menampilkan hasil estimasi emisi karbon hutan, sementara diperlukan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan data emisi karbon hutan berdasarkan inventarisasi karbon hutan secara berulang (time series untuk metode “*stock difference*”).

Secara umum, prinsip dan prosedur perancangan sampling untuk kedua metode di atas adalah sama. Hanya saja untuk metode kedua, plot contoh tambahan diperlukan untuk menangkap fase dinamika hutan dengan studi “*chronosequence*”, apabila data empiris dinamika hutan berdasarkan pengamatan secara *time series* tidak tersedia.

Rancangan sampling ini akan tetap mempertahankan pola dasar sampling NFI saat ini yaitu *systematic sampling*, termasuk dalam penambahan plot contoh. Rancangan sampling ini juga menggunakan plot contoh NFI yang sudah ada sebagai komponen utama dari plot contoh.

2. Maksud dan Tujuan

2.1 Maksud

Memberikan panduan dalam perancangan sampling untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan tingkat provinsi, dengan menambahkan unsur stratifikasi dan menggunakan plot contoh NFI yang sudah ada sebagai komponen plot contoh utama.

2.2 Tujuan

Umum

Mendapatkan rancangan sampling yang efisien untuk inventarisasi stok dan estimasi emisi karbon hutan tingkat provinsi, sebagai bagian dari inventarisasi gas rumah kaca (GRK) nasional pada tier 2 atau lebih tinggi.

Spesifik

1. Untuk mendapatkan faktor emisi yang lebih homogen dan representatif per unit lahan sehingga *uncertainty* dalam pendugaan emisi menjadi lebih kecil.

2. Untuk mendapatkan data dinamika hutan alam setelah gangguan, misalnya penebangan atau kebakaran dan dinamika pertumbuhan pada hutan tanaman, dalam waktu yang tidak terlalu lama, untuk melengkapi data faktor emisi pada pendugaan emisi menggunakan metode “*gain-loss*”.
3. Untuk meningkatkan efisiensi sampling dalam inventarisasi stok karbon hutan, khususnya dalam penentuan plot contoh yang akan dilakukan pengukuran 5 pool karbon. Dalam hal ini, hanya pada plot contoh terpilih yang akan dilakukan pengukuran 5 pool karbon.

3. Ruang Lingkup

Sesuai dengan cakupan NFI saat ini yang terbatas pada kawasan hutan negara maka cakupan pada prosedur ini juga hanya pada kawasan hutan negara. Namun demikian, prinsip perancangan sampling yang sama dapat diterapkan pada kawasan di luar kawasan hutan negara.

Tingkat presisi yang ditetapkan dalam prosedur ini adalah berdasarkan pendugaan rata-rata volume kayu. Namun demikian, pendugaan rata-rata parameter yang lain seperti biomasa ataupun kerapatan bidang dasar (basal area) dapat dilakukan, tergantung dari ketersediaan data pendahuluan.

4. Bahan dan alat

4.1 bahan

1. Peta sebaran plot NFI yang sudah ada
2. Data tabulasi plot NFI yang sudah ada
3. Peta stratifikasi hutan berdasarkan kelompok pulau dan type hutan
4. Peta aktivitas pengelolaan hutan (mengacu kepada aktivitas REDD+ dan fungsi kawasan hutan di Indonesia).
5. Peta sebaran fase dinamika hutan atau kelas penutupan hutan (tidak berhutan, hutan sekunder dan hutan primer).

4.2 Alat

Komputer dengan GIS software

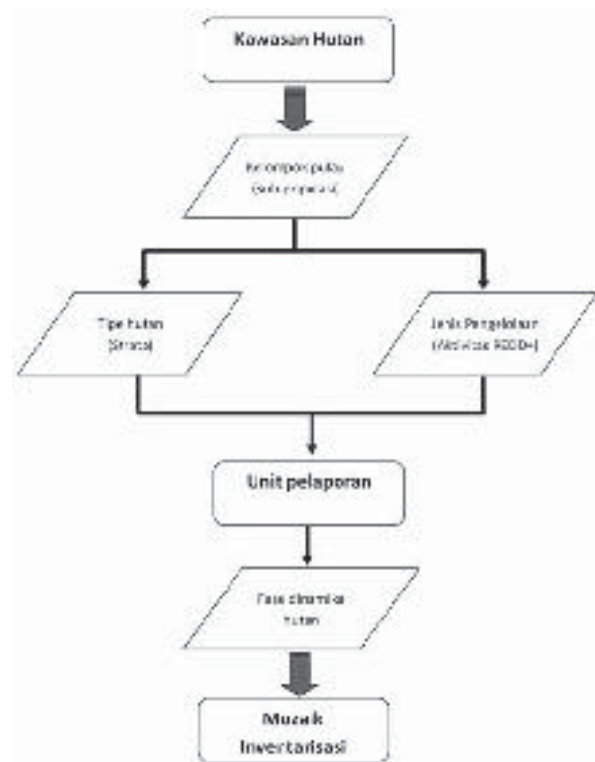
5. Prosedur

5.1 Prinsip

- 1) Dengan adanya stratifikasi, maka rancangan sampling yang awalnya berupa *systematic sampling with a random start* akan berubah menjadi *stratified systematic sampling*.
- 2) Strata hutan akan dioverlaykan dengan jenis aktivitas pengelolaan untuk mendapatkan unit pelaporan. Unit pelaporan merupakan unit lahan yang dianggap homogen baik berdasarkan strata hutan maupun tipe pengelolaannya.
- 3) Untuk kepentingan efisiensi sampling, hanya unit pelaporan yang memiliki luasan minimal 5 % dari total areal inventarisasi yang akan dijadikan sebagai unit pelaporan utama. Unit pelaporan yang memiliki luasan kurang dari 5 % dari total luas areal inventarisasi akan digabungkan ke dalam unit pelaporan yang sejenis.
- 4) Target tingkat presisi atau sampling error yang diperbolehkan adalah maksimal 10 % baik untuk masing-masing unit pelaporan maupun secara keseluruhan atau berdasarkan ketersediaan anggaran (intensitas sampling yang sudah ditetapkan terlebih dahulu). Sampling error yang diperbolehkan adalah berdasarkan perkiraan rata-rata stok biomasa atau karbon atau stok hutan lainnya (misalnya volume kayu).
- 5) Sampai di sini, jumlah total plot contoh dan distribusinya sudah dapat ditentukan, berdasarkan target presisi yang diinginkan dan variasi yang ada di dalam masing-masing unit pelaporan. Alokasi plot contoh untuk masing-masing unit pelaporan menggunakan strategi "*optimum allocation*", yaitu unit pelaporan yang memiliki variasi tinggi akan mendapatkan plot contoh relatif lebih banyak.
- 6) Peletakan plot contoh NFI tambahan, apabila diperlukan, masih akan tetap menggunakan plot sistematis, yaitu diletakan pada grid 20 km x 20 km atau 10 km x 10 km atau 5 km x 5 km, yang terletak di dalam unit pelaporan yang bersangkutan.
- 7) Untuk kepentingan studi "*chronosequence*", pada masing-masing unit pelaporan, karakteristik fase dinamika hutan (dari fase tidak berhutan sampai dengan hutan primer klimaks atau dari satu tahun setelah penebangan sampai dengan hutan primer klimaks) akan diidentifikasi dan diambil sampelnya.
- 8) Suatu fase dinamika hutan dalam suatu unit pelaporan disebut mozaik inventarisasi.
- 9) Masing-masing mozaik inventarisasi harus diwakili oleh paling tidak 3 (tiga) plot contoh.
- 10) Apabila plot contoh berdasarkan perhitungan di atas belum mewakili seluruh fase dinamika hutan yang ada pada masing-masing unit pelaporan, maka dapat ditambahkan plot temporer yang ditentukan secara purposive. Plot temporer ini dapat diletakan sekitar 1 km dari plot contoh NFI untuk pertimbangan efisiensi. Plot temporer ini hanya sekali diukur dan hanya digunakan untuk kepentingan studi "*chronosequence*".

5.2 Diagram proses

- 1) Diagram proses stratifikasi dan penentuan unit pelaporan serta fase dinamika hutan adalah sebagai berikut:



Gambar 1

2) Langkah-langkah:

- Kawasan hutan sebagai populasi yang akan diinventarisasi dikelompokkan menjadi beberapa sub-populasi. Kelompok pulau akan dijadikan sebagai sub-populasi.
- Pada masing-masing sub-populasi, overlay antara **strata** dan **jenis aktivitas pengelolaan** untuk mendapatkan **unit pelaporan**.
- Jumlah total plot contoh dihitung berdasarkan target presisi yang diharapkan dan variasi (standar deviasi) pada masing-masing unit pelaporan.
- Untuk kepentingan studi “*chronosequence*”, pada masing-masing unit pelaporan, **fase dinamika hutan** yang relevan harus diidentifikasi.
- Setiap fase dinamika hutan pada sebuah unit pelaporan disebut **mozaik inventarisasi**.
- Setiap mozaik inventarisasi harus diwakili oleh minimal 3 (tiga) plot contoh.
- Apabila diperlukan, **plot temporer** dapat ditambahkan secara purposive agar mewaliki seluruh fase dinamika hutan yang ada pada masing-masing unit pelaporan.

5.3 Stratifikasi

- Parameter yang digunakan untuk stratifikasi hutan adalah:
 - Kelompok pulau sebagai sub-populasi:
(1) Sumatera (2) Kalimantan (30

Sulawesi (4) Maluku (5) Papua (6) Jawa dan Madura (7) Nusa Tenggara.

- Tipe hutan sebagai strata: rawa; mangrove; dataran rendah (<1000 m), pegunungan (1000 – 2000 m) dan pegunungan tinggi (> 2000 m) serta tipe hutan khusus, misalnya: hutan kerangas, hutan conifer dan hutan notofagus.

2) Langkah-langkah:

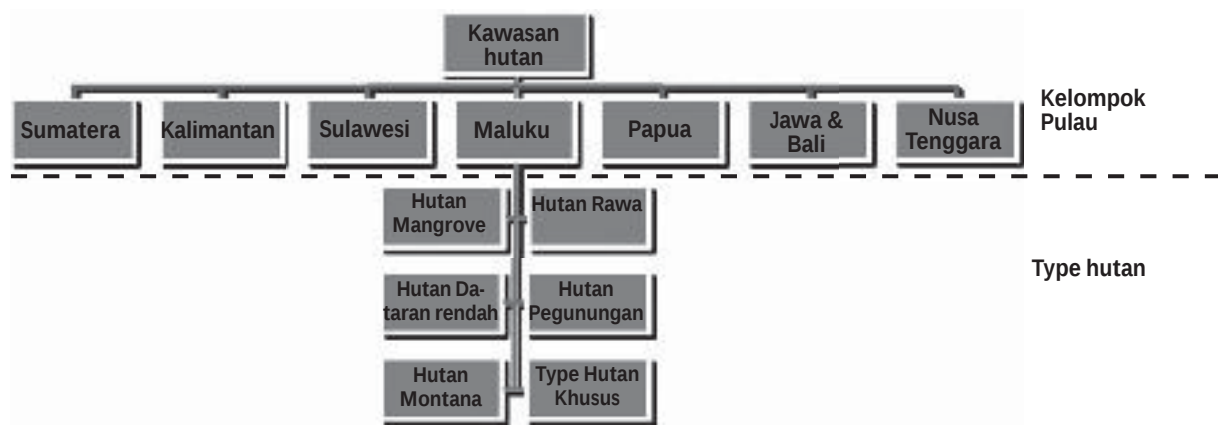
- Siapkan peta kelompok pulau
- Siapkan peta tipe hutan
- Overlaykan kedua peta di atas untuk mendapatkan jumlah dan sebaran strata hutan pada masing-masing sub-populasi.

5.4 Jenis pengelolaan

Berdasarkan fungsi hutan di Indonesia dan merujuk pada aktivitas REDD+, maka aktivitas pengelolaan hutan dapat dikelompokkan menjadi:

- Hutan Konservasi konservasi (HW/SA dan Taman Nasional)
- Hutan Lindung
- Hutan produksi (HP) - alam
- Hutan produksi terbatas (HPT) – alam
- Hutan produksi konversi (HPK) – alam
- Hutan produksi – Tanaman

Apabila dimungkinkan, untuk kepentingan pelaporan implementasi REDD+, kegiatan pengelolaan hutan lestari (SFM) dapat dirincikan dan dipisahkan tersendiri dari seluruh hutan produksi di atas.



Gambar 2

5.5 Unit pelaporan

Unit pelaporan merupakan kombinasi antara strata dan jenis aktivitas pengelolaan. Matrik unit pelaporan akan terlihat seperti pada gambar 3.

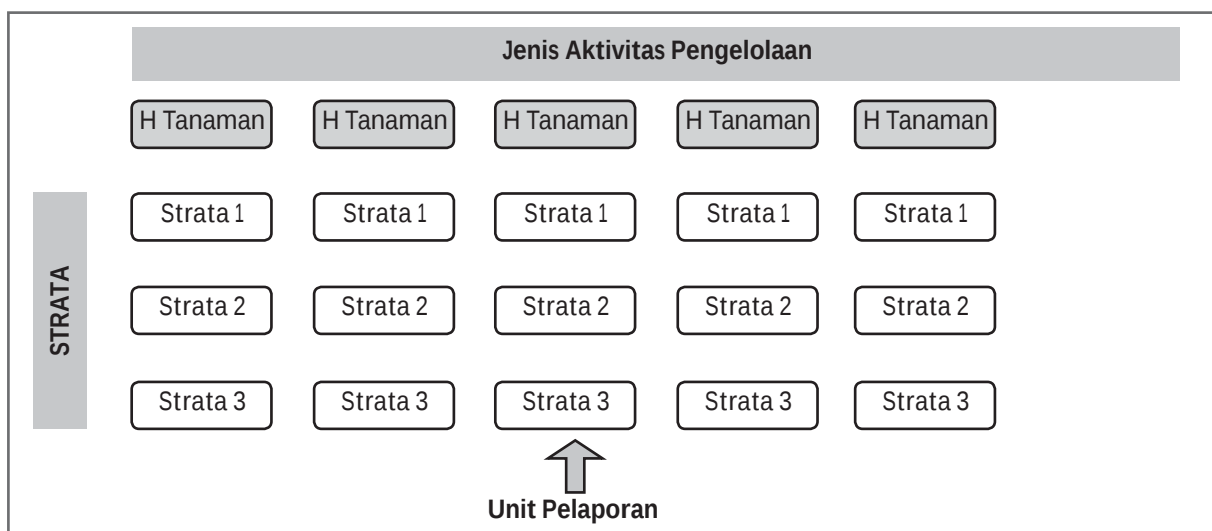
5.6 Mozaik inventarisasi

1. Pada masing-masing mozaik inventarisasi, yang merupakan suatu fase dinamika hutan atau kelas penutupan hutan pada suatu unit pelaporan, harus diidentifikasi.
2. Fase dinamika hutan yang diidentifikasi meliputi hutan alam dan hutan tanaman. Untuk hutan alam, fase dinamika hutan yang diidentifikasi adalah fase –fase setelah gangguan misalnya logging atau kebakaran. Untuk logging, fase dinamika dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelas berdasarkan waktu setelah logging, misalnya : I (<10 tahun setelah logging); II (10 – 20 tahun setelah logging) III (>20 tahun setelah logging) IV (Hutan primer). Apabila tidak diketahui sejarah loggingnya maka fase dinamika hutan dapat dikelompokkan menjadi: tanah terbuka, semak belukar, hutan sekunder dan hutan primer. Untuk hutan tanaman, fase dinamika dikelompokkan berdasarkan jenis dan kelas umur tanaman.
3. Perancangan sampling untuk studi dinamika pada hutan tanaman tidak dibahas dalam dokumen ini. Data dari perusahaan dan hasil penelitian akan digunakan sebagai

sumber data untuk perubahan stok karbon akibat terjadinya dinamika/pertumbuhan pada hutan tanaman.

5.7 Menentukan jumlah plot contoh

- 1) Hitung luas kawasan hutan yang akan dicakup dalam inventarisasi hutan (ha).
- 2) Hitung luasan masing-masing unit pelaporan (UP) (ha)
- 3) Tentukan jumlah unit pelaporan yang dapat berdiri sendiri dan harus terwakili oleh plot contoh. Ambang batas unit pelaporan yang dapat berdiri sendiri adalah apabila memiliki luas lebih dari atau sama dengan 5 % dari luas total kawasan hutan yang akan diinventarisasi (populasi kawasan hutan).
- 4) Gabungkan unit pelaporan yang tidak memenuhi ambang batas untuk dapat berdiri sendiri ke dalam unit pelaporan yang memiliki tipe hutan dan atau jenis pengelolaan serupa.
- 5) Identifikasi lokasi existing NFI plot dan kelompokkan ke dalam UP-UP di atas. Dengan demikian sejumlah UP sudah memiliki existing NFI sedangkan sebagian lainnya mungkin belum.
- 6) Hitung stok (dalam hal volume atau biomasa) untuk masing- masing existing plot NFI.
- 7) Hitung rata-rata (mean) stok (volume atau biomasa) untuk seluruh plot NFI dan



Gambar 3

standar deviasi (SD) untuk masing-masing UP. Penghitungan mean dan SD pada UP hanya dapat dilakukan apabila UP tersebut memiliki minimal 3 existing NFI plot atau hasil survey pendahuluan (MacDicken 1997).

- 8) Apabila terdapat UP yang memenuhi ambang batas luasan, tetapi memiliki existing plot NFI kurang dari 3 maka data SD untuk UP yang bersangkutan dapat menggunakan data SD dari UP yang memiliki tipe hutan dan atau tipe pengelolaan sama dan diambil yang maksimal, apabila terdapat beberapa UP yang memiliki kesamaan.
- 9) Berdasarkan target presisi yang ditentukan (misalnya 10 %) dan variasi masing-masing unit pelaporan sesuai dengan hasil perhitungan di atas, maka jumlah total plot contoh dan alokasi plot contoh ke dalam masing-masing unit pelaporan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Wenger 1984), sebagai berikut:

$$n = \left(\frac{t}{A} \right)^2 \left(\sum_{h=1}^L W_h S_h \sqrt{C_h} \right) \left(\sum_{h=1}^L W_h S_h / \sqrt{C_h} \right)$$

Dimana:

- n = jumlah plot contoh yang diperlukan
- t = nilai table standar
- h = nomor stratum
- L = Jumlah strata
- W_h = N_h/N
- N_h = jumlah unit plot contoh dalam stratum h
- N = jumlah total unit plot plot contoh
- S = standar deviasi dari stratum
- A = error yang diperbolehkan

Ch = Biaya pemilihan plot contoh pada stratum h (Apabila biaya untuk setiap plot contoh sama maka variabel Ch dapat diabaikan).

Alokasi sampel plot masing-masing strata adalah:

$$n_h = n P_h$$

dimana:

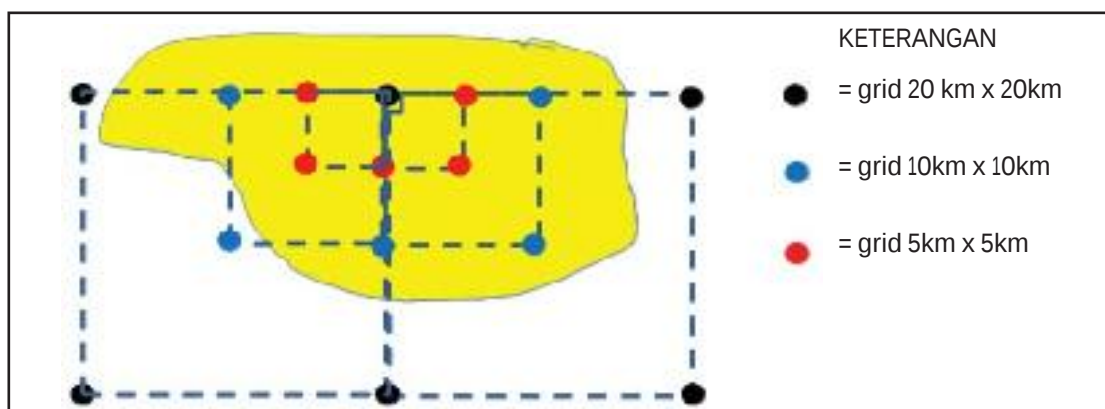
n_h adalah jumlah plot contoh pada strata h
n adalah jumlah total plot contoh ; dan

$$P_h = (W_h S_h / \sqrt{C_h}) / \left(\sum_{h=1}^L W_h S_h / \sqrt{C_h} \right)$$

- 10) Total plot contoh terdiri dari PSP NFI yang sudah ada dan plot contoh NFI tambahan (versi baru).

5.8 Peletakan plot contoh

- 1) Peletakan plot contoh yang dimaksudkan dalam prosedur ini adalah peletakan plot contoh tambahan, karena plot contoh NFI yang ada sudah diletakkan secara systematic pada grid 20 km x 20 km, 10 km x 10 km atau 5 km x 5 km.
- 2) Peletakan plot contoh tambahan mengikuti pola sistematis, yaitu ditempatkan pada salah satu grid di atas yang belum ditempati oleh kluster NFI dan mewakili unit pelaporan yang bersangkutan. Prioritas penempatan adalah pada grid 20 km x 20 km dan apabila sudah habis maka selanjutnya adalah pada grid 10 km x 10 km (lihat gambar 4).



Gambar 4

Pada gambar ilustrasi di atas, suatu unit pelaporan (warna kuning) baru diwakili oleh 1 plot NFI sehingga harus ditambahkan minimal 3 plot contoh (misalnya berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya). Dari gambar di atas, tambahan plot contoh dapat diletakan pada 3 dari 4 grid 10 km x 10km (titik warna biru) yang terletak di dalam unit pelaporan yang bersangkutan.

- 3) Apabila ditemukan banyak grid yang memenuhi syarat maka dipilih grid yang memiliki akses paling mudah.
- 4) Untuk peletakan plot temporer, sebagai bagian dari studi “chronosequence” plot ini dapat diletakan sekitar 1 km dari plot contoh NFI yang sudah ditetapkan sebelumnya, sepanjang mewakili fase dinamika hutan yang bersangkutan.

5.9 Pemilihan plot contoh untuk pengukuran lima pool karbon

- 1) Tidak seluruh plot contoh akan dilakukan pengukuran variabel karbon dari 5 (lima) pool karbon sehingga diperlukan strategi sampling untuk pemilihannya. Pertimbangan pemilihan plot contoh yang akan dilakukan pengukuran variabel 5 pool karbon adalah: Pada masing-masing unit pelaporan harus diwakili oleh minimal 5 plot contoh dan plot contoh dipilih pada lokasi yang mudah dijangkau.
- 2) Plot contoh yang akan dilakukan pengukuran variabel dari 5 pool karbon dapat berupa plot NFI yang sudah ada maupun plot tambahan yang akan dibuat.

6. Rujukan

- Badan Planologi, Kementrian Kehutanan. 2000. *Petunjuk teknis re-enumerasi permanen sampel plot (PSP) dalam inventarisasi hutan nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2011. *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon –Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Lahan, Departemen kehutanan. 1992. *Langkah-langkah Prosedur Sampling Lapangan untuk Proyek Inventarisasi Hutan Nasional*. Direktorat Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Hutan Departemen Kehutanan dan FAO, Jakarta.
- Hairiah,K,Dewi,S.,Agus,F.,Velarde,S.,Ekadinata, A., Rahayu, S. and van Noordwijk M, 2011. *Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual*. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office.
- IPCC. 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 - Agriculture, Forestry and other Land Use*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- MacDicken, K.G. 1997. *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects*. Winrock International Institute for Agricultural Development. Forest Carbon Monitoring Program.
- Wenger, K.F. 1984. *Forestry handbook (2nd edition)*. New York: John Wiley and Sons.

Prosedur Lapangan Inventarisasi Stok Karbon Hutan Tingkat Provinsi

Untuk Mendukung Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional

1. Pendahuluan

Mengapa perlu penambahan variabel untuk pelaporan stok dan estimasi emisi karbon hutan?

Indonesia berkomitmen untuk menurunkan tingkat emisinya sebesar 26 % pada tahun 2020 dengan upaya-upaya unilateral dan sampai dengan 41 % dengan dukungan internasional, dari tingkat emisi berdasarkan skenario *business as Usual* (BAU). Dalam rangka untuk menerapkan komitmen ini, Indonesia telah menerbitkan dua Peraturan Presiden (Perpres), yaitu Perpres no. 61 tentang rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK) dan Perpres no. 71 tentang penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca (GRK) nasional.

Indonesia juga merupakan salah satu dari sembilan negara percontohan (*pilot countries*) untuk penerapan REDD+ dibawah program UN-REDD. Salah satu outcome dari proyek percontohan ini adalah UN-REDD akan membantu pemerintah Indonesia dalam pengembangan sistem pengukuran, pelaporan dan verifikasi (*measurement, reporting and verification - MRV*). Sistem MRV ini diperlukan untuk mengkuantifikasi seberapa besar penurunan emisi dari kegiatan REDD+ dan juga untuk implementasi kedua peraturan presiden di atas, khususnya untuk mengetahui berapa besar penurunan emisi yang sudah dicapai. Hasil inventarisasi GRK ini selanjutnya dapat dijadikan dasar untuk melakukan evaluasi terhadap keberhasilan RAN-GRK dan termasuk tindakan perbaikan, apabila diperlukan.

Untuk pelaporan kepada UNFCCC (REDD+), negara yang berpartisipasi dalam penurunan emisi gas rumah kaca melalui mekanisme REDD+, termasuk Indonesia, harus melaporkan

tingkat emisinya pada tiers sesuai dengan kondisi negara masing-masing (ketersediaan data dan sumberdaya). Namun demikian, untuk kegiatan yang termasuk katogori kunci (*key categories*), pelaporan perlu disampaikan pada tier 2 atau lebih tinggi. Pelaporan pada tingkat tiers ini perlu mencakup 5 (lima) pool karbon dan perpindahan karbon antar pool.

Indonesia telah menerapkan *national forest inventory* (NFI) sejak tahun 1990an. Kurang lebih 3000 plot contoh telah dibuat dan dimonitor, yang tersebar secara sistematik di seluruh wilayah Indonesia. Sebagian dari plot contoh di atas juga telah dilakukan pengukuran ulang. Plot-plot contoh ini merupakan sumber potensi data yang baik untuk pendugaan stok karbon hutan dan perubahannya, paling tidak di kawasan hutan negara. NFI saat ini sudah mencakup pengukuran variabel untuk biomasa atas permukaan (*above ground*), khususnya tumbuhan berkayu dan secara parsial pohon mati. Untuk mendapatkan data dari 5 pool karbon secara konsisten maka diperlukan pengukuran variabel tambahan. Dengan pengukuran berulang yang mencakup 5 pool karbon maka akan diketahui perubahan stok karbon dan perpindahan antar poolnya.

Prosedur ini dimaksudkan untuk inventarisasi stok karbon hutan tingkat provinsi yang mencakup 5 (lima) pool karbon, dengan rancangan plot utama menggunakan ketentuan permanent sample plot (PSP) NFI.

2. Maksud dan Tujuan

2.1 Maksud

Memberikan prosedur lapangan inventarisasi karbon hutan, yang mencakup 5 (lima) pool karbon, dengan rancangan plot utama mengikuti ketentuan permanent sample plot (PSP) NFI.

2.2 Tujuan

Mendapatkan data stok karbon dan perubahannya pada tiers 2 atau lebih tinggi dari 5 (lima) pool karbon.

3. Ruang Lingkup

Dalam prosedur ini diasumsikan bahwa seluruh lokasi plot contoh di atas peta sudah diketahui.

Kegiatan dalam prosedur ini dimulai dari persiapan kegiatan lapangan, mencari dan menentukan koordinat plot contoh di lapangan, pembuatan plot contoh dan pengukuran variabel dari 5 (lima) pool karbon dan variabel hutan lainnya.

Data entry, analisis dan pelaporan baku, yang mencakup stok kayu dan stok karbon akan dilakukan dengan memanfaatkan sistem database NFI.

Prosedur lapangan ini hanya akan dilakukan pada permanent sample plot (PSP) dari NFI, dengan menambahkan rancangan sub-plot untuk pengukuran pool karbon, selain pool atas permukaan (*above ground*) untuk pohon yang sudah dicakup oleh prosedur lapangan enumerasi dan re-enumerasi NFI. Walaupun pada plot contoh NFI versi baru.

Rancangan plot contoh tambahan (NFI versi baru) mengikuti rancangan PSP dari NFI (*fixed plot* 100 m x 100 m), tetapi tidak secara otomatis plot contoh ini menjadi permanent sample plot.

4. Bahan dan alat

1. Peta sebaran plot NFI
2. Peta kerja pengukuran lapangan NFI
3. Alat pengukur Posisi di Bumi (GPS)
4. Alat pengukur Diameter (*phi band*)
5. Spiegel Relaskop Bitterlich (diperlukan untuk pengukuran plot temporer NFI).
6. Alat Pengukur arah mata angin (Kompas Shuunto)
7. Alat Pengukur tinggi tempat (Altimeter)
8. Clinometer
9. Tambang plastik 50 meter
10. Pita ukur 10 meter dan 5 meter
11. Kalkulator

12. Penggaris logam 30 cm
13. Tali rafia
14. Alat tulis
15. Spidol permanen
16. Clipboard
17. Plastik berwarna terang (*spot light*)
18. Paku dan palu
19. Battery alkaline
20. Lembar Tally sheet:
 - a. Akses menuju lokasi plot
 - b. Pembuatan batas luar plot
 - c. Pengukuran tiang dan pohon
 - d. Pengukuran semai dan pancang
 - e. Pengukuran kayu mati
 - f. Pengukuran tumbuhan bawah
 - g. Pengukuran seresah
 - h. Pengukuran tanah
21. Gunting stek
22. Gergaji kecil
23. Timbangan digital
24. Timbangan gantung
25. Box pengambilan contoh tanah atau ring tanah
26. Palu beralas karet untuk memukul box tanah
27. Sekop lurus
28. Sekop tangan kecil
29. Tempat sampel tanah, seresah dan kayu mati

5. Prosedur

5.1 Prinsip

- Hanya plot contoh terpilih yang akan dilakukan pengukuran seluruh pool karbon.
- Bersifat menambahkan prosedur lapangan dari prosedur lapangan enumerasi dan re-enumerasi NFI.
- Pool bawah permukaan (*belowground*) tidak dilakukan pengukuran/pengambilan data di lapangan. Pendugaannya akan menggunakan *root:shoot ratio*, sesuai dengan tipe hutannya, dengan mengacu pada IPPC 2006 Guideline atau literatur lainnya yang lebih *local specific*.
- Tambahan parameter pool karbon meliputi: tumbuhan bawah (bagian dari *above ground*), seresah, kayu mati dan karbon tanah.
- Prosedur mencakup *destructive*

sampling untuk tumbuhan bawah, serta pengambilan sampel untuk dilakukan pengamatan dilaboratorium, meliputi: seresah, kayu mati dari berbagai tingkat pelapukan dan tanah.

5.2 Rancangan plot (PSP) NFI saat ini

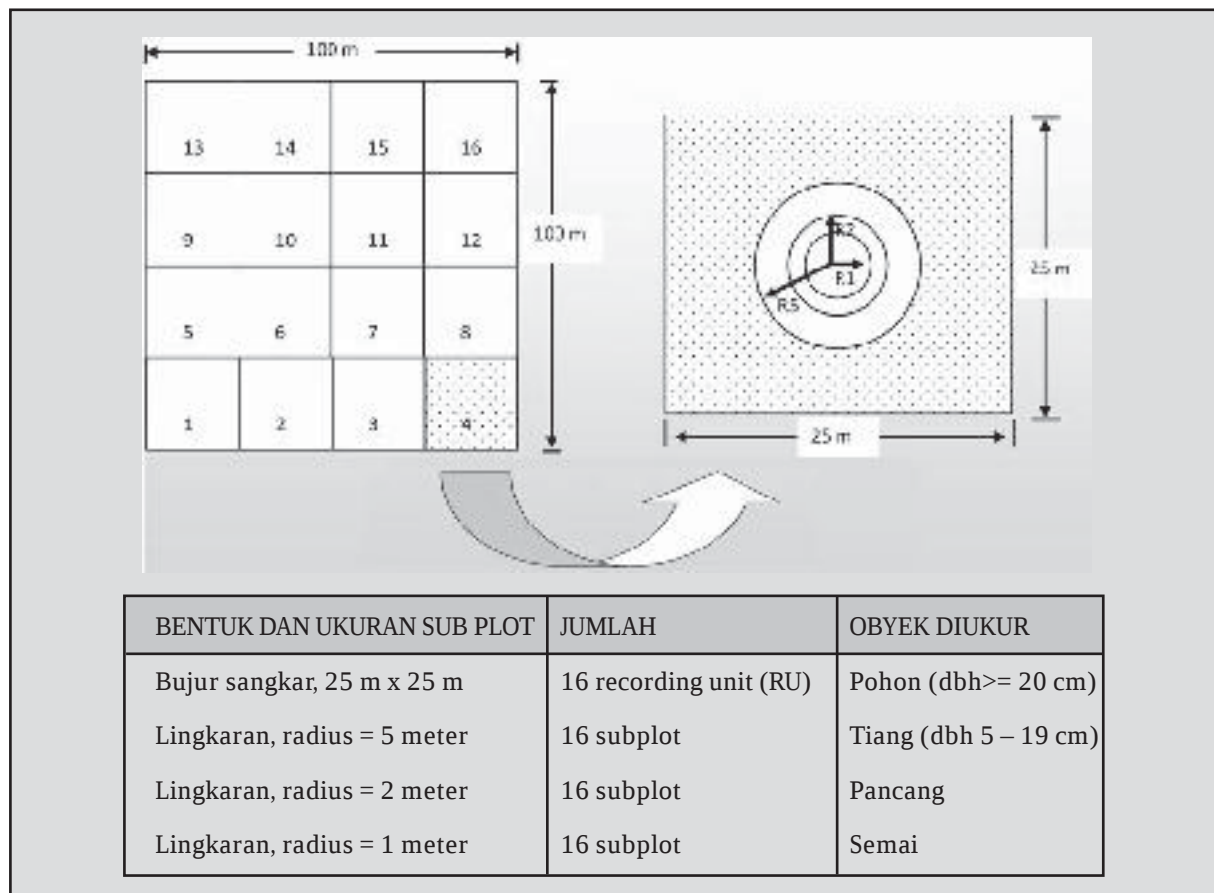
Rancangan permanent sample plot (PSP) NFI saat ini bisa dilihat pada gambar 1.

Dalam konteks 5 pool karbon, rancangan plot NFI saat ini sudah mampu menghasilkan data pool karbon dari above ground untuk

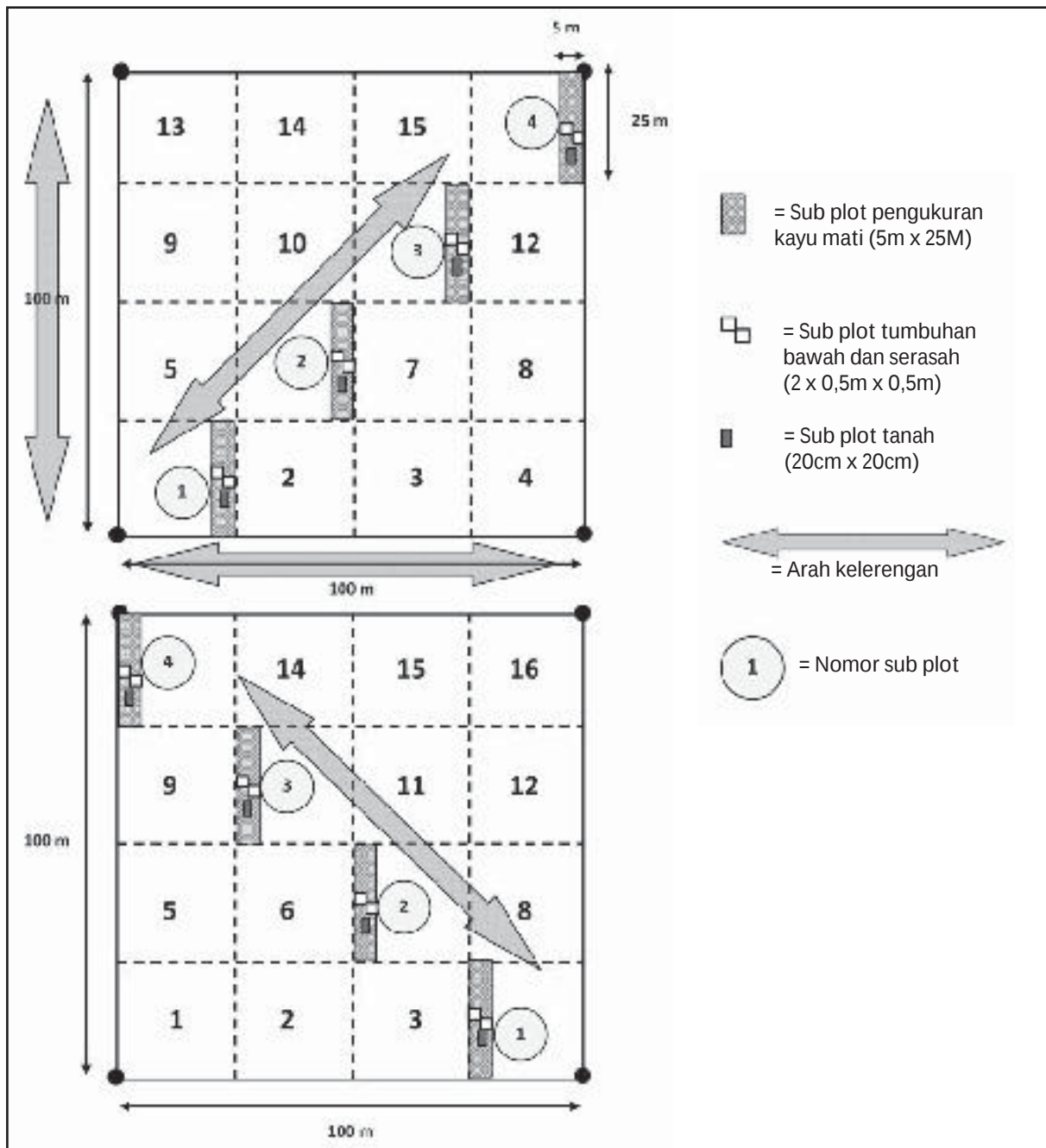
komponen tumbuhan berkayu (pohon) dan secara parsial untuk karbon pool lainnya, yaitu sebagian dari pohon mati berdiri

5.3 Rancangan plot NFI setelah tambahan sub-plot untuk pengukuran lima pool karbon

Untuk melengkapi variabel dari 5 (lima) pool karbon, dengan merujuk pada SNI 2011: 7724 dan Rapid Carbon Assessment (RACSA) dari ICRAF maka layout sub-plot pengukuran 5 (lima) pool karbon (lihat gambar 2).



Gambar 1. Ukuran dan bentuk PSP NFI



Gambar 2. Bentuk, ukuran dan posisi sub-plot pengukuran kayu mati, tumbuhan bawah, serasah dan karbon tanah (Posisi sub-plot sesuai arah kelerengan dominan)

5.4 Tahapan kegiatan

- 1) Tentukan lokasi plot contoh di lapangan dengan menggunakan GPS. Penentuan lokasi pusat plot (*center point*) dan titik ikat/markan (*reference point*) mengikuti prosedur enumerasi NFI (1996) dan petunjuk teknis re-enumerasi PSP Inventarisasi Hutan Nasional (2000).
- 2) Pembuatan plot contoh 100 m x 100 m (permanent sample plot) mengikuti prosedur lapangan enumerasi NFI 1996 atau rekonstruksi PSP mengikuti petunjuk teknis reenumerasi PSP Inventarisasi Hutan nasional (2000).
- 3) Pembuatan sub-plot untuk pengukuran pohon, tiang, pancang dan semai mengikuti prosedur enumerasi NFI dan re-enumerasi NFI untuk PSP.
- 4) Pengukuran pohon, tiang, pancang dan semai mengikuti prosedur enumerasi NFI dan re-enumerasi NFI untuk PSP.
- 5) Prosedur pengukuran pohon dan kayu mati dilakukan mengikuti prosedur pada SNI 2011:7724 dan dilakukan pada sub-plot 5 x 100 m (lihat gambar 2 di atas).
- 6) Prosedur pengukuran tumbuhan bawah (bagian dari pool karbon atas permukaan) mengikuti prosedur pada SNI 2011:7724.
- 7) Prosedur pengukuran seresah mengikuti prosedur pada SNI 2011:7724.
- 8) Prosedur pengambilan sample tanah mengikuti prosedur pada *Rapid Carbon Appraisal (RACSA)* dari ICRAF (Haririah et al 2011).

Secara singkat, rujukan prosedur pengukuran untuk masing-masing variabel bisa dilihat pada tabel berikut.

Variabel yang diukur	Metode	Rujukan prosedur
Above ground: Tumbuhan berkayu	Pendugaan dengan persamaan alometri	Prosedur sampling lapangan NFI dan Re-enumerasi (khusus PSP).
Above ground : Tumbuhan bawah	Metode destruktif (mengambil contoh untuk dilakukan pengujian di laboratorium)	SNI
Belowgroud	Pendugaan dengan Root: Shoot ratio (nilai default)	(Tidak ada pengukuran lapangan)
Kayu mati	Pohon mati berdiri menggunakan persamaan alometri	SNI
	Kayu mati rebah dan tunggul pohon menggunakan metode destruktif untuk mendapatkan data berat jenis (BJ)	
Seresah	Metode destruktif (mengambil contoh untuk pengeringan di laboratorium)	SNI
Tanah	Metode destruktif (mengambil contoh untuk pengujian di laboratorium)	RACSA (Hairiah et al 2011)

Langkah – langkah kegiatan lapangan yang lebih rinci untuk pembuatan plot contoh dan pengukuran karbon hutan pada NFI dapat dilihat pada buku **petunjuk teknis pengukuran stok karbon pada plot contoh NFI**.

6. Rujukan

- Badan Planologi, Kementrian Kehutanan. 2000. *Petunjuk teknis re-enumerasi permanen sampel plot (PSP) dalam inventarisasi hutan nasional*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2011. *Pengukuran dan penghitungan cadangan karbon –Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Lahan, Departemen kehutanan. 1992. *Langkah-langkah Prosedur Sampling Lapangan untuk Proyek Inventarisasi Hutan Nasional*. Direktorat Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Hutan Departemen Kehutanan dan FAO, Jakarta.
- Hairiah K, Rahayu S. 2007. *Pengukuran 'karbon tersimpan' di berbagai macam penggunaan lahan*. Bogor. World Agroforestry Centre - ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Unibraw, Indonesia. 77 p
- Hairiah.K , Dewi, S., Agus, F., Velarde, S., Ekadinata, A., Rahayu, S. and van Noordwijk M, 2011. *Measuring Carbon Stocks Across Land Use Systems: A Manual*. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), SEA Regional Office
- IPCC. 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4 - Agriculture, Forestry and other Land Use*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Institute for Global Environmental Strategies, Japan.