



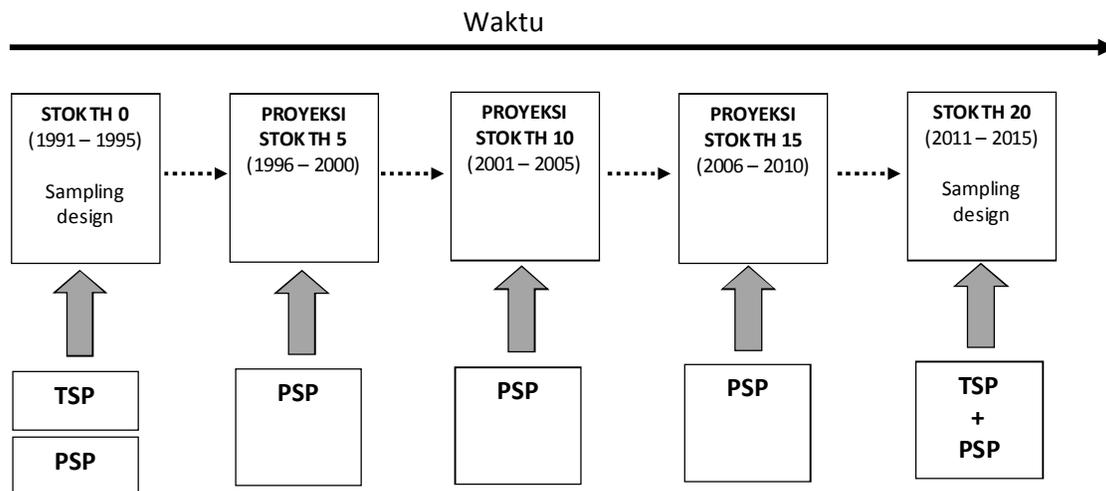
DIREKTORAT JENDERAL PLANOLOGI
KEMENTERIAN KEHUTANAN

UN-REDD
PROGRAMME
INDONESIA

KAJIAN METODE DAN RANCANGAN NATIONAL FOREST INVENTORY (NFI) INDONESIA DAN REKOMENDASI PENYEMPURNAANNYA



KAJIAN METODE DAN RANCANGAN
NATIONAL FOREST INVENTORY (NFI) INDONESIA
DAN
REKOMENDASI PENYEMPURNAANNYA



Dokumen Penyempurnaan NFI no.1

Daftar Isi

1. Pendahuluan	1
2. Maksud dan Tujuan	2
2.1 Maksud.....	2
2.2 Tujuan	2
3. Ruang Lingkup	3
4. Sistem NFI Indonesia saat ini	4
4.1 Tujuan	4
4.2 Cakupan wilayah	4
4.3 Komponen NFI	4
4.4 Rancangan sampling	5
4.5 Rancangan plot.....	5
4.6 Variabel lapangan yang dikumpulkan	8
4.7 Data entry, validasi, analisis dan pelaporan	10
4.8 Pengendalian mutu (Quality control).....	10
4.9 Perkembangan-perkembangan dalam NFI Indonesia	10
5. NATIONAL FOREST INVENTORY DI NEGARA-NEGARA LAIN	12
5.1 India.....	12
5.2 Vietnam	13
5.3 Kamerun.....	15
5.4 Tanzania.....	16
5.5 Fakta-fakta: Rancangan NFI yang banyak diadopsi	17
6. HASIL EVALUASI NFI SAAT INI DAN REKOMENDASI PENYEMPURNAANNYA	18
7. USULAN PENYEMPURNAAN KONSEP, METODE DAN RANCANGAN NATIONAL FOREST INVENTORY	23
7.1 Konsep dan metode pemutahiran stok data sumber daya hutan.....	23
7.2 Tingkatan variabel hutan yang dimonitor: monitoring tegakan hutan vs Individu pohon	25

7.3 Output informasi dari NFI	27
7.4 Cakupan areal NFI.....	27
7.5 Rancangan sampling	28
7.6 Rancangan plot.....	29
7.7 Software database dan manajemen.....	29
7.8 Pengendalian mutu (<i>quality control</i>)	30

1. Pendahuluan

Indonesia sudah memulai *National Forest Inventory* (NFI) sejak tahun 1990an. Sampai saat ini kurang lebih 3000 kluster plot contoh telah dibuat dan diukur, yang tersebar secara sistematis di seluruh wilayah hutan Indonesia. Data yang dikumpulkan melalui NFI merupakan sumber data yang sangat berharga untuk menghasilkan informasi akan sumber daya hutan (SDH) secara nasional. Namun demikian, data ini mensyaratkan kualitas yang tinggi sehingga diperoleh informasi yang akurat dan hanya akan bermanfaat apabila diolah menjadi informasi dan disajikan pada waktu yang tepat. Penyajian data dan informasi SDH ini perlu dilakukan secara akurat dan tepat waktu karena SDH berubah secara cepat dari waktu ke waktu. Untuk itu, metode dan rancangan NFI yang menjamin kualitas data yang tinggi dan efisien dalam pelaksanaan serta memudahkan dalam hal penyajian laporan merupakan metode dan rancangan yang perlu secara terus menerus disempurnakan sesuai dengan perkembangan teknologi dan pengetahuan serta kebutuhan data terkait dengan inventarisasi dan monitoring sumber daya hutan (SDH).

Perkembangan teknologi, khususnya penginderaan jarak jauh, berpengaruh terhadap dunia kehutanan, khususnya dalam kegiatan inventarisasi dan monitoring SDH. Dengan adanya perkembangan teknologi semacam ini, terdapat peluang untuk meningkatkan efisiensi dalam melakukan inventarisasi dan monitoring SDH, yaitu dengan melakukan pre-stratifikasi terhadap populasi yang akan diinventarisasi. Pre-stratifikasi dipercaya akan meningkatkan efisiensi apabila populasi yang akan diinventarisasi memiliki keragaman yang tinggi, seperti kondisi hutan di Indonesia. Perkembangan teknologi komputer juga memberikan peluang kemudahan dalam pengolahan data dan pelaporan serta integrasi dengan berbagai data hasil monitoring SDH lainnya.

Di sisi lain, permintaan akan sumber daya hutan juga terus berkembang, dari awalnya hanya berupa kayu sekarang bertambah menjadi lebih beragam, seperti: hasil hutan non-kayu, karbon, keragaman jenis dan jasa hutan lainnya.

FAO (2007) menyebutkan bahwa terdapat dua isu terkait dengan inventarisasi dan monitoring hutan nasional, yaitu

- (1) Penyajian informasi hutan yang akurat dan mudah diakses oleh stakeholder yang terkait merupakan persoalan yang dihadapi oleh hampir seluruh negara di Dunia, khususnya negara-negara non annex-1 Kyoto Protocol.
- (2) Kebutuhan akan data dan informasi hutan yang terus berkembang baik untuk dukungan pembuatan kebijakan nasional maupun pemenuhan proses internasional menyebabkan kegiatan inventarisasi dan monitoring hutan nasional perlu adaptasi.

Kedua isu di atas juga terjadi dalam *national forest inventory* (NFI) di Indonesia sehingga Kementerian Kehutanan Indonesia bekerja sama dengan UN-REDD bermaksud untuk melakukan penyempurnaan-penyempurnaan metode dan rancangan NFI di

Indonesia. Metode dan rancangan hasil penyempurnaan ini akan diujicobakan di provinsi Sulawesi Tengah dan akan ditindaklanjuti dengan *policy recommendations* untuk kemungkinan penerapannya pada tingkat nasional.

Penyempurnaan metode dan rancangan NFI terdiri dari dua bagian, yang saling terkait antara yang satu dengan yang lainnya. Bagian pertama berupa penyempurnaan terhadap konsep dan metode serta rancangan NFI saat ini sedangkan bagian kedua akan difokuskan pada integrasi pengukuran karbon hutan ke dalam NFI.

Dokumen ini merupakan dokumen bagian pertama, yang secara spesifik dimaksudkan untuk menampilkan hasil kajian (*review*) terhadap konsep, metode dan rancangan NFI untuk komponen *field data system (FDS)* dan memberikan rekomendasi penyempurnaannya, khususnya untuk menyesuaikan dengan berkembangnya permintaan akan data dan informasi SDH dan memanfaatkan teknologi serta pengetahuan yang terkait dengan inventarisasi dan monitoring SDH.

2. Maksud dan Tujuan

2.1 Maksud

Penyempurnaan NFI dimaksudkan untuk mengevaluasi dan menyempurnakan aspek metodologi dan rancangan NFI saat ini agar penyelenggaraan *Nasional Forest Inventory (NFI)* menjadi lebih efisien dan menghasilkan data dan informasi SDH yang akurat dan tepat waktu serta mudah diakses oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

2.2 Tujuan

Umum:

Untuk mendapatkan data dan informasi sumberdaya hutan (SDH) dan perubahannya secara akurat, efisien dan tepat waktu dan menyajikannya dalam sistem informasi yang mudah diakses guna mendukung pengelolaan hutan lestari.

Spesifik:

1. Meningkatkan akurasi data NFI
2. Meningkatkan efisiensi penyelenggaraan NFI
3. Memperjelas konsep pemutahiran data dan informasi SDH dalam NFI
4. Memudahkan akses data dan informasi dari hasil NFI

3. Ruang Lingkup

Evaluasi dan rekomendasi penyempurnaan NFI dibatasi pada komponen *field data system* (FDS) NFI.

Untuk mencapai tujuan spesifik penyempurnaan NFI seperti tersebut di atas, kajian dan penyempurnaan NFI akan mencakup:

1. Konsep dan metode pemutahiran (*updating*) stok SDH
2. Tingkatan monitoring hutan: individu pohon atau tegakan
3. Output data dan informasi: hanya SDH atau SDH ditambah dengan lainnya
4. Cakupan wilayah
5. Rancangan sampling
6. Rancangan plot
7. Variabel lapangan yang kumpulkan
8. Sistem data entry, validasi, analisis dan pelaporan.
9. Sistem pengendalian mutu (*quality control*)

4. Sistem NFI Indonesia saat ini

4.1 Tujuan

Tujuan dari NFI adalah:

1. Mendapatkan informasi lokasi dan luas masing-masing tipe penggunaan lahan dan tipe hutan yang utama.
2. Menduga volume dan pertumbuhan berdasarkan tipe hutan, jenis dan kelompok perdagangan.
3. Mendapatkan informasi luas hutan dan keragaman genetis.

4.2 Cakupan wilayah

Pada awalnya NFI hanya mencakup kawasan hutan negara yang berhutan dan pada ketinggian kurang dari 1000 m di atas permukaan laut, di luar Pulau Jawa dan Madura.

4.3 Komponen NFI

NFI terdiri dari 4 (empat) komponen utama NFI, yaitu:

1. Forest resources assessment (FRA)
2. Forest resources monitoring (FRM)
3. Geographic information system (GIS)
4. User involvement.

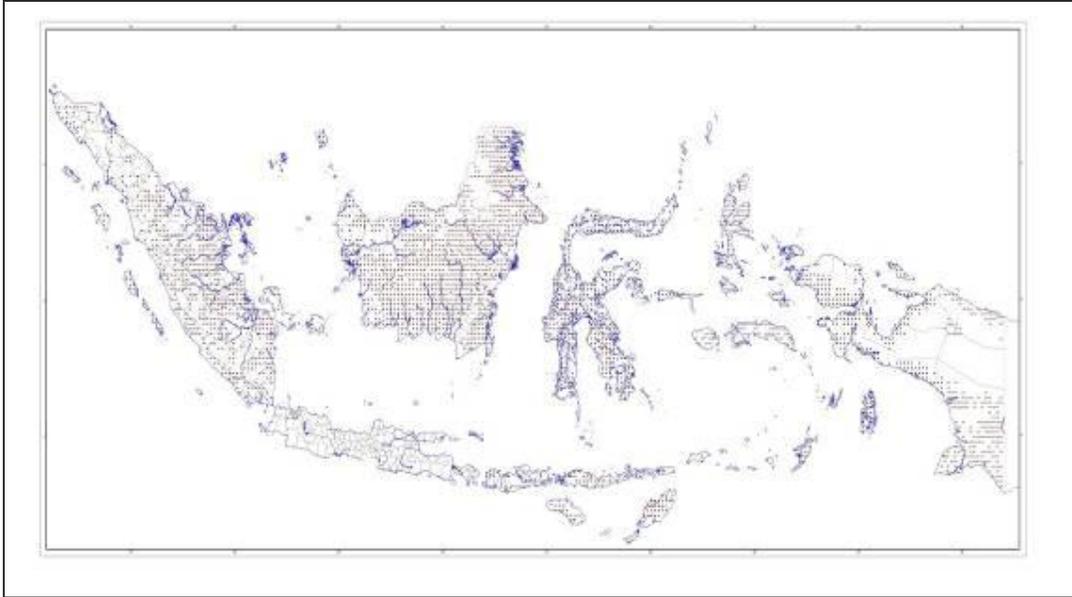
Field data system (FDS) yang mencakup permanent sample plot (PSP) dan temporary sample plot (TSP) berperan baik untuk FRA maupun FRM.

Sementara itu, tim NFI disusun sebagai berikut:

1. Tim FRA, yang bertanggung jawab menjalankan FIELD DATA SYSTEM (FDS)
2. Tim FRM
3. Tim Digital image analysis system (DIAS)
4. Tim GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

4.4 Rancangan sampling

Dengan belum tersedianya data citra satelit pada saat pembuatan rancangan sampling sekitar tahun 1989, maka rancangan sampling NFI menggunakan *systematic sampling with a random start*, pada grid 20 km x 20 km.

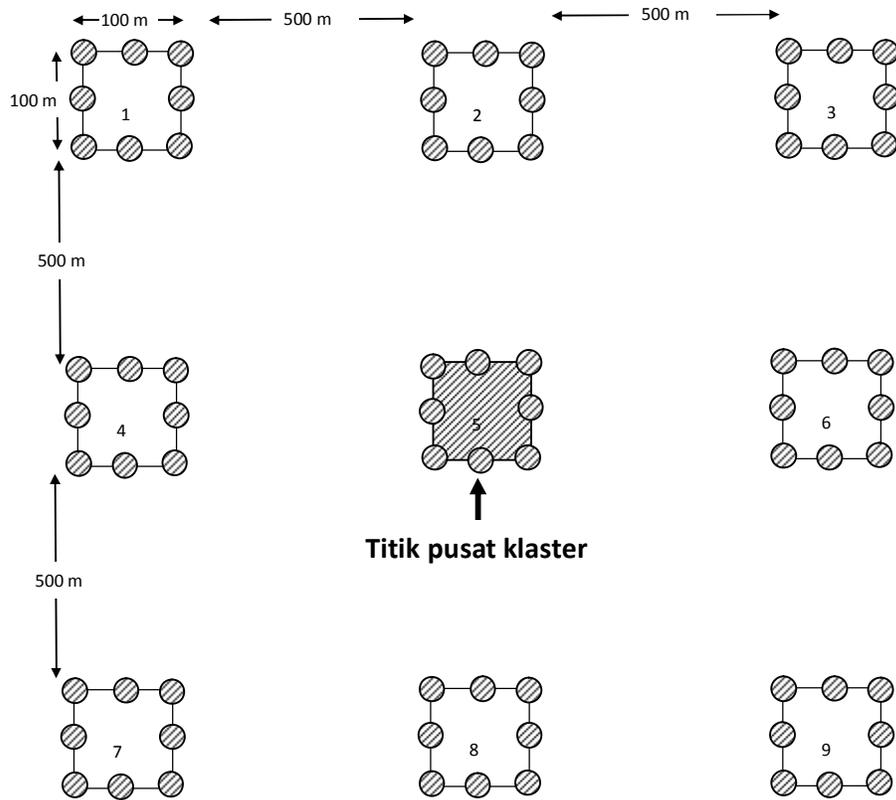


Gambar 1. Sebaran plot contoh NFI pada grid 20 km x 20 km

4.5 Rancangan plot

Garis besar rancangan plot yang digunakan NFI adalah cluster plot, yaitu pada suatu titik unit sample akan terdapat cluster plot yang terdiri dari 9 plot atau biasa disebut *tract*. Lihat gambar 2 untuk layout cluster plot.

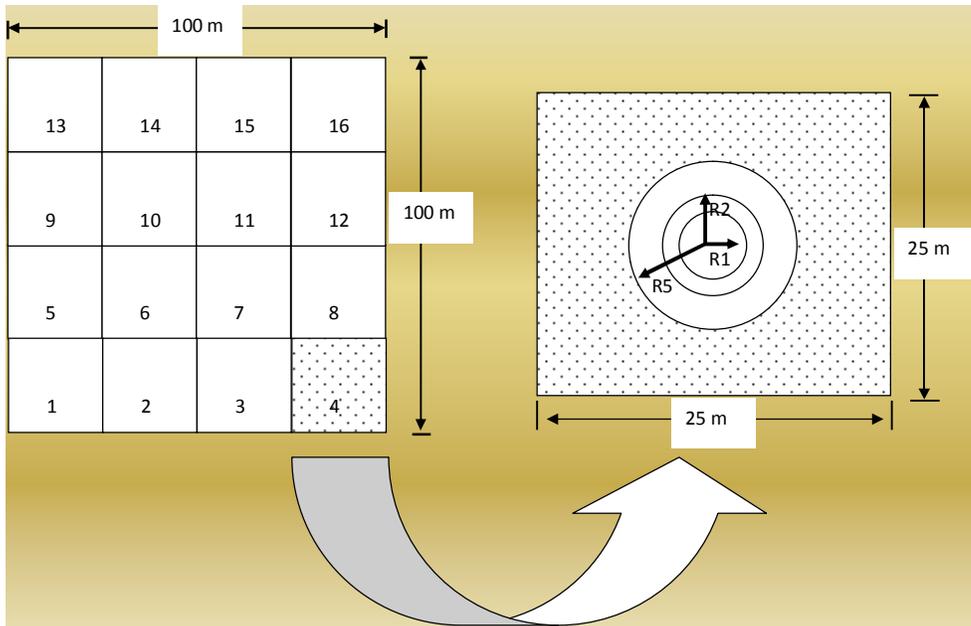
NFI saat ini menggunakan kombinasi *permanent sample plot (PSP)* dan *temporary sample plot (TSP)*. PSP menggunakan fixed plot dengan luas 1 ha (100 m x 100 m) dan TSP menggunakan plotless (point sampling) dengan basal area factor (BAF) 4 untuk pohon berdiameter ≥ 20 cm. Setiap tract/plot terdiri dari 8 TSP, plot/tract no 5 akan digunakan baik sebagai TSP maupun PSP. Dengan demikian, satu klaster terdapat 72 TSP (9 tract x 8 TSP per tract) dan 1 PSP.



Gambar 2. Layout plot contoh dalam kluster

1. Permanent sample plot (PSP)

PSP berukuran 100 m x 100 m (1 ha), yang dibagi menjadi 16 unit pencatatan (*recording unit*) berukuran 25 m x 25 m. Pada masing-masing unit pencatatan dibuat 3 (tiga) sub-plot konsentris berbentuk lingkaran untuk pengukuran tiang, pancang dan semai. Susunan dan ukuran sub-plot serta populasi yang disampel/diukur dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.

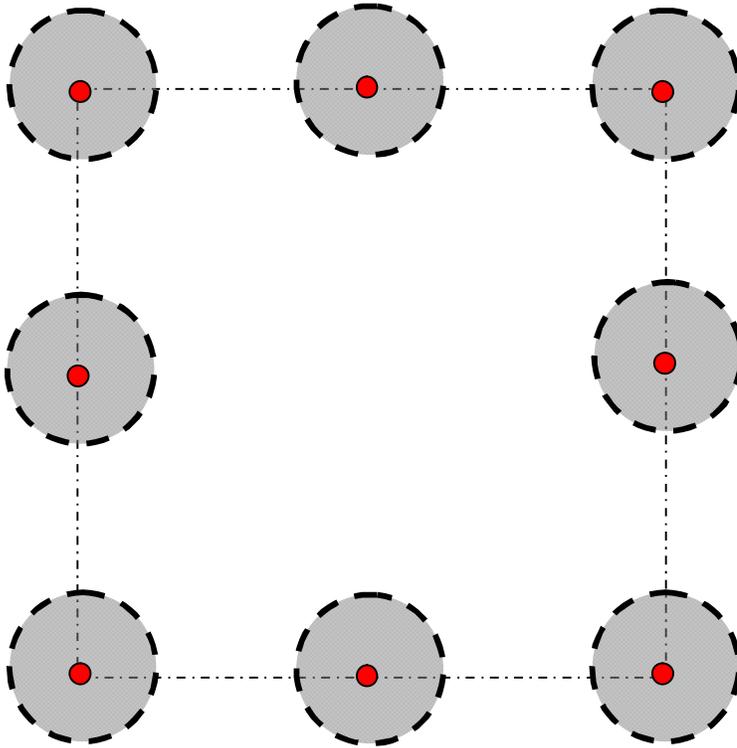


BENTUK DAN UKURAN SUB PLOT	JUMLAH	OBYEK DIUKUR
Bujur sangkar 25 m x 25 m	16 recording unit (RU)	Pohon (dbh >= 20 cm)
Lingkaran Radius = 5 meter	16 subplot	Tiang (dbh 5 ó 19 cm)
Lingkaran Radius = 2 meter	16 subplot	Pancang
Lingkaran Radius = 1 meter	16 subplot	Semai

Gambar 3. Susunan, ukuran dan jumlah sub-plot

PSP akan dilakukan pengukuran ulang (re-enumerasi) setiap 4 – 5 tahun. PSP tidak dibuat untuk hutan tanaman, hutan konifer dan hutan pasang surut.

2. Temporary sample plot (TSP)



Gambar 4. Susunan TSP dalam tract

Pada masing-masing tract terdapat 8 TSP. Pada setiap TSP juga dibuat sub-plot untuk pengukuran tiang, pancang dan semai, seperti pada setiap unit pencatatan (RU) dari PSP.

TSP tidak dibuat pada hutan tanaman. TSP hanya akan dilakukan pengukuran sekali (hanya ada enumerasi).

4.6 Variabel lapangan yang dikumpulkan

Variabel lapangan yang dikumpulkan terdiri dari 3 (tiga) macam, yaitu:

1. Variabel data terkait dengan plot/site:

Risalah kondisi site dari plot contoh akan dilakukan pada sejumlah variabel sebagai berikut:

- Provinsi (Province)
- Lokasi geografis (koordinat GPS)
- Sistem lahan (Land system)

- Ketinggian tempat (Altitude)
- Kelas penggunaan lahan (Landuse class)
- Tipe hutan (Forest type)
- Kondisi tegakan (Stand condition)
- Tahun penebangan/penanaman (Year of harvesting/replanting)
- Bentang alam (Landscape)
- Kelerengan (Slope)
- Aspek kelerengan (Aspect)
- Tanah (Soil)

2. Variabel terkait tumbuhan berkayu (pohon, tiang, pancang dan semai)

Untuk tumbuhan berkayu tingkat pohon, variabel lapangan yang akan dicatat meliputi:

- Jenis (Species)
- Diameter setinggi dada (Dbh)
- Tinggi pohon (Tree Height)
- Tinggi bebas cabang (Bole Height)
- Banir (Butress)
- Kelas pohon/Tree class (kanopi-storey)
- Kerusakan (Damage)
- Kelas tajuk (Crown class)
- Posisi tajuk (Crown position)

3. Vegetasi penyusun plot lainnya (hasil hutan non-kayu)

Adapun variabel hasil hutan non kayu yang akan diinventarisasi meliputi:

- Bambu

- Rotan
- Sagu
- Nipah

4.7 Data entry, validasi, analisis dan pelaporan

Untuk keperluan data entry dan validasi telah tersedia software database berbasis Foxfro. Software database ini masih menggunakan basis DOS. Meskipun sudah dilakukan upgrading menjadi Foxpro berbasis Windows, tetapi software hasil upgrade ini belum secara optimal digunakan. Belum tersedia fasilitas analisis dan pelaporan dalam software tersebut.

4.8 Pengendalian mutu (Quality control)

Pengendalian mutu (*quality control*) mencakup seluruh tahapan kegiatan NFI, dimulai dari persiapan, pelaksanaan lapangan sampai dengan manajemen database. Pengendalian mutu NFI dilakukan dengan:

- a. Pelatihan terhadap pelaksana lapangan.
- b. Supervisi pada saat pelaksanaan lapangan
- c. Pengecekan lapangan menggunakan cara *hot check*, yaitu dengan cara mencocokkan hasil pengukuran oleh pelaksana lapangan dengan hasil pengecekan oleh tim pengawas. Tidak ada blind check untuk mengetahui kesalahan pengukuran (*measurement error*).

4.9 Perkembangan-perkembangan dalam NFI Indonesia

Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, dimulai dari sekitar tahun 2005, terdapat sejumlah perkembangan terhadap rancangan NFI Indonesia, antara lain:

- Cakupan areal inventarisasi diperluas dengan mencakup pulau Jawa.
- Pengukuran ulang (re-enumerasi) PSP dilakukan hanya pada kawasan hutan yang masih berhutan.
- Pada beberapa wilayah telah dilakukan perapatan jarak antar klaster (grid) menjadi 10 km x 10 km. Pada klaster plot perapatan dilakukan pembuatan dan pengukuran baik TSP dengan point sampling maupun PSP.

- Belum ada kejelasan mengenai bagaimana hasil pengukuran, khususnya TSP dari grid hasil perapatan ini akan dianalisis dan disajikan.

5. National forest inventory di negara-negara lain

Indonesia telah merancang NFInya lebih dari 20 tahun yang lalu, yaitu pada tahun 1990 sehingga perlu melihat pengalaman dari negara-negara lain, khususnya yang melakukan design NFI lebih terkini. Pembelajaran ini diperlukan untuk melihat apakah terdapat perkembangan pengetahuan dan atau teknologi NFI yang perlu diadopsi untuk penyempurnaan NFI di Indonesia. Sistem NFI lebih dari 10 negara telah dipelajari untuk maksud ini dan beberapa diantaranya akan diulas pada dokumen ini.

5.1 India

a. Sejarah

India dianggap sebagai negara yang memiliki NFI paling efisien di Dunia. India telah melakukan NFI sejak tahun 1960an . Inventarisasi ulang dilakukan setiap 20 tahun.

b. Output informasi

Pada awalnya fokus pada stok kayu, kemudian belakangan ini ditambahkan dengan informasi karbon dari pool yang lain.

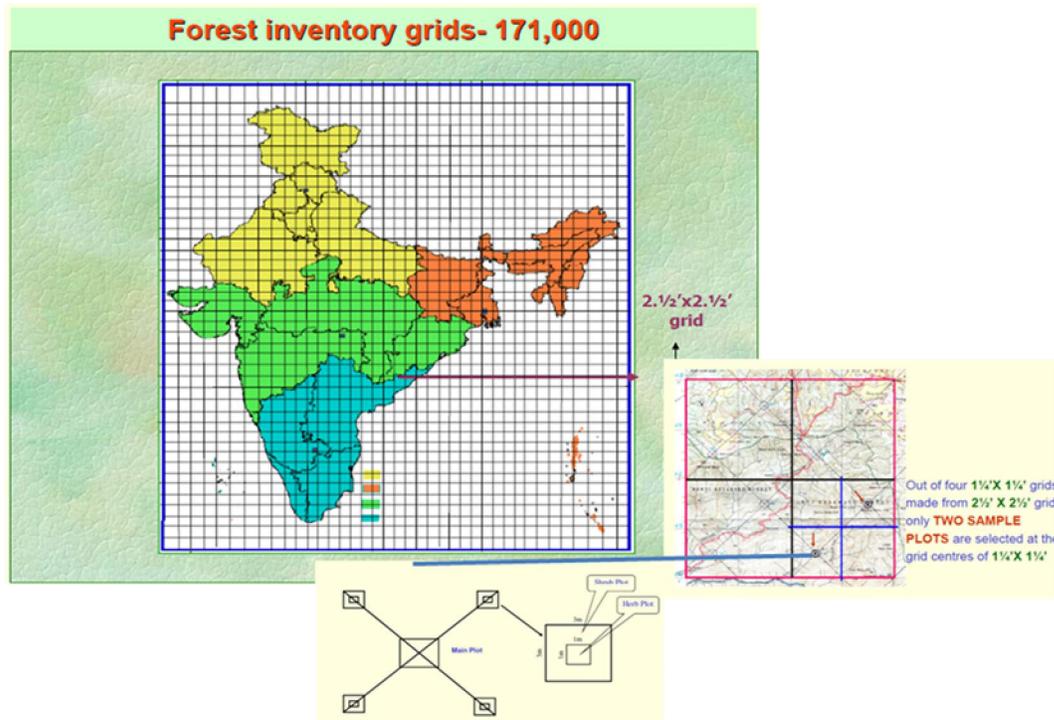
c. Cakupan areal

Seluruh katagori lahan.

d. Rancangan sampling dan plot

Rancangan sampling berupa *stratified systematic sampling*, yaitu areal inventarisasi distratifikasikan menjadi sejumlah stata dan sampel plot diletakan pada setiap grid 2,5 km x 2,5 km.

Rancangan plot berupa cluster plot, yaitu terdapat 5 plot contoh pada masing-masing grid. Kelima plot contoh menggunakan fixed plot, dengan ukuran yang bervariasi.



5.2 Vietnam

a. Sejarah

Vietnam memulai NFI sejak tahun 1980an. Saat ini dilakukan perapatan plot contoh dan penambahan variabel lain berupa karbon.

b. Output informasi

Output informasi berupa stok kayu dan data hutan lainnya.

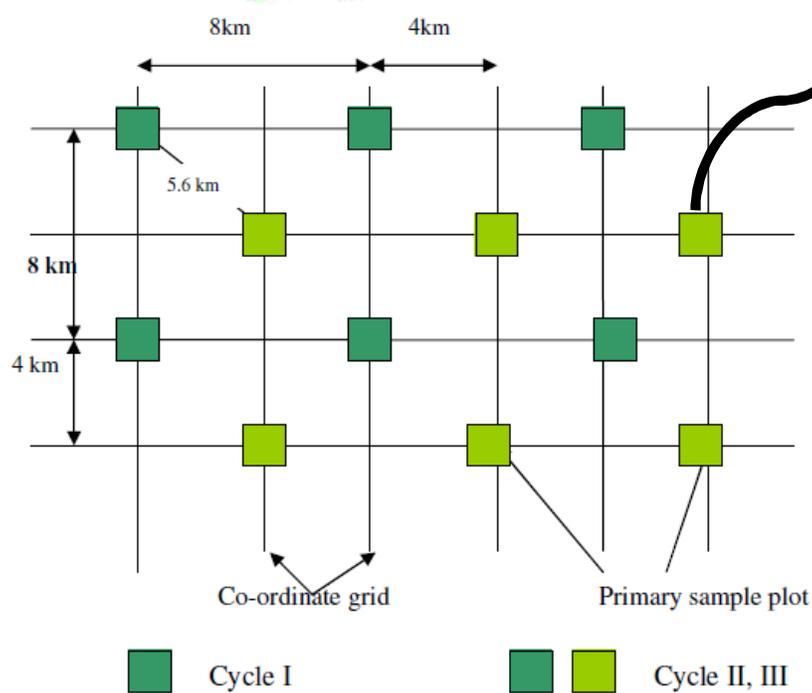
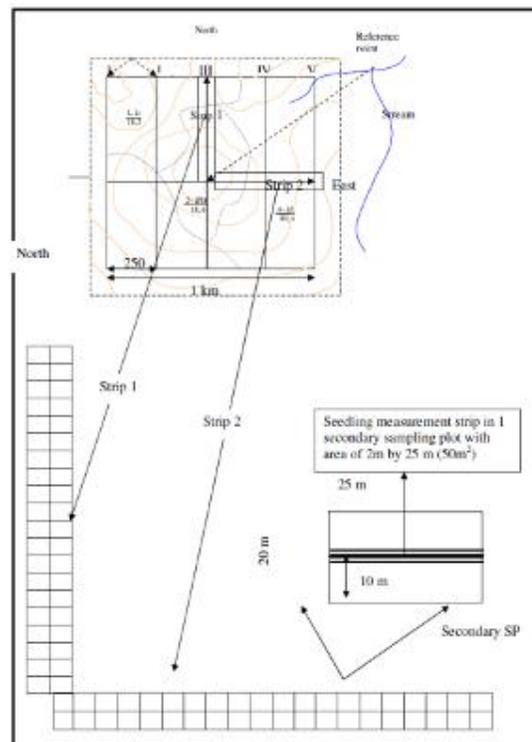
c. Cakupan areal

Seluruh kawasan berhutan

d. Rancangan sampling dan plot

Rancangan berupa stratified systematic sampling.

Untuk rancangan plot, pada dasarnya adalah menggunakan kluster plot, yaitu pada setiap grid terdapat 2 strip plot.



5.3 Kamerun

a. Sejarah

Baru dimulai dalam 10 tahun terakhir.

b. Output informasi

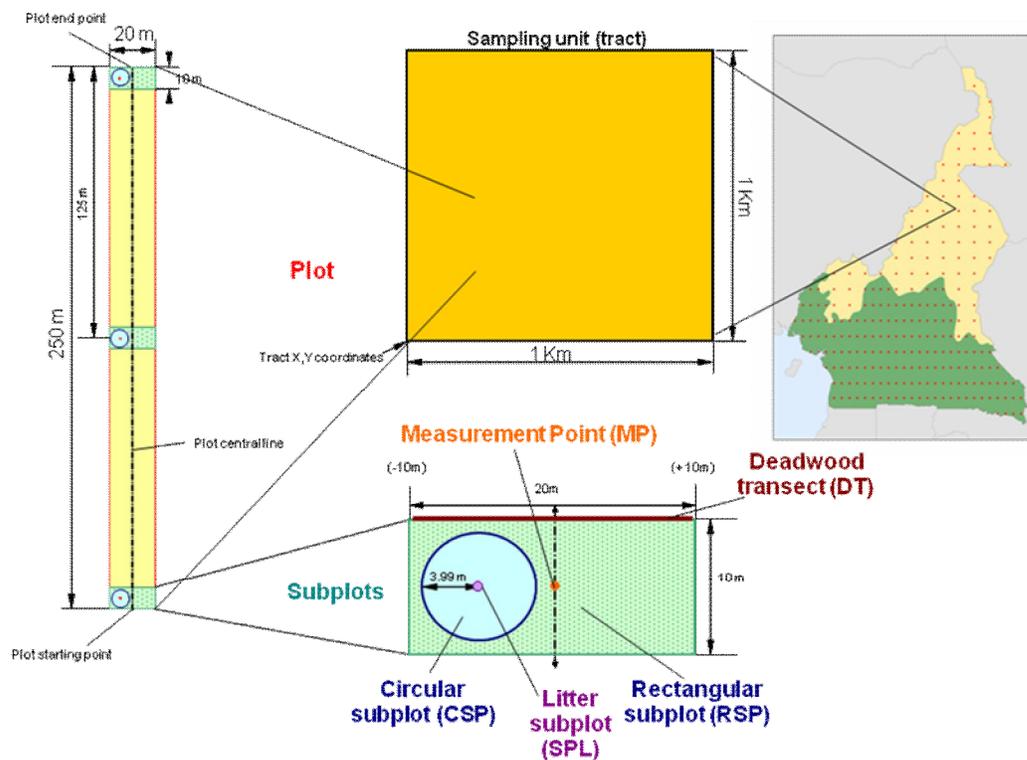
Kayu dan karbon serta SDH lainnya.

c. Cakupan areal

Seluruh kategori lahan areal

d. Rancangan sampling dan plot

Rancangan sampling berupa stratified systematic sampling, yaitu areal inventarisasi dibagi menjadi beberapa strata. Dalam hal ini terbagi menjadi 2 strata. Sedangkan plot contoh diletakan secara sistematis.



5.4 Tanzania

a. Sejarah

Baru di selesaikan pada tahun 2011. Inventarisasi mencakup sumber daya hutan dan kondisi sosial ekonomi masyarakat yang tinggal dekat dengan hutan (plot contoh).

b. Output informasi

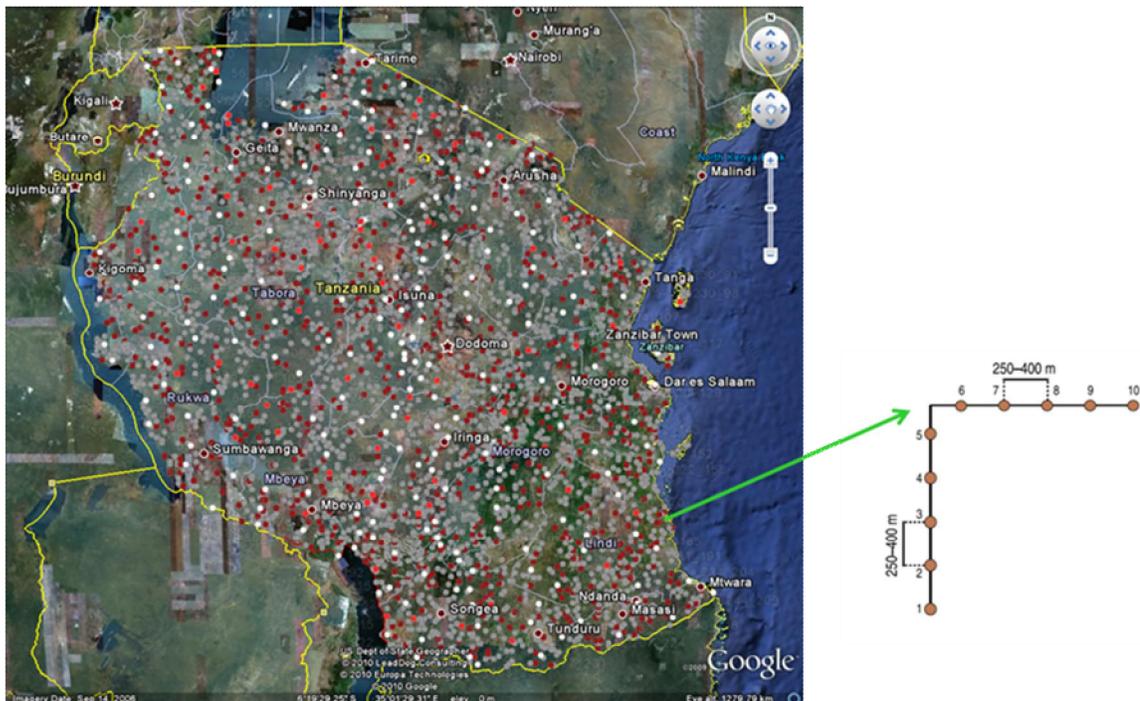
Kayu, karbon dan sosial ekonomi.

c. Cakupan areal

Seluruh kategori lahan.

d. Rancangan sampling dan plot

Multi stage systematic sampling. Areal inventarisasi dibagi habis ke dalam grid 1 km x 1 km. Kemudian areal inventarisasi distratifikasi. Namun demikian, tidak semua grid dalam sebuah starta dibuat sampel plot, hanya sejumlah grid dari startat tersebut yang dibuat sampel plot. Dengan demikian, secara kasar lokasi plot tidak terlihat dalam grid (sistematis).



5.5 Fakta-fakta: Rancangan NFI yang banyak diadopsi

1. Pada negara-negara yang baru saja mengembangkan NFInya, cakupan inventarisasi mencakup seluruh lahan, yaitu kawasan hutan dan non hutan.
2. Rancangan sampling berupa *systematic sampling with a random start*. Namun demikian, pada negara-negara yang memiliki keragaman yang tinggi seperti India, Vietnam dan Kamerun, stratifikasi hutan ditambahkan sehingga rancangan sampling menjadi *stratified systematic sampling*. Sedangkan pengalokasian plot contoh pada masing-masing strata dapat mengikuti kaidah *proportional allocation* atau *optimum allocation*. Untuk kondisi Indonesia, *purposive sampling* dapat ditambahkan apabila terdapat kondisi yang belum terwakili oleh plot contoh yang diletakan secara sistematis.
3. Rancangan plot berupa klaster , kombinasi antara *permanent sample plot* dan *temporary sample plot*. Dengan tujuan pengukuran bukan hanya untuk stok kayu, plot umumnya berupa *fixed plot* (bukan *point sampling*, yang konsep awalnya dirancang secara spesifik untuk menduga stok kayu pada hutan tanaman).
4. *Post-stratification* kadang-kadang dilakukan untuk meningkatkan presisi pada tahap data analisis, tetapi *post-stratifikasi* ini tidak dijadikan dasar dalam perancangan sampling. *Post stratifikasi* biasanya dilakukan berdasarkan kondisi vegetasi atau kelas penutupan vegetasi.

6. Hasil evaluasi NFI saat ini dan rekomendasi penyempurnaannya

ASPEK	NFI SAAT INI	REKOMENDASI PENYEMPURNAAN	PENJELASAN
1. Konsep dan metode pemutahiran <i>(updating)</i> data stok SDH	<p>Data stok SDH awal diperoleh dari inventarisasi hutan dengan menggunakan TSP (<i>point sampling</i>). Kemudian, data stok SDH akan dilakukan pemutahiran dengan cara proyeksi berdasarkan data stok SDH awal ditambah dengan data riap yang diperoleh dari PSP.</p> <p>Tidak ada kejelasan mengenai apakah akan dilakukan update stok SDH berdasarkan inventarisasi hutan secara berulang.</p> <p>Pengukuran berulang PSP dimaksudkan untuk mendapatkan data riap individu pohon, dan tidak cukup representatif untuk menghasilkan update stok SDH aktual.</p>	<p>Pemutahiran stok SDH menggunakan kombinasi antara proyeksi stok SDH dan inventarisasi berulang untuk mendapatkan stok SDH aktual.</p> <p>Pemutahiran stok SDH berdasarkan proyeksi akan dilakukan setiap 5 tahun atau lebih pendek sesuai dengan ketersediaan data perubahan luasan tutupan hutan. Sedangkan pemutahiran data berdasarkan inventarisasi hutan berulang akan dilakukan setiap 20 tahun.</p>	<p>Inventarisasi hutan secara nasional memerlukan biaya yang mahal sehingga masuk akal apabila pengulangan inventarisasi hutan dilakukan dalam periode waktu yang cukup lama. Dalam hal ini disarankan setiap 20 tahun.</p>
2. Tingkatan variabel hutan yang dimonitor: individu pohon atau tegakan hutan	<p>Monitoring hutan dilakukan pada tingkat individu pohon, yaitu: melalui pengukuran ulang <i>permanent sample plot (PSP)</i> di seluruh kawasan hutan yang dicakup inventarisasi.</p>	<p>Perlu ditambahkan dengan tingkat tegakan hutan, melalui Temporary Sample Plot (TSP) dan PSP, apabila keduanya menggunakan rancangan plot yang sama.</p>	<p>Pengamatan individu pohon memerlukan tingkat ketelitian yang tinggi dan sumber daya yang lebih banyak untuk mempertahankan plot. Sementara itu, pada skala nasional akan cukup diketahui kondisi stok tegakan hutan dan trendnya. Untuk</p>

			data seperti ini sebenarnya cukup diperoleh dengan TSP.
3. Output data dan informasi	<p>Sumber daya hutan (SDH):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stok kayu dan penyebaran 2. Pertumbuhan individu pohon dan hutan 3. Stok dan dinamika hasil hutan non-kayu. 	<p>Ditambah dengan parameter sumber daya hutan (SDH) yang lain, misalnya: karbon, keragaman jenis tumbuhan berkayu.</p> <p>Parameter non SDH, seperti sosial ekonomi masyarakat sekitar hutan juga dapat ditambahkan.</p>	<p>Konsep nilai dari hutan terus berkembang, bukan hanya sebagai penghasil kayu, sehingga perlu diadaptasikan dalam NFI untuk mencakup kebutuhan data sumber daya hutan yang lain.</p> <p>Interaksi antara hutan dan masyarakat semakin intens dan kondisi hutan dipengaruhi oleh kondisi masyarakat yang tinggal sekitar hutan. Untuk itu, variabel kondisi sosial ekonomi masyarakat sekitar hutan perlu diintegrasikan dalam NFI.</p> <p>Variabel data sosek: deskriptif (secara prinsip penting untuk disertakan dalam NFI, lebih rinci tentang metodenya perlu dibahas lebih lanjut).</p>
4. Cakupan kawasan	<ul style="list-style-type: none"> • Kawasan hutan negara • Berhutan 	Seluruh kawasan hutan negara (semua ketinggian dan semua kondisi tegakan hutan serta hutan alam dan tanaman)	Oleh karena tujuan NFI bukan hanya untuk mengestimasi stok dan pertumbuhan kayu maka semua kondisi hutan perlu dicakup dalam

	<ul style="list-style-type: none"> • Ketinggian < 1000 m • Hutan alam. 		NFI, meskipun tidak memiliki potensi kayu (pohon berdiameter × 20 cm).
5. Rancangan sampling	Systematic sampling with a random start (tanpa pre-stratifikasi)	<ul style="list-style-type: none"> • Stratified systematic sampling (dengan pre-stratifikasi). • Optimal allocation untuk alokasi plot contoh ke dalam masing-masing strata. • Penempatan plot contoh tambahan di dalam strata secara random pada grid-grid (grid hasil perapatan) yang telah ditetapkan. • Purposive sampling akan ditambahkan apabila terdapat kondisi hutan tertentu yang belum dicakup oleh sample plot yang diletakan secara sistematis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dengan tersedianya data citra satelit dan data tematik lainnya maka stratifikasi hutan dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi sampling lebih mudah dilakukan. • Stratifikasi akan sangat bermanfaat pada hutan yang memiliki keragaman tinggi. Hal ini sangat sesuai dengan kondisi hutan Indonesia yang memiliki keragaman tinggi baik dari bentang geografis maupun ekosistemnya.
6. Rancangan plot	<ul style="list-style-type: none"> • Cluster plot • Jumlah plot dalam kluster: 9 • Jarak antar plot/track dalam kluster: 	<ul style="list-style-type: none"> • Tetap • Tetap atau dikurangi • Tetap atau diperpendek, tetapi 	<ul style="list-style-type: none"> • Dengan akses yang sulit menuju lokasi plot contoh dan memerlukan biaya yang besar untuk mencapainya maka cluster plots sangat disarankan.

	<p>500 m</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kombinasi PSP berupa fixed plot dan TSP berupa plotless (point sampling) • Ukuran plot 1 ha (100 m x 100 m) • Sub-plot untuk semai, pancang dan tiang: 16 ulangan 	<p>minimal 200 meter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tetap, tetapi jumlah PSP dikurangi • Tetap atau diperkecil menjadi 0,25 ha (50 m x 50 m) • PSP dan TSP menggunakan fixed plot. • Dikurangi menjadi 4. • Konsep TSP dan PSP disesuaikan dengan konsep pemutahiran stok SDH yang akan diterapkan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sesuai dengan target data yang akan dicapai serta biaya dan upaya yang diperlukan. • Perlu kajian seberapa besar deviasi hasil estimasi berdasarkan point sampling dan fixed plot. • Disesuaikan dengan manfaat data yang dikumpulkan.
7. Variabel dalam plot	<ul style="list-style-type: none"> • Pada PSP variabel meliputi: • Plot/site • Pohon • HHNK 	<ul style="list-style-type: none"> • Kondisi plot/site perlu dikaitkan dengan data yang dapat dimonitor dari Remote sensing. • Variable pohon perlu disederhanakan, khususnya pada TSP, yang hanya akan digunakan untuk menduga stok 	<ul style="list-style-type: none"> • Apabila laporan stok dan perkembangan sumber daya hutan ditampilkan pada tingkat tegakan, maka pada PSP cukup dikumpulkan data yang dapat diintegrasikan ke tingkat tegakan, misalnya : jenis, diameter dan tinggi pohon. Posisi pohon,

		SDH.	<p>kelas dan posisi tajuk tidak diperlukan untuk tingkat tegakan.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ditambahkan variabel yang lain sesuai dengan kebutuhan, seperti pool karbon yang lain.
8. Database management	<ul style="list-style-type: none"> • Tersedia software untuk data entry 	<ul style="list-style-type: none"> • Disempurnakan dengan melengkapi fitur: data entry, validasi, analisis dan pelaporan 	<ul style="list-style-type: none"> • SDH yang berubah secara cepat memerlukan pelaporan yang akurat dan tepat waktu sehingga diperlukan database software dan manajemen yang handal
9. Pengendalian mutu (quality control)	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat 3 komponen QC: pelatihan , supervisi dan pengecekan lapangan (hot check). 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengecekan lapangan harus tekankan dan mampu menghasilkan kesalahan pengukuran (measurement error). Ini berarti perlu blind check. 	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk menghasilkan informasi kesalahan pengukuran maka pengukuran checking (control) harus dilakukan secara independen dengan pengukuran normal. Pengukuran checking dilakukan oleh tim yang dianggap pakar dan hasil pengukurannya dianggap sebagai yang benar. Selisih antara hasil pengukuran checking dan pengukuran normal dianggap sebagai kesalahan pengukuran.

7. Usulan penyempurnaan konsep, metode dan rancangan National Forest Inventory

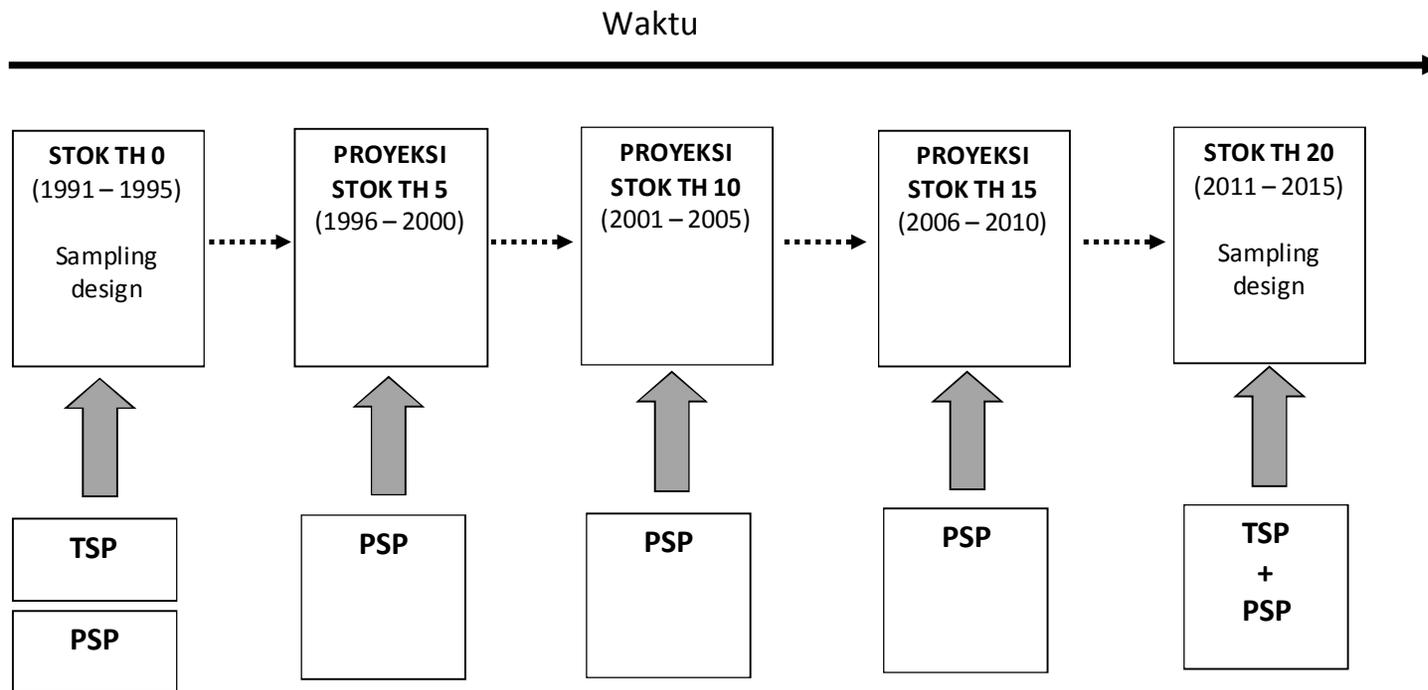
7.1 Konsep dan metode pemutahiran stok data sumber daya hutan

Pemutahiran (*updating*) stok sumber daya hutan (SDH) NFI akan menggunakan kombinasi dua metode, yaitu inventarisasi hutan berulang yang akan dilakukan setiap periode 20 tahun dan proyeksi stok SDH berdasarkan data *growth and yield* yang akan dilakukan setiap 5 tahun.

Pemutahiran stok SDH berdasarkan inventarisasi berulang akan menggunakan TSP dan PSP (apabila rancangan plot TSP dan PSP sama). Dengan demikian, pada setiap periode inventarisasi berulang (setiap 20 tahun) akan dilakukan perancangan sampling berdasarkan variasi yang dijumpai pada periode tersebut (khususnya variasi penutupan lahan yang berubah setiap saat). Dalam rancangan inventarisasi ini strata yang bersifat permanen (misalnya tipe hutan dan tipe pengelolaan hutan) perlu dikombinasikan dengan sub-strata yang bersifat dinamis seperti penutupan hutan. Sedangkan perancangan sampling untuk PSP cukup dilakukan agar mewakili strata yang permanen. PSP ini akan diukur ulang untuk mendapatkan data dinamika hutan dari waktu ke waktu.

PSP NFI dimaksudkan terutama untuk mendapatkan data *growth and yield* untuk masing-masing individu pohon (disamping juga untuk memvalidasi data stok tegakan hutan yang diperoleh dari TSP, pada konsep NFI saat ini). Berdasarkan data *growth and yield* ini maka stok awal tegakan (dari TSP) dapat dimutahirkan (*update*) dengan cara proyeksi stok tegakan. Konsep pemutahiran ini dianggap efisien dengan pertimbangan bahwa inventarisasi berulang (dengan jumlah dan sebaran plot contoh yang representatif) untuk level nasional memerlukan biaya yang besar.

Namun demikian, konsep pemutahiran ini dapat dilengkapi dengan pemutahiran stok SDH berdasarkan inventarisasi SDH berulang, yang dilakukan dengan periode yang lebih panjang, misalnya setiap 20 tahun. Dengan demikian, pemutahiran (*updating*) stok SDH setiap 5 tahun diperoleh dengan cara proyeksi sedangkan setiap 20 tahun dengan cara inventarisasi berulang. Untuk NFI Indonesia, konsep pemutahiran stok SDH berdasarkan kombinasi antara proyeksi hasil pengamatan *growth & yield* dan inventarisasi berulang ini dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Keterangan:

- PSP dimaksudkan untuk menghasilkan data *growth and yield* dan digunakan untuk memproyeksikan stok SDH (updating stok SDH setiap 5 tahun). Stok hasil proyeksi = stok awal + riap - pemanenan (jika ada).
- TSP dimaksudkan untuk menghasilkan data stok SDH pada satu titik waktu (tahun ke 0, 20, dst)
- Apabila PSP dan TSP menggunakan rancangan plot yang sama, maka PSP dapat dijadikan bagian dari jaringan plot contoh NFI berulang pada periode yang bersangkutan (misalnya periode 2011 – 2015). Pada NFI tahun ke 0 (1991-1995), data stok SDH hanya dihasilkan dari TSP karena antara PSP dan TSP menggunakan rancangan plot yang berbeda. Data PSP digunakan untuk memvalidasi hasil TSP.

Konsep pemutahiran (*updating*) SDH dengan kombinasi ini dapat dianggap cocok untuk kondisi Indonesia, karena:

1. Inventarisasi ulang secara nasional memerlukan biaya yang besar sehingga masuk akal apabila pemutahiran stok SDH setiap periode yang pendek (setiap 5 tahun atau lebih pendek lagi) dilakukan dengan cara proyeksi.
2. Namun demikian, dalam jangka waktu lama, hasil proyeksi ini perlu divalidasi dengan data SDH aktual berdasarkan inventarisasi hutan. Apalagi, perubahan hutan di Indonesia dapat terjadi di luar dari yang direncanakan sehingga pemutahiran data SDH berdasarkan inventarisasi hutan sangat penting untuk dilakukan, meskipun dengan periode yang lebih panjang.

Dengan stratifikasi, jumlah PSP dapat dikurangi, yaitu hanya untuk mewakili setiap strata.

Untuk mengefisienkan NFI berulang, ukuran plot contoh dapat diperkecil dan variabel plot dan pohon dapat disederhanakan, sesuai dengan keperluannya.

7.2 Tingkatan variabel hutan yang dimonitor: monitoring tegakan hutan vs Individu pohon

Dengan menerapkan dua metode pemutahiran stok SDH maka terdapat dua level monitoring yang akan dilakukan, yaitu tingkat individu pohon dan tegakan hutan. Monitoring tingkat individu pohon dilakukan pada PSP sedangkan tingkat tegakan akan dilakukan baik pada PSP maupun TSP (direkomendasikan TSP menggunakan rancangan plot yang sama dengan PSP, yaitu fixed plot).

Perbedaan-perbedaan diantara kedua level monitoring di atas dapat diringkas sebagai berikut:

PARAMETER	MONITORING TINGKAT INDIVIDU POHON	MONITORING TINGKAT TEGAKAN HUTAN
Maksud	Mendapatkan data : riap (<i>increment</i>), pohon mati (<i>mortality</i>) dan pohon baru (<i>ingrowth</i>). Resultant dari ketiga komponen tersebut akan menghasilkan pertumbuhan (net growth) dari suatu tegakan hutan, yang diwakili per plot contoh.	Mendapatkan data stok tegakan. Data stok tegakan secara time series akan menghasilkan informasi trend stok tegakan

Variabel	Variabel yang mempengaruhi ketiga komponen di atas, meliputi adalah jenis dan ukuran (umur) pohon, posisi dan bentuk tajuk, tingkat gangguan dan kerusakan pohon dan variabel individu lainnya	Variabel pohon yang dapat diagregasi menjadi parameter tegakan, meliputi: jenis, diameter, tinggi dan kualitas kayu
Tingkat kecermatan pengukuran	<p>Pengukuran riap memerlukan kecermatan pengukuran yang tinggi, khususnya untuk variabel diameter.</p> <p><i>Oleh karena data yang dihasilkan memiliki rentang yang kecil (riap pohon hutan alam tropis berkisar 0 – 5 cm/ha) maka pengukuran diameter untuk menghasilkan riap pohon harus dilakukan secara teliti. Dalam hal ini, kesalahan pengukuran diameter sebesar 2 cm akan menghasilkan error yang mungkin lebih besar dari riapnya itu sendiri.</i></p>	<p>Pengukuran diameter pohon untuk mendapatkan dapat stok tegakan hutan juga harus dilakukan secara cermat. Namun demikian, tingkat kesalahan pengukuran yang sama dengan pengukuran riap akan berimplikasi berbeda pada akurasi pengudaan stok tegakan.</p> <p><i>Rentang diameter pohon di hutan alam tropis berkisar 20 – lebih dari 200 cm. Kesalahan pengukuran diameter sebesar 2 cm pada pohon dengan diameter 180 cm akan menghasilkan kesalahan penaksiran stok tegakan yang tidak signifikan.</i></p>
Implikasi pekerjaan pengukuran (diameter)	Pengukuran diameter harus dilakukan pada pohon dan tinggi ukur yang sama. Dengan demikian, pada pohon yang berbanir tinggi (> 1,1 m di atas permukaan tanah), pengukuran harus dilakukan pada dua titik ketinggian, yaitu 0,2 m dan 2,2 m di atas ujung banir. Pengukuran diameter pada 2,2 meter di atas banir ini digunakan untuk pengukuran riap apabila pada pengukuran berikutnya banir sudah naik dan melebihi titik ukur	Tidak diperlukan pengukuran pada ketinggian 2,2 meter di atas banir.

	sebelumnya, sehingga pengukuran 0,2 m di atas banir mengalami perubahan (lebih tinggi) dan hasilnya tidak dapat dibandingkan dengan pengukuran sebelumnya.	
Periode pengukuran ulang	Rentang pengukuran ulang berkisar setiap 2 – 5 tahun, tetapi periode 2 – 3 tahun merupakan kondisi yang ideal. Pengukuran ulang dengan periode lebih dari 5 tahun akan sulit untuk menemukan pohon dan tinggi ukur secara tepat.	Pengukuran ulang untuk pendugaan stok tegakan dapat dilakukan dalam periode yang lebih lama. Setiap 10 tahun atau lebih masih dimungkinkan.
Plot	Harus berupa plot contoh permanent (PSP).	Dapat berupa plot contoh temporer (TSP) maupun plot contoh permanen (PSP).

7.3 Output informasi dari NFI

Dengan berkembangnya permintaan akan data dan informasi SDH, maka output inventarisasi perlu diperluas bukan hanya terkait dengan kayu, tetapi juga mencakup jasa hutan lainnya, bahkan perlu juga memasukkan data sosial ekonomi masyarakat yang tinggal di sekitar hutan. Dengan demikian, output inventarisasi yang diharapkan akan meliputi:

1. Kayu
2. Hasil hutan non-kayu
3. Keragaman jenis
4. Karbon
5. Sosial ekonomi masyarakat

7.4 Cakupan areal NFI

Dengan ditambahkannya output inventarisasi maka cakupan inventarisasi harus diperluas, tidak hanya kawasan hutan yang berhutan dan pada ketinggian di bawah 1000 dpl, tetapi harus mencakup seluruh kawasan hutan negara, apapun tutupannya. Kawasan hutan dengan ketinggian di atas 1000 m barangkali tidak begitu penting dari penghitungan produksi kayu, tetapi kawasan hutan demikian masih diperlukan

informasinya untuk kepentingan yang lain, misalnya kandungan stok karbon dan potensi keragaman hayatinya.

7.5 Rancangan sampling

Rancangan sampling di hampir seluruh negara berkembang menggunakan *systemtic sampling with a random start*. Saat ini, NFI di Indonesia juga menggunakan rancangan sampling ini, dengan jarak grid berukuran 20 km x 20 km.

Hutan di Indonesia sangat beragam baik dari kondisi iklim, edahpis maupun vegetasinya. Untuk itu, stratifikasi dalam rancangan sampling akan mampu mengefisienkan rancangan sampling dan pelaksanaan inventarisasi. Dengan tetap mengakomodasikan rancangan plot saat ini dan memanfaatkan plot-plot contoh NFI (PSP NFI) yang sudah ada, maka rancangan sampling NFI disarankan menjadi *stratified systematic sampling*. Penggunaan stratifikasi ini dimungkinkan karena saat ini sudah tersedia citra satelit dan teknologi penginderaan jarak serta peta tematik lainnya, yang akan mempermudah dalam proses stratifikasi.

Dengan rancangan sampling ini, kawasan hutan yang akan diinventarisasi akan distratifikasi menjadi unit-unit lahan yang homogen dalam hal parameter inventarisasi yang akan ditaksir, misalnya kayu, karbon atau lainnya. Unit –unit lahan yang homogen ini disebut sebagai “starta”. Selanjutnya, pada masing-masing strata akan dihitung jumlah plot contoh yang diperlukan sesuai dengan variasi yang ada di strata tersebut dan sesuai dengan tingkat presisi yang diinginkan atau sampling error yang diperbolehkan. Informasi awal variasi di dalam strata dapat diperoleh dari plot contoh NFI yang sudah ada di dalam strata tersebut dan PSP NFI tersebut juga akan menjadi bagian dari jaringan plot contoh NFI. Dengan demikian, plot contoh NFI merupakan kombinasi antara plot contoh NFI yang ada saat ini (PSP NFI), ditambah dengan plot contoh NFI tambahan, apabila jumlah PSP NFI dalam strata tersebut, belum mencukupi untuk mendapatkan tingkat presisi yang diinginkan.

Tambahan plot contoh NFI ini akan diletakan pada grid yang lebih rapat (10 km x 10 km), yang berada di dalam strata yang bersangkutan. Oleh karena jumlah plot contoh dalam suatu strata sudah ditentukan maka sangat dimungkinkan bahwa tidak seluruh grid 10 km x 10 km akan ditempati plot contoh. Hal ini terjadi apabila jumlah titik grid 10 km x 10 km pada strata tersebut melebihi jumlah plot contoh yang diperlukan untuk strata yang bersangkutan.

Indonesia juga memiliki sejumlah tipe hutan yang khas. Untuk mendapatkan informasi mengenai hutan semacam ini, purposive sampling dapat diterapkan apabila plot contoh sistematik tidak ada yang terletak di dalam kawasan hutan tersebut.

7.6 Rancangan plot

Indonesia merupakan negara kepulauan serta akses menuju kawasan hutan yang tidak mudah. Dengan demikian, komponen biaya transportasi merupakan komponen yang cukup besar dalam kegiatan inventarisasi hutan nasional. Dengan kondisi yang demikian, rancangan plot berupa plot kalster (*cluster plots*) merupakan pilihan yang cocok.

Saat ini sudah terdapat jaringan PSP NFI yang cukup banyak dan data dari PSP ini akan dapat dimanfaatkan baik untuk mendapatkan data riap pohon dan tegakan maupun stok tegakan pada satu titik waktu (periode NFI). Dengan pertimbangan ini maka, disarankan bahwa rancangan plot NFI menggunakan cluster plot, dengan mengkombinasikan antara TSP dan PSP. Akan tetapi, TSP dan PSP menggunakan rancangan yang sama, yaitu berupa fixed plot. Meskipun demikian, ukuran plot TSP dapat dibuat lebih kecil waktu pengukuran di lapangan tidak terlalu lama. Apabila bukan dimaksudkan untuk pengamatan biodiversity maka luas plot contoh 0,25 ha dapat dianggap mencukupi. Jumlah plot contoh di dalam suatu kluster juga dapat diatur agar penyelesaian pengukuran dalam satu kluster tidak melebihi waktu yang ditetapkan, misalnya 24 hari.

Dengan adanya kombinasi antara PSP dan TSP ini, maka sesuai dengan kegunaanya, PSP yang dimaksudkan untuk mendapatkan data pertumbuhan pada suatu site, jumlahnya dapat dikurangi apabila dalam site tersebut sudah terdapat PSP yang banyak. Sementara itu, untuk mendapatkan tingkat presisi yang diinginkan dapat dibuat TSP yang lebih banyak. Hal ini penting untuk dilakukan karena biaya untuk pengukuran TSP jauh lebih murah daripada PSP. Sementara data stok tegakan pada satu titik waktu cukup diperoleh dengan TSP.

Pada rancangan plot saat ini, jumlah sub-plot untuk pengamatan permudaan terdiri dari 88 buah (72 dari TSP+ 16 dari PSP). Mengingat perannya yang kurang begitu signifikan dalam pendugaan stok SDH pada tingkat tegakan dan nasional maka direkomendasikan jumlah sub-plot dapat dikurangi. 4 sub-plot untuk masing-masing plot dapat dianggap cukup.

7.7 Software database dan manajemen

Saat ini Kementrian bekerja sama dengan FAO sedang mengembangkan software berdasarkan open source untuk data entry, validasi, analisis dan pelaporan national forest inventory. Software ini direkomendasikan nantinya akan diadopsi untuk keperluan tersebut di atas. Software ini dirancang agar :

- (1) Mampu melakukan data screening untuk memastikan bahwa data yang dientri adalah lengkap dan dalam kisaran yang dapat diterima.
- (2) Melakukan analisis data dan pelaporan secara sederhana.

7.8 Pengendalian mutu (*quality control*)

Pengendalian mutu dilakukan pada seluruh tahapan kegiatan NFI, mulai dari persiapan, pelaksanaan lapangan dan manajemen database serta pelaporan hasil.

Pada tahap perencanaan, perlu dipastikan bahwa seluruh tenaga teknis harus sudah mendapatkan pelatihan yang relevan dan memahami akan tugasnya. Prosedur lapangan juga perlu diupdate apabila terdapat metode yang lebih mudah dengan hasil yang lebih akurat atau berdasarkan pengalaman selama pelaksanaan di lapangan.

Pada tahap pelaksanaan lapangan, dipastikan bahwa supervisi di lapangan dilakukan secara memadai. Pengukuran checking juga harus dilakukan secara terencana, dengan pelaporan hasil pengukuran checking yang baku sehingga dapat digunakan untuk menentukan tingkat kesalahan pengukuran. Di sampling itu, hasil pengukuran checking juga dapat dijadikan sebagai dasar untuk perbaikan sistem NFI ke depannya.

Pada tahap manajemen database dan pelaporan diperlukan software yang dapat melakukan screening kesalahan dan memvalidasi data sehingga data yang akan dilakukan analisa benar-benar sudah terlepas dari kesalahan yang fatal atau major baik akibat dari kesalahan pengukuran di lapangan ataupun kesalahan data entry. Software ini juga perlu dilengkapi dengan fitur untuk analisis data dan pelaporan secara sederhana.

Daftar pustaka

- FAO. 2007. Generating knowledge through national forest assessments towards improved forest, land use and livelihood policies. Working Paper no 5 National Forest Monitoring. Rome.
- FAO. 2007. Brief on national forest inventory India. MAR-SFM Working Paper 17/ 2007. Forest Resources Development Service. Rome.
- FAO. 2007. Brief on national forest inventory Indonesia. MAR-SFM Working Paper 18/ 2007. Forest Resources Development Service. Rome.
- FAO. 2007. Brief on national forest inventory Vietnam. MAR-SFM Working Paper 30/ 2007. Forest Resources Development Service. Rome.
- FAO. 2008. National Forest Monitoring and Assessment – Manual for integrated field data collection. National Forest Monitoring and Assessment Working Paper NFMA 37/E. Rome.
- FSI 2002. The Manual of Instructions for Field Inventory 2002. Forest Survey of India. Ministry of Environment and Forests. Dehradun, India.
- Kementrian Kehutanan dan FAO. 1996. Final forest resources statistics report. Jakarta.
- Kementrian Kehutanan dan FAO. 1992. Langkah –Langkah prosedur sampling lapangan untuk proyek inventarisasi hutan nasional. Jakarta.
- Ruslandi. 2000. Petunjuk teknis pembuatan dan pengukuran plot inventarisasi permanen. Berau Forest Management Project.

UN-REDD Programme Indonesia merupakan kerja sama kemitraan antara Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, Food and Agriculture Organization (FAO), United Nations Development Programme (UNDP), dan United Nations Environment Programme (UNEP). Program ini mendukung upaya pemerintah Indonesia menurunkan kadar emisi akibat deforestasi dan degradasi hutan (*Deforestation and Forest Degradation*)