



**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

In cooperation with:



Direktorat Jenderal Planologi  
Kehutanan dan Tata Lingkungan



# Penentuan standar minimum untuk inventarisasi pengelolaan hutan pada tingkat KPH

**Diterbitkan oleh:**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

FORCLIME Forests and Climate Change Programme

Mangala Wanabakti Building, Block VII, 6th Floor Jln. Jenderal Gatot Subroto, Jakarta 10270, Indonesia

Tel: +62 (0)21 572 0212, +62 (0)21 572 0214

Fax: +62 (0)21 572 0193

[www.forclime.org](http://www.forclime.org)

**Kerja sama dengan:**

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

**Penulis:**

Dr. Lutz Fehrmann, Prof. Dr. Christoph Kleinn, Dr. Paul Magdon, Dr. César Pérez-Cruzado, ForestEye GmbH

**Disarankan dan diedit oleh:**

Tobias Goedde, Penasihat Senior untuk Pengelolaan Hutan Lestari, FORCLIME

**Foto:**

FORCLIME and ForestEye GmbH

**Distribusi oleh:**

FORCLIME

Jakarta, Januari 2017

**FORCLIME Kerja Sama Teknis (TC)** adalah program yang dilaksanakan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia dan GIZ, dan didanai oleh Kementerian Federal Jerman untuk Kerja Sama Ekonomi dan Pembangunan (BMZ)

**Penentuan standar minimum  
untuk inventarisasi  
pengelolaan hutan pada  
tingkat KPH**









# Daftar Isi

iii	<b>Singkatan Kata</b>
v	<b>Pengantar</b>
1	<b>Bagian I</b>
	<b>Perencanaan inventarisasi manajemen pada tingkat KPH</b>
3	<b>1 Latar Belakang – Inventarisasi manajemen pada tingkat KPH</b>
4	1.1 Kriteria perencanaan umum untuk inventarisasi hutan
6	1.2 Tujuan dan skala spasial dari inventarisasi manajemen
7	1.3 Kebutuhan informasi pada tingkat KPH
8	1.3.1 Menterjemahkan kebutuhan informasi menjadi indikator
10	<b>2 Metode</b>
10	2.1 Penentuan area target untuk inventarisasi
11	2.1.1 Integrasi inventarisasi berbasis sampel dan zonasi hutan
12	2.2 Kumpulan variable
19	2.2.1 Pengorganisasian variabel untuk manajemen data
20	2.3 Integrasi penginderaan jauh
20	2.3.1 Pengumpulan training data untuk klasifikasi penginderaan jauh
21	2.4 Desain pengambilan contoh
22	2.4.1 Pengambilan contoh sistematis (tak terstratifikasi)/ Systematic sampling (unstratified)
22	2.4.2 Pengambilan contoh sistematis terstratifikasi/ Stratified systematic sampling
24	2.4.3 Pengambilan contoh ganda untuk stratifikasi/ Double sampling for stratification (two phase sampling)
25	2.4.4 Menggunakan informasi awal yang tersedia
26	2.4.5 Penentuan ukuran sampel yang diperlukan
28	2.4.6 Kalkulasi lebar grid
29	2.4.7 Non-Respons
29	2.5 Desain plot
31	2.5.1 Plot contoh tersarang / Nested fixed area sample plot
33	2.5.2 Sub-plot regenerasi
34	2.5.3 Sub-plot kayu mati
35	2.5.4 Pengambilan contoh Bitterlich (relascope)
36	2.5.5 Plot klaster / Cluster plot
36	2.5.6 Transek dengan lebar yang ditentukan
36	2.5.7 Unit pengamatan untuk penilaian HHBK
37	2.5.7.1 Spesies pohon untuk pemanfaatan HHBK
38	2.5.8 Koreksi kemiringan
39	2.5.9 Plot di batas hutan
40	2.5.10 Penyesuaian ukuran plot dengan kondisi setempat
49	2.6 Rancangan pendugaan
49	2.6.1 Perhitungan nilai plot
50	2.6.2 Pendugaan rata-rata, total dan varian
51	2.6.3 Estimator untuk pengambilan contoh acak sederhana (untuk diterapkan dalam pengambilan contoh sistematis)

52	2.6.4	Estimator untuk pengambilan contoh terstratifikasi
53	2.6.5	Estimator untuk pengambilan contoh ganda terstratifikasi
54	2.6.6	Pendugaan luasan
<b>55</b>	<b>2.7</b>	<b>Manajemen data dan analisis</b>
<b>55</b>	<b>2.8</b>	<b>Pendampingan penelitian</b>
56	2.8.1	Model volume dan biomassa
57	2.8.2	model penginderaan jauh
58	2.8.3	Pembuatan area percontohan
<b>58</b>	<b>2.9</b>	<b>QA / QC (Jaminan kualitas dan kontrol kualitas) dalam inventarisasi hutan</b>
58	2.9.1	Pertimbangan umum mengenai QA / QC dalam inventarisasi hutan
58	2.9.2	Persiapan tim lapangan sebagai ukuran jaminan kualitas
59	2.9.3	Pengukuran Kontrol
<b>62</b>	<b>2.10</b>	<b>Proses FIM - alur kerja yang disarankan</b>
63	2.10.1	Perekrutan tenaga lapangan
64	2.10.2	Penyediaan bahan dan organisasi transportasi logistic
64	2.10.3	Menetapkan plot contoh untuk tim lapangan
64	2.10.4	Pelatihan tenaga lapangan
66	2.10.5	Membangun skema komunikasi
66	2.10.6	Pengukuran plot lapangan
66	2.10.7	Pengukuran Kontrol
67	2.10.8	Analisis data
67	2.10.9	Pelaporan
<b>69</b>	<b>Bagian II</b>	<b>Panduan Lapangan</b>
<b>71</b>	<b>3</b>	<b>Perencanaan pekerjaan lapang</b>
<b>71</b>	<b>3.1</b>	<b>Keamanan di lapangan</b>
<b>73</b>	<b>3.2</b>	<b>Perlengkapan dan bahan</b>
<b>74</b>	<b>3.3</b>	<b>Organisasi tim lapangan</b>
<b>75</b>	<b>3.4</b>	<b>Menemukan titik contoh di lapangan</b>
76	3.4.1	Navigasi menggunakan GPS
76	3.4.2	Menandai pusat plot
<b>76</b>	<b>3.5</b>	<b>Alur kerja</b>
<b>77</b>	<b>3.6</b>	<b>Variabel</b>
78	3.6.1.	Variabel SAMPLE_
79	3.6.2	Variabel POINT_
80	3.6.3	Variabel COMP_
83	3.6.4	Variabel PLOT
<b>85</b>	<b>3.7</b>	<b>Variabel TREE_</b>
88	3.7.1.	Variabel DEAD_
89	3.7.2.	Variabel REG_
<b>90</b>	<b>4</b>	<b>Pengukuran pohon</b>
<b>91</b>	<b>4.1</b>	<b>Pengukuran diameter</b>
<b>92</b>	<b>4.2</b>	<b>Pengukuran tinggi pohon</b>
93	4.2.1	Kemungkinan kesalahan pengukuran
<b>95</b>	<b>4.3</b>	<b>Penilaian regenerasi</b>
<b>95</b>	<b>4.4</b>	<b>Penilaian kayu mati</b>



## Singkatan Kata

<b>BAF</b>	Basal area factor ( <i>faktor bidang dasar</i> )
<b>DBH</b>	Diameter at breast height
<b>DSS</b>	Double sampling for stratification ( <i>pengambilan contoh berganda untuk stratifikasi</i> )
<b>EF</b>	Expansion factor ( <i>faktor ekspansi</i> )
<b>FAO</b>	Food and Agricultural Organization of the United Nations
<b>FMI</b>	Forest management inventory
<b>FORCLIME</b>	Forests and Climate Change Programme
<b>GIS</b>	Geographic Information System
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
<b>GPS</b>	Global positioning system
<b>HHBK</b>	<i>Hasil Hutan Bukan Kayu</i>
<b>IPSDH</b>	<i>Direktorat Inventarisasi Dan Pemantauan Sumber Daya Hutan</i> (Directorate of Forest Resources Inventory and Monitoring)
<b>KAK</b>	<i>Kerangka Acuan Kerja</i> (Terms of References)
<b>KPH</b>	<i>Kesatuan Pengelolaan Hutan</i> (Forest Management Unit)
<b>KPHL</b>	<i>Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung</i> (Protection Forest Management Unit)
<b>KPHP</b>	<i>Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi</i> (Production Forest Management Unit)
<b>LAPAN</b>	<i>Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional</i> (National Institute of Aeronautics and Space)
<b>MoEF</b>	Ministry of Environment and Forestry
<b>NDVI</b>	Normalized Differenced Vegetation Index
<b>NFI</b>	National Forest Inventory ( <i>Inventarisasi Hutan Nasional</i> )
<b>NTFP</b>	Non-timber forest products (here synonymous to NWFP= Non-wood forest products)
<b>QA</b>	Quality assurance ( <i>jaminan kualitas</i> )
<b>QC</b>	Quality control ( <i>kontrol kualitas</i> )
<b>SIG</b>	Sistem informasi geografis
<b>UNFCCC</b>	United Nations Framework Convention on Climate Change







## Kata Pengantar

Undang-undang Nomor 41/1999 tentang Kehutanan mengamatkan bahwa pengelolaan hutan dilaksanakan di tingkat provinsi dengan pembentukan Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) sebagai institusi di bawah Dinas Kehutanan, yang dapat mengelola kawasan hutan secara efisien dan lestari sesuai dengan fungsi dan tujuannya. Pembentukan KPH bertujuan untuk mendorong pemanfaatan sumber daya hutan di tingkat tapak dan dapat memfasilitasi perencanaan hutan sebagaimana yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.6/Menhut-II/2010 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan. Pada tahun 2016, 529 Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi (KPHP) dan Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) telah ditetapkan, disamping telah ditetapkannya 98 Kesatuan Pengelolaan Hutan Konservasi (KPHK).

Penerapan metoda inventarisasi hutan yang efisien di tingkat KPH adalah prakondisi yang diperlukan dalam penyusunan rencana kerja 10 tahunan disamping penyusunan rencana kerja tahunan pada KPH, yang juga merupakan reformasi yang sangat penting dalam tata kelola hutan di Indonesia. Inventarisasi hutan dalam KPH perlu dilaksanakan secara periodik, baik di tingkat resot dan petak dalam rangka menyediakan dasar bagi pengelolaan hutan dengan identifikasi potensi hutan maupun hasil hutan bukan kayu.

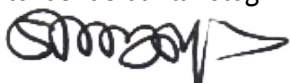
Dalam konteks tersebut, sesungguhnya petunjuk teknis inventarisasi hutan telah ada dan disusun oleh Kementerian Kehutanan – Direktorat Wilayah Pengelolaan Perencanaan dan Pembentukan Wilayah Pengelolaan Hutan pada tahun 2012. Selanjutnya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan bekerja sama dengan *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, FORCLIME Forests and Climate Change Programme*, menginisiasi peninjauan kembali dan proses revisi atas petunjuk teknis tersebut mulai tahun 2014 berdasarkan pertimbangan akademis, inventarisasi khusus yang diperlukan untuk tingkat KPH serta kondisi nyata di lapangan.

Publikasi ini merupakan hasil proses peninjauan kembali atas peraturan yang ada, yang berlangsung selama dua tahun telah melibatkan para ahli inventarisasi dan pemantauan hutan tingkat internasional maupun nasional dari berbagai lembaga dan institusi. Hasilnya adalah rekomendasi dan pilihan-pilihan untuk melakukan perbaikan yang dapat dipertimbangkan dalam proses revisi petunjuk teknis inventarisasi hutan tingkat KPH (No. P.67/2006).

Sebagai tambahan Direktorat Jenderal Planologi dan Tata Lingkungan telah menugaskan FORCLIME untuk menerbitkan hasil-hasil proses tersebut di atas menjadi dokumen referensi mengenai standar minimum inventarisasi tingkat KPH bagi para pihak yang merupakan praktisi inventarisasi hutan maupun pengelola KPH dengan rekomendasi selengkapnyanya.

Kami ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini dan semoga dapat menjadi petunjuk dalam proses pelaksanaan inventarisasi hutan dalam pengelolaan tingkat KPH.

Direktur Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan



**Prof. Dr. Ir. San Afri Awang, MSc.**

## Kata Pengantar

Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) adalah sebuah organisasi tingkat provinsi yang menyediakan pelayanan publik di bawah pemerintah pusat dan pemerintah daerah, entitas pengelolaan hutan yang permanen dan merupakan unit operasional atas kawasan hutan yang telah ditentukan. KPH bertugas untuk membuat perencanaan dan melaksanakan pengelolaan dalam wilayah jurisdiksinya sebagai bagian integral dari tanggung jawabnya. Selanjutnya, setiap KPH harus melaksanakan tugas pemantauan, melayani pendampingan dan mengawasi fungsi-fungsi kawasan hutan yang diserahkan untuk dikelola olehnya. Khususnya dalam kawasan hutan yang harus dikelola sendiri oleh KPH (biasa disebut dengan “wilayah tertentu”, yaitu kawasan hutan produksi maupun hutan lindung yang tidak dibebani oleh ijin, merupakan kawasan hutan yang tidak diberikan kepada pihak ketiga, misalnya perusahaan konsesi), harus melakukan inventarisasi pengelolaan hutan yang sesuai sebagai dasar pengelolaan hutan secara lestari (PHL).

Publikasi ini menyajikan rekomendasi untuk perencanaan inventarisasi hutan dalam konteks tata hutan dan penyusunan rencana pengelolaan hutan dalam Kesatuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) dan Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi (KPHP). Langkah pertama yang dilakukan dalam menyusun publikasi ini adalah peninjauan kembali atas petunjuk teknis yang ada saat ini serta melakukan diskusi-diskusi mengenai usulan metoda inventarisasi hutan yang didasarkan pada pengetahuan akademis maupun pertimbangan praktis. Kompilasi dokumen-dokumen terkait dilakukan selama kurun waktu 2015-2016, termasuk penyelenggaraan beberapa kali lokakarya dan pelatihan. Hasil dari lokakarya-lokakarya tersebut dibahas dalam proses penyusunan perencanaan inventarisasi pengelolaan, yang kemudian dituangkan dan menghasilkan publikasi ini. Secara garis besar, buku ini terdiri dari dua bagian :

1. Prosedur inventarisasi hutan yang mendeskripsikan latar belakang, konteks/tujuan, dan justifikasi atas inventarisasi pengelolaan hutan di Indonesia. Prosedur ini mengelaborasi rincian teknis dari bagian-bagian rancangan inventarisasi.
2. Panduan lapangan yang menjelaskan prosedur inventarisasi dalam bentuk instruksi teknis dan definisi sebagai panduan mengikat ketika melaksanakan kegiatan lapangan.

Sebagai catatan, keterlibatan aktif dari staf KPH dalam proses perencanaan lebih lanjut merupakan kunci keberhasilan proses perencanaan KPH. Informasi setempat yang diperlukan dan batasan-batasannya dalam proses perencanaan maupun pelaksanaan inventarisasi pada tingkat KPH perlu dipertimbangkan dan hanya dapat dirumuskan bersama Kepala KPH yang meyakini informasi yang diperoleh dari proses inventarisasi untuk tujuan pengelolaannya.

Buku **Penentuan Standar Minimum untuk Inventarisasi Pengelolaan Hutan pada Tingkat KPH** ini merupakan dasar bagi Kepala KPH dan pihak-pihak terkait sebagai pedoman dalam melakukan inventarisasi pengelolaan hutan di lapangan.

Direktur Penasehat Utama



**Georg Buchholz**



**Bagian**

**I**

**Perencanaan  
inventarisasi manajemen  
pada tingkat KPH**





## 1 Latar Belakang – Inventarisasi manajemen pada tingkat KPH

Pembentukan 120 Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) pada tahun 2014 merupakan salah satu indikator kinerja utama dalam Rencana Strategis Kementerian Kehutanan (Permenhut No. P.51/Menhut/II/2010 tertanggal 31 Desember 2010). Pembentukan KPH memiliki tujuan untuk mendorong pemanfaatan sumber daya hutan yang lebih berkelanjutan di tingkat tapak dan memfasilitasi perencanaan hutan sebagaimana dimaksud dalam Permenhut No. P6/Menhut-II/2010 tentang perencanaan pemanfaatan hutan dan pengembangan rencana pengelolaan hutan. Dalam konteks ini, maka pedoman teknis untuk inventarisasi hutan harus dikembangkan. Pedoman teknis diharapkan mampu menggambarkan lingkup dan tujuan dari inventarisasi hutan serta menentukan persyaratan minimum untuk elemen desain yang berbeda, seperti desain pengambilan contoh, plot, dan pendugaan untuk inventarisasi berbasis sampel, yang harus diterapkan untuk inventarisasi di tingkat KPH (KPHP, KPHL).

Tujuan utama dari inventarisasi manajemen di area yang berbeda pada suatu KPH ialah untuk menghasilkan dasar yang kuat bagi pengelolaan sumber daya hutan secara berkelanjutan. Setidaknya terdapat dua jenis informasi yang dibutuhkan dalam merencanakan pengelolaan yang berkelanjutan, yaitu: jumlah sumber daya per satuan luas yang aktual dan laju perubahan atau pertumbuhan yang diharapkan di kemudian hari. Informasi pertama, yaitu jumlah sumber daya per satuan luas, dapat diperkirakan/diduga melalui inventarisasi yang direncanakan secara statistik, sedangkan informasi kedua, yaitu laju perubahan atau pertumbuhan, membutuhkan model pertumbuhan. Model tersebut dapat dibuat berdasarkan inventarisasi permanen atau penilaian secara berkala dari sumber daya yang diteliti untuk memonitor perubahan dari waktu ke waktu.

KPH bersifat sangat heterogen dalam hal komposisi, kondisi lingkungan, jenis hutan, tujuan produksi atau pengelolaan, luas area, dan keahlian serta kapasitas sumber daya manusia yang tersedia untuk melaksanakan inventarisasi hutan. Mengingat kondisi yang sangat bervariasi tersebut, tidak praktis untuk menentukan satu standar tetap bagi seluruh inventarisasi manajemen hutan. Standar yang praktis harus bersifat fleksibel dan mudah diadaptasi dengan kondisi setempat, kebutuhan informasi yang aktual, dan tujuan pengelolaan dari KPH yang beragam. Standar yang berguna seharusnya berisi rekomendasi mengenai cara mengadaptasi elemen desain inventarisasi hutan yang bersifat umum, seperti desain pengambilan contoh, plot, dan pendugaan, terhadap kondisi lingkungan yang sebenarnya dan kebutuhan informasi di masa depan. Berikut ini merupakan beberapa kriteria umum dan pilihan desain serta petunjuk sederhana mengenai bagaimana mengadaptasi desain pengambilan contoh dan plot yang bersifat umum untuk tujuan khusus.

## 1.1 Kriteria perencanaan umum untuk inventarisasi hutan

Titik awal dalam pengembangan strategi inventarisasi hutan adalah kebutuhan informasi dari masing-masing pembuat keputusan. Inventarisasi hutan bukan merupakan tujuan akhir, melainkan respon terhadap kebutuhan informasi yang bersifat eksplisit maupun implisit. Inventarisasi hutan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan tersebut sepanjang memungkinkan untuk dilakukan secara teknis maupun finansial.

Prinsip-prinsip perencanaan inventarisasi hutan pada tingkat KPH merupakan hasil dari tujuan umum pengelolaan sumber daya hutan yang berencana dan berkelanjutan. Inventarisasi harus mampu memberikan informasi yang dibutuhkan sebagai dasar bagi pengelolaan yang berencana dan berkelanjutan, rehabilitasi atau konservasi sumber daya yang ada, dan bergantung pada tujuan pengelolaan yang sebenarnya. Prinsip-prinsip utama perencanaan inventarisasi manajemen dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Permanen (hingga batas tertentu) dan berkala dalam interval waktu yang memadai
  - Berbeda dengan inventarisasi “*one-shot*” yang mampu memberikan gambaran mengenai kondisi sumber daya secara aktual, inventarisasi pengelolaan sebaiknya direncanakan sebagai inventarisasi permanen sehingga mampu memonitor perubahan pada variabel target dan konsisten dari waktu ke waktu. Informasi mengenai perubahan merupakan informasi inti untuk mampu menilai secara retrospektif keberhasilan perencanaan pengelolaan hutan di masa lalu dan untuk membuat perencanaan pengelolaan hutan pada periode perencanaan selanjutnya. Perubahan dapat diperkirakan melalui inventarisasi secara berkala, yang kemudian disebut dengan istilah inventarisasi “permanen”. Hal tersebut berarti bahwa lokasi pengambilan contoh yang sama dikunjungi kembali, dan pengamatan dilakukan pada plot yang sama dan dari pohon-pohon yang sama dalam seluruh siklus inventarisasi.
2. Teruji secara statistik (pada tingkat KPH atau strata, belum tentu pada tingkat petak)
  - Perkiraan dari inventarisasi hutan disebut kredibel hanya jika desain inventarisasi mengikuti metode dan pendekatan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Inventarisasi hutan merupakan studi ilmiah empiris yang kompleks sehingga perlu direncanakan dengan seksama. Oleh sebab itu, ahli inventarisasi dengan latar belakang yang kuat dalam statistik pengambilan contoh dan statistik pemodelan perlu diikuti sertakan dalam pengembangan desain inventarisasi. Metode yang teruji berarti bahwa rincian metode inventarisasi terdokumentasi dengan baik, sehingga perencanaan dan implementasi dari semua langkah inventarisasi bersifat transparan dan dapat dimengerti oleh pihak yang tidak terlibat dalam studi yang dilakukan. Perkiraan yang akurat, termasuk tingkat ketelitian dan selang kepercayaan yang tinggi, untuk setiap variabel target hanya dapat dihasilkan apabila inventarisasi dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip metode statistik pengambilan contoh. Ketelitian yang tinggi diinginkan untuk perkiraan pada

tingkat strata (mis. tipe hutan yang berbeda). Ketelitian yang rendah masih dapat diterima pada tingkat petak tunggal.

### 3. Efisiensi keseluruhan

- Inventarisasi harus direncanakan seperti layaknya studi empiris lainnya, yakni tujuan yang sudah ditetapkan dapat dicapai menggunakan sumber daya (finansial dan sumber daya manusia) yang tersedia. Tujuan dari inventarisasi pada umumnya ditetapkan berdasarkan tingkat ketelitian perkiraan pada variabel target inti dan untuk unit pelaporan tertentu (kawasan KPH, blok atau strata hutan yang lebih besar), sehingga pertimbangan efisiensi sebaiknya selalu mengacu kepada optimasi elemen desain teknis maupun alokasi sumber daya yang tersedia: desain inventarisasi harus mampu mencapai tingkat ketelitian yang ditetapkan, namun juga memungkinkan untuk dilakukan secara teknis maupun finansial.

### 4. Pertimbangan perbedaan tingkat keahlian inventarisasi pada setiap KPH

- Seluruh elemen desain yang menjadi standar minimum sebaiknya direncanakan semudah dan sesederhana mungkin, dan hanya serumit yang diperlukan. Tidak seluruh staf KPH memiliki pengetahuan mendalam mengenai statistik pengambilan contoh atau analisis penginderaan jauh.

### 5. Integrasi penginderaan jauh

- Untuk daerah yang sangat luas atau sulit untuk diakses, integrasi data dari penginderaan jauh dapat menjadi salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi inventarisasi. Stratifikasi / *stratification* atau pengambilan contoh berganda untuk stratifikasi / *double sampling for stratification* (DSS) merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan, namun metode yang digunakan sebaiknya merupakan metode yang mudah untuk diterapkan dan digunakan oleh staf di tingkat lokal.

### 6. Kemampuan beradaptasi terhadap kebutuhan khusus dan kondisi lingkungan

- Agar fleksibel, standar minimum harus dapat menjelaskan beberapa opsi desain yang bersifat umum (mis. desain plot dasar) dan kumpulan opsi praktis mengenai cara menyesuaikan desain dasar terhadap kebutuhan di tingkat lokal atau terhadap kondisi lingkungan.

### 7. Integrasi dengan inventarisasi lain

- Inventarisasi pada tingkat KPH sebaiknya mengikuti grid yang digunakan pada Inventarisasi Hutan Nasional (National Forest Inventory – NFI). Dengan demikian, maka grid pengambilan contoh yang digunakan pada setiap KPH mengacu kepada grid pada NFI. Untuk mengurangi biaya, inventarisasi hutan sebaiknya dikombinasikan dengan penilaian lainnya (mis. *sampling* tanah atau monitoring keanekaragaman hayati). Untuk variabel-variabel umum yang juga dikaji dalam NFI, maka kategori dan definisi variabel yang sama juga sebaiknya digunakan dalam inventarisasi.

## 8. Perbandingan antar KPH

- Meskipun desain pengambilan contoh dan plot dapat disesuaikan dengan kondisi setempat, tipe hutan, dan kebutuhan informasi, hasil dari inventarisasi harus dapat dibandingkan antar KPH.

Prinsip-prinsip di atas harus dipertimbangkan saat merencanakan opsi-opsi desain pengambilan contoh dan plot dasar.

### 1.2 Tujuan dan skala spasial dari inventarisasi manajemen

Ruang lingkup dari inventarisasi manajemen hutan atau FMI adalah untuk memberikan gambaran tentang sejauh mana sumber daya alam (kayu, hasil hutan bukan kayu, jasa lingkungan/ekosistem, wisata alam, keanekaragaman hayati...) dan pemanfaatannya dalam kawasan hutan di KPH dikelola secara aktif. Istilah pengelolaan tidak hanya terbatas pada produksi kayu, namun juga termasuk tujuan lainnya, seperti konservasi. Data yang diambil akan digunakan dalam perencanaan jangka menengah KPH untuk mencapai hasil yang berkelanjutan, sebagai dasar bagi perencanaan pengelolaan atau sebagai dasar bagi keputusan yang terkait dengan konservasi atau rehabilitasi. Inventarisasi manajemen hutan merupakan inventarisasi permanen yang dilakukan dalam jangka waktu yang tetap untuk mendapatkan informasi mengenai status dan perubahan sumber daya pada seluruh tingkat KPH atau pada tingkat strata yang lebih besar, seperti tipe hutan atau zona pengelolaan. Permanen di sini mengacu pada desain inventarisasi, di mana hampir seluruh plot dikunjungi kembali dan pengamatan diambil dari titik-titik yang sama. Pengamatan yang bersifat “dependen” yang diambil dari titik yang sama dalam waktu yang berbeda tersebut dapat memberikan perkiraan perubahan yang lebih akurat dibandingkan inventarisasi yang bersifat “independen”, di mana plot atau titik berbeda dikunjungi saat melakukan inventarisasi ulang.

**Karena resolusi spasialnya, inventarisasi manajemen hutan tidak sesuai untuk memberikan informasi rinci mengenai suatu tegakan hutan, blok hutan yang lebih kecil atau petak individu!** Oleh karena itu, inventarisasi manajemen hutan tidak dapat digunakan untuk menghasilkan data sebagai dasar perencanaan skala kecil. Biasanya, inventarisasi yang direncanakan secara statistik pada tingkat KPH dikombinasikan dengan survei non-statistik atau metode taksasi pada tingkat manajemen petak terkecil. Survei tegakan atau petak tersebut merupakan cara untuk mengalokasikan laju pemanenan berkelanjutan (kayu atau hasil hutan bukan kayu) pada seluruh KPH kepada unit manajemen yang eksplisit secara spasial. Inventarisasi petak tidak direncanakan sebagai studi pengambilan contoh berdasarkan statistik, namun lebih berdasarkan kepada survei non-statistik pada daerah tersebut. Survei non-statistik memberikan ruang untuk mengumpulkan informasi spesifik mengenai lokasi tersebut yang tidak memerlukan selang kepercayaan statistik (karena tidak ada prosedur statistik yang diterapkan) dan bertujuan hanya untuk mendeskripsikan suatu tegakan hutan. Aspek lainnya, seperti pemetaan biotop atau informasi umum lain, biasanya juga dikumpulkan dengan menggunakan survei serupa atau taksasi. Delineasi kawasan



hutan pada blok atau suatu petak manajemen diperlukan untuk dapat menggambarkan masing-masing kawasan secara individu.

### **1.3 Metode survei tegakan tersebut tidak dibahas dalam dokumen ini, namun sebaiknya disusun secara paralel dengan inventarisasi manajemen Kebutuhan informasi pada tingkat KPH**

Kebutuhan informasi yang mendorong dilakukannya FMI adalah kebutuhan informasi pada KPH atau perusahaan kehutanan. Meskipun kebutuhan tersebut mungkin berbeda untuk beberapa hal dan prioritas (mis. kawasan dengan tekanan populasi yang tinggi memiliki kebutuhan informasi yang berbeda dengan kawasan dengan tekanan populasi yang rendah), terdapat kumpulan informasi inti yang diperlukan baik oleh KPH maupun perusahaan kehutanan. Informasi inti tersebut merujuk kepada informasi mengenai semua elemen yang berkaitan dengan stok pertumbuhan (atau “modal produksi”) yang mencakup semua fungsi hutan yang dapat dipasarkan (mis. produksi kayu, produksi hasil hutan bukan kayu) dan informasi mengenai perubahan pada fungsi hutan tersebut (produksi dan produktivitas). Tergantung pada tujuan spesifik dari bagian hutan dan juga peraturan hukum mengenai manajemen hutan, fungsi lainnya juga perlu diperhitungkan, seperti, misalnya, fungsi konservasi keanekaragaman hayati, perlindungan tanah, perlindungan sumber air, dan rekreasi/wisata.

Lebih jauh, informasi yang dibutuhkan sebagai dasar untuk rencana pengelolaan pada tingkat KPH tidak bersifat statis, dan kemungkinan akan berubah dari waktu ke waktu. Hal tersebut disebabkan oleh perubahan pada target pengelolaan yang disesuaikan dengan situasi pasar atau sejauh mana laju perubahan dan status dari sumber daya yang tersedia dalam KPH. **Oleh karena itu, inventarisasi pengelolaan hutan sebaiknya direncanakan dengan sedemikian rupa agar inventarisasi tersebut juga dapat memenuhi kebutuhan informasi di masa yang akan datang.** Sumber daya hutan untuk produksi kayu sudah banyak terdegradasi pada KPH yang baru dibentuk. Oleh sebab itu, rencana pengelolaan jangka menengah aktual (dan rencana bisnis) akan cenderung berfokus pada sumber daya lainnya, seperti Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Namun jika pengelolaan kawasan hutan yang terdegradasi berhasil, maka target pengelolaan dapat berubah menjadi memproduksi kayu secara berkelanjutan apabila tegakan hutan sudah ter rehabilitasi dengan baik. Untuk mendapatkan informasi yang cukup mengenai perkembangan sumber daya kayu di masa lalu, pengumpulan data untuk variabel-variabel hutan dasar sebaiknya dilakukan sejak awal. Pengumpulan informasi tersebut juga diperlukan untuk memonitor keberhasilan dari aktivitas rehabilitasi atau konservasi. Karena terbatasnya tabel hasil dan model pertumbuhan bagi banyak spesies pohon tropis, maka data historis mengenai perkembangan tegakan tersebut menjadi informasi dasar yang berharga untuk mengetahui informasi pertumbuhan yang kemudian dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan sumber daya hutan (kayu) secara berkelanjutan.

Oleh karena itu, kebutuhan informasi untuk target pengelolaan jangka menengah dan kebutuhan informasi umum untuk memenuhi target pemanfaatan sumber daya hutan jangka panjang sebaiknya dipisahkan. Mengumpulkan informasi standar mengenai variabel-variabel inti merupakan syarat minimum untuk setiap manajemen hutan.

Kebutuhan akan informasi yang berasal dari peraturan terkait tentang pembentukan inventarisasi pengelolaan pada tingkat KPH belum didefinisikan dengan jelas dan kadang sangat kabur. Secara umum, informasi sebaiknya diberikan dalam berbagai aspek yang berbeda, seperti:

- Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) / NTFP
- Pembalakan liar/ *illegal logging*
- Kepemilikan
- Biodiversitas flora dan fauna (area prioritas)
- Sumber daya kayu (pada beberapa area)
- Status rehabilitasi (konsesi rehabilitasi)
- Informasi sosio-ekonomi masyarakat

Mengintegrasikan seluruh informasi yang berbeda dan bersifat umum tersebut merupakan hal yang sulit. Oleh karena itu, informasi yang dapat diperoleh dari inventarisasi berbasis sampel sebaiknya dipisahkan dari informasi lainnya yang memerlukan teknik tambahan atau teknik lainnya, seperti wawancara dengan masyarakat lokal atau analisis penginderaan jauh. Berikut adalah saran-saran untuk standar minimum bagi inventarisasi hutan yang berfokus pada indikator-indikator yang dapat secara realistis diintegrasikan dalam inventarisasi berbasis sampel dan dapat diamati di lapangan.

### **1.3.1 Menterjemahkan kebutuhan informasi menjadi indikator**

Menterjemahkan kebutuhan informasi menjadi indikator (variabel) yang dapat diukur dan diamati di lapangan merupakan aspek utama dalam merencanakan suatu inventarisasi. Selain persyaratan minimum yang sudah ditetapkan yang berfokus pada variabel standar yang biasanya dikaji dalam konteks inventarisasi hutan, terdapat kebutuhan informasi tambahan pada setiap KPH. Setiap pengelola KPH bertanggung jawab untuk mengidentifikasi dan mengintegrasikan lebih jauh variabel-variabel tambahan yang perlu diamati untuk memenuhi tujuan perencanaan yang spesifik. Apabila terdapat variabel tambahan yang perlu disertakan, maka setiap variabel tambahan tersebut harus didefinisikan secara jelas. Memperkenalkan variabel tambahan yang harus diukur dan diamati di lapangan memerlukan (i) deskripsi yang jelas mengenai pengukuran variabel (apabila berupa variabel metrik) atau definisi yang jelas mengenai kelas/kategori (apabila berupa variabel kategori), dan (ii) ketelitian pengukuran atau jumlah dan deskripsi kelas-kelas yang dapat digunakan. Variabel-variabel tambahan tersebut sebaiknya dimasukkan ke dalam panduan lapangan. Untuk setiap variabel baru, harus dijelaskan bagaimana indikator tersebut digunakan untuk

memperoleh informasi yang diperlukan dan bagaimana informasi tersebut digunakan dalam analisis data. Merencanakan bagaimana cara mengamati variabel-variabel tambahan dan bagaimana hasil pengamatan tersebut dapat diintegrasikan ke dalam desain plot yang diajukan juga sebaiknya dilakukan. Selanjutnya, biaya tambahan (dalam hal tambahan waktu dan usaha yang diperlukan untuk mengkaji variabel tambahan) juga perlu dipertimbangkan secara saksama.

Banyak variabel dapat diamati secara langsung, seperti “jenis pohon” atau “diameter pohon” – namun untuk variabel lainnya yang lebih kompleks, perlu dikembangkan suatu sistem indikator. Misalnya, “biodiversitas” dan “status degradasi” tidak dapat diamati secara langsung. Kedua variabel tersebut memerlukan pengamatan dari kumpulan variabel indikator yang dapat dengan mudah diamati. Sistem indikator biasanya merupakan hasil dari diskusi dan penelitian serta kesepakatan di antara para ahli nasional.

Definisi dari setiap variabel yang termasuk dalam inventarisasi manajemen hutan di Indonesia sudah dipandu oleh beberapa pertimbangan efisiensi:

Secara umum

1. Kumpulan variabel terbatas pada variabel-variabel yang tidak tersedia atau tidak dapat didapatkan dengan mudah (atau tidak memungkinkan secara finansial) dari sumber-sumber lain;
2. Setiap variabel perlu dijustifikasi secara individu mengapa variabel tersebut perlu diamati. Mengumpulkan data tanpa membuat rencana analisis data tersebut biasanya menjadi percuma, kecuali ada perkiraan bahwa variabel tersebut akan menjadi relevan di masa yang akan datang dalam konteks “permasalahan yang muncul”.
3. Kumpulan variabel yang digunakan untuk FMI sudah didefinisikan sesuai dengan kebutuhan yang disampaikan oleh para mitra dan sesuai dengan variabel standar FMI. Tentu saja terdapat batasan-batasan khususnya bagi variabel yang memerlukan keahlian atau pengetahuan khusus yang sangat memakan waktu atau terlalu menuntut secara logistik.

Dalam menentukan kebutuhan informasi, penting untuk ditekankan bahwa kebutuhan akan pemetaan pada umumnya bukan merupakan bagian dari FMI. FMI merupakan inventarisasi berbasis sampel dan digunakan untuk menghasilkan perkiraan statistik untuk variabel target yang sudah ditetapkan. Untuk melaksanakan FMI, peta-peta perlu tersedia, dan tentunya kualitas peta dapat divalidasi saat melaksanakan FMI. Harapan bahwa FMI juga seharusnya menghasilkan peta biotop, peta habitat, peta kualitas lokasi, ... adalah salah. Namun, FMI dapat memberikan masukan mengenai proses pemetaan, dalam hal ini misalnya saat data lapangan yang dihasilkan oleh FMI digunakan sebagai data dalam pelatihan tentang pemetaan berbasis penginderaan jauh.

## 2 Metode

Berikut ini adalah deskripsi dari kumpulan metode utama yang digunakan dalam inventarisasi hutan. **Elemen-elemen desain yang berbeda dalam studi pengambilan contoh yang perlu direncanakan adalah desain pengambilan contoh, plot, dan perkiraan.** Metode yang diajukan mengasumsikan bahwa terdapat sejumlah informasi sebelumnya yang wajib tersedia sebagai dasar dari perencanaan inventarisasi. Informasi tersebut seharusnya tersedia di masing-masing KPH. Untuk tujuan perencanaan, informasi mengenai batas KPH (sebaiknya dalam bentuk data vektor di SIG) atau zonasi sesuai dengan penggunaan hutan diperlukan. Produk-produk utama dari penginderaan jauh juga sebaiknya tersedia. Beberapa jenis data yang diperlukan dapat diperoleh dari lembaga nasional, seperti LAPAN atau IPSDH, data lainnya yang tersedia secara bebas (seperti citra Landsat multitemporal atau produk standar yang berasal dari data ini) dan dapat diperoleh oleh setiap KPH.

### 2.1 Penentuan area target untuk inventarisasi

Dalam inventarisasi hutan berbasis sampel/ contoh, populasi didefinisikan sebagai total area yang diteliti. Lokasi pengambilan contoh dipilih dari populasi tersebut. Untuk inventarisasi murni yang harus menghasilkan data untuk tujuan manajemen, akan lebih efisien jika membatasi kerangka pengambilan contoh (area di mana pengamatan lapangan akan diambil) pada area-area yang sudah dikelola atau akan dikelola dalam waktu dekat. Pengelolaan di sini mengacu pada seluruh aktivitas yang sudah direncanakan yang harus dimonitor dan tidak terbatas hanya kepada produksi kayu. Konservasi dan pemanfaatan HHBK juga merupakan bagian dari pengelolaan. Oleh karena itu, **tidak semua area hutan di sebuah wilayah KPH harus diinventarisasi.** Pengambilan contoh sebaiknya dibatasi pada area-area di mana data untuk perencanaan pengelolaan dibutuhkan dan/atau belum tersedia dari sumber lain. Biasanya area-area tersebut merupakan area yang sulit diakses. Karena KPH biasanya terdiri dari kawasan hutan yang berbeda-beda (kawasan konsesi, hutan kemasyarakatan, kawasan konservasi / area rehabilitasi, ...), maka langkah awal dalam perencanaan adalah mengidentifikasi dan memprioritaskan area-area di dalam KPH di mana pengelola KPH diwajibkan untuk membuat perencanaan dan melaksanakan inventarisasi. Area-area tersebut biasanya merupakan “hutan publik” yang belum memiliki pengelolaan yang terencana dan berkelanjutan. Wilayah yang sudah termasuk dalam inventarisasi permanen (seperti wilayah konsesi) dapat dikeluarkan dari perencanaan selanjutnya. Peta resmi dan sertifikat tanah yang ada dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mendelineasi area target untuk inventarisasi (kerangka pengambilan contoh).



Selain kebutuhan informasi aktual untuk tujuan perencanaan, informasi lainnya juga mungkin diperlukan untuk mengetahui total luas hutan di dalam KPH. Jika, misalnya, inventarisasi mengenai stok karbon akan diintegrasikan ke dalam inventarisasi, maka informasi mengenai total area hutan menjadi relevan. Namun kebutuhan informasi tersebut sebaiknya dilengkapi dengan studi lain yang juga dapat diintegrasikan sebagian ke dalam inventarisasi. Karena tujuan utama dan kebutuhan akan informasi yang paling mendesak muncul dalam konteks perencanaan untuk pengelolaan yang berkelanjutan, maka tujuan ini harus ditangani dengan prioritas yang lebih tinggi.

Untuk mendefinisikan kerangka pengambilan contoh secara jelas, maka zonasi wilayah KPH diperlukan apabila hal tersebut belum dilakukan. Zonasi dapat memberikan informasi mengenai kebutuhan informasi yang berbeda pada area yang berbeda dan membantu dalam membatasi inventarisasi pada zona yang berbeda sehingga data yang dikumpulkan benar-benar yang diperlukan. Pembedaan yang jelas antar zona serta prioritas monitoring dari masing-masing zona tidak mungkin dilakukan tanpa informasi dari kunjungan lapangan. Oleh karena itu, survei dasar pada area-area hutan perlu dilakukan untuk mengumpulkan informasi dasar mengenai prioritas manajemen, penggunaan produk, dan status rehabilitasi atau keanekaragaman hayati. Survei tersebut bukan dimaksudkan sebagai inventarisasi statistik, namun sebatas pengumpulan informasi dasar mengenai lokasi-lokasi yang berbeda oleh staf KPH yang dapat membantu memberikan gambaran umum tentang suatu area. Dalam konteks zonasi, sebaiknya dibentuk SIG lengkap yang berisi informasi yang relevan (apabila belum ada). SIG tersebut juga sebaiknya digunakan untuk merencanakan inventarisasi hutan pada area-area berbeda di KPH.

### **2.1.1 Integrasi inventarisasi berbasis sampel dan zonasi hutan**

Zonasi kawasan hutan pada daerah dengan penggunaan hutan, prioritas konservasi atau potensi pemanfaatan HHBK yang berbeda dapat dikombinasikan dengan inventarisasi berbasis sampel. Dalam hal ini, penilaian mengenai plot contoh pada lokasi yang sudah ditentukan sebelumnya (yang didefinisikan oleh desain pengambilan contoh) perlu dikombinasikan dengan survei lapangan non-statistik dengan tujuan untuk membedakan dan mendelineasi zona-zona yang berbeda. Karena area dengan zona-zona berbeda tersebut belum diketahui sebelumnya dan baru akan diketahui saat kunjungan lapangan, maka belum dapat dipastikan berapa jumlah plot yang diperlukan untuk setiap zona. Selanjutnya, karena tim lapangan yang melaksanakan inventarisasi manajemen berbasis sampel akan berpindah dari satu plot ke plot lainnya, maka gambaran lengkap mengenai suatu area dan delineasi zona yang jelas di lapangan menjadi sulit untuk dilakukan atau menjadi kurang efisien. Namun, pengumpulan informasi untuk zonasi dapat diintegrasikan dengan melakukan pengamatan yang relevan dalam perjalanan dari satu plot ke plot lainnya. Karena tim lapangan tidak selalu mampu melakukan navigasi dalam garis lurus (karena kondisi medan dan akses yang sulit), maka informasi yang didapat tidak dapat digunakan dalam analisis statistik,

namun informasi tersebut tetap merupakan informasi yang penting yang dapat digunakan untuk memetakan zona-zona di kemudian hari. Apabila informasi tersebut digabungkan dengan informasi dari plot contoh (dari grid yang sistematis), kondisi lapangan/medan (*digital terrain model*) dan informasi lain seperti infrastruktur (jalan, sungai), maka draft pertama delineasi zona dapat dibuat. Namun draft tersebut harus direvisi dan divalidasi kemudian, sebagai contoh dalam konteks pengulangan inventarisasi setelah jangka waktu tertentu.

Pengumpulan informasi yang relevan (non-statistik) tersebut tidak deskripsikan secara rinci dalam dokumen ini. Biasanya buku catatan lapangan digunakan untuk menulis informasi yang relevan atau koordinat (atau trek) GPS, seperti persimpangan jalan dengan sungai, biotop khusus, pengamatan spesies langka, kondisi *terrain* yang relevan (mis. bebatuan, goa, ...). Data yang dihasilkan dapat memberikan informasi mengenai keberadaan objek-objek tersebut pada suatu wilayah, namun tidak dapat memberikan perkiraan mengenai jumlahnya secara keseluruhan. Agar tim lapangan dapat menandai atau menggambarkan fitur-fitur khusus di lapangan, maka peta lapangan yang dibuat dengan citra satelit beresolusi tinggi seharusnya disiapkan. Informasi mengenai peta lapangan dapat dilihat dengan lebih rinci pada bagian 2.3.1.

Apabila tim lapangan dapat melakukan navigasi dari satu plot ke plot lainnya dalam satu garis lurus, maka situasinya berbeda dan perkiraan statistik mengenai jumlah total objek yang diamati memungkinkan untuk dilakukan dengan mengikuti konsep pengambilan contoh transek (lihat 2.5.6).

## 2.2 Kumpulan variabel

Standar minimum mengusulkan kumpulan indikator dan variabel inti yang harus diukur atau diamati pada seluruh KPH di Indonesia. Karena tujuan pengelolaan KPH, kondisi lingkungan dan topografi (tipe hutan, *terrain*), sumber daya dan kapasitas yang tersedia untuk melakukan inventarisasi hutan sangat beragam antar KPH, maka harus ada kumpulan variabel inti yang menjadi standar minimum. Kumpulan variabel inti tersebut selanjutnya dapat ditambahkan dengan variabel dan indikator lain sesuai dengan tujuan manajemen dari masing-masing KPH.

Untuk memastikan konsistensi dari definisi variabel antara inventarisasi pada tingkat KPH dengan konsep yang sudah ada untuk NFI, maka akan lebih baik jika mengadopsi variabel-variabel (beserta definisi dan kelasnya) yang akan berguna dalam perencanaan manajemen dari panduan NFI. Hal tersebut bukan berarti bahwa semua variabel yang diukur dalam NFI harus diadopsi untuk inventarisasi Cukup mengadopsi variabel yang memang berguna saja dalam perencanaan pengelolaan! Variabel kategori yang bersifat umum seperti tipe hutan, spesies pohon, kelas kerusakan, dsb. harus dapat dibandingkan dengan informasi yang sudah ada atau dengan data NFI untuk menghindari kekeliruan dan kesalahan interpretasi antar sumber data yang berbeda!

Variabel-variabel dapat dikelompokkan dengan cara yang berbeda, baik berdasarkan tujuannya sebagai indikator atau berdasarkan entitas yang dideskripsikannya. Kedua aspek tersebut sebaiknya dipertimbangkan dalam merencanakan kumpulan variabel yang harus diamati. Sebagai contoh: mengelompokkan variabel berarti membentuk “kelompok informasi”, seperti “biodiversitas” atau “pengelolaan HHBK”. Variabel yang digunakan sebagai indikator dapat dirangkum ke dalam kelompok-kelompok tersebut. Satu variabel dalam kelompok “biodiversitas”, misalnya, bisa berupa jumlah spesies pohon atau struktur vertikal hutan (*layering*/lapisan). Pengelompokan tersebut berguna dalam menjelaskan makna, tujuan, dan prioritas dari setiap variabel.

Kumpulan variabel yang komprehensif telah didefinisikan dan dapat dibagi ke dalam kriteria-kriteria berbeda, di antaranya dibagi menjadi 2 kelompok:

1. Berdasarkan objek / topik di mana pengamatan dilakukan, seperti pohon, tegakan, topografi, lingkungan sekitar, tanah, vegetasi, ...
2. Berdasarkan perannya dalam analisis. Beberapa variabel digunakan untuk menggambarkan hutan yang ditemukan pada titik contoh (luas bidang dasar, strata tegakan, sediaan tegakan, keberadaan habitat trees, ...), beberapa variabel lain digunakan sebagai pengklasifikasi (tipe hutan/komposisi jenis, kemiringan, jarak ke jalan, ...), dan beberapa variabel lain yang mendukung perencanaan, pelaksanaan, dan optimasi inventarisasi (pengamatan waktu, posisi pohon, koordinat, ...).

Untuk pengelolaan data (dan sebagai basis untuk struktur basis data), maka akan lebih mudah jika variabel dikelompokkan berdasarkan “entitas” yang dideskripsikan oleh variabel tersebut atau berdasarkan unit pengamatan dan skala spasialnya. Contoh dari entitas adalah “plot contoh” dan “sub-plot contoh”.

Banyak variabel berbeda yang dapat mendeskripsikan area plot itu sendiri (seperti topografi dapat dideskripsikan oleh kemiringan, elevasi, arah lereng, ...).

Pada plot contoh, biasanya terdapat pohon yang juga merupakan entitas yang dapat dideskripsikan oleh variabel seperti DBH atau tinggi atau kerusakan.

Tiap variabel dideskripsikan dan didefinisikan dalam “Panduan Lapangan” yang merupakan bagian tambahan dari dokumen ini. Yang dimaksud dengan definisi dan deskripsi adalah pengertian variabel secara umum dan prosedur pengukuran/pengamatan yang perlu diterapkan untuk mengumpulkan data variabel tersebut, termasuk di dalamnya alat-alat pengukuran yang perlu digunakan untuk variabel metrik dan daftar kategori yang lengkap untuk variabel kategori. Sangat penting untuk diketahui bahwa seluruh definisi dan prosedur pengukuran tersebut harus benar-benar dipatuhi oleh semua tim lapangan. Kumpulan variabel inti (persyaratan minimum) dan variabel-variabel yang mungkin ditambahkan dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengelompokan variabel indikator berdasarkan skala pengamatan (kategori, pengukuran), masing-masing entitas, dan kategori informasi. Untuk setiap variabel, makna sebagai indikator untuk berbagai tujuan yang berbeda juga dijelaskan.

Skala pengamatan / Entitas	Variabel		Penginderaan jauh / integrasi SIG	Kategori informasi / tujuan manajemen				Persyaratan Minimum
	Kategori	Pengukuran		Produk kayu / kayu	HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu)	Biodiversitas / Konservasi	Jasa Ekosistem / Karbon	
Titik	Kelas aksesibilitas			Potensi pemanfaatan	Potensi pemanfaatan	Risiko gangguan	Kerentanan	YA
Titik		Waktu tempuh dari jalan			Potensi pemanfaatan	Risiko gangguan		YA
Titik		Koordinat	Ko-registrasi					YA
Titik		GPS Error	Ko-registrasi					YA
Titik	Konteks lansekap					Isolasi / fragmentasi		YA
Titik	Status lindung			Pembatasan/restriksi	Pembatasan/restriksi	Kepentingan / prioritas		YA
Titik			Eco-zone					YA
Titik			Daerah tangkapan air				Penyediaan air / penerima manfaat	YA
Titik		Elevasi				Prioritas konservasi		YA
Titik			Jarak ke permukiman			Risiko gangguan		
Titik			Jarak ke jalan			Risiko gangguan		
Petak	Asal mula (ditanam/alami)							YA
Petak	Manajemen sebelumnya					Status rehabilitasi	Kehilangan /perolehan	
Petak	Pembalakan terakhir					Status rehabilitasi		



Tabel 1. Lanjutan (1)

Skala pengamatan / Entitas	Variabel		Penginderaan jauh / integrasi SIG	Kategori informasi / tujuan manajemen				Persyaratan Minimum
	Kategori	Pengukuran		Produk kayu / kayu	HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu)	Biodiversitas / Konservasi	Jasa Ekosistem / Karbon	
Petak	Campuran/ Kelas keanekaragaman			Potensi	Potensi	Kepentingan	Stabilitas	YA
Petak	Layering/lapisan					Struktur vertikal / heterogenitas	Stabilitas	YA
Petak	Spesies langka			Restriksi	Restriksi	Zonasi / Area prioritas	Area prioritas	
Petak	Habitat khusus Biotop			Restriksi	Restriksi	Zonasi / Area prioritas	Area prioritas	YA
Petak	Pemanfaatan			Produk	Produk	Tekanan	Penerima manfaat	YA
Petak	Eksplorasi ilegal (jerat, ...)				Restriksi / keberlanjutan	Tekanan	Penerima manfaat	
Petak	Orangutan (lokasi sarang)			Restriksi	Restriksi	Zonasi / Area prioritas		
Petak	Bukti penggunaan intensif oleh satwa (sumber garam, ...)			Restriksi	Restriksi	Zonasi / Area prioritas		
Plot	Tipe hutan		Training data untuk klasifikasi	Potensi	Potensi	Zonasi / Area prioritas		YA
Plot	Sub-tipe hutan							
Plot	Kelas perkembangan			Potensi	Potensi			YA
Plot		Kemiringan	Training data untuk klasifikasi	Restriksi		Zonasi / Area lindung	Fungsi lindung	YA
Plot	Bentuk lahan		Training data untuk klasifikasi					YA
Plot	Arah lereng		Training data untuk					YA

Tabel 1. Lanjutan (2)

Skala pengamatan / Entitas	Variabel		Penginderaan jauh / integrasi SIG	Kategori informasi / tujuan manajemen				Persyaratan Minimum
	Kategori	Pengukuran		Produk kayu / kayu	HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu)	Biodiversitas / Konservasi	Jasa Ekosistem / Karbon	
Plot		Tutupan tajuk	klasifikasi Training data untuk klasifikasi			Degradasi	Fungsi lindung	YA
Plot	Vegetasi penutup tanah					Indikator keanekaragaman dan gangguan		YA
Plot		Tutupan vegetasi penutup tanah				Gangguan		YA
Plot	Spesies pengganggu							
Plot	Erosi tanah			Restriksi		Degradasi	Risiko/kehilangan	
Plot	Lapisan humus							
Plot		Luas bidang dasar		Potensi		Nilai konservasi	Densitas karbon	YA
Plot	Tekstur tanah			Kesesuaian jenis pohon-lahan		Kondisi lokasi	Sensitivitas tanah	
Plot	Warna tanah			Kesesuaian jenis pohon-lahan		Kondisi lokasi	Sensitivitas tanah	
Plot	Kelembapan tanah			Kesesuaian jenis pohon-lahan		Kondisi lokasi	Sensitivitas tanah	
Plot	Peristiwa kebakaran		Training data untuk klasifikasi	Kualitas	Cakupan / luas	Kehilangan biodiversitas	Kehilangan karbon	
Plot	Penyebab kebakaran					Tekanan		
Plot	Jeda waktu setelah kebakaran		Training data untuk klasifikasi			Rehabilitasi		

Tabel 1. Lanjutan (3)

Skala pengamatan / Entitas	Variabel		Penginderaan jauh / integrasi SIG	Kategori informasi / tujuan manajemen				Persyaratan Minimum
	Kategori	Pengukuran		Produk kayu / kayu	HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu)	Biodiversitas / Konservasi	Jasa Ekosistem / Karbon	
Plot	Kelembapan tanah			Kesesuaian jenis pohon-lahan		Kondisi lokasi	Sensitivitas tanah	
Plot	Kedalaman gambut			Restriksi		Prioritas konservasi	Stok karbon	
Plot	Pemanfaatan			Produk	Produk	Tekanan	Penerima manfaat	YA
Plot	Kelas diameter tunggak			Pembalakan legal/ilegal	Ekstraksi legal/ilegal	Tekanan / prioritas konservasi		
Plot		Jumlah tunggak		Volume yang diekstraksi	Volume yang diekstraksi			
Sub-plot regenerasi	Kelas tinggi regenerasi	Jumlah individu		Spesies kayu di datang	Spesies HHBK di masa yang akan datang	Pertumbuhan kembali / rehabilitasi / komposisi spesies	Gangguan/ potensi lokasi	YA
Sub-plot regenerasi	Kerusakan akibat penggembalaan			Kelestarian	Kelestarian	Tekanan	Kehilangan	
Sub-plot HHBK		Jumlah buluh bambu			Potensi HHBK	Gangguan		
Sub-plot kayu mati	Kategori kayu mati			Alami atau pembalakan (legal/ilegal)		Pembalakan liar	Biomassa / Karbon	
Sub-plot kayu mati		Diameter				Volume kayu mati	Biomassa / Karbon	
Sub-plot kayu mati		Panjang				Volume kayu mati	Biomassa / Karbon	
Pohon		Azimuth		Pertumbuhan satu pohon	Perubahan	Kehilangan spesies		YA

Tabel 1. Lanjutan (4)

Skala pengamatan / Entitas	Variabel		Penginderaan jauh / integrasi SIG	Kategori informasi / tujuan manajemen				Persyaratan Minimum
	Kategori	Pengukuran		Produk kayu / kayu	HHBK (Hasil Hutan Bukan Kayu)	Biodiversitas / Konservasi	Jasa Ekosistem / Karbon	
Pohon		Azimuth		Pertumbuhan satu pohon	Perubahan	Kehilangan spesies		YA
Pohon		Jarak		Pertumbuhan satu pohon	Perubahan	Kehilangan spesies		YA
Pohon	Spesies			Jenis komersial	Spesies HHBK	Diversitas / hubungan dengan komersial dan pionir	Kerapatan kayu	YA
Pohon		DBH		Sediaan tegakan (Vol)			Biomassa / Karbon	YA
Pohon		DOB						YA
Pohon		Tinggi banir		Volume batang		Jumlah pohon berbanir	Biomassa / Karbon	YA
Pohon		Tinggi (sub-contoh)		Kurva tinggi; Stok tegakan (Vol)		Struktur vertikal (Variabilitas)	Biomassa / Karbon	YA
Pohon		Tinggi komersial (sub-contoh)		Volume komersial				
Pohon	Bentuk batang			Produk/pembagian batang				
Pohon	Kerusakan			Kualitas kayu		Degradasi		YA
Pohon	Habitat					Nilai konservasi		YA
Pohon	Kelas komersial			Produk/pembagian batang				
Pohon	Kelas tajuk							
Pohon	Spesies HHBK				Potensi HHBK			



### 2.2.1 Pengorganisasian variabel untuk manajemen data

Berbeda dengan pengelompokan variabel yang dideskripsikan sebelumnya, data sebaiknya dibagi menjadi kelompok-kelompok yang berbeda berdasarkan skala referensinya dan/atau objek target untuk pengelolaan data. Pengelompokan tersebut lebih cocok untuk menciptakan struktur basis data yang sesuai dan untuk menganalisis data. Tiap variabel harus dideskripsikan secara jelas dalam hal skala pengukuran/pengamatan, nilai atau kelas (dalam hal skala biasa atau Boolean), dan ketelitiannya.

- **Informasi contoh [SAMPLE\_ ]:** Informasi umum mengenai sampel, seperti tanggal penilaian, tim lapangan, dsb.
- **Titik contoh [POINT\_ ]:** Semua variabel yang mendeskripsikan lokasi pengambilan contoh (titik tanpa dimensi), seperti koordinat, mdpl, dsb.
- **Petak/kompartemen [COMP\_ ]:** Karakteristik petak tegakan hutan atau manajemen hutan di mana titik contoh berada. Informasi ini merujuk pada kondisi di sekitar plot tersebut. Beberapa variabel juga dapat dikaji saat menuju plot.
- **Plot [PLOT\_ ]:** Variabel yang mendeskripsikan kondisi plot contoh yang sudah ditentukan. Variabel-variabel ini mendeskripsikan karakteristik yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan pohon di area plot dan yang dapat dihubungkan dengan data penginderaan jauh pada area plot dan sekelilingnya.
- **Pohon tunggal/ single tree [TREE\_ ]:** Variabel yang diukur atau diamati pada setiap individu pohon yang berada di dalam plot.
- **Kayu mati/ dead wood [DEAD\_ ]:** Apabila informasi mengenai kayu mati diperlukan, maka variabel pengamatan kayu mati yang masih berdiri atau rebah diperlukan.
- **Regenerasi [REG\_ ]:** Variabel yang dikaji pada sub-plot regenerasi mendeskripsikan status dari regenerasi.
- **HHBK/NTFP [NTFP\_ ]:** Variabel yang dikaji pada sub-plot HHBK yang merujuk pada hasil hutan bukan kayu.

Penamaan setiap variabel (dalam basis data, tidak selalu harus sama dengan formulir isian lapangan) harus mengikuti standar ini agar terdapat konsistensi dalam manajemen data. Mengikuti konsep di atas, diameter pohon (dbh yang diukur pada ketinggian 1,3 m) akan dinamakan TREE\_DBH karena atributnya berasal dari entitas "TREE".

Semua variabel ini akan dijelaskan lebih lanjut pada bagian-bagian selanjutnya.

## 2.3 Integrasi penginderaan jauh

Inventarisasi pengelolaan sebaiknya hanya dilaksanakan pada KPH yang memiliki rencana pengelolaan (rencana pemanfaatan sumber daya atau rencana konservasi); namun untuk beberapa alasan terdapat kepentingan untuk mendapatkan informasi mengenai luas total hutan. Penginderaan jauh memainkan peran yang penting dalam hal ini. Pada prinsipnya, terdapat dua opsi untuk mengintegrasikan data penginderaan jauh ke dalam inventarisasi hutan: 1) pada tahap perancangan inventarisasi, di mana penginderaan jauh dapat membantu meningkatkan efisiensi dalam desain pengambilan contoh dan desain plot di lapangan, atau 2) pada tahap perkiraan/ pendugaan. Untuk mengintegrasikan data penginderaan jauh ke dalam inventarisasi hutan, maka harus terdapat variabel target yang berkorelasi dengan indikator yang berasal dari penginderaan jauh (seperti NDVI atau indeks tekstur). Data penginderaan jauh dapat meningkatkan efisiensi dari proses perkiraan apabila korelasi dengan variabel pengamatan di lapangan diketahui.

Beberapa contoh cara mengintegrasikan data penginderaan jauh dalam tahap desain diberikan dalam konteks desain pengambilan contoh, sedangkan integrasi penginderaan jauh dalam tahap perkiraan dibahas secara singkat pada bagian desain perkiraan.

### 2.3.1 Pengumpulan training data untuk klasifikasi penginderaan jauh

Selain menggunakan data penginderaan jauh pada tahap perencanaan dan perkiraan inventarisasi hutan, juga penting untuk mengintegrasikan pengumpulan *training data* untuk klasifikasi penginderaan jauh ke dalam kerja lapangan. Hal ini bukan merupakan bagian dari inventarisasi yang sebenarnya, namun merupakan studi pelengkap yang dapat diintegrasikan ke dalam kerja lapangan. Pengumpulan data pelatihan tersebut (biasa dikenal dengan “*ground truth*”) tidak memiliki pengaruh langsung terhadap perkiraan variabel target berbasis sampel dari plot di lapangan, namun informasi tersebut merupakan informasi penting yang dapat digunakan sebagai dasar analisis penginderaan jauh di kemudian hari. *Training data* dibutuhkan untuk “melatih” algoritma klasifikasi dalam analisis penginderaan jauh. Data tersebut memberikan informasi aktual mengenai tutupan lahan (atau tipe dan struktur hutan) untuk kumpulan nilai pixel tertentu dari citra satelit.

Desain plot standar untuk inventarisasi manajemen biasanya berukuran relatif kecil, sehingga kurang sesuai untuk memberikan cukup informasi untuk klasifikasi penginderaan jauh. Oleh sebab itu, agar dapat mengintegrasikan pengumpulan *training data*, area yang lebih luas harus dipertimbangkan. Area yang lebih luas tersebut tidak untuk diukur, namun hanya untuk menentukan tipe tutupan lahan atau hutan.

Metode berikut ini terbukti efisien dan mudah diintegrasikan ke dalam inventarisasi berbasis sampel: berdasarkan citra satelit yang digunakan untuk klasifikasi terbimbing / *supervised classification*, peta wilayah dengan resolusi yang sesuai juga harus dibuat. Agar dapat menyoroti perbedaan tutupan lahan, analisis komponen utama (*principle component analysis*) dari *band* spektral perlu dilakukan untuk meningkatkan kontras antar kelas-kelas yang ada. Apabila perbedaan antar kelas dapat dilakukan melalui analisis citra, maka segmentasi (yaitu pengelompokan pixel ke dalam segmen berdasarkan karakteristik spektralnya) juga menjadi memungkinkan untuk dilakukan. Apabila tim lapangan dilengkapi dengan peta tersebut, maka mereka dapat mendeskripsikan tipe tutupan lahan atau tipe hutan untuk setiap segmen saat mereka melewati lokasi tersebut dan menetapkan kelas dari masing-masing segmen (kode tutupan lahan) pada peta tersebut. Cara lain untuk mengumpulkan *ground truth* yang lebih mengindahkan prinsip statistik adalah untuk membatasi penilaian pada area di sekitar lokasi plot contoh (mis. Jendela/ *map window* berukuran 100\*100 m). Namun, untuk dapat melakukan klasifikasi tersebut, tipe tutupan lahan atau tipe hutan sudah harus diketahui atau ditetapkan sebelumnya, sebelum pergi ke lapangan.

#### 2.4 Desain pengambilan contoh

Desain pengambilan contoh merujuk kepada (1) bagaimana contoh dipilih dan (2) ukuran contoh (=jumlah sampel).

Dari kedua metode desain pengambilan contoh dasar – pengambilan contoh acak sederhana / *simple random sampling* dan pengambilan contoh sistematis / *systematic sampling* – pengambilan contoh sistematis merupakan metode yang paling sering digunakan dalam monitoring hutan. Dengan jumlah plot yang sama, pengambilan contoh sistematis biasanya menghasilkan perkiraan yang lebih akurat dibandingkan pengambilan contoh acak sederhana. Hal tersebut berarti bahwa ketelitian target dapat dicapai dengan ukuran sampel yang lebih kecil dengan pengambilan contoh sistematis. Hal tersebut yang menyebabkan *systematic sampling* selalu menjadi pilihan pertama untuk inventarisasi hutan dan sepengetahuan penulis, tidak ada FMI yang menggunakan *simple random sampling*. Biasanya FMI menggunakan *systematic sampling* pada grid persegi yang menunjukkan hasil yang mendekati optimal dalam kaitannya dengan ketepatan atau ketelitian perkiraan.

Perencanaan mengenai desain pengambilan contoh yang sesuai bergantung kepada informasi yang tersedia sebelumnya mengenai wilayah KPH. Mengingat KPH di Indonesia memiliki kondisi yang sangat beragam, maka terdapat tiga desain alternatif yang diajukan, yaitu: **a) pengambilan contoh sistematis tak terstratifikasi / unstratified systematic sampling, b) penarikan contoh sistematis terstratifikasi / stratified systematic sampling, dan c) pengambilan contoh ganda terstratifikasi (pengambilan contoh dua fase) / double sampling for stratification (two phase sampling)**. Semua desain tersebut dijelaskan secara ringkas di bagian selanjutnya.

Desain-desain pengambilan contoh tersebut juga dapat dilaksanakan menggunakan pendekatan bertahap, dimulai dengan grid sistematis di seluruh area pada siklus pertama inventarisasi dan kemudian menerapkan teknik lanjutan di siklus berikutnya (pengulangan) saat lebih banyak data yang tersedia.

#### **2.4.1 Pengambilan contoh sistematis (tak terstratifikasi)/ Systematic sampling (unstratified)**

Dengan desain pengambilan contoh ini, grid sistematis yang tetap (biasanya kuadrat) ditumpangtindihkan dengan area hutan di dalam KPH (atau kerangka pengambilan contoh yang sudah ditentukan untuk inventarisasi). Grid tersebut harus diposisikan sejajar dengan grid dasar yang digunakan oleh NFI, yaitu (tergantung dengan lokasi di Indonesia) 20x20 km, 10x10 km atau 5x5 km. Oleh karena itu, grid pengambilan contoh sebaiknya direncanakan pada proyeksi peta yang sama dan lokasi pengambilan contoh NFI sebaiknya digunakan sebagai titik awal untuk grid KPH. Untuk menyelaraskan lebar grid dengan NFI, maka jarak titik harus direncanakan sebagai kelipatan dari jarak grid NFI. Berdasarkan perkiraan ukuran sampel yang diperlukan (lihat 2.4.5), lebar grid (dalam angka bulat) yang paling dekat harus diidentifikasi sebagai kelipatan dari grid dasar NFI. Penyelarasan grid dengan grid NFI harus memastikan bahwa studi pengambilan contoh pada masing-masing wilayah KPH secara prinsip dapat dikombinasikan dan dikumpulkan dengan beberapa KPH. Perencanaan dan implementasi dari grid pengambilan contoh harus dilakukan dalam SIG. Setelah mendefinisikan grid, semua koordinat grid harus dihitung dan diunggah ke dalam GPS yang akan dipakai dalam kerja lapangan.

Dengan pengambilan contoh tak terstratifikasi, maka intensitas pengambilan contoh yang sama (jumlah plot per area) dan desain plot yang sama digunakan untuk seluruh tipe hutan di semua area yang termasuk ke dalam kerangka pengambilan contoh.

#### **2.4.2 Pengambilan contoh sistematis terstratifikasi/ Stratified systematic sampling**

Apabila data yang sesuai tersedia dan dapat digunakan untuk membagi area hutan ke dalam subpopulasi-subpopulasi (disebut dengan strata) yang homogen, maka stratifikasi populasi dapat meningkatkan efisiensi dari inventarisasi. Pengambilan contoh terstratifikasi menjadi efisien terutama pada kasus di mana variabilitas di dalam strata tergolong kecil dan perbedaan rerata (*mean*) antara strata tergolong besar. Dalam hal ini, ketelitian yang lebih tinggi dapat dicapai dengan ukuran contoh yang sama. Selain permasalahan statistik, terdapat argumen lain mengenai stratifikasi, seperti pengorganisasian kerja lapangan.



Terdapat dua pendekatan stratifikasi, yaitu pra-stratifikasi di mana strata ditetapkan sebelum pengambilan contoh dimulai, dan pasca-stratifikasi di mana strata dibedakan saat pengambilan contoh dilakukan atau bahkan sesudahnya berdasarkan data yang diperoleh. Pada kasus yang pertama (pra-stratifikasi), strata harus didefinisikan terlebih dahulu dan – dalam kaitannya dengan strata geografis – didelineasi terlebih dahulu untuk menetapkan kerangka pengambilan contoh. Salah satu syarat agar pembagian populasi ke dalam strata-strata tidak saling tumpang tindih adalah ketersediaan informasi yang dapat digunakan sebagai kriteria stratifikasi. Dalam inventarisasi hutan, informasi tersebut mungkin tersedia dalam bentuk data pengelolaan hutan – atau data SIG atau dapat diperoleh dari data penginderaan jauh seperti foto udara atau citra satelit. Apabila dilihat dari sudut pandang statistik, maka stratifikasi populasi yang proporsional terhadap nilai sasaran atau target dari inventarisasi merupakan stratifikasi yang paling efisien. Namun, karena nilai target tersebut biasanya tidak diketahui sebelum inventarisasi dilakukan, maka variabel yang memiliki korelasi dengan nilai tersebut dapat digunakan sebagai kriteria stratifikasi. Pada pengelolaan area hutan yang luas, kelas umur atau tipe hutan mungkin bisa menjadi kriteria stratifikasi yang baik jika menargetkan perkiraan volume per ha. Perkiraan statistik pada pengambilan contoh terstratifikasi berasal dari perkiraan independen pada satu strata yang kemudian dikombinasikan menjadi perkiraan terbobot pada seluruh total strata. Faktor bobot yang digunakan merupakan faktor yang diambil berdasarkan luas strata.

Pengambilan contoh terstratifikasi memiliki asumsi bahwa strata merupakan sub-populasi yang independen, sehingga memungkinkan untuk menyesuaikan ukuran sampel (dan juga intensitas *sampling*) serta desain plot terhadap kondisi masing-masing strata. Dengan desain tersebut, maka desain plot dapat disesuaikan dengan kondisi aktual dari tipe hutan yang khusus. Intensitas *sampling* juga dapat disesuaikan dengan kebutuhan informasi yang aktual.

Karena kapasitas analisis penginderaan jauh tidak secara merata tersedia pada setiap KPH, maka kriteria stratifikasi berbasis penginderaan jauh sebaiknya dibuat dengan menggunakan pendekatan yang sederhana atau menggunakan informasi yang sudah ada yang tidak memerlukan penghitungan atau analisis tambahan. Oleh sebab itu, maka indikator sederhana, seperti misalnya distribusi spasial NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dapat digunakan untuk memisahkan seluruh area hutan ke dalam strata-strata yang homogen, volume atau biomassa. NDVI, hingga batas tertentu, berhubungan dengan jumlah vegetasi, yang berarti juga berhubungan dengan volume, biomassa dan stok karbon, dan juga biodiversitas.

Produk NDVI multitemporal yang menggunakan basis citra Landsat dapat diperoleh secara bebas, seperti melalui Google Earth Engine. Setiap KPH dapat menggunakan produk-produk tersebut atau data tambahan dari LAPAN, IPSDH atau lembaga nasional dan regional lain untuk tujuan perencanaannya. Apabila citra dengan resolusi yang lebih tinggi tersedia, maka stratifikasi dapat dilakukan dengan mendelineasi tipe-tipe hutan yang berbeda secara visual. Untuk beberapa KPH, citra beresolusi tinggi dapat diperoleh dari *virtual globes*, seperti Google Earth atau Bing. Apabila citra beresolusi tinggi tersebut memungkinkan pemisahan wilayah hutan berdasarkan tipe hutannya, maka strata kemudian dapat didelineasi dan dipetakan.

#### **2.4.3 Pengambilan contoh ganda untuk stratifikasi/ Double sampling for stratification (two phase sampling)**

Seperti yang dijelaskan di atas, pengambilan contoh terstratifikasi memerlukan informasi mengenai luas strata yang aktual dan deliniasi strata lengkap, yang mana informasi tersebut tidak selalu tersedia. Apabila stratifikasi didasari oleh klasifikasi citra satelit berdasarkan kriteria stratifikasi berbasis penginderaan jauh (seperti NDVI), maka luas dari suatu strata dapat diketahui (walaupun perkiraan tersebut tentunya juga dipengaruhi oleh kesalahan saat klasifikasi). Namun, apabila kriteria lain yang digunakan untuk stratifikasi, seperti tipe hutan, maka luas aktual dari suatu strata biasanya tidak bisa diketahui. Dalam hal tersebut, maka *double sampling for stratification* (DSS) merupakan pendekatan yang lebih efisien. Teknik DSS merupakan teknik pendekatan pengambilan contoh dua fase atau tahapan, di mana contoh yang relatif besar diambil pada tahap pertama. Pada pengambilan contoh tahap pertama, variabel yang mudah diamati digunakan untuk mengklasifikasi banyak sekali titik / *point* ke dalam strata. Dalam praktiknya, biasanya pengambilan contoh tersebut dilakukan dengan grid contoh yang cukup rapat pada wilayah hutan yang diamati. Semua titik atau *point* dalam grid diamati pada citra penginderaan jauh dengan resolusi yang sesuai. Data yang digunakan dalam sampling tahap pertama mungkin berbeda antar KPH. Pada beberapa lokasi, *virtual globes* seperti Google Earth atau Microsoft Bing sudah menyediakan citra beresolusi tinggi yang dapat digunakan sebagai dasar interpretasi secara visual. Pada KPH lain di mana citra satelit dengan resolusi yang sesuai atau mutakhir tidak tersedia, citra satelit beresolusi tinggi dari LAPAN (contoh: data SPOT) atau citra beresolusi sedang seperti Landsat dapat digunakan. Setiap titik diklasifikasikan berdasarkan kriteria stratifikasi, mis. tipe hutan atau kerapatan tajuk pada citra beresolusi tinggi atau NDVI atau indeks tekstur dari citra Landsat (dalam contoh yang kedua, yaitu citra Landsat, interpretasi visual tidak memungkinkan untuk dilakukan atau tidak diperlukan). Data dari pengambilan contoh tahap pertama sudah mampu memperkirakan luas total dari strata.

Pada pengambilan contoh tahap kedua, *subset* dari seluruh titik per strata dipilih secara acak untuk pengukuran di lapangan. Ukuran contoh pada pengambilan contoh tahap kedua harus dihitung berdasarkan ukuran contoh yang diperlukan untuk memenuhi tingkat ketelitian yang sudah ditentukan sebelumnya. Oleh karena itu, informasi awal mengenai variabilitas variabel target dari berbagai strata yang berbeda harus sudah tersedia.

Untuk mengurangi jumlah titik yang perlu diklasifikasikan ke dalam pengambilan contoh tahap pertama, penginderaan jauh dapat diintegrasikan secara semi-otomatis. Apabila citra satelit yang mencakup keseluruhan wilayah tersedia (mis. Landsat) atau produk NDVI yang berasal dari citra tersebut, maka semua titik yang berada di bawah ambang batas yang sudah ditentukan sebelumnya (sebagai hutan atau non-hutan dengan nilai probabilitas tinggi) dapat dikeluarkan dari klasifikasi lebih lanjut. Hanya titik yang memiliki probabilitas tinggi sebagai hutan yang kemudian perlu diinterpretasi secara visual. Berbeda dengan pengambilan contoh terstratifikasi yang biasanya didasari oleh strata yang jelas secara spasial, DSS dapat menghasilkan strata yang tidak koheren secara spasial karena setiap titik diklasifikasikan secara individu.

Keuntungan lain dari DSS adalah bahwa studi percontohan dapat secara langsung diintegrasikan ke dalam contoh tahap kedua. Oleh karena itu, jumlah titik per strata yang sesuai (rekomendasi statistik biasanya menyarankan 20-30 plot) dipilih secara acak sebagai plot percontohan dari contoh tahap pertama. Setelah penilaian, data plot kemudian dianalisis untuk memperkirakan ragam dari variabel target (biasanya luas bidang dasar). Informasi tersebut kemudian digunakan untuk menentukan ukuran contoh yang diperlukan (seperti dijelaskan pada 2.4.5). Setelah itu, plot percontohan baru dilengkapi dengan jumlah sisa plot yang diperlukan.

#### **2.4.4 Menggunakan informasi awal yang tersedia**

Seluruh informasi awal yang tersedia mengenai kawasan hutan harus dimanfaatkan saat memilih alternatif desain dan merencanakan inventarisasi. Informasi yang bermanfaat biasanya berupa peta aktual (geo-data) dari kawasan hutan dan juga perkiraan yang dianalisis dari data inventarisasi sebelumnya pada kawasan tersebut. Geo-data yang ada (shapefile batas hutan, ...) sebaiknya dicek kembali kualitasnya. Untuk mendapatkan informasi mengenai variabilitas dari variabel-variabel target (mis. luas bidang dasar, distribusi diameter, jumlah spesies pohon, ...) pada bermacam-macam tipe hutan, maka akan lebih bermanfaat untuk menganalisis plot-plot NFI atau menanyakan kepada instansi pusat mengenai hasil analisis dari kawasan yang dimaksud. Mungkin juga diperlukan untuk mengikutsertakan plot-plot regional dari KPH yang berdekatan. Namun, analisis plot NFI sebaiknya tidak berdasarkan seluruh plot klaster. Plot klaster NFI berukuran lebih besar dibandingkan plot inventarisasi manajemen hutan sehingga perkiraan dari plot-plot tersebut akan memiliki variabilitas yang lebih kecil seperti yang diharapkan pada tingkat KPH. Opsi lain adalah

menganalisis satu per satu sub-plot dari setiap klaster NFI untuk mendapatkan perkiraan variabel target dan variabilitasnya yang lebih terpercaya.

Apabila tidak terdapat informasi sebelumnya mengenai variabel target dari beragam tipe atau strata hutan, maka sebaiknya dilakukan perencanaan untuk inventarisasi percontohan. Inventarisasi tersebut dapat diintegrasikan dalam tahap percontohan dari inventarisasi manajemen.

#### **2.4.5 Penentuan ukuran sampel yang diperlukan**

Ukuran contoh adalah jumlah contoh (plot) yang dipilih dalam area yang sudah ditentukan berdasarkan desain pengambilan contoh tertentu. Penentuan ukuran contoh merupakan persyaratan penting dalam inventarisasi hutan karena berkaitan langsung dengan biaya yang diperlukan untuk pengambilan contoh serta selang kepercayaan dari perkiraan yang didapatkan. Penting untuk diketahui bahwa ukuran contoh merupakan nilai absolut (yang mengacu pada jumlah contoh), sedangkan

intensitas *sampling* merupakan nilai relatif. Intensitas *sampling* mengacu pada proporsi dari area yang diamati. Intensitas *sampling* tidak berpengaruh secara langsung terhadap ketelitian dari perkiraan yang dihasilkan dan tidak bermanfaat saat merencanakan inventarisasi. Sebagai contoh: intensitas *sampling* sebesar 2% misalnya dapat dicapai dengan beberapa plot berukuran besar atau banyak plot berukuran kecil. Solusi yang kedua (banyak plot berukuran kecil) akan menghasilkan perkiraan yang lebih akurat karena ukuran contohnya lebih banyak.

Setelah studi percontohan di masing-masing KPH dilakukan atau berdasarkan perbandingan perkiraan dengan KPH tetangga atau regional, informasi dasar mengenai kondisi rata-rata pada tipe-tipe hutan yang dapat dibandingkan bisa digunakan sebagai basis dalam menduga ukuran contoh dan ketelitian yang diinginkan. Terdapat dua pertanyaan yang dapat dijadikan panduan dalam konteks ini:

#### **1. Variabel apa yang sebaiknya menjadi variabel target untuk menduga ukuran contoh?**

Desain pengambilan contoh dan desain plot hanya dapat dioptimalkan pada satu variabel target. Dalam banyak kasus, luas bidang dasar per hektar biasanya dipilih sebagai variabel kunci untuk optimasi tersebut, karena terkait erat dengan volume dan biomassa. Namun, studi pengambilan contoh yang dioptimalkan pada perkiraan luas bidang dasar mungkin tidak dapat memberikan hasil yang baik bagi variabel target lainnya, seperti misalnya jumlah spesies pohon (biodiversitas) pada waktu yang sama.



## 2. Berapa ketelitian yang diperlukan untuk informasi yang ditargetkan?

Ukuran contoh hanya bisa dihitung (berdasarkan kriteria statistik) apabila ketelitian target perkiraan sudah ditentukan sebelumnya. Ukuran contoh yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan ketelitian tersebut kemudian dapat diperkirakan berdasarkan informasi mengenai variabilitas yang diharapkan dari variabel target. Apabila, misalnya, besar selang kepercayaan yang diinginkan adalah  $A$  dan besar probabilitas kesalahan yang diinginkan adalah  $\alpha$ , maka ukuran sampel yang diperlukan untuk mencapai ketelitian tersebut (rumus ini hanya dapat digunakan untuk pengambilan contoh acak sederhana saja) dapat dihitung dengan:

$$A = t_{\alpha, v} s_{\bar{y}}$$
$$A = t_{\alpha, v} \frac{s}{\sqrt{n}} \rightarrow n = \frac{t^2 s^2}{A^2}$$

$t$  adalah nilai dari distribusi *t-student* (untuk  $\alpha$ -error) dan  $S^2$  adalah ragam dari variabel target yang diduga dari data sebelumnya atau dari studi percontohan.

Namun pada prakteknya, yang biasanya terjadi adalah sumber daya yang tersedia (dalam hal waktu dan anggaran) terbatas sehingga memengaruhi jumlah plot di lapangan yang dapat dikunjungi. Dalam hal ini, ukuran contoh dibatasi oleh argumen lain dan tujuannya adalah untuk mendapatkan ketelitian terbaik yang memungkinkan dengan sumber daya yang ada.

Untuk saat ini, karena kapasitas yang terbatas dalam melaksanakan inventarisasi pada tingkat KPH, maka penentuan ukuran contoh akan cenderung mengikuti pilihan yang kedua. Oleh karena itu, informasi mengenai rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengukur satu plot akan bermanfaat, supaya dapat diketahui berapa jumlah plot yang secara realistis dapat diimplementasikan dengan sumber daya yang dimiliki. Tingkat ketelitian perkiraan kemudian dapat dipengaruhi oleh desain plot dan perkiraan.

Penting untuk diketahui bahwa penghitungan ukuran contoh pada pengambilan contoh terstratifikasi memiliki beberapa pilihan alokasi yang dapat membantu pengoptimalan distribusi ukuran contoh pada strata-strata yang berbeda. Terdapat 3 kriteria utama saat mengalokasikan contoh pada suatu strata:

1. ukuran stratum  $N_h$ : semakin luas stratum yang diukur maka semakin besar jumlah contoh yang dialokasikan;
2. ragam  $\sigma_h^2$  dalam strata: semakin homogen suatu strata, maka contoh yang diambil akan lebih sedikit; dan
3. biaya  $k_h$ : semakin besar biaya yang diperlukan per plot contoh, semakin sedikit jumlah contoh yang dapat dialokasikan.

Masing-masing strategi alokasi tersebut dapat disebut dengan alokasi proporsional, alokasi Neyman, dan alokasi optimal (untuk notasi yang digunakan, silakan mengacu pada bagian desain perkiraan!).

Alokasi proporsional: 
$$n_h = n \frac{N_h}{\sum_{h=1}^L N_h} = n \frac{N_h}{N}$$

Alokasi Neyman: 
$$n_h = n \frac{N_h \sigma_h}{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h}$$

Alokasi optimal: 
$$n_h = n \frac{\frac{N_h \sigma_h}{\sqrt{k_h}}}{\sum_{h=1}^L \frac{N_h \sigma_h}{\sqrt{k_h}}}$$

Total ukuran contoh yang diperlukan dapat dihitung menggunakan: 
$$n = \frac{t^2 \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2 S_h^2}{c_h}}{N^2 A^2}$$

#### 2.4.6 Kalkulasi lebar grid

Apabila ukuran contoh yang diperlukan  $n$  sudah diduga berdasarkan ketelitian yang diinginkan atau berdasarkan sumber daya yang tersedia, maka lebar grid kuadrat  $d$  dapat dihitung menggunakan:

$$d = \sqrt{\frac{Area(m^2)}{n}}$$

Area di sini merujuk kepada total luas dalam kerangka pengambilan contoh atau strata di mana plot ditempatkan. Untuk mensejajarkan grid dengan grid dasar NFI, maka hasil dari penghitungan di atas harus dibulatkan ke bilangan bulat terdekat yang merupakan kelipatan dari lebar grid NFI (contoh: jika  $d=615m$ , dibulatkan menjadi 625 m, yaitu bilangan bulat kelipatan dari 5000m).

Apabila DSS digunakan, maka lebar grid sudah ditetapkan sebelumnya pada pengambilan contoh tahap pertama (di luar perhitungan di atas) dan contoh pada tahap kedua dipilih sebagai bagian acak dari tahap pertama. Ukuran contoh pada tahap pertama (dan lebar gridnya) direncanakan berdasarkan kriteria lain: contoh yang berukuran besar dan hanya dibatasi oleh sumber daya yang tersedia untuk interpretasi visual dari titik. Dalam praktiknya, sebaiknya ditargetkan untuk menggunakan grid yang

rapat 500x500 m, atau lebih rapat, pada seluruh area hutan. Hal tersebut akan menghasilkan ribuan titik atau lebih (tergantung pada luas area) yang perlu diinterpretasikan. Namun, interpretasi titik tersebut relatif lebih mudah dibandingkan dengan penilaian lapangan dan biasanya dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang wajar. Solusi teknis yang dapat memfasilitasi interpretasi tersebut sudah tersedia dan dapat digunakan. Salah satu opsi yang dapat digunakan dalam konteks ini adalah toolbox open source Open Foris dari FAO. Open Foris Earth collect adalah alat yang didesain secara khusus untuk pendekatan pengambilan contoh dua fase dan mudah digunakan serta diatur sesuai kebutuhan.

#### 2.4.7 *Non-Respons*

Dalam *sampling* statistik, non-respons adalah lokasi-lokasi yang tidak dapat diamati karena alasan tertentu. Hal tersebut mungkin disebabkan karena titik contoh berada pada kemiringan yang ekstrem (sangat curam) sehingga tidak dapat dijangkau atau berada dalam area milik pribadi. Dalam kasus ini, titik-titik tersebut ditandai (pada formulir lapangan) sebagai non-respons. **Titik yang berlokasi pada area yang tidak berpohon dalam kawasan hutan bukan merupakan non-respons. Titik tersebut tetap merupakan hasil pengamatan yang valid walaupun pohon berjumlah 0 dalam kasus ini! Lokasi pengambilan contoh yang sudah ditentukan sebelumnya tidak boleh dipindahkan ke lokasi lain hanya karena alasan ini!** Non-respons juga dapat muncul pada citra penginderaan jauh, sebagai contoh karena tutupan awan atau asap.

#### 2.5 *Desain plot*

“Plot design” atau desain plot diartikan sebagai “pendekatan dan aksi” yang diambil terkait dengan pengamatan sesudah titik contoh dicapai. Oleh karena itu, “plot design” mengacu pada aturan bagaimana contoh pohon diikutsertakan di sekitar titik contoh dan preskripsi pengukuran variabel yang akan diamati.

Prinsip-prinsip panduan dasar untuk definisi desain plot dalam inventarisasi hutan adalah sebagai berikut dan prinsip-prinsip berikut juga diterapkan pada FMI di Indonesia:

1. Desain plot harus memungkinkan pengamatan seluruh variabel (yang sudah diidentifikasi sebelumnya) sebagai variabel yang relevan secara langsung atau sebagai variabel indikator untuk menetapkan variabel yang kompleks. Pada FMI, biasanya digunakan plot contoh lingkaran tersarang / *nested circular sample plot*.
2. Untuk mengambil data sample pohon, sebaiknya dalam satu sample plot (atau sub-plot) terdapat 15-20 pohon yang diamati. Rekomendasi tersebut sudah disebutkan dalam panduan sebagai definisi ukuran plot yang efisien.

3. Desain plot seharusnya memiliki ketentuan agar dapat mengamati sebanyak mungkin variabilitas dalam satu plot. Hal ini biasanya tidak begitu dimengerti karena tujuan eksplisit dari desain eksperimen biasanya adalah untuk mendapatkan plot yang homogen: inventarisasi bukan merupakan eksperimen, namun merupakan studi pengamatan dan level ketelitian yang tinggi hanya bisa didapatkan apabila inventarisasi mampu mendapatkan sebanyak mungkin variabilitas per plotnya. Sebagai akibatnya, variabilitas antar plot dijaga agar tetap rendah supaya tingkat ketelitian perkiraan menjadi tinggi. Optimasi desain plot merupakan permasalahan riset yang lazim ditemukan dan dapat diselesaikan apabila data inventarisasi diambil dengan sedemikian rupa agar pertanyaan-pertanyaan yang ada dapat dijawab dan dianalisis. Hal tersebut dapat menjadi aspek penting dalam inventarisasi percontohan untuk secara sistematis meningkatkan basis informasi yang diperlukan dan mencari desain plot yang sesuai dengan KPH atau tipe hutan yang beragam yang ada di Indonesia.
4. Implementasi desain plot harus memungkinkan secara logistik, finansial, dan teknis dengan sumber daya dan kapasitas yang tersedia serta kondisi yang ada. Tergantung pada ukuran grid dan infrastruktur jalan yang tersedia, pergerakan dari satu plot contoh ke plot contoh lain dapat dilakukan dengan berjalan kaki atau menggunakan mobil. Dalam hal ini, waktu yang dibutuhkan untuk berjalan kaki biasanya lebih lama; perencanaan yang baik harus dilakukan untuk meminimalisir waktu perjalanan yang “tidak produktif” saat tidak melakukan pengukuran inventarisasi.

Dalam kaitannya dengan desain plot (atau desain pengamatan) yang diimplementasikan pada masing-masing lokasi pengambilan contoh, standar minimum untuk seluruh Indonesia hanya dapat merekomendasikan aspek desain dasar. Mengingat tipe hutan, topografi, kebutuhan informasi, dan target pengelolaan yang sangat beragam antar KPH, maka sebaiknya desain plot dasar diadaptasi dengan kondisi lokal agar menjadi lebih efisien untuk variabel target yang sudah ditentukan. Tipe hutan di Indonesia sangat beragam, dari hutan mangrove di hutan hujan dataran rendah, hutan rawa gambut, dan banyak tipe hutan lainnya. Oleh karena itu, tidak ada satu jenis desain yang efisien bagi semua kondisi yang beragam tersebut.

Secara umum, hanya estimator/penduga yang tidak bias yang sebaiknya digunakan. Plot berluasan tetap / *fixed area plot*, plot tersarang / *nested plot*, transek (*line transect*) dengan lebar yang sudah ditentukan, *Relascope (Bitterlich-) sampling* (tergantung tujuan), atau kombinasi dari beberapa desain merupakan pilihan-pilihan desain yang dapat digunakan. Standar minimum harus mudah untuk diimplementasikan dan dijelaskan.

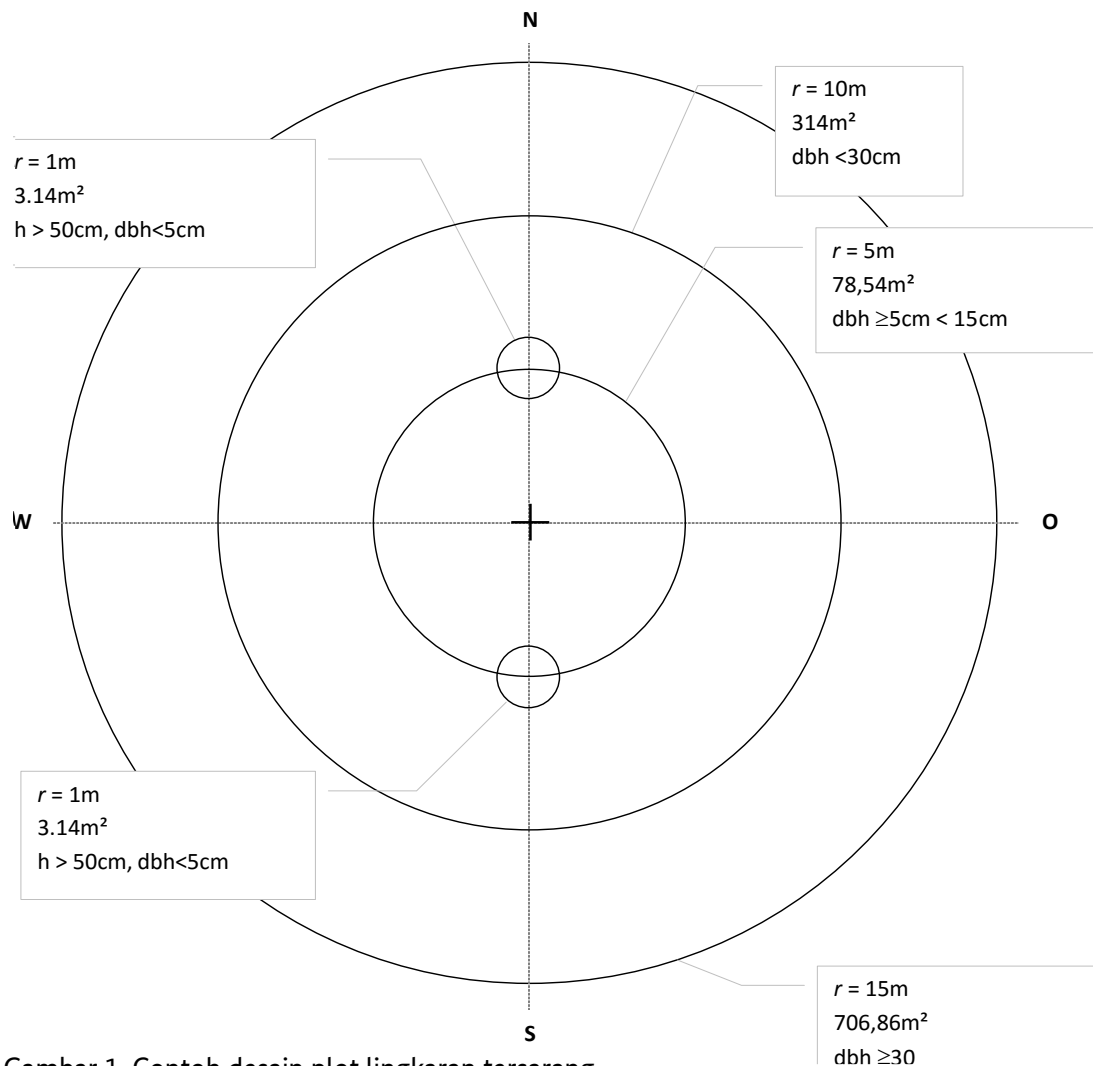
Desain plot final (mis. radius dari plot tersarang) kemudian dapat disesuaikan per tipe hutan. Namun, sebisa mungkin ambang batas diameter dasar, seperti diameter minimum pohon yang diambil datanya, harus serupa dan dapat dibandingkan antar KPH. Berikut ini adalah desain-desain plot dasar yang dapat digunakan.

Dalam konteks inventarisasi manajemen yang memiliki tujuan untuk menggambarkan kondisi aktual dari suatu sumber daya beserta perubahannya dari waktu ke waktu, plot yang akan dibuat harus direncanakan sebagai plot permanen. Hal tersebut berarti bahwa lokasi plot (basis grid) tetap dan jumlah plot yang diukur sama dengan inventarisasi berikutnya. Siklus pengulangan inventarisasi (interval waktu) tergantung kepada perubahan yang diharapkan. Pengukuran plot contoh sebaiknya tidak dilakukan dengan jarak waktu yang singkat. Biasanya perubahan diameter dan tinggi pohon sulit untuk “dideteksi” dengan jangka waktu kurang dari 5 tahun. Hal tersebut disebabkan oleh nilai kesalahan dalam pengukuran biasanya lebih besar dibandingkan nilai pertambahan sebenarnya, maka tidak ada perubahan yang signifikan secara statistik. Siklus pengulangan juga dibatasi dengan kapasitas staf pada masing-masing KPH dan karena itu interval waktu pengulangan sebaiknya tidak lebih cepat dari 5 tahun. Namun, interval waktu tersebut hanya diperuntukkan bagi pengukuran plot saja. Sebagai dasar untuk perencanaan pengelolaan tahunan, mungkin survei pada area-area tersebut juga perlu dilakukan dengan interval waktu yang lebih singkat.

### ***2.5.1 Plot contoh tersarang / Nested fixed area sample plot***

Pada hutan alam dan juga pada hutan sekunder yang terdegradasi, kerapatan pohon berukuran kecil biasanya lebih tinggi dibandingkan pohon berukuran besar. Oleh karena itu, satu plot biasanya memiliki jumlah pohon kecil yang banyak dan jumlah pohon besar yang sedikit. Karena hal tersebut, maka desain plot tersarang di mana pohon dengan kelas diameter yang berbeda dikaji pada plot dengan radius berbeda biasanya lebih efisien secara statistik, apabila variabel target setidaknya terdiri dari volume, biomassa atau karbon (akan lebih sulit / kurang jelas apabila variabel target adalah “biodiversitas” di mana jumlah spesies menjadi indikator).

Dalam prakteknya, circular plot (plot lingkaran) biasanya lebih mudah untuk dilakukan dan dapat diidentifikasi ulang secara lebih baik setelah periode waktu tertentu. Namun, apabila semua anggota tim lapangan bertugas membangun plot persegi atau kuadrat atau peralatan yang ada tidak efisien untuk mengimplementasikan plot lingkaran, maka bentuk desain tersebut dapat menjadi salah satu opsi. Namun dalam hal ini, koreksi kemiringan dan identifikasi ulang dapat menjadi permasalahan yang penting. Oleh sebab itu, desain plot dasar yang diajukan di sini adalah plot lingkaran tersarang / nested circular plot, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh desain plot lingkaran tersarang.

Ukuran sub-plot yang berbeda berkontribusi cukup besar dalam menyederhanakan kerja lapangan dan mengoptimalkan perkiraan karakteristik tegakan: pohon yang besar yang memberikan kontribusi lebih besar bagi luas bidang dasar (dan juga variabel-variabel inti seperti volume, biomassa, dan karbon) disertakan sebagai pohon contoh dengan peluang penyertaan yang lebih tinggi dibandingkan pohon yang kecil.

Untuk analisis, perbedaan pada peluang penyertaan harus dipertimbangkan dengan menggunakan faktor-faktor ekspansi yang berbeda per sub-plotnya saat mengekstrapolasi pengamatan per plot dengan “pengamatan” per hektarnya. Faktor

ekspansi EF dihitung dengan  $EF = (10000\text{m}^2/\text{luas sub-plot})$  dan sebagai berikut:

- $R=5\text{m} \Rightarrow EF_{5\text{m}} = 127,32$
- $R=10\text{m} \Rightarrow EF_{10\text{m}} = 31,38$
- $R=15\text{m} \Rightarrow EF_{15\text{m}} = 14,15$



Penting untuk diketahui bahwa setiap sub plot tersarang merupakan plot lingkaran penuh (full circular plot). Hal tersebut berarti TIDAK hanya bentuk cincin saja yang diamati, karena seringkali kesalahan terjadi akibat asumsi tersebut!

Ambang batas diameter dan radius dari gambar di atas **hanya sebatas contoh dan tidak berarti optimal bagi semua tipe hutan!** Oleh karena itu, panduan komprehensif mengenai bagaimana menyesuaikan desain dasar tersebut dibahas lebih lanjut pada bagian 2.5.10.

Karakteristik dari desain plot yang diajukan adalah sebagai berikut: plot dengan tiga radius berbeda berpusat di bagian tengah lokasi pengambilan contoh. Selain itu, sebuah klaster dengan dua plot mikro (micro-plot) diletakkan pada bagian Utara dan Selatan dari titik contoh untuk mengkaji regenerasi atau vegetasi permukaan. Diameter yang biasa digunakan untuk pohon adalah 5 cm (lebih kecil dari 5 cm dianggap sebagai regenerasi). Penilaian untuk pohon mengikuti aturan yang sederhana (mengacu pada contoh di atas): pohon dengan dbh kurang dari 15 cm disertakan sampai dengan jarak 5 m, pohon dengan dbh  $\geq 15$  cm dan  $< 30$  cm disertakan sampai dengan jarak 10 m, dan semua pohon dengan dbh  $\geq 30$  cm diukur sampai dengan jarak 15 m.

Bahkan jika suatu pohon disertakan dalam plot yang berbeda, datanya dapat dituliskan dalam satu tabel dan ketiga plot tersebut dapat dikaji dalam sekali jalan (tidak memperlakukan plot secara individual). Untuk implementasi, hanya titik pusat/tengah yang harus tetap (berbeda dengan plot persegi di mana semua titik sudut harus diketahui lokasinya).

### **2.5.2 Sub-plot regenerasi**

Keberadaan dan komposisi (dalam hal spesies dan tinggi pohon) dari regenerasi pohon merupakan informasi yang penting bagi perencanaan silvikultur mengingat tegakan-tegakan yang akan ada ke depannya berasal dari regenerasi tersebut. Kerusakan yang terjadi pada regenerasi pohon (sebagai contoh kerusakan oleh sapi, kambing, domba atau pemburu) dapat mengindikasikan perlunya dilakukan aksi penanganan atau pencegahan.

Keberadaan regenerasi bergantung pada tahap perkembangan tegakan secara keseluruhan, namun juga bergantung pada kondisi mikro di lokasi seperti penetrasi cahaya matahari ke lantai hutan. Oleh karena itu, pola spasial dari regenerasi sangat

beragam. Mungkin terdapat tegakan yang tidak mengalami regenerasi sama sekali, namun di sisi lain regenerasi terjadi dengan sangat cepat di tempat lain.

Oleh sebab itu, regenerasi biasanya diukur menggunakan sub-plot regenerasi yang kecil (atau biasa disebut dengan “micro-plot”). Di sini, kami menyarankan untuk mengambil data regenerasi pada dua sub-plot regenerasi per titik contoh dengan  $R=1,5$  m untuk masing-masing sub-plot yang diletakkan 5 m ke arah Utara dan 5 m ke arah Selatan dari titik tengah plot. Sub-plot regenerasi biasanya tidak secara langsung diletakkan di bagian tengah plot karena pergerakan dari tim lapangan dapat merusak regenerasi (terinjak).

Tanaman regenerasi dihitung dan diklasifikasikan berdasarkan spesies dan kelas tinggi.

Berikut adalah kelas-kelas tinggi pohon h:

Semai :  $25\text{cm} < h \leq 50\text{cm}$

Pancang :  $50\text{cm} < h \leq 150\text{cm}$

Regenerasi yang sudah kuat:  $h > 150\text{cm}$  dan  $\text{DBH} < 5\text{cm}$

Setiap sub-plot dari dua sub-plot regenerasi memiliki luas sebesar  $7,07 \text{ m}^2$ . Sebagai perkiraan per plot, maka dua sub-plot regenerasi mencakup luas sebesar  $14,14 \text{ m}^2$  yang sesuai dengan “faktor ekspansi regenerasi” sebesar  $\text{EFreg}=707,4$ . Hal tersebut berarti jumlah tanaman regenerasi (dengan kelas tinggi tertentu) yang diamati untuk spesies tertentu akan dikalikan dengan  $\text{EFreg}=707,4$  untuk mengekstrapolasi hasil pengamatan per plot menjadi observasi per hektar pada titik contoh tertentu.

### 2.5.3 Sub-plot kayu mati

Kayu mati merupakan indikator penting bagi keanekaragaman hayati / biodiversitas dan merupakan satu dari lima *carbon pool* yang harus dipertimbangkan untuk pelaporan kepada UN-FCCC. Kayu mati biasanya tidak menjadi minat khusus dalam manajemen hutan, namun jika manajemen hutan direncanakan untuk berfokus pada manajemen konservasi, maka sediaan kayu mati menjadi indikator penting bagi biodiversitas dan sebaiknya juga disertakan dalam inventarisasi pengelolaan hutan.

Apabila ada kepentingan khusus pada KPH untuk juga mendapatkan data mengenai stok karbon yang relevan bagi UN-FCCC, maka penilaian mengenai kayu mati juga harus diintegrasikan ke dalam FMI karena kayu mati merupakan salah satu dari 5 *carbon pool* yang relevan bagi pelaporan kepada UN-FCCC. Meskipun penilaian mengenai kayu mati merupakan standar dalam inventarisasi hutan nasional terkini, dibutuhkan keputusan strategis dari manajemen KPH untuk mengikutsertakan kayu mati ke dalam FMI atau tidak. Hal tersebut juga mungkin akan berbeda antar KPH, tergantung kepada peranan yang dimainkan oleh biodiversitas / data karbon.

Di sini, dalam protokol inventarisasi, pendekatan untuk pengambilan data kayu mati dibahas: Kayu mati yang sudah tumbang (rebah) akan diambil datanya pada sub-plot R=5 m dan R=10 m, tergantung pada kelas ukurannya; sub-plot tersebut disebut dengan “sub-plot kayu mati”. Pohon yang sudah mati namun masih berdiri diambil datanya pada sub-plot lingkaran tersarang bersamaan dengan pengambilan data pohon yang masih hidup sesuai dengan kelas diameternya. Kayu mati yang sudah tumbang adalah seluruh batang dan dahan yang sudah berada di lantai hutan dengan bagian yang lebih tebal/besar berada di dalam sub-plot kayu mati – atau sering disebut dengan *uprooted tree*. Hanya kayu mati dengan diameter minimum sebesar 10 cm yang diambil datanya; di bawah 10 cm, kayu mati dianggap sebagai “serasah” berdasarkan definisi UN-FCCC. Apabila definisi nasional berbeda, maka definisi tersebut harus disesuaikan.

Untuk kayu mati di tajuk (*crown deadwood*), setiap dahan yang memiliki diameter target atau lebih besar dianggap sebagai potongan kayu mati ekstra dan diambil datanya secara terpisah (apabila bagian yang lebih tebal/besarnya berada dalam plot kayu mati dan memiliki diameter sebesar 10 cm).

Potongan-potongan kayu mati yang tidak memiliki bagian yang lebih tebal/besar di dalam sub-plot kayu mati tidak dihitung/diambil datanya meskipun sebagian kecil dari kayu mati tersebut termasuk di dalam sub-plot kayu mati.

Pohon yang baru saja ditebang (yang akan diekstraksi) bukan termasuk kayu mati. Namun, kayu lama yang sudah tumbang, yang tidak diekstraksi namun terus berada di dalam hutan dan terurai, dianggap sebagai kayu mati. Apabila terdapat tumpukan kayu mati, maka setiap potongan akan dianggap ekstra sesuai dengan kondisi yang sudah ditetapkan di atas.

Dalam menghitung semua bagian kayu mati, panjang dan diameter di kedua ujung diukur agar rumus Smalian dapat diterapkan. Berdasarkan definisi dalam FMI, ujung sepotong kayu mati adalah saat diameternya lebih kecil dari 10 cm.

#### **2.5.4 Pengambilan contoh Bitterlich (*relascope*)**

**Pengambilan contoh Bitterlich atau *relascope sampling* adalah salah satu bentuk pengambilan contoh dengan peluang tak sama (*unequal probability sampling*) yang cukup efisien dalam menduga luas bidang dasar per ha. Teknik pengambilan contoh ini cepat dan efisien sehingga dapat diimplementasikan dengan alat apapun yang dapat menentukan sudut bukaan yang tetap (contoh: Relascope atau Dendrometer). Plot Bitterlich tidak memiliki batas yang tetap. Pohon disertakan dalam contoh apabila dbh-nya secara optik terlihat lebih lebar dari lebar tertentu dari alat yang digunakan.**

Perkiraan luas bidang dasar dihitung dengan mengalikan jumlah pohon yang disertakan dengan faktor luas bidang dasar spesifik dengan sudut yang menentukan lebar tertentu.

Dengan pengambilan contoh Bitterlich, perkiraan luas bidang dasar juga dapat dilakukan untuk kelas-kelas pohon berbeda, seperti misalnya jenis / spesies komersial dan non-komersial. Dari perkiraan yang terpisah tersebut, bagian dari kedua kelas pohon tersebut pada total luas bidang dasar dapat diketahui. Hubungan tersebut mungkin juga bisa menjadi indikator bagi status rehabilitasi hutan sekunder.

Pengambilan contoh Bitterlich memerlukan jarak pandang yang relatif baik di dalam hutan dan mungkin akan sulit dilakukan apabila vegetasi permukaan terlalu lebat.

#### **2.5.5 *Plot klaster / Cluster plot***

Plot klaster / Cluster plot adalah bentuk khusus dari plot berluasan tetap (fixed area plot), yang terdiri dari subplot-subplot yang tersebar secara spasial. Plot klaster dapat diintegrasikan dengan desain plot lainnya. Pada Gambar 1, plot klaster untuk penilaian regenerasi dikombinasikan dengan plot lingkaran tersarang. Keuntungan menggunakan plot klaster adalah variabilitas skala kecil pada regenerasi di dalam plot dapat diketahui dibandingkan dengan hanya menggunakan plot tunggal.

#### **2.5.6 *Transek dengan lebar yang ditentukan***

Apabila area di sisi kiri dan kanan dari suatu transek garis diamati, maka unit hasil pengamatan adalah persegi panjang yang sempit dan panjang. Transek tersebut dapat mencakup area yang luas dan mungkin merupakan desain yang cocok untuk mengkaji HHBK atau objek lain yang memiliki kerapatan yang rendah. Namun, transek garis harus direncanakan dengan saksama terutama dalam menentukan seberapa banyak upaya pengamatan yang akan dilakukan pada transek tersebut. Karena dapat mencakup area yang luas, maka pengamatan seharusnya dapat dilakukan dengan mudah dan cepat.

#### **2.5.7 *Unit pengamatan untuk penilaian HHBK***

Pengelolaan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) yang berkelanjutan merupakan bagian penting dari rencana bisnis pada banyak KPH. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sumber daya hutan kayu yang sudah terdegradasi pada area yang luas dan perlu direhabilitasi dalam jangka waktu yang lama sebelum pengelolaan lestari memungkinkan untuk dilakukan. HHBK biasanya memiliki kerapatan yang rendah (jumlah per area) dan tersebar secara spasial pada kawasan hutan. Hal tersebut menyulitkan perkiraan jumlah HHBK pada plot inventarisasi hutan yang berukuran relatif kecil yang dioptimalkan untuk pengamatan sumber daya pohon. Oleh karena itu, sebaiknya beberapa desain plot dikombinasikan agar mendapatkan informasi yang memadai mengenai HHBK di lapangan. Untuk beberapa jenis HHBK yang langka,

direkomendasikan untuk menyertakan wawancara dengan masyarakat (pengguna) lokal untuk mendapatkan informasi mengenai laju pemanenan dan jumlah yang aktual.

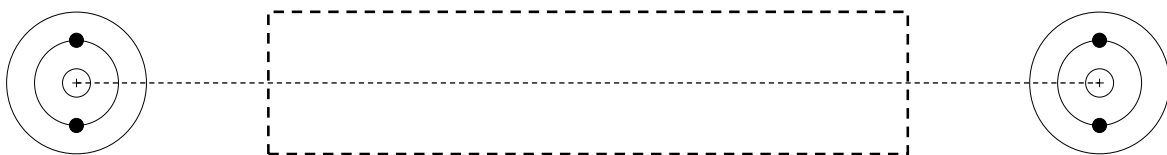
Agar dapat mendapatkan desain plot yang efisien untuk sumber daya tersebut, maka penting untuk didefinisikan terlebih dahulu sumber daya yang ingin diamati serta mempertimbangkan keberadaannya dalam merencanakan desain pengamatan yang sesuai. Desain yang cocok harus dapat menyertakan, secara rata-rata, HHBK yang cukup per plotnya agar dapat memberikan perkiraan kerapatan yang relatif akurat serta karakteristik HHBK pada semua kawasan, namun tidak akan menyebabkan upaya pengamatan yang berlebihan di lapangan. Sangat sulit untuk memberikan satu desain yang tetap untuk berbagai jenis HHBK yang digunakan pada KPH-KPH yang berbeda di seluruh Indonesia. Oleh karena itu, berikut merupakan beberapa opsi mengenai bagaimana menyertakan HHBK dalam desain plot atau menggunakan kombinasi dengan pengamatan lain.

#### **2.5.7.1 *Spesies pohon untuk pemanfaatan HHBK***

Beberapa spesies pohon diminati untuk pemanfaatan HHBK. Biasanya spesies-spesies pohon tersebut memiliki kepadatan yang rendah dan tersebar pada kawasan hutan. Karakteristik tersebut juga serupa dengan spesies-spesies langka yang menjadi minat dalam konteks konservasi biodiversitas dan zonasi kawasan hutan. Plot contoh yang relatif kecil biasanya jarang berisi spesies-spesies tersebut, sehingga plot contoh kecil bukan merupakan dasar yang bagus untuk menduga jumlah total atau karakteristik seperti distribusi diameter. Untuk memfasilitasi “peristiwa langka” tersebut, dibutuhkan plot yang berukuran besar. Salah satu opsi untuk penilaian HHBK adalah melakukan pengamatan terhadap keberadaan dan diameter spesies pohon yang diinginkan (atau spesies langka dan indikator, seperti sarang orangutan) saat tim lapangan berjalan dari satu plot ke plot yang lain. Untuk melakukan pengamatan tersebut, transek garis dapat dibuat sebagai penghubung antara titik contoh yang berdekatan. Terdapat dua opsi untuk menentukan desain pengamatan: keluar dari garis transek, pohon HHBK atau objek lainnya diamati sampai dengan jarak tertentu (contoh: 15 m ke kiri dan ke kanan transek). Desain tersebut sama dengan plot berluasan tetap berbentuk persegi panjang. Panjang plot di sepanjang transek harus direncanakan sesuai dengan kerapatan rata-rata spesies pohon yang diharapkan dalam seluruh area studi (hal tersebut berarti tidak keseluruhan jarak antar satu plot dengan yang lain harus diamati). Opsi kedua adalah untuk mencatat seluruh individu dari spesies target yang terlihat dari transek garis dan mengukur jarak horizontal (tegak lurus dengan transek) dari transek ke individu pohon yang diamati. Jenis penilaian tersebut memerlukan estimator/penduga berbasis model di mana probabilitas pendeteksian objek target (yang tergantung pada jarak objek dari transek) perlu dimodelkan.

Pendekatan kedua tersebut membutuhkan keahlian khusus dalam perkiraan statistik dan pemodelan yang mungkin tidak tersedia pada masing-masing KPH. Namun, perangkat lunak (software) standar untuk *distance sampling* tersedia secara bebas dan dapat digunakan untuk merencanakan dan menganalisis contoh yang diambil (contoh: [www.distancesampling.org](http://www.distancesampling.org)). Apabila kapasitas sumber daya manusia yang dibutuhkan tidak tersedia pada masing-masing KPH, maka sebaiknya menggunakan pendekatan transek dengan lebar yang sudah ditentukan.

Salah satu hal penting yang harus diingat dalam membuat transek di sepanjang jalur dari satu plot ke plot berikutnya adalah bahwa tim lapangan tidak akan mengikuti urutan plot secara sistematis. Untuk alasan praktis, tim biasanya akan memilih jalur yang paling efisien untuk mencapai plot berikutnya. Oleh sebab itu, sulit untuk memastikan bahwa estimasi dari transek-transek tersebut tidak bias secara statistik. Namun, untuk mendapatkan gambaran umum mengenai sumber daya yang tersedia dan juga untuk tujuan zonasi, hal tersebut masih mungkin diterima. Di sini, informasi yang ingin didapatkan lebih cenderung mengenai keberadaan/ketiadaan suatu spesies pohon dibandingkan estimasi jumlah total. Gambar 2 menunjukkan bagaimana transek dapat dibuat di antara kedua plot (di sini dari Barat-Timur). Transek tidak perlu mencakup jarak keseluruhan antara kedua plot yang saling berdekatan (bisa menjadi terlalu panjang), namun bisa dibatasi dengan jarak yang lebih pendek. Dalam hal ini, seluruh transek sebaiknya memiliki jarak yang sama.



Gambar 2. Membuat transek untuk penilaian HHBK (plot contoh persegi panjang) di antara satu plot ke plot berikutnya.

### 2.5.8 Koreksi kemiringan

Hasil dari inventarisasi hutan merujuk kepada luasan yang diproyeksikan pada peta secara horizontal (contoh: jumlah batang/ha atau volume/ha). Apabila plot contoh dibuat pada medan yang miring, maka wilayah yang diproyeksikan secara horizontal menjadi lebih kecil dan tidak lagi konstan. Oleh karena itu, koreksi kemiringan perlu dipertimbangkan. Dalam praktiknya, terdapat dua opsi untuk memperhitungkan kemiringan: 1) seluruh jarak pada plot diukur sebagai jarak horizontal, atau 2) ukuran plot pada medan yang miring dikoreksi agar luas plot pada peta yang diproyeksikan secara horizontal sesuai dengan ukuran plot yang diinginkan.



Opsi pertama (pengukuran jarak horizontal) dapat dilakukan apabila alat pengukur yang digunakan dapat secara otomatis menghitung jarak horizontal dari jarak kemiringan yang diukur. Laser rangefinder atau instrumen standar seperti Vertex berguna dalam konteks ini. Namun, bukan berarti peralatan tersebut tersedia pada masing-masing KPH dan inventarisasi mungkin harus dilakukan dengan alat-alat dasar seperti pita ukur. Dalam hal ini, radius plot harus diperbesar berdasarkan sudut kemiringan. Oleh sebab itu, radius plot yang baru pada medan yang miring harus dihitung agar luas plot  $F_p = \pi r^2$  tetap konstan pada proyeksi horizontalnya. Radius yang sudah dikoreksi  $r_{slope}$  tersebut kemudian digunakan untuk merencanakan plotnya.

$$r_{slope} = \frac{r}{\sqrt{\cos \alpha}}$$

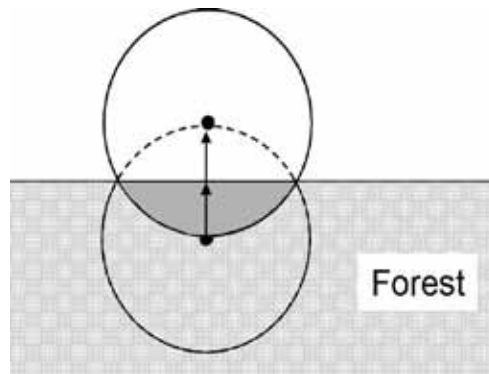
Untuk menghitung koreksi radius plot, maka sudut kemiringan harus diukur terlebih dahulu. Sudut ini harus diukur sebagai rerata sudut kemiringan pada area plot, dari batas plot yang paling bawah hingga batas plot teratas. Koreksi radius plot juga sebaiknya tertulis pada formulir lapangan.

Saat menerapkan penarikan contoh Bitterlich pada medan yang miring, maka kemiringan juga harus diperhitungkan; baik dengan menggunakan instrumen yang melakukan koreksi secara otomatis (seperti relascope), atau dengan menggunakan faktor koreksi di dalam analisis apabila kemiringan tidak secara otomatis dikoreksi (yang biasanya dilakukan apabila menggunakan alat yang lebih sederhana). Koreksi kemiringan harus dilakukan pada kemiringan sebesar 10% atau lebih.

Faktor koreksi adalah  $\frac{1}{\cos \alpha}$  agar pengamatan luas bidang dasar per hektar dari satu titik contoh Bitterlich adalah  $G_i = k \cdot N_i \frac{1}{\cos \alpha_i}$ , di mana  $G_i$  = koreksi luas bidang dasar (m<sup>2</sup>/ha) di titik pengambilan contoh ke-i,  $N_i$  = jumlah pohon yang dihitung pada titik pengambilan contoh dan  $\alpha_i$  = sudut kemiringan pada titik pengambilan contoh ke-i.

### 2.5.9 Plot di batas hutan

Apabila plot yang dibuat di lapangan memotong batas hutan dan sebagian plot berada di luar kawasan hutan, maka koreksi perlu dilakukan. Oleh sebab itu, harus ada definisi yang jelas mengenai batas hutan, yang tidak selalu memungkinkan di lapangan. Koreksi hanya diperlukan apabila ada bagian dari plot yang berada di luar kerangka pengambilan contoh atau kawasan hutan yang sudah ditetapkan. Koreksi tidak diperlukan apabila plot berada dalam wilayah tidak berpohon yang masih berada di dalam kawasan hutan yang sudah ditentukan. Gambar 3 mengilustrasikan metode bayangan yang dapat diterapkan untuk kasus-kasus tersebut.



Gambar 3. Metode bayangan untuk mengoreksi plot yang tumpang tindih dengan batas hutan.

Titik tengah plot dicerminkan pada batas hutan di luar kawasan hutan. Dari titik baru tersebut, plot lingkaran dibuat dan semua pohon yang berada di dalam kawasan hutan dihitung kembali; pohon-pohon tersebut diamati dua kali (kawasan abu-abu di gambar). Karena pohon-pohon tersebut sudah dicatat sebelumnya pada formulir lapangan, maka pohon tersebut tidak perlu diukur kembali, catatan hanya disalin dan dicatat dua kali.

#### **2.5.10 Penyesuaian ukuran plot dengan kondisi setempat**

Desain plot dapat dioptimalkan sesuai dengan kondisi hutan setempat apabila informasi sebelumnya mengenai kawasan yang dikaji tersedia. Desain plot yang efisien akan mengumpulkan informasi yang diperlukan pada setiap titik pengambilan contoh dengan upaya yang proporsional. Desain plot bisa dioptimalkan terhadap satu variabel yang diminati (seperti volume, biomassa, biodiversitas, dsb.). Oleh karena itu, tidak ada satu desain plot yang unik dan optimal yang dapat memenuhi kebutuhan dari semua variabel yang diinginkan. Gambaran umum berikut mengenai optimasi ukuran plot inventarisasi mengacu secara eksklusif kepada sumber daya pohon dan membahas mengenai desain plot yang disebutkan sebelumnya di atas: 1) plot berluasan tetap (fixed-area plot), 2) plot berluasan tetap tersarang (nested fixed-area plot), dan 3) plot Bitterlich.

##### **Penyesuaian fixed-area plot.**

Dalam fixed area plot, semua pohon di dalam area plot yang memiliki diameter setinggi dada (DBH) di atas diameter yang sudah ditentukan diukur. Plot-plot tersebut memiliki dua elemen desain utama, yaitu: 1) DBH minimum bagi pohon yang diukur, dan 2) ukuran (luas) plot. DBH minimum ditentukan berdasarkan tujuan dari inventarisasi. Apabila inventarisasi berfokus pada sediaan volume komersial, maka DBH minimum bisa lebih besar dibandingkan apabila variabel yang diminati adalah regenerasi pohon. Standar DBH yang diajukan biasanya sebesar 5 cm. Ukuran plot harus dihitung berdasarkan jumlah pohon yang dipilih (yang diinginkan) ( $T_{DESIRE}$ ) dalam suatu plot. Karena adanya *trade-off* antara kualitas data dan efisiensi, maka secara umum direkomendasikan untuk menghitung rata-rata 18-20 pohon per plot. Oleh karena itu, apabila jumlah pohon per hektar yang diinginkan ( $N_{INTEREST}$ , dalam hal ini pohon-pohon

dengan DBH di atas DBH minimum) diduga dengan menggunakan inventarisasi pilot, maka ukuran plot dapat diperkirakan dengan Persamaan [1], di mana  $A$  ( $m^2$ ) adalah ukuran plot dan  $T_{DESIRED}$  adalah jumlah pohon per plot dengan DBH di atas DBH minimum yang diinginkan. Contoh 3 membahas mengenai optimasi ukuran plot untuk plot berluasan tetap.

$$A = T_{DESIRED} \cdot \frac{10000}{N_{INTEREST}} \quad [1]$$

Nested fixed-area plot: Plot berluasan tetap tersarang (Nested fixed-area plot) merupakan kasus spesifik dari plot berluasan tetap, di mana pohon dengan kelas dimensi berbeda diukur dalam plot berluasan tetap yang berbeda pula. Plot-plot tersebut dikenal sebagai plot yang lebih efisien dibandingkan plot berluasan tetap pada hutan alami, di mana merupakan hal yang lumrah bahwa di dalam satu plot terdapat lebih banyak pohon dengan kelas diameter yang lebih kecil dibandingkan jumlah pohon dengan kelas diameter yang lebih besar. Dalam keadaan seperti itu, plot berluasan tetap memiliki lebih banyak pohon kecil dan hanya sedikit pohon besar. Kondisi tersebut biasanya tidak efisien untuk menduga luas bidang dasar dan biomassa, karena pohon dengan DBH yang besar yang berkontribusi lebih banyak pada nilai total luas bidang dasar atau biomassa per hektar. Terdapat 3 elemen desain pada plot berluasan tetap tersarang: 1) jumlah plot tersarang, 2) ambang batas DBH (minimum dan maksimum) untuk pohon-pohon yang ingin disertakan dalam masing-masing plot tersarang, dan 3) ukuran setiap plot tersarang. Tidak ada rekomendasi umum untuk jumlah plot tersarang, namun yang biasa digunakan adalah desain dengan dua atau tiga plot tersarang. Ambang batas DBH untuk pohon-pohon yang akan diukur dalam setiap plot tersarang biasanya mengikuti kelas DBH untuk pohon-pohon komersial, namun juga dapat dioptimalkan untuk variabel yang diminati (lihat Contoh 4). Ukuran dari setiap plot tersarang secara langsung berhubungan dengan dimensi pohon: apabila dimensi pohon lebih besar, maka ukuran plot juga lebih besar. Untuk menentukan ukuran optimal dari masing-masing plot tersarang, maka perlu ditentukan terlebih dahulu jumlah pohon yang akan diukur dalam setiap desain tersarang. Umumnya direkomendasikan untuk menghitung jumlah total pohon per plot pada semua plot tersarang rata-rata sebanyak 18-20 pohon. Ukuran dari setiap plot tersarang dapat dioptimalkan menggunakan Persamaan [1], di mana  $N_{INTEREST}$  adalah jumlah pohon per hektar dari pohon-pohon yang diukur dalam plot tersarang, dan  $T_{DESIRED}$  adalah rerata jumlah pohon yang diukur dalam plot tersarang tersebut. Contoh 5 membahas mengenai optimasi luas plot dalam desain plot berluasan tetap tersarang.

Plot Bitterlich: Plot Bitterlich (atau penghitungan-sudut) memilih pohon secara proporsional berdasarkan luas bidang dasarnya. Oleh karena itu, teknik ini sangat efisien dalam menduga variabel tersebut (luas bidang dasar). Hanya ada satu elemen desain dari plot Bitterlich, yaitu faktor bidang dasar (Basal Area Factor – BAF) yang digunakan. Biasanya direkomendasikan untuk menggunakan BAF yang memilih rata-rata sedikitnya 8 pohon per titik pengambilan contoh. Oleh sebab itu, apabila luas bidang dasar diketahui, maka BAF optimal ( $BAF_{OPT}$ ) dapat ditentukan dengan Persamaan [2], di mana  $G$  adalah perkiraan luas bidang dasar ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) dan  $T_{DESIRED}$  adalah rerata jumlah pohon yang diinginkan per titik pengambilan contoh. Contoh 6 membahas mengenai optimasi pemilihan BAF.

$$BAF_{OPT} = \frac{G}{T_{DESIRED}} \quad [2]$$

Meskipun demikian, terdapat hal penting yang harus dipertimbangkan saat memilih BAF optimal, yaitu visibilitas atau jarak pandang di area studi. Untuk menghindari perkiraan yang bias, maka harus dipastikan bahwa pohon-pohon yang dipilih berada dalam jangkauan jarak pandang pengamat. Pada hutan tropis dengan jarak pandang yang relatif rendah dan pohon yang besar, BAF optimal yang digunakan biasanya 4 atau lebih.

#### **Melakukan inventarisasi percontohan**

Desain plot dapat dioptimalkan apabila informasi sebelumnya mengenai area studi tersedia. Jenis informasi ini dapat dikumpulkan melalui inventarisasi percontohan, yaitu studi pengambilan contoh mengenai karakteristik-karakteristik yang serupa dengan inventarisasi hutan, namun dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi yang cukup untuk optimasi desain plot maupun desain pengambilan contoh. Studi percontohan tersebut dilakukan dengan anggapan bahwa beberapa persyaratan untuk inventarisasi hutan berbasis sampel dapat diabaikan (seperti pemilihan titik pengambilan contoh secara statistik). Tujuan dari inventarisasi percontohan ini adalah untuk menguji desain plot di semua kondisi khusus, termasuk kasus-kasus ekstrem (contoh: kerapatan yang sangat tinggi atau sangat rendah). Akan lebih baik lagi apabila kasus-kasus yang berbeda tersebut dipilih secara proporsional terhadap proporsi setiap kasus pada luas area total.

Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, informasi dasar yang diperlukan untuk optimasi desain plot adalah distribusi diameter, yaitu jumlah pohon per hektar dalam setiap kelas DBH. Dalam inventarisasi hutan, biasanya digunakan kelas DBH 5 cm atau 10 cm. Maka, DBH minimum yang diukur adalah 5 cm, kelas diameter pertama adalah  $5 \leq DBH < 10$  untuk kelas DBH dari 5 cm, atau  $5 \leq DBH < 15$  untuk kelas DBH dari 10 cm. Walaupun distribusi diameter dapat dihitung untuk setiap plot, untuk tujuan pengelolaan KPH maka akan lebih baik untuk mengetahui rerata distribusi diameter pada seluruh plot.

Distribusi diameter tersebut didapat dengan menjumlahkan semua pohon yang diukur dalam kelas diameter yang ditentukan dan membaginya dengan jumlah plot. Dalam pengoptimalan desain plot, juga penting untuk menghitung nilai total dari variabel yang diminati (seperti luas bidang dasar, biomassa, dsb.) per kelas DBH.

Dalam menghitung distribusi DBH, penting untuk mempertimbangkan desain plot yang digunakan dalam inventarisasi percontohan, karena hal tersebut memengaruhi cara mengekspansi nilai per-plot menjadi nilai per-hektar. Pada plot berluasan tetap, semua kelas DBH memiliki faktor ekspansi yang sama. Oleh karena itu, rerata jumlah pohon per plot dikalikan dengan faktor ekspansi adalah jumlah pohon per hektar pada kelas DBH tersebut. Namun pada plot berluasan tetap tersarang, terdapat banyak faktor ekspansi sesuai plot tersarang. Penghitungan distribusi DBH dari rerata seluruh plot untuk plot berluasan tetap dan plot berluasan tetap tersarang ditunjukkan pada Contoh 1 dan 2. Untuk alasan kemudahan dalam mengekspansi nilai per-plot ke nilai per-hektar dalam plot berluasan tetap tersarang, maka direkomendasikan agar ambang batas DBH untuk pohon yang akan diukur pada masing-masing desain tersarang merupakan kelipatan 5.

**Contoh 1: Penentuan distribusi DBH dari inventarisasi percontohan menggunakan plot berluasan tertentu**

Distribusi DBH menunjukkan catatan rata-rata per kelas diameter yang diperoleh dari inventarisasi percontohan berupa lingkaran dengan jari-jari 8 m. Data ini sesuai dengan inventarisasi hutan yang telah dilaksanakan di hutan rawa gambut di Taman Nasional Sebangau (Kalimantan Tengah, Kalimantan). DC adalah nilai tengah dari masing-masing kelas DBH (yaitu 7,5 adalah nilai tengah dari kelas DBH  $5 \leq DBH < 10$ ),  $N_p$  adalah jumlah pohon per plot,  $G_p$  adalah luas bidang dasar ( $m^2$  / plot) dan  $W_p$  adalah biomassa atas permukaan ( $Mg$  / plot) di masing-masing kelas DBH. Dapat dilihat bahwa rata-rata terdapat 54,2 pohon yang diukur pada setiap plot, yang menunjukkan bahwa rancangan plot tidak efisien. Berhubung semua pohon diukur dalam plot dengan luasan yang sama, nilai per-hektar dapat dihitung dengan cara mengalikan dengan faktor ekspansi yang sama (EF) untuk semua kelas DBH. EF dihitung dengan persamaan [3], di mana A adalah ukuran plot (dalam hal ini  $201,06 m^2$ ). Kolom N, G, dan W masing-masing menunjukkan nilai per-hektar kerapatan tegakan, luas bidang dasar dan biomassa atas permukaan.

$$EF = \frac{10000}{A} \quad [3]$$

Tabel 1. Sebaran diameter ( $N_p$ , pohon-plot-1 atau  $N$  pohon-ha-1) dan luas bidang dasar ( $G_p$ ,  $m^2$ -plot-1 atau  $G$   $m^2$ -ha-1) dan biomassa atas permukaan ( $W_p$ ,  $Mg$ -plot-1 atau  $W$ ,  $Mg$ -ha-1) untuk kelas DBH (DC) dengan interval 5 cm. Data dari hutan rawa gambut di Taman Nasional Sebangau (Kalimantan Tengah).

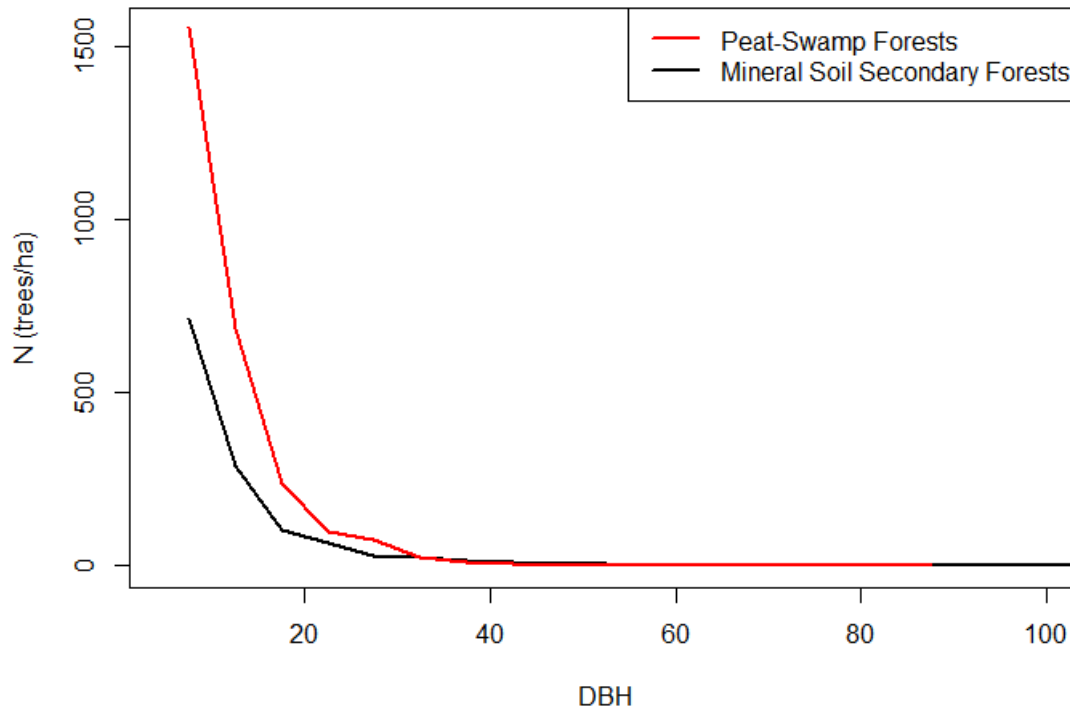
DC	Per-plot			per-hektar		
	$N_p$	$G_p$	$W_p$	$N$	$G$	$W$
7,5	31,277	0,127	0,897	1.555,6	6,3	44,6
12,5	13,787	0,159	1,410	685,7	7,9	70,1
17,5	4,766	0,108	1,072	237,0	5,4	53,3
22,5	2,000	0,078	0,843	99,5	3,9	41,9
27,5	1,468	0,085	0,927	73,0	4,2	46,1
32,5	0,503	0,041	0,467	25,0	2,0	23,2
37,5	0,194	0,021	0,229	9,7	1,0	11,4
42,5	0,122	0,017	0,181	6,1	0,8	9,0
47,5	0,037	0,006	0,068	1,9	0,3	3,4
52,5	0,032	0,007	0,059	1,6	0,3	2,9
57,5	0,008	0,002	0,014	0,4	0,1	0,7
62,5	0,013	0,004	0,035	0,7	0,2	1,8
67,5	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
72,5	0,003	0,001	0,014	0,1	0,1	0,7
77,5	0,003	0,001	0,013	0,1	0,1	0,6
82,5	0,003	0,001	0,009	0,1	0,1	0,4
87,5	0,003	0,002	0,011	0,1	0,1	0,6
All	54,219	0,66	6,249	2.696,6	32,8	310,7

**Contoh 2: Penentuan distribusi DBH dari inventarisasi percontohan dengan plot tersarang berukuran tetap (nested fixed-area plots)**

Distribusi DBH menunjukkan catatan rata-rata per kelas diameter dari inventarisasi percontohan plot tersarang berukuran tetap. Data ini sesuai dengan inventarisasi hutan yang dilaksanakan di hutan sekunder di Harapan Rainforest (Jambi, Sumatera). Rancangan plot terdiri atas tiga plot tersarang: 15x15m (kecil), 30x30m (menengah) dan 30x50m (besar). Ambang DBH untuk pohon yang akan diukur dalam setiap rancangan plot tersarang adalah:  $5 \leq DBH < 20$  untuk plot berukuran kecil,  $20 \leq DBH < 30$  untuk plot berukuran sedang dan  $DBH \geq 30$  untuk plot berukuran besar. Rata-rata terdapat 43,4 pohon yang diukur pada setiap plot, yang menunjukkan bahwa implementasi rancangan plot tidak efisien.

Dalam penentuan nilai per hektar dengan rancangan tersarang harus diperhatikan bahwa tidak semua pohon diukur dalam plot tersarang yang sama (lihat juga 2.6.1). Masing-masing plot tersarang memiliki faktor ekspansi sendiri (EF), dan semua kelas DBH diukur dalam plot tersarang yang sama harus dikalikan dengan EF yang sama. Dalam contoh ini, misalnya, DC 7,5, 12,5 dan 17,5 memiliki EF yang sama, yaitu 44,44 (lihat Persamaan [3]). Representasi grafis dari distribusi diameter dalam Gambar 4 menunjukkan perbedaan antara kedua lokasi studi.





Gambar 4. Distribusi diameter untuk Contoh 1 (merah) dan Contoh 2 (hitam).

**Contoh 3: Penentuan ukuran plot optimal untuk plot berluasan tetap**

Meskipun rancangan plot tersarang unggul dalam kedua kasus, prosedur umum mengadaptasi ukuran area tetap plot tunggal dijelaskan terlebih dahulu. Seandainya target jumlah pohon per hektar yang akan diukur dalam setiap plot adalah 20, ukuran petak optimal dapat dihitung berdasarkan perkiraan jumlah pohon per hektar, informasi yang bisa digali dari inventarisasi percontohan. Dengan demikian, diperkirakan kerapatan tegakan adalah 2.697 pohon  $\cdot$  ha<sup>-1</sup> untuk Contoh 1 dan 1.265 pohon  $\cdot$  ha<sup>-1</sup> untuk Contoh 2. Ukuran plot dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan [1], yang menghasilkan ukuran plot optimal 74,2 m<sup>2</sup> untuk Contoh 1 dan 158,1 m<sup>2</sup> untuk Contoh 2. Dengan mengetahui ukuran plot, dimensi plot dapat ditentukan untuk bentuk plot tertentu. Dalam hal plot lingkaran berluasan tetap, akan menghasilkan radius 4,85 m untuk hutan rawa gambut dan 7,1 m untuk hutan sekunder dataran rendah. Plot ini sangat kecil karena banyaknya jumlah pohon kecil. Oleh karena itu satu plot berluasan tetap tidak optimal untuk kondisi tersebut dan akan menyebabkan nilai-nilai ekstrem jika pohon besar atau tidak ada pohon terdapat pada plot seperti itu.

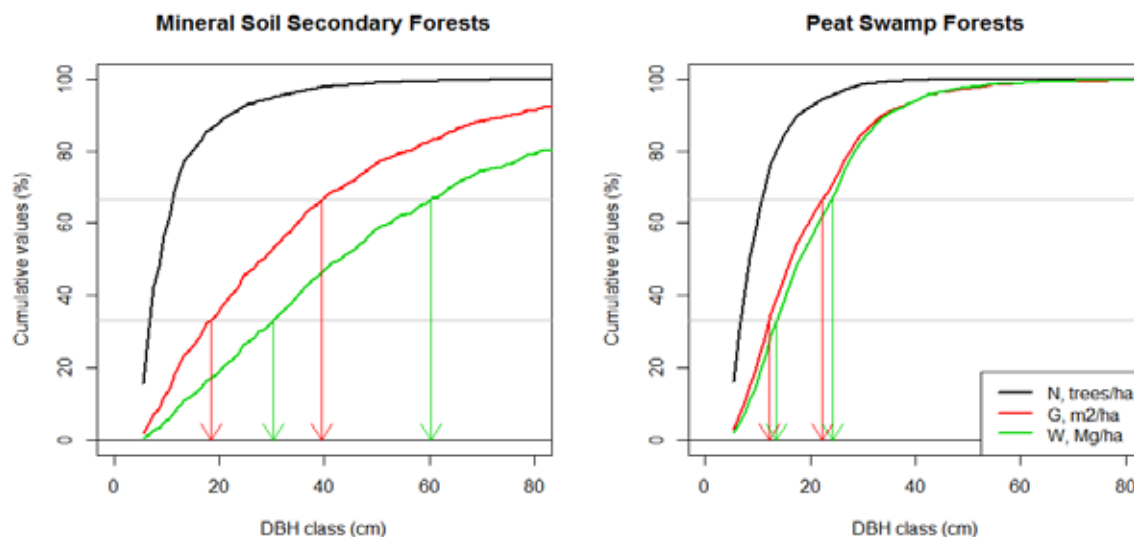
**Tabel 3. Distribusi diameter ( $N_p$ , pohon  $\cdot$  plot<sup>-1</sup> atau  $N$  pohon  $\cdot$  ha<sup>-1</sup>) dan nilai-nilai dari luas bidang dasar ( $G_p$ , m<sup>2</sup>  $\cdot$  plot<sup>-1</sup> atau  $G$   $\cdot$  ha<sup>-1</sup>) dan biomassa di atas tanah ( $W_p$ , Mg  $\cdot$  plot<sup>-1</sup> atau  $W$ , Mg  $\cdot$  ha<sup>-1</sup>) untuk kelas DBH (DC) 5 cm. Data dari Hutan Sekunder Dalam Jambi (Sumatera, Indonesia).**

DC	per-plot			per-hektar		
	$N_p$	$G_p$	$W_p$	$N$	$G$	$W$
7,5	16,119	0,065	0,181	716,4	2,9	8
12,5	6,448	0,073	0,270	286,6	3,3	12
17,5	2,284	0,052	0,237	101,5	2,3	10,5
22,5	5,910	0,233	1,235	65,7	2,6	13,7
27,5	2,418	0,143	0,856	26,9	1,6	9,5
32,5	3,403	0,279	1,834	22,7	1,9	12,2
37,5	2,328	0,252	1,795	15,5	1,7	12,0
42,5	1,231	0,171	1,313	8,2	1,1	8,8
47,5	1,075	0,19	1,571	7,2	1,3	10,5
52,5	0,560	0,12	1,048	3,7	0,8	7,0
57,5	0,358	0,093	0,859	2,4	0,6	5,7
62,5	0,403	0,122	1,181	2,7	0,8	7,9
67,5	0,291	0,103	1,045	1,9	0,7	7,0
72,5	0,112	0,046	0,485	0,7	0,3	3,2
77,5	0,134	0,063	0,695	0,9	0,4	4,6
82,5	0,045	0,023	0,257	0,3	0,2	1,7
87,5	0,067	0,04	0,465	0,4	0,3	3,1
92,5	0,090	0,06	0,729	0,6	0,4	4,9
97,5	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
102,5	0,045	0,037	0,473	0,3	0,2	3,2
...	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
132,5	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
137,5	0,022	0,033	0,511	0,1	0,2	3,4
...	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,0
267,5	0,022	0,125	2,848	0,1	0,8	19
All	43,365	2,323	19,888	1264,8	24,4	167,9

**Contoh 4: Penentuan ambang DBH untuk setiap plot tersarang pada plot tersarang berluasan tetap**

Sebagaimana dinyatakan di atas, ambang batas DBH untuk setiap rancangan tersarang dalam plot tersarang biasanya ditetapkan berdasarkan dimensi komersial. Namun demikian, ambang ini dapat dioptimalkan untuk variabel tertentu. Meskipun tidak ada cara khusus untuk mengoptimalkan ambang DBH, di sini disajikan metodologi yang dapat digunakan ketika variabel yang diinginkan dapat disajikan per kelas diameter.

Pada dua lokasi studi yang digunakan dalam dalam catatan teknis ini, luas bidang dasar ( $G$ ) dan biomassa atas permukaan ( $W$ ) dihitung per kelas diameter. Dengan demikian, Tabel 2 menunjukkan nilai-nilai non-kumulatif  $N$ ,  $G$ , dan  $W$  dalam bentuk per-hektar. Nilai-nilai ini juga dapat dinyatakan dengan cara kumulatif, yang menunjukkan nilai akumulasi dari masing-masing variabel pada setiap kelas DBH. Proporsi relatif dihitung dengan membagi nilai kumulatif dengan jumlah total variabel tertentu di semua kelas diameter dan mengalikannya dengan 100. Gambar 5 menunjukkan nilai kumulatif untuk kerapatan tegakan ( $N$ , garis hitam), luas bidang dasar ( $G$ , garis merah) dan biomassa ( $W$ , garis hijau) sebagai persentase dari total nilai per hektar untuk kedua lokasi studi.



Gambar 5. Nilai persentase kumulatif untuk kerapatan tegakan (N, garis hitam), luas bidang dasar (G, garis merah) dan biomassa atas permukaan (W, garis hijau). Garis abu-abu horizontal menunjukkan 1/3 dan 2/3 dari total nilai per hektar, dan tanda panah menunjukkan ambang DBH yang berada pada <math><1/3</math>, <math>1/3-2/3</math> dan <math>>2/3</math> dari setiap variabel.

Salah satu cara optimasi adalah dengan menyesuaikan ambang DBH sehingga di setiap plot tersarang, bagian yang sama dari total nilai variabel dinilai. Misalnya, jika tiga plot tersarang digunakan dan variabel yang diinginkan adalah luas bidang dasar, maka lebih baik mencari nilai-nilai DBH yang memiliki nilai kumulatif 1/3 dan 2/3 dari total luas bidang dasar. Nilai ambang ini akan optimal untuk perkiraan luas bidang dasar, karena setiap plot tersarang mewakili 1/3 dari nilai total per hektar. Gambar 2 menunjukkan batas DBH yang dihitung menggunakan pendekatan ini untuk dua tipe hutan yang berbeda dan untuk dua variabel (G dan W). Angka tersebut menunjukkan betapa berbedanya ambang batas DBH optimal untuk jenis hutan yang berbeda, bahkan dengan menggunakan kriteria optimasi dan variabel yang sama. Ambang DBH yang diperoleh dengan pendekatan ini pada hutan sekunder tanah mineral yaitu 18,5 cm dan 39,5 cm untuk luas bidang dasar, dan 30,3 cm dan 60,2 cm untuk biomassa atas permukaan, dan pada hutan rawa gambut sebesar 12,2 cm dan 22,2 cm untuk luas bidang dasar, dan 13,6 cm dan 24,3 cm untuk biomassa atas permukaan.

**Contoh 5: Penentuan ukuran petak tersarang dalam plot tersarang berluasan tetap**

Penentuan ukuran plot tersarang adalah langkah terakhir dalam proses optimasi plot. Persamaan yang digunakan dalam langkah ini adalah Persamaan [1], dan proses penghitungan sudah dijelaskan dalam Contoh 3. Sebagai contoh, kami menggunakan desain yang sama (jumlah plot tersarang dan batas DBH) dari yang dijelaskan dalam Contoh 4 pada hutan sekunder tanah mineral untuk variabel luas bidang dasar. Dengan demikian, jumlah plot tersarang adalah 3, dan ambang DBH 18,5 cm dan 39,5 cm.

Pertimbangan pertama yang akan dibuat di sini, adalah pembulatan ambang DBH sesuai dengan kelas DBH yang diinginkan untuk menghindari kesalahan dari kru lapangan dalam pelaksanaan plot. Dengan demikian, dianjurkan untuk membulatkan ambang DBH menjadi 20 cm dan 40 cm.

Langkah berikutnya adalah untuk memutuskan berapa banyak pohon yang diukur di setiap plot tersarang. Dalam hal ini, seperti yang kita tahu bahwa setiap plot tersarang akan mewakili bagian yang sama dari total nilai variabel per hektar, masuk akal untuk merancang plot untuk mengukur rata-rata jumlah yang sama dari pohon di setiap plot tersarang. Dengan demikian, dalam kasus ini, kami memutuskan untuk mengukur 7 pohon per plot tersarang (seluruhnya menjadi rata-rata 21 pohon per plot).

Dengan membaca Tabel 3, kita dapat melihat bahwa: jumlah pohon per hektar dengan DBH <20 adalah 1.104,5 pohon, jumlah pohon per hektar dengan  $20 \leq \text{DBH} < 40$  adalah 130,7 pohon, dan jumlah pohon per hektar dengan  $\text{DBH} \geq 40$  adalah 29,6. Dengan menggunakan angka-angka ini dan Persamaan [1], menghasilkan luas plot  $63,4 \text{ m}^2$  (4,5 m) untuk plot tersarang berukuran kecil,  $535,6 \text{ m}^2$  (13 m) untuk plot tersarang berukuran sedang dan  $2364,9 \text{ m}^2$  (27,4 m) untuk plot tersarang berukuran besar.

#### **Contoh 6: Penentuan BAF pengambilan contoh *Bitterlich***

Ketika luas bidang dasar adalah variabel yang diinginkan, dan nilai perkiraan dari variabel tersebut diketahui dari hasil inventarisasi percontohan, BAF dapat dioptimalkan untuk sejumlah pohon yang dipilih. Untuk dua studi kasus yang disajikan di sini, perkiraan luas bidang dasar dari inventarisasi percontohan adalah:  $24,4 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  untuk hutan rawa gambut dan  $32,8 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$  untuk hutan sekunder tanah mineral. Dengan menggunakan Persamaan [2], dan dengan asumsi bahwa tujuan kita adalah untuk memilih rata-rata 8 pohon per titik pengambilan contoh, BAF optimum adalah 3,05 dan 4,1. Karena tidak semua perangkat memungkinkan menggunakan BAF desimal, nilai-nilai harus dibulatkan ke BAF terdekat pada alat yang akan digunakan dalam inventarisasi.

Dalam proses pembulatan, harus diperhatikan bahwa BAF kecil memilih lebih banyak pohon tetapi jauh dari pengamat, dan BAF besar memilih pohon lebih sedikit tapi dekat dengan pengamat. Seperti disebutkan sebelumnya, jarak pandang / visibilitas di lokasi studi harus dipertimbangkan untuk menghindari bias perkiraan karena pohon yang tidak terhitung, dan oleh karena itu pemilihan BAF harus memperhitungkan kondisi visibilitas daerah penelitian.

## 2.6 Rancangan pendugaan

Desain pendugaan mendefinisikan bagaimana pendugaan statistik yang berasal dari desain pengambilan contoh dan desain plot yang ditetapkan. Estimator (formula) harus sesuai dengan kedua elemen desain tersebut. Hanya rancangan pengambilan contoh dan rancangan plot yang penduganya diketahui yang boleh digunakan. Hal ini, misalnya, tidak terjadi, ketika desain plot secara subyektif disesuaikan di lapangan sesuai dengan situasi tertentu yang dihadapi, seperti menggeser posisi plot atau memperbesar ukuran plot.

Hasil inventarisasi hutan umumnya disajikan dalam satuan nilai per-hektar, dan rancangan pendugaan ini menentukan bagaimana nilai tersebut dihitung mengikuti aturan statistik yang baik.

Ini mengacu kepada yang disebut pendugaan nilai (termasuk nilai rata-rata dan total) dan yang disebut pendugaan selang (termasuk *standard error* dan selang kepercayaan). Merupakan suatu hal penting dari pelaporan hasil inventarisasi hutan bahwa semua nilai dugaan disertai dengan perhitungan ketelitian; perhitungan ketelitian ini menginformasikan pengguna data tentang "keandalan statistik" hasil dugaan. Selanjutnya, informasi tentang ketepatan dugaan merupakan dasar penting untuk optimasi desain pengambilan contoh dan desain plot dan dapat menyebabkan peningkatan dalam efisiensi biaya dari suatu sistem inventarisasi.

Adalah penting untuk menyadari bahwa semua hasil yang diperoleh dari kajian pengambilan contoh merupakan pendugaan. Oleh karena itu, ketika menyajikan hasil itu sebaiknya ditulis "sediaan tegakan diperkirakan  $\text{xxxm}^3 / \text{ha}$ ", bukan "sediaan tegakan adalah  $\text{xxxm}^3 / \text{ha}$ ".

### 2.6.1 Perhitungan nilai plot

Target dari pendugaan ini adalah untuk menggambarkan kondisi rata-rata variabel dalam kelas atau daerah yang berbeda. Oleh karena itu pertama-tama perlu untuk menghitung "pengamatan" per plot. Jika desain petak tersarang digunakan, di mana pohon dengan diameter berbeda diukur dalam plot dengan radius yang berbeda, luasan umum perlu diadopsi untuk "upscale" plot yang berbeda menjadi satuan yang sama. Satuan luasan yang umum ini adalah 1 ha. Oleh karena itu, semua pengamatan per-plot perlu dikonversi dengan ekstrapolasi untuk menghasilkan nilai per-hektar, antara lain, hasil untuk luas bidang dasar/ ha, jumlah pohon / ha, atau volume / ha.

Dalam basis data atau *spreadsheet* di mana semua pengukuran pohon tunggal dicatat, perlu dipertimbangkan faktor ekspansi (EF) masing-masing untuk pohon dengan diameter yang berbeda. Faktor ekspansi adalah hubungan antara 1 ha ( $10.000\text{m}^2$ ) dan luas plot tertentu di mana pohon dengan kelas diameter tertentu diukur.

Faktor-faktor ekspansi untuk sub-plot lingkaran tersarang, misalnya, dihitung dari masing-masing jari-jari  $r$  sub-plot:

$$EF = \frac{10.000}{\pi r^2}$$

Sebagai contoh sebagaimana digambarkan pada Gambar 1, pohon-pohon yang lebih kecil dari 15 cm diukur dalam radius 5m, sedangkan pohon  $\geq 15$  cm dan  $< 30$  cm diukur dalam radius 10m. Pohon  $\geq 30$  cm diukur dalam radius 15m. Faktor ekspansi untuk masing-masing ukuran tersebut menjadi:

Untuk pohon $< 15$ cm: $10,000\text{m}^2 / \text{Pi} * 5\text{m}^2 = 10,000\text{m}^2 / 78.54\text{m}^2 = 127,32$
Untuk pohon $\geq 15$ cm dan $< 30$ cm: $10,000\text{m}^2 / \text{Pi} * 10\text{m}^2 = 10,000\text{m}^2 / 314.16\text{m}^2 = 31,83$
Untuk pohon $\geq 30$ cm: $10,000\text{m}^2 / \text{Pi} * 15\text{m}^2 = 10,000\text{m}^2 / 706.86\text{m}^2 = 14.14$

Semua nilai pohon tunggal yang terkait luasan harus dikalikan dengan faktor ekspansi masing-masing untuk memperoleh pengamatan / ha (misalnya volume pohon atau luas bidang dasar pohon). Untuk jumlah pohon / ha, faktor ekspansi itu juga dapat digunakan. Nilai-nilai pohon tunggal yang telah diskalakan ini kemudian dapat digabungkan per plot. Jumlah pohon / ha akan menjadi jumlah dari semua nilai pohon tunggal per hektar (bayangkan jika kita hanya menemukan satu pohon per kelas diameter, hasil untuk contoh ini adalah  $127,32 + 31,83 + 14.14 = 173,29$  pohon / ha).

Semua pendugaan lebih lanjut dari rata-rata dan total untuk variabel yang terkait luasan (berasal dari pohon tunggal) akan didasarkan pada agregasi pengamatan plot (nilai per ha).

### 2.6.2 *Pendugaan rata-rata, total dan varian*

Berikut ini disajikan penduga statistik untuk pengambilan contoh sistematis, *stratified sampling* sistematis dan *double sampling* untuk stratifikasi. Untuk cakupan menyeluruh dari dasar-dasar pengambilan contoh berbasis desain dan untuk penjelasan lebih rinci tentang perkiraan dan estimator, buku teks dalam statistik pengambilan contoh atau pengambilan contoh untuk inventarisasi hutan harus dipelajari.

Dalam konteks perencanaan manajemen di tingkat KPH, patut dipertanyakan apakah semua informasi yang diperlukan berupa perkiraan statistik dengan selang kepercayaan. Dalam konteks perencanaan jangka pendek aktual, KPH terkait mungkin akan puas dengan perkiraan rata-rata dan total yang andal, mungkin dikombinasikan dengan pendapat ahli tentang situasi yang sebenarnya. Namun demikian, penting untuk dipertimbangkan bahwa estimator yang dipilih harus sesuai dengan desain pengambilan contoh dan plot yang diterapkan, jika tidak maka mungkin mengakibatkan bias atau salah.

Berikut ini disajikan satu set estimator untuk alternatif desain yang diusulkan.



### 2.6.3 Estimator untuk pengambilan contoh acak sederhana (untuk diterapkan dalam pengambilan contoh sistematis)

Pengambilan contoh acak sederhana jarang (jika pernah) diterapkan untuk inventarisasi hutan dan monitoring, karena ada desain-desain pengambilan contoh lain yang lebih efisien. Namun, penduga pengambilan contoh acak sering diterapkan untuk desain pengambilan contoh sistematis: dengan tidak adanya penduga statistik varians yang tidak berbias untuk pengambilan contoh sistematis, penduga untuk pengambilan contoh acak umumnya digunakan sebagai salah satu pilihan untuk mendekati perkiraan varians dalam pengambilan contoh sistematis. Penduga ini diketahui berbias tanpa diketahui batasannya jika diterapkan pada contoh yang sistematis. Dalam prakteknya ini berarti, varians sebenarnya diasumsikan lebih rendah dari perkiraan varians dalam hampir semua kasus. Ini juga berarti bahwa perkiraan ketelitian yang disebut perkiraan konservatif dan *standard error* dugaan sebenarnya diasumsikan lebih rendah; dalam banyak kasus jauh lebih rendah, tetapi selalu tidak diketahui seberapa rendah.

Rerata: 
$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Ragam: 
$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}$$

Simpangan baku: 
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

*Standard error*: 
$$S_{\bar{y}} = \frac{S_y}{\sqrt{n}}$$

Di mana,

- N = jumlah elemen contoh dalam populasi (= ukuran populasi);
- n = jumlah elemen contoh dalam contoh (= ukuran contoh);
- $y_i$  = nilai yang diamati pada elemen contoh ke-i;
- $\mu$  = rata-rata parametrik populasi;
- $\bar{y}$  = rata-rata dugaan;
- $\sigma$  = simpangan baku dalam populasi;
- S = simpangan baku dugaan dalam populasi;
- $\sigma^2$  = ragam parametrik dalam populasi;
- $s^2$  = ragam dugaan dalam populasi;
- $\sigma_{\bar{y}}$  = standard error rata-rata parametrik;
- $s_{\bar{y}}$  = standard error rata-rata dugaan.

Yang paling relevan untuk setiap pelaporan dari inventarisasi hutan adalah nilai rerata (nilai dugaan) dan *standard error* (selang dugaan) di mana yang terakhir ini biasanya

disajikan secara standar sebagai *standard error* relatif untuk memungkinkan perbandingan antar variabel yang terlihat memiliki nilai rata-rata yang berbeda.

#### 2.6.4 Estimator untuk pengambilan contoh terstratifikasi

Stratifikasi adalah “pembagian populasi menjadi sub-populasi” dan sub-populasi ini disebut strata. Dalam setiap stratum, pengambilan contoh independen dilakukan. Notasi harus diperhatikan dengan cermat untuk menghindari kerancuan.

Kami menggunakan notasi berikut sebagaimana umumnya dicantumkan dalam sebagian besar buku teks pengambilan contoh:

$L$  Jumlah strata, di mana  $h = 1, \dots, L$ ;

$N$  Ukuran total populasi;

$N_h$  Ukuran stratum  $h$ , sehingga  $N = \sum_{h=1}^L N_h$  ;

$y_{ih}$  Nilai variabel  $Y$  yang diukur pada unit contoh ke- $i$  pada stratum ke- $h$ ;

$\bar{y}$  Rata-rata dugaan dari seluruh populasi;

$\bar{y}_h$  Rata-rata dugaan untuk stratum  $h$ ;

$n$  Ukuran contoh total;

$n_h$  Ukuran contoh dalam stratum  $h$ , sehingga  $n = \sum_{h=1}^L n_h$  ;

$s_h^2$  Ragam dugaan dalam stratum  $h$ ;

$\hat{\tau}$  Total dugaan dari seluruh populasi;

$\hat{\tau}_h$  Total dugaan dalam stratum  $h$ , di mana  $\hat{\tau}_h = N_h \bar{y}_h$  ;

$c_h$  Ukuran relatif stratum  $h$  atau bobot stratum  $h$ , di mana  $c_h = \frac{N_h}{N}$  ;

$\hat{v}(\bar{y})$  Ragam error dugaan dari rata-rata populasi dugaan;

$\hat{v}(\hat{\tau})$  Ragam error dugaan dari total populasi dugaan.

Rataan dugaan dalam stratum  $h$  adalah

$$\bar{y}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} y_{ih}}{n_h} \text{ dan}$$

Rataan populasi dugaan, yaitu nilai rata-rata untuk seluruh populasi adalah

$$\bar{y} = \sum_{h=1}^L c_h \bar{y}_h = \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} \bar{y}_h = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h .$$

Nilai total populasi dugaan, yaitu total untuk seluruh populasi adalah

$$\hat{\tau} = N\bar{y} = \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} \hat{\tau}_h = \sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h$$

Ragam error dugaan dari rata-rata populasi dugaan adalah

$$\text{vâr}(\bar{y}) = \sum_{h=1}^L \left[ \left( \frac{N_h}{N} \right)^2 \text{vâr}(\bar{y}_h) \right] = \frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L \left( \frac{N_h^2 s_h^2}{n_h} \frac{N_h - n_h}{N_h} \right)$$

Ragam error dugaan dari nilai total populasi dugaan adalah sebagai berikut

$$\text{vâr}(\hat{\tau}) = \text{vâr}(N\bar{y}) = N^2 \text{vâr}(\bar{y})$$

### 2.6.5 Estimator untuk pengambilan contoh ganda terstratifikasi

Notasi dalam pengambilan contoh ganda terstratifikasi serupa dengan pengambilan contoh terstratifikasi, hanya saja kami bedakan antara dua fase:

- $L$  Jumlah strata;
- $n'$  Jumlah contoh total dalam fase pertama;
- $n'_h$  Jumlah contoh dalam stratum  $h$  pada fase pertama;
- $w'_h$  Bobot stratum  $h$ ;
- $\bar{y}_h$  Rata-rata dugaan variabel target  $Y$  dalam stratum  $h$ ;
- $\bar{y}$  Rata-rata dugaan variabel target  $Y$  untuk seluruh area kajian;
- $s_h^2$  Ragam dugaan dari variabel target  $Y$  dalam stratum ke- $h$ .

Ukuran relatif stratum  $h$  = bobot stratum weight sebagaimana diduga dari fase pertama, adalah  $w'_h = \frac{n'_h}{n'}$  dan rata-rata variabel target  $Y$  untuk seluruh wilayah kajian

$\bar{y} = \sum_{h=1}^L w'_h \bar{y}_h$ . Estimator ini terkait dengan estimator pada pengambilan contoh acak

terstratifikasi, hanya saja bobot strata juga merupakan variabel acak hasil dugaan, yang mempengaruhi dugaan ragam.

Ragam error dugaan adalah 
$$\text{vâr}(\bar{y}) = \sum_{h=1}^L \left( w_h'^2 \frac{s_h'^2}{n'_h} + w_h' \frac{\bar{y}_h - \bar{y}}{n'}^2 \right)$$

### 2.6.6 Pendugaan luasan

Pendugaan luasan bukan merupakan inti dari FMI (berkebalikan dengan NFI). Namun, pendugaan luasan dari strata tertentu di seluruh KPH biasanya penting dilakukan. Sebagai contoh, kriteria lain untuk merinci luas total hutan mungkin menarik, termasuk kelas seperti "kawasan hutan di bawah perlindungan hukum" atau "kawasan hutan diluar manajemen" atau "kawasan hutan yang mengalami degradasi parah".

Luas area sering ditentukan oleh analisis penginderaan jauh di mana peta juga dapat dihasilkan; penilaian akurasi biasanya dilakukan untuk mengkarakterisasi kualitas peta ini. Namun, luas area juga dapat diperkirakan dengan pengambilan contoh lapangan di mana tingkat ketelitian dapat diberikan dan selang kepercayaan diperkirakan. Tentu saja, pengamatan lapangan tidak dapat menghasilkan peta, tetapi hanya menghasilkan statistik luasan saja.

Sebuah pendekatan khusus adalah titik contoh tak berdimensi (pusat plot contoh) diambil sebagai satu unit pengamatan dan karakteristik dari titik contoh dicatat pada setiap titik contoh, misalnya terdegradasi / tidak terdegradasi. Hutan terdegradasi / hutan tidak terdegradasi adalah variabel dikotomis yang terdiri atas dua nilai, yang dikonversi untuk analisis dalam nilai numerik 1 = "hutan terdegradasi" dan 0 = "hutan tidak terdegradasi". Proporsi cakupan kelas kondisi tertentu diperkirakan dari fraksi titik yang masuk ke dalam kelas target. Jika, untuk contoh berukuran  $n$  sejumlah titik  $n_f$  merupakan hutan yang rusak dan  $n - n_f$  di hutan tidak terdegradasi, proporsi hutan yang terdegradasi di kawasan yang diinventarisasi diduga dari

$$\hat{p} = \frac{n_f}{n}.$$

Penduga ini sangat serupa dengan penduga rata-rata  $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$  untuk pengambilan contoh acak sebagaimana dijelaskan sebelumnya, ketika memasukkan hanya dua nilai 0 and 1 sebagai pengamatan  $y_i$ .

dan, dengan  $q=1-p$ , ragam eror dari dugaan proporsi hutan  $\hat{p}$  diduga dari

$$\hat{\text{var}}(\hat{p}) = \frac{\hat{p}\hat{q}}{n-1},$$
 yang berlaku untuk populasi yang besar. Selang kepercayaan

kemudian dapat dibangun dengan cara biasa.

Penduga ini tidak bebas untuk pengambilan contoh acak. Diterapkan untuk pengambilan contoh sistematis, seperti untuk FMI, pertimbangan yang sama diuraikan seperti sebelumnya: Penerapan penduga untuk pengambilan contoh acak akan tidak bebas untuk rata-rata tetapi bebas lebih untuk perkiraan ragam eror, sehingga menghasilkan perkiraan konservatif.

## 2.7 Manajemen data dan analisis

Manajemen yang tepat dan analisis data inventarisasi merupakan elemen kunci dalam proses inventarisasi dan memastikan bahwa informasi yang dikumpulkan di lapangan dapat digunakan untuk tujuan perencanaan. Sebuah strategi yang sesuai untuk menganalisis data dan menghasilkan informasi yang diperlukan sebagai dasar untuk rencana pengelolaan harus direncanakan dari awal. Estimator yang disajikan harus diterapkan dengan benar dan data harus disimpan dalam basis data yang dikelola secara permanen untuk memungkinkan akses terhadap data bagi semua pihak terkait. Dalam manajemen data, analisis dan pembuatan laporan dan output membutuhkan pengetahuan ahli, dianjurkan untuk tidak meninggalkan bagian penting dalam tanggung jawab masing-masing KPH, tetapi untuk membentuk ahli di tingkat regional atau provinsi untuk mendukung manajemen basis data dan analisis data.

Alih-alih mengembangkan manajemen data dan kerangka analisis sendiri, disarankan untuk menerapkan solusi yang ada, seperti toolbox Open Foris yang disediakan oleh FAO. Open Foris collect adalah desainer survei yang merupakan alat rekayasa basis data rekursif yang memungkinkan membangun database relasional menurut sebuah skema yang didefinisikan oleh pengguna. Skema ini perlu dibangun sesuai dengan struktur hirarkis dari desain pengambilan contoh yang mendasari dan membutuhkan protocol pengambilan contoh yang jelas. Open Foris Calc adalah perangkat yang kuat untuk analisis data dan hasil perhitungan. Input data dan metadata berasal dari Open Foris Collect dan Calc menyediakan cara yang fleksibel untuk menghasilkan hasil gabungan yang dapat dianalisis dan divisualisasikan melalui perangkat lunak bebas Saiku. Calc memungkinkan pengguna ahli untuk menulis modul modifikasi R untuk melakukan pekerjaan perhitungan dengan berbagai desain pengambilan contoh. Setelah skema diterbitkan, Calc menciptakan database PostgreSQL. Akses ke basis data ini juga memungkinkan dengan pgAdmin III (administrasi PostgreSQL dan alat manajemen). Selanjutnya, basis data juga dapat diakses melalui R, sebuah perangkat lunak bebas yang kuat untuk komputasi statistik, yang merupakan pilihan yang menarik untuk analisis data dan pelaporan.

## 2.8 Pendampingan penelitian

FMI merupakan studi empiris khusus yang memiliki sebagian besar karakter ilmiah; perlu direncanakan, dilaksanakan dan dianalisa dengan cara yang sesuai. Banyak spesifikasi FMI dapat ditentukan atas dasar informasi yang ada dan pengetahuan yang ada. Namun, untuk sejumlah permasalahan, penelitian khusus diperlukan untuk memperoleh solusi yang optimal / tepat. Studi ini bukan bagian dari proyek inventarisasi biasa tapi dapat dilakukan bekerjasama dengan proyek inventarisasi, dilaksanakan baik oleh lembaga penelitian independen (misalnya universitas nasional atau kolaborasi internasional) atau oleh unit inventarisasi di Institusi Kehutanan Nasional.

Dalam kasus apapun, studi penelitian ini menawarkan peluang besar untuk (1) kerjasama penelitian, (b) untuk kemajuan ilmu pengetahuan hutan di negeri ini dan (c) untuk pengembangan kapasitas bagi mahasiswa dan ilmuwan yang tertarik.

Banyak permasalahan penelitian umumnya terjadi selama perencanaan dan pelaksanaan FMI. Tidak semua bisa tepat waktu dikerjakan dan belum semua memiliki solusi operasional selama proyek FMI tertentu. Namun, setiap studi yang dimulai selama pelaksanaan FMI pertama di Indonesia akan memberikan kontribusi untuk membangun pengetahuan kehutanan di dalam negeri; dan inventarisasi hutan lainnya akan mendapatkan keuntungan dari hasil, paling lambat saat fase berikutnya dari inventarisasi diimplementasikan.

Berikut ini, beberapa masalah penelitian yang ditangani yang biasanya mungkin terjadi dalam konteks FMI, dengan referensi khusus untuk kondisi di Indonesia. Sangat mungkin bahwa masalah penelitian lebih lanjut akan muncul selama pelaksanaan FMI pertama; sehingga menjadi penting, bahwa aspek ini ditugaskan/diminta dengan jelas kepada satuan-satuan tugas yang ada.

### **2.8.1 Model volume dan biomassa**

Model volume dan biomassa merupakan "alat" penting untuk penentuan individu pohon dan biomassa tegakan karena variabel "biomassa" dan "volume" tidak dapat langsung diukur, tetapi perlu dimodelkan dari variabel yang lebih mudah untuk diukur. Variabel "yang lebih mudah untuk diukur" ini biasanya DBH dalam inventarisasi tegakan dan dalam inventarisasi pengelolaan hutan yang mengacu pada unit yang relatif kecil dari pelaporan di mana hubungan yang relatif stabil antara DBH / tinggi dapat diasumsikan dan merupakan angka bentuk yang relatif stabil. Bagaimanapun, untuk inventarisasi area yang luas seperti inventarisasi hutan nasional, variabilitas akan lebih banyak, dan biasanya lebih banyak variabel diukur untuk model volume dan biomassa: selain DBH, ketinggian pohon juga termasuk untuk menangkap hubungan

variabel antara DBH dan tinggi dan diameter atas / *upper diameter* (kadang-kadang dalam tinggi tetap, kadang-kadang dalam tinggi relatif) untuk menangkap variabilitas dalam angka bentuk batang.

Jika model volume dan biomassa tidak tersedia, maka harus dibangun atau digunakan model dari wilayah terdekat yang kesesuaiannya harus diperiksa terlebih dahulu. Kedua kegiatan (membangun model baru dan memeriksa kesesuaian model yang ada) adalah tugas penelitian yang khusus dan contoh khusus untuk pendampingan penelitian. Studi tersebut bukan merupakan bagian generik dari pekerjaan inventarisasi, tetapi pengumpulan data untuk tujuan tersebut dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam pekerjaan lapang FMI. Juga kebutuhan dan spesifikasi dari model mungkin lebih baik ditentukan dan kualitas model yang lebih baik akan diuji ketika meraih pengalaman dalam FMI.

Untuk perkiraan sisaan, diperlukan model volume yang memungkinkan **menduga volume pohon dari pengukuran tunggal**, jika belum tersedia. Pengembangan model tersebut dapat dengan mudah diintegrasikan ke dalam inventarisasi hutan dengan mengukur pada subset dari pohon tidak hanya DBH tetapi juga diameter tunggul: dari pasangan pengamatan ini, model sederhana dapat dibangun yang memungkinkan memprediksi DBH dari diameter tunggul; kemudian, standar model berdasarkan DBH dapat diterapkan, mungkin menggunakan ketinggian pohon rata-rata untuk dugaan DBH.

Ketika menghasilkan model volume dan biomassa baru, penyusunan ini harus didokumentasikan secara komprehensif, dan akan sangat baik jika didokumentasikan bersama-sama dengan semua data pohon contoh yang digunakan. Hanya dengan dokumentasi yang transparan dan lengkap itu akan memungkinkan informasi ini potensial digunakan untuk perbaikan model.

### **2.8.2 model penginderaan jauh**

Regionalisasi berbasis penginderaan jauh dapat diuji untuk penyediaan informasi lokal, jika pendekatan regionalisasi yang sesuai dapat dikembangkan.

Pengamatan plot lapangan berfungsi sebagai training data dan data penginderaan jauh sebagai data operator. Dengan model yang tepat, karakteristik hutan dapat diprediksi untuk setiap piksel. Seperti dengan semua pendekatan pemodelan, kualitas dugaan tegakan tersebut adalah fungsi dari hubungan yang dapat dibangun antara pengamatan lapangan dan data penginderaan jauh. Kondisi medan dan jenis hutan di Indonesia adalah menyebabkan pengembangan / identifikasi model yang cocok merupakan pekerjaan penelitian generik dan bukan tugas standar dalam pelaksanaan FMI.

Kualitas jenis informasi berbasis tegakan yang mungkin dapat dihasilkan dengan cara yang tidak dapat diprediksi. Sangat mungkin, bagaimanapun, bahwa itu akan terbatas pada kategorisasi; misalnya sediaan tegakan "tinggi", "menengah" atau "rendah"; atau "degradasi" dan "tidak terdegradasi" atau kelas serupa terkait komposisi jenis.

Penerapan lain dari penginderaan jauh mungkin relevan untuk non-respon: mungkin terjadi di FMI bahwa beberapa lokasi contoh di lapangan tidak dapat dicari di lapangan dengan upaya yang wajar. Kemudian, pendugaan untuk lokasi contoh ini dapat dihasilkan melalui penginderaan jauh dengan menerapkan teknik MSN (= teknik tetangga paling mirip): plot contoh dengan spektral paling mirip diidentifikasi dan nilai-nilainya ditransfer ke plot non-respon. Sebagaimana dengan pemodelan untuk regionalisasi maupun untuk pemodelan non-respon, semua ini adalah penelitian dan membutuhkan keahlian ilmiah, pola pikir ilmiah dan pendekatan ilmiah.

### **2.8.3 Pembuatan area percontohan**

Pelaksanaan FMI menawarkan kesempatan yang sangat baik untuk membuat plot pengamatan dan demonstrasi permanen di KPH yang memiliki karakter eksperimental. Tujuannya adalah untuk mempelajari lebih lanjut tentang efek jangka panjang dari pengelolaan hutan yang berbeda atau skema intervensi lainnya. FMI dapat berfungsi di sini untuk mengidentifikasi tegakan yang memiliki kondisi yang cocok dari segi kondisi lokasi, struktur hutan dan manajemen. Wilayah demonstrasi ini tidak harus identik dengan posisi plot contoh, tetapi mungkin di dekatnya. Wilayah ini harus lebih besar dan harus dijaga dan dipantau oleh unit penelitian hutan dari Kementerian. Dengan demikian, lokasi-lokasi penelitian tersebut akan memberikan kontribusi dalam menghasilkan pengetahuan secara sistematis tentang efek dari pengelolaan hutan untuk setiap jenis hutan.

## **2.9 QA / QC (Jaminan kualitas dan kontrol kualitas) dalam inventarisasi hutan**

### **2.9.1 Pertimbangan umum mengenai QA / QC dalam inventarisasi hutan**

Jaminan kualitas merupakan elemen penting dalam inventarisasi hutan: pada akhirnya, kualitas data yang dihasilkan dan kualitas informasi yang diperoleh lah yang menghasilkan kredibilitas untuk keseluruhan studi inventarisasi. Setiap cacat kualitas yang dapat dihindari dapat mengganggu studi inventarisasi secara keseluruhan dan membuat hasilnya tidak dapat diterima atau digunakan untuk pengambilan keputusan. Hal ini relevan untuk semua inventarisasi, tetapi khususnya ketika diharapkan bahwa inventarisasi mungkin menghasilkan hasil yang tidak diharapkan atau tidak diinginkan.

Pertimbangan kualitas yang menyertai semua langkah dalam studi inventarisasi: dalam perencanaan, pelaksanaan dan dalam analisis dan pelaporan.

Tujuan jaminan kualitas

- (1) untuk menghindari kesalahan kasar (= kesalahan sebenarnya di mana sesuatu yang telah dilakukan salah) dan
- (2) untuk mengurangi kesalahan acak (= keragaman sisaan yang terdapat dalam semua kajian empiris).

Tingkat kekuatan metodologis dari statistic desain inventarisasi juga merupakan bagian dari jaminan kualitas; hal itu sepenuhnya adalah tanggung jawab perencana inventarisasi.

### **2.9.2 Persiapan tim lapangan sebagai ukuran jaminan kualitas**

Mengenai pekerjaan lapang, yang mungkin kegiatan paling penting dalam perencanaan inventarisasi dan pelaksanaan terkait jaminan kualitas adalah pelatihan dan motivasi. Tim lapangan harus terlatih secara menyeluruh dan terampil untuk melaksanakan teknik pengukuran - tetapi mereka juga harus memahami dengan baik peran penting



mereka dalam proses inventarisasi. Semua anggota tim lapangan - termasuk mereka yang memperoleh bayaran paling sedikit - harus memahami tanggung jawab mereka dalam sistem inventarisasi: kualitas pengamatan lapangan adalah salah satu elemen yang paling penting dalam kualitas inventarisasi secara keseluruhan dan memberikan kontribusi banyak untuk membuat inventarisasi yang baik dan berkualitas tinggi.

Kesalahan kasar dapat dihindari dengan baik saat perangkat pengukuran dikalibrasi pada interval yang sering dan ketika setiap pengukuran / pengamatan diperiksa silang oleh anggota tim lapangan yang lain, baik melalui pemeriksaan kerasionalan nilai yang diukur atau melalui pemeriksaan kesepakatan mengenai variabel kategori atau nominal. Kesalahan acak dapat dikurangi dengan baik dengan mengambil waktu untuk berhati-hati dalam menggunakan perangkat pengukuran.

Hanya tim lapangan dengan motivasi yang baik akan memiliki ambisi untuk melakukan pengukuran berkualitas tinggi. Motivasi dihasilkan oleh bimbingan yang baik dan kepemimpinan dan secara aktif membangun kerjasama antar sesama tim lapangan yang berarti bahwa pertemuan seluruh tim lapangan secara berkala dapat diatur untuk pertukaran pengalaman. Ada banyak poin lainnya yang berkontribusi untuk menjaga motivasi tinggi: menawarkan pembayaran yang memadai dan adil, menentukan beban kerja yang bisa dikerjakan harian dan mingguan, dan melibatkan sejauh mungkin para anggota tim lapangan ketika merencanakan survei lapangan. Tim lapangan juga harus

dilengkapi dengan perangkat pengukuran modern dan menerima pelatihan yang tepat untuk menggunakan perangkat ini. Pelatihan, bagaimanapun, seharusnya tidak hanya fokus pada (tentunya yang paling penting) sisi teknis pengukuran tetapi juga pada sejumlah definisi yang digunakan dan latar belakang umum dari inventarisasi.

### ***2.9.3 Pengukuran Kontrol***

Pengukuran kontrol / pengawasan merupakan komponen integral dari semua inventarisasi lapangan, meskipun tidak ada standar yang berlaku umum, baik mengenai pelaksanaannya maupun mengenai analisis dan konsekuensinya. Pada umumnya direkomendasikan untuk mengukur antara 5% dan 15% dari plot lapangan lagi untuk memeriksa kesesuaian dengan protokol lapangan dan standar kualitas. Pengukuran kontrol ini (kadang-kadang juga disebut sebagai "jelajah pemeriksaan") perlu dilakukan oleh tim pengawas yang sepenuhnya independen dari semua tim lapangan dan melaporkan secara khusus ke manajer inventarisasi.

Mereka perlu mengetahui semua rincian protokol lapangan dan latar belakang inventarisasi yang sedang berlangsung dan studi pemantauan dan berpartisipasi sebagai instruktur di pelatihan tim lapangan.

Tujuan akhir dan utama dari pengukuran kontrol adalah jaminan kualitas. Pengetahuan bahwa setiap plot lapangan mungkin secara independen dikontrol dapat menyebabkan

motivasi positif dan ambisi tim lapangan. Dapat juga dipertimbangkan membayar premi ekstra untuk tim lapangan yang mencapai kualitas data tertinggi. Tapi juga, dapat memberlakukan pengukuran ulang beberapa atau semua plot untuk tim lapangan yang diidentifikasi melakukan kesalahan yang parah yang dapat menyebabkan inventarisasi tidak valid; atau bahkan dapat mengakhiri kontrak dengan tim lapangan sebagai akibat dari pemeriksaan kualitas tersebut. Semua pemeriksaan dan kondisi ini harus secara eksplisit dirumuskan di awal dalam kontrak / perjanjian dengan tim lapangan kerja.

Pengukuran kontrol pekerjaan lapang umumnya dilaksanakan dengan dua strategi:

- (1) Tim pengawas menyertai tim lapangan reguler pada hari pekerjaan lapang normal dan mengamati dan memberi komentar, jika perlu, terhadap prosedur kerja. Kontrol tersebut kadang-kadang disebut sebagai "kontrol panas". "Hot control" memiliki karakter "on-the-job-training" dan dapat berkontribusi untuk motivasi tim lapangan khususnya ketika ternyata bahwa pekerjaan dilakukan dengan baik. Bahkan, "hot checks" tidak sepenuhnya independen karena cukup jelas bahwa pekerjaan tim lapangan mungkin berbeda jika didampingi oleh tim pengawas. Oleh karena itu, hanya sebagian kecil dari pengukuran kontrol yang boleh dilaksanakan sebagai "hot checks", sekitar 20% dari semua titik contoh yang diperiksa.
- (2) Tim pengawas secara independen mengukur lagi plot lapangan yang sudah dicatat oleh tim lapangan. Pemeriksaan independen seperti ini kadang-kadang disebut sebagai "cold control". Tim pengawas membawa serta semua data dan dokumen dari tim lapangan dan memeriksa validitas dan kualitas semua rekaman data. Di sini, tentu saja, sangat relevan jika posisi plot lapangan dapat dengan mudah ditemukan. Jika plot tidak dapat ditemukan oleh tim pengawas dengan dokumentasi yang tersedia, plot seperti itu akan menjadi plot hilang untuk inventarisasi permanen.

Tabel 4 memberikan gambaran dari berbagai kategori variabel yang akan diperiksa. Untuk inventarisasi tertentu, batas kesalahan perlu ditentukan untuk semua variabel dalam rangka membangun sistem evaluasi yang memungkinkan untuk identifikasi permasalahan serius secara obyektif yang perlu ditangani dalam rangka menjaga kualitas inventarisasi tetap tinggi.

Umumnya, kualitas pengukuran dan pengamatan dikategorikan ke dalam tiga kelas:

- "Baik" – yaitu : pengamatan berada dalam rentang "normal" keragaman dan keragaman ini diperkirakan tidak akan berdampak pada hasil.
- "Diterima" – yaitu : pengamatan berada sedikit di luar rentang "normal" keragaman tapi penyimpangannya diperkirakan tidak akan memberikan dampak yang besar pada hasil.

- "Tidak dapat diterima" – yaitu : pengamatan banyak yang berada di luar rentang "normal" keragaman yang penyimpangannya mungkin berdampak serius terhadap hasil inventarisasi.

Ini adalah keputusan penanggung jawab perencana inventarisasi untuk merancang sebuah sistem evaluasi dari klasifikasi pengukuran / pengamatan ini. Sekali lagi: belum ada standar yang baku.

**Tabel 2. Kategori utama variabel yang akan dicek selama pengawasan (cold checks)**

<p>Identifikasi titik contoh (lokasi titik pusat plot)</p>	<p>Titik yang "berkualitas baik" seharusnya dapat dengan cepat ditemukan dengan dokumentasi yang disiapkan oleh tim lapangan.</p> <p>Jika pusat plot tidak dapat ditemukan dalam jangka waktu yang wajar, ini merupakan salah satu kesalahan yang paling fatal karena hal ini berarti bahwa lokasi plot ini hilang untuk inventarisasi di masa mendatang.</p> <p>Baik tim pengawasan akan membentuk plot baru dan menghasilkan dokumentasi yang lebih baik - atau tim lapangan yang menghasilkan kesalahan ini - diberi mandat untuk memperbaiki kesalahan ini.</p>
<p>Posisi sub-plot</p>	<p>Sama seperti untuk titik contoh - di mana dapat dianggap bahwa posisi subplot dapat segera ditemukan setelah posisi titik contoh telah diidentifikasi.</p>
<p>Ukuran plot- and sub-plot</p>	<p>Penerapan ukuran plot yang salah dapat berarti bahwa terlalu banyak atau terlalu sedikit pohon dicatat. Hal ini memiliki dampak yang serius pada ekstrapolasi dari pengukuran plot menjadi nilai per-hektar karena ukuran plot yang salah membuat penerapan faktor ekspansi yang tidak benar.</p> <p>Koreksi kemiringan merupakan sumber potensi yang penting untuk kesalahan ini dan pengecekan ukuran plot harus selalu memperhitungkan pengukuran sudut kemiringan.</p>
<p>Variabel metrik</p>	<p>Untuk semua variabel metrik, rentang pengukuran "baik" dan "diterima" perlu ditentukan. Untuk DBH rentang ini dapat diberikan secara absolut (mm) atau dalam % - dan mungkin berbeda untuk pohon dengan kulit kasar dan kulit halus atau kasus khusus pohon berbanir. Untuk pengukuran tinggi, pembedaan bisa dibuat antara dimensi pohon yang berbeda.</p>
<p>Variabel kategoris</p>	<p>Sejauh ini yang paling berubah-ubah dalam inventarisasi adalah variabel kategoris, dan kaitan langsung variabel-variabel tersebut dengan inventarisasi bervariasi.</p> <p>Untuk variabel kategori yang mengikuti urutan (= variabel ordinal seperti "kelas kerusakan") seseorang dapat menentukan rentang untuk pengamatan yang baik dan yang dapat diterima.</p> <p>Untuk sebagian besar variabel yang benar-benar kategoris di mana pengamatannya berupa "kategori tanpa urutan" (misalnya jenis pengelolaan) dan untuk variabel nominal (misalnya jenis pohon) hanya ada "benar" atau "salah" sehingga 3 kelas kualitas tidak dapat dibangun untuk masing-masing variabel.</p> <p>Namun, tiga kelas dapat diterapkan untuk satu set variabel kategoris per plot, jika, misalnya, persentase tertentu dari kesalahan pengklasifikasian variabel kategoris telah terlampaui.</p>

**Pemilihan plot lapangan untuk kontrol "hot" dan "cold"** yang dilakukan oleh perencana inventarisasi sepenuhnya independen. Pengaruh dari tim lapangan atau informasi sebelumnya dari tim lapangan harus dihindari karena ini akan merusak nilai pengukuran kontrol. Pengukuran kontrol harus mencakup semua tim lapangan dan per tim lapangan mencakup keberagaman yang tinggi dari kondisi lapangan; itu berarti bahwa plot dengan medan yang sulit juga harus memiliki peluang yang sama untuk dikontrol.

Dalam rangka untuk menerapkan pemeriksaan "cold" dan "hot" secara benar, para perencana inventarisasi harus terus-menerus diberitahu tentang kemajuan pekerjaan dan rencana kerja dari semua tim lapangan sehingga rencana kerja tim pengawasan dapat efisien direncanakan baik untuk pemeriksaan "cold" dan "hot".

Jika "cold checks" dapat diterapkan setiap saat setelah pengukuran lapangan oleh tim lapangan, "hot checks" harus hati-hati dikoordinasikan dengan tim lapangan. Pemeriksaan "hot checks" ini tidak boleh menyebabkan gangguan atau keterlambatan dalam pelaksanaan pekerjaan lapang untuk tim lapangan. Pemeriksaan harus diumumkan beberapa hari sebelumnya; Namun, tanpa opsi bahwa tim lapangan "menyesuaikan" jadwal pekerjaan lapang dengan pemberitahuan singkat.

Biasanya, hasil pengukuran kontrol dilaporkan bersama-sama dengan hasil detail dari inventarisasi. Hasil ini adalah bagian dari informasi kualitas inventarisasi, bersama dengan informasi lain, misalnya, tentang *standard error*. Hasil pengukuran kontrol biasanya tidak digunakan untuk "kalibrasi" atau "penyesuaian" dari data yang dikumpulkan.

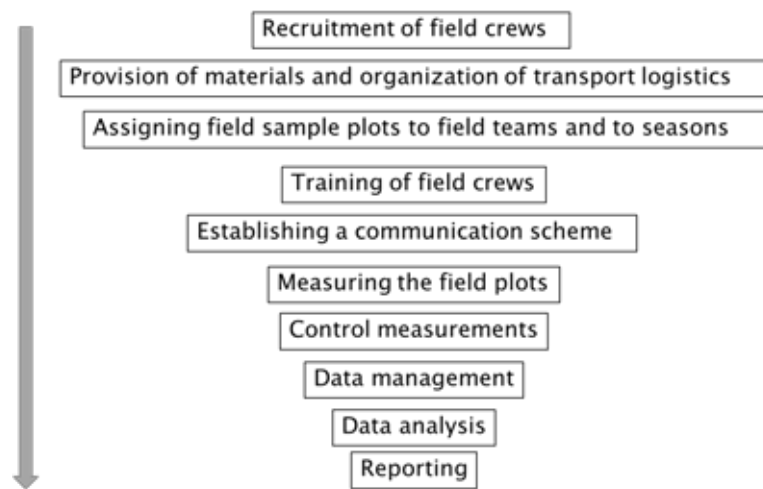
## **2.10 Proses FIM - alur kerja yang disarankan**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah implementasi untuk sebuah FIM. Bab ini berfokus pada langkah-langkah teknis, sementara pengaturan kelembagaan dan kebutuhan untuk mendampingi proses ini dengan pembangunan kapasitas yang intensif dan kajian penelitian hanya dibahas secara singkat.

Diasumsikan di sini bahwa sebuah "unit inventarisasi" berada di bawah kementerian yang bertanggung jawab mengkoordinasikan, mengawasi dan membimbing pelaksanaan FMI di KPH dan dikelola dengan sejumlah ahli yang cukup, baik yang bisa langsung mengawasi, membimbing dan mendukung pelaksanaan tindakan dari semua kegiatan terkait FMI (perencanaan, pelaksanaan, analisis, pelaporan) atau memiliki keahlian untuk melakukan kontrak dan mengawasi para ahli eksternal. **Hal ini juga diasumsikan bahwa ada dasar hukum yang tepat yang menentukan kebutuhan dan format FMI dan pelaksanaannya.**

Hal ini tidak hanya penting untuk pelaksanaan teknis FMI tapi pada saat yang sama menjadi prasyarat untuk fungsi jangka panjang unit inventarisasi ini. Tentu saja, unit teknis inventarisasi juga dapat mendukung tipe inventarisasi hutan lain, termasuk inventarisasi hutan nasional dan jenis inventarisasi tertentu dari kegiatan yang mungkin diperlukan di masa depan (misalnya pemantauan kesehatan hutan atau pemetaan situs hutan atau pemetaan biotope hutan).

Unsur-unsur utama dari alur kerja seperti yang dijelaskan di bawah ini perlu dikoordinasikan sebagaimana dalam setiap proyek yang lebih besar lainnya. Sebuah pelimpahan tanggung jawab dan penentuan tenggat waktu yang jelas adalah bagian dari koordinasi ini. Gambaran umum secara grafis ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Gambaran umum langkah-langkah utama dari alur kerja pelaksanaan FMI

Ada banyak cara yang berbeda untuk menyesuaikan atau memodifikasi alur kerja ini. Tujuan utama dan prinsip arahan adalah selalu untuk mencapai kualitas data tertinggi dengan batasan sumber daya yang ada.

Penting di sini bahwa **kualitas metodologi tidak boleh dikorbankan untuk pendekatan yang tampaknya lebih mudah atau hanya lebih cepat**. Pada akhirnya, kekakuan metodologis lah yang menentukan kredibilitas inventarisasi pengelolaan hutan - seperti untuk inventarisasi hutan lainnya.

### 2.10.1 Perekrutan tenaga lapangan

Pada tahap awal, tim lapangan harus direkrut yang akan tersedia saat pelatihan dan pekerjaan lapangan dimulai.

Ini adalah salah satu tujuan (1) untuk menggunakan FMI sebagai ukuran pengembangan kapasitas secara luas dan (2) untuk melaksanakan pekerjaan lapangan dalam jangka waktu yang ditentukan. Itu berarti bahwa sejumlah tim lapangan yang sesuai perlu dikerahkan secara bersamaan, tergantung pada jumlah titik contoh tertentu di KPH tersebut.

### **2.10.2 Penyediaan bahan dan organisasi transportasi logistik**

Sejalan dengan perekrutan tim lapangan, penyediaan perangkat pengukuran perlu dilakukan. Ini akan tergantung pada jenis kontrak yang sedang dibuat dengan tim lapangan, sejauh mana penyediaan perangkat pengukuran yang harus dilakukan oleh unit inventarisasi yang bertanggung jawab.

Dianjurkan untuk menyerahkan ke tim lapangan yang dikontrak (konsultan) untuk menyediakan perangkat pengukuran mereka sendiri; kontrak layanan perlu dirumuskan agar sesuai, juga dalam hal remunerasi dan kompensasi yang adil untuk perangkat ukur tersebut. Pendekatan seperti ini menjamin bahwa tim lapangan memperlakukan dengan baik peralatan mereka dan itu akan sangat mengurangi beban kerja organisasi untuk tim koordinasi, karena tim lapangan juga akan bertanggung jawab untuk perangkat cadangan, penggantian dan perbaikan jika mengalami kerusakan.

Hal yang sama harus dilakukan untuk transportasi logistik sejauh mungkin: konsultan yang dikontrak sebagai pemimpin tim lapangan harus menggunakan kendaraan mereka sendiri, dan diberi kompensasi yang sesuai untuk itu. Hal ini akan mengurangi beban organisasi untuk unit koordinasi.

Poin penting juga yaitu penyusunan peta dan persiapan pencetakan citra penginderaan jauh. Bahan-bahan ini harus tersedia sebelumnya untuk tim lapangan melalui unit koordinasi.

### **2.10.3 Menetapkan plot contoh untuk tim lapangan**

Setelah titik contoh lapangan dikategorikan, dan jika lebih dari satu tim lapangan akan diturunkan, titik contoh harus diberikan kepada tim lapangan.

Penetapan titik contoh kepada tim lapangan harus seimbang dalam hal beban kerja secara keseluruhan, dan yang terutama terkait dengan jumlah titik contoh yang "mudah" dan "sulit".

### **2.10.4 Pelatihan tenaga lapangan**

Tenaga lapangan yang bekerja dalam inventarisasi hutan perlu dilatih secara khusus sesuai dengan protokol inventarisasi dan panduan lapangan. Tergantung pada peran mereka selama pekerjaan inventarisasi (melakukan pengukuran plot, mengelola data, dan menganalisa data), tidak semua bagian dari panduan ini relevan untuk setiap anggota tim. Namun, penting dan kadang-kadang membantu jika orang-orang yang bertanggung jawab untuk manajemen data tahu bagaimana data tersebut dihasilkan; dan juga penting bahwa mereka yang melakukan pengukuran di lapangan memiliki pemahaman tertentu tentang struktur basis data.

Oleh karena itu, membaca dan memahami panduan lapangan adalah wajib bagi semua orang yang berpartisipasi dalam inventarisasi.

Tujuan utama dari langkah-langkah pelatihan adalah:

- (1) Untuk membiasakan semua anggota tim lapangan dengan semua rincian panduan lapangan dan tujuan umum keseluruhan dari inventarisasi.
- (2) Untuk memotivasi tim lapangan untuk melakukan pengukuran berkualitas tinggi dan untuk mengemukakan ide-ide dan saran tentang kemungkinan bagaimana cara meningkatkan prosedur lapangan.
- (3) Dalam hal lebih dari satu tim aktif: untuk saling kontak antar tim lapangan dan untuk mendorong pertukaran jika terjadi masalah

Pelatihan harus dimulai dengan penjelasan teoritis tentang pengambilan contoh dan desain plot diikuti dengan pengenalan terhadap semua perangkat pengukuran dan prinsip-prinsip pengukuran. Kemudian pelaksanaan praktis inventarisasi plot harus dilatih. Setelah pengenalan, setiap tim harus melaksanakan setidaknya dua plot latihan dan mengisi formulir isian yang sesuai. Setelah pengukuran, diskusi tentang plot dapat membantu untuk menjawab pertanyaan yang tersisa. Pengukuran ulang pohon (yang dipilih secara acak dari formulir lapangan) dan interpretasi kedua dari variabel lain harus dilakukan untuk mengontrol konsistensi dan kualitas data.

Pengelolaan dan analisis data harus dilatih secara paralel dan dapat memberikan umpan balik penting untuk tim lapangan (misalnya salah memasukkan dalam formulir lapangan).

Elemen penting dari pelatihan untuk **semua anggota tim lapangan tanpa terkecuali** juga adalah

- (1) pelatihan penggunaan alat komunikasi yang tepat, termasuk pemecahan masalah, dan
- (2) pelatihan pertolongan pertama. Ini sebaiknya diatur sebagai "**pelatihan pertolongan pertama luar ruangan**"; yang menunjukkan beberapa perbedaan yang relevan dengan pelatihan pertolongan pertama biasa.

Sebuah pelatihan lengkap dari semua langkah yang relevan (termasuk pelatihan pertolongan pertama yang harus terpisah) mungkin akan memakan waktu sekitar 3 hari dan harus mencakup setidaknya dua plot lapangan lengkap yang akan diukur per tim lapangan. Organisasi dari pelatihan ini tergantung unit inventarisasi yang bertanggung jawab.

### **2.10.5 Membangun skema komunikasi**

Tim lapangan harus mempertahankan kontak diantara mereka sendiri (ketika lebih dari satu tim yang bekerja) dan kepada unit inventarisasi yang memiliki fungsi pengawasan. Komunikasi ini mengacu pada pertukaran topik mengenai tantangan dalam pelaksanaan pekerjaan lapang - tetapi juga mengacu kepada situasi keamanan: dengan segala cara, harus dihindari bahwa tim lapangan berada dalam situasi berbahaya di mana mereka tidak dapat meminta bantuan.

Oleh karena itu, harus dipertimbangkan untuk melengkapi semua tim lapangan dengan perangkat radio atau telepon satelit yang juga dapat bekerja di luar cakupan telepon seluler normal. Dalam kasus apapun, bagaimanapun, tim lapangan harus mengikuti aturan-aturan umum tentang keselamatan di tempat kerja.

Semua tim lapangan perlu memberitahu instansi kehutanan daerah (atau unit lain yang bertanggung jawab untuk koordinasi pekerjaan lapang, misalnya perusahaan konsultan yang dikontrak) tentang program kerja yang konkret dan tentang semua perubahan yang terjadi; juga dalam pemberitahuan yang sangat singkat. Unit koordinasi inventarisasi perlu diperbarui secara tetap, di mana tim lapangan sedang bekerja dan jalur akses mana yang mereka tuju.

Untuk kasus-kasus darurat, unit koordinasi perlu mengembangkan protokol darurat / penyelamatan yang harus segera diikuti jika (mudah-mudahan tidak pernah terjadi) diperlukan; protokol ini dapat mengikuti yang sudah ada untuk pekerjaan lapang lainnya juga.

### **2.10.6 Pengukuran plot lapangan**

Semua tim lapangan memiliki daftar titik contoh (plot contoh lapangan) tempat mereka bekerja. Panduan lapangan menentukan variabel yang harus dicatat untuk elemen rancangan plot pada titik contoh yang diberikan.

Urutan titik contoh dan organisasi sehari-hari pekerjaan mereka tergantung pemimpin tim lapangan dan harus diatur sedemikian rupa sehingga semua plot lapangan yang ditugaskan dapat tercapai. Sesuatu yang tidak dapat diterima jika memulai dengan titik contoh mudah dan kemudian meninggalkan yang lebih sulit pada bagian akhir yang mungkin dibatalkan. Untuk menghindari itu, rencana kerja perlu dibahas dan dikoordinasikan dengan unit koordinasi yang bertanggung jawab dan disetujui oleh mereka.

### **2.10.7 Pengukuran Kontrol**

Sebagaimana diuraikan dalam 2.9 bahwa pengukuran kontrol merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari strategi jaminan kualitas untuk setiap inventarisasi hutan dan juga untuk FMI.



Secara umum, antara 5% dan 15% dari semua lokasi contoh lapangan dikunjungi oleh tim kontrol yang melakukan seluruh pengukuran lagi dan memeriksa kebenaran dan validitas dan kesesuaian dengan standar yang ditetapkan di panduan lapangan.

Untuk FMI, disarankan bahwa sub-contoh minimal  $n_c = 20$  plot contoh harus selalu dikontrol. Dari jumlah ini, sekitar 2/3 diimplementasikan sebagai "*cold controls*" (yaitu: mencari titik contoh secara independen dan melakukan semua pengukuran lagi) dan sekitar 1/3 sebagai "*hot controls*" (yaitu: menyertai tim lapangan dan mengamati / mengevaluasi organisasi pekerjaan lapang mereka dan pelaksanaannya). Dengan asumsi rata-rata jumlah plot  $n = 300$  contoh, sesuai dengan bagian sekitar 6,7%, berada pada batas terendah dari yang sering digunakan.

Penting untuk dipastikan bahwa pengukuran kontrol benar-benar secara independen diatur dan dilaksanakan dan bahwa semua tim lapangan dicakup oleh sekitar jumlah yang sama dari *cold controls* dan *hot controls* ini.

#### **2.10.8 Analisis data**

Analisis data dilakukan menurut penduga-penduga yang dijelaskan di atas. Ini merupakan tindak lanjut pelaksanaan inventarisasi dan bukan bagian dari protokol inventarisasi. Hal ini hanya dibahas secara singkat di sini.

Data analisis akan menghasilkan semua hasil yang diperlukan untuk pelaporan dan untuk memenuhi kebutuhan informasi dari KPH - dan menawarkan pilihan untuk analisis berorientasi penelitian; Oleh karena itu, kerjasama dengan lembaga penelitian dapat diusulkan untuk memanfaatkan sepenuhnya kumpulan besar data yang terkumpul.

#### **2.10.9 Pelaporan**

Pelaporan dilakukan menurut data analisis yang dibahas di atas. Laporan inventarisasi adalah salah satu produk yang paling penting dari FMI bagi para pengambil keputusan yang terkait. Sebenarnya pelaporan bukan bagian dari protokol inventarisasi dan di sini hanya dibahas secara sepintas. Laporan yang dihasilkan dari FMI memberikan semua perkiraan (bersama-sama dengan *standard error*nya), dibagi menjadi strata yang telah ditentukan (misalnya jenis hutan, jenis pohon, aksesibilitas, status degradasi). Laporan ini terutama untuk menginformasikan instansi kehutanan daerah dan unit pengawasan instansi kehutanan regional dan kementerian. Laporan ini ditujukan untuk para ahli dan harus memberikan rincian dan dapat ditulis dalam bahasa teknis. Oleh karena data inventarisasi harus menjadi dasar untuk rencana pengelolaan KPH, dokumentasi dan analisisnya harus mengikuti peraturan untuk penyusunan rencana pengelolaan.



**Bagian**

**II**

**Panduan Lapangan**







### 3 Perencanaan pekerjaan lapang

Inventarisasi pengelolaan hutan dilaksanakan untuk mengumpulkan data dasar tentang sumber daya yang berada di bawah pengelolaan atau diharapkan untuk dikelola untuk tujuan yang berbeda di masa depan. Oleh karena itu, pekerjaan lapang harus dibatasi untuk daerah di mana informasi dibutuhkan dan harus mengecualikan daerah yang benar-benar tidak dapat diakses atau dilindungi.

#### 3.1 Keamanan di lapangan

**Keamanan dan keselamatan diri semua anggota tim selama pelaksanaan pekerjaan lapang, transportasi ke lapangan dan lokasi plot memiliki prioritas tertinggi! Hal ini merupakan kepentingan sendiri dari manajer KPH atau perencana yang bertanggung jawab untuk mengurus peralatan yang sesuai dan perilaku anggota tim lapangan. Ini juga termasuk memeriksa apakah anggota tim lapangan memiliki asuransi kesehatan yang memadai.**

Semua anggota tim lapangan harus menyadari kemungkinan resiko dan perilaku yang sesuai untuk mengurangi segala risiko sebanyak mungkin. Setiap anggota tim bertanggung jawab masing-masing untuk terus-menerus memeriksa keselamatan pribadinya. **Setiap anggota tim bebas untuk menghentikan pekerjaan lapang setiap kali dia merasa tidak nyaman atau tidak aman dengan situasi tertentu.** Setiap anggota tim harus menyadari bahwa kecelakaan di lapangan adalah bahaya serius bagi seluruh tim dan bahwa perilaku yang tidak bertanggung jawab dari setiap individu tidak dapat diterima. Asuransi kesehatan yang layak bagi pekerja, ketersediaan

perangkat komunikasi dan pakaian yang sesuai dari anggota tim harus diperiksa Langkah yang paling penting yang harus dipertimbangkan dalam rangka mengurangi risiko adalah:

- **Perencanaan pekerjaan lapang yang tepat, termasuk transportasi ke lapangan:** Perencanaan yang tepat dari pekerjaan lapang merupakan salah satu ukuran penting untuk mengurangi risiko. Oleh karena itu semua keputusan tentang pekerjaan lapangan yang direncanakan harus diambil dengan waktu yang memadai dan harus dikomunikasikan kepada semua anggota tim.

Hindari perubahan spontan dalam perencanaan jika memungkinkan. Selalu pertimbangkan bahwa waktu perencanaan mungkin habis dan bersikap fleksibel untuk menghentikan pekerjaan lapang sebelum hari gelap. Menginformasikan kepada *base camp* atau tim lain tentang lokasi bekerja harian Anda.

- **Orientasi:** Semua anggota tim lapangan harus mengetahui di mana mereka bekerja dan harus mampu menggambarkan posisi aktual mereka bila diperlukan. Secara teratur memeriksa cakupan jaringan telepon selular; menandai waypoint untuk koneksi terakhir pada penerima GPS. Telusuri jalan ke lokasi pengambilan contoh di medan yang sulit agar lebih fleksibel dalam perjalanan kembali! **Ambil jalan paling aman menuju lokasi pengambilan contoh, bukan yang terpendek!**
- **Komunikasi:** Seandainya tidak ada jaringan telepon yang tersedia, tim lapangan harus dilengkapi dengan radio lapangan untuk berkomunikasi antar tim (jika ada beberapa tim), dengan sopir (jika menunggu di jalan) atau stasiun yang dituju atau base camp yang menginformasikan tentang pekerjaan lapangan dan mampu mengirimkan bantuan ke lokasi masing-masing. Untuk alasan ini, dianjurkan untuk meninggalkan salinan peta lapangan, mungkin dengan jaringan titik darurat yang ditentukan, dengan base camp. Base camp harus mengetahui di mana tim bekerja setiap hari.
- **Peralatan:** Kelengkapan dan fungsi peralatan harus diperiksa sebelum pergi ke lapangan. Ini termasuk status pengisian baterai untuk radio lapangan atau ponsel. Perangkat pertolongan pertama yang lengkap dan memadai merupakan bagian wajib dari peralatan. Di daerah dengan risiko khusus (misalnya ular berbisa, harimau, ...), evakuasi yang tepat harus direncanakan sebelumnya (di mana lokasi rumah sakit berikutnya). Seandainya tim lapangan perlu membangun kamp terbang dan tinggal di hutan untuk waktu yang lebih lama, filter air dianjurkan.
- **Informasi:** Ketika bekerja di wilayah dengan situasi politik yang memanas dianjurkan untuk memiliki catatan informasi yang menjelaskan latar belakang misi dalam kata-kata yang sederhana. Pemilik lahan atau masyarakat lokal mungkin sangat kritis jika ada orang asing yang bekerja di lahan mereka tanpa penjelasan yang tepat (untuk alasan yang baik)! Jika memungkinkan, jalin kontak dengan kelompok-kelompok ini **sebelum** tim benar-benar pergi ke lapangan dan jelaskan tentang karakter studi inventarisasi dalam istilah yang dimengerti. Disarankan juga untuk mengundang orang lokal untuk mendampingi tim lapangan selama pekerjaan mereka dan untuk membantu mereka menuju ke plot pada medan yang sulit.

### 3.2 Perlengkapan dan bahan

Setiap tim survey dilengkapi dengan perlengkapan dan bahan sebagai berikut:

Perlengkapan / Bahan	Jumlah	Pemeriksaan / Komentar
Tas punggung untuk menyimpan alat	1	
Penerima GPS / GIS lapangan	1	Periksa baterai dan apakah semua data yang diperlukan sudah diunggah ke penerima GPS
Kompas (360°) misalnya Suunto	1	Periksa nilai deklinasi untuk wilayah studi
Vertex III + Transponder + cermin 360° + tiang tempat pemasangan alat	(1)	Jika tersedia. Periksa baterai. Kalibrasi alat secara teratur!
Clinometer (Baik Suunto, Silva Clinomaster, Blume-Leiss, Vertex, Nikon Forestry, atau sejenisnya)	1	Jika berlaku: bawa baterai cadangan! Untuk Vertex: Lakukan kalibrasi setiap hari sebelum pekerjaan dimulai
Relascope atau alat sejenis untuk <i>Bitterlich sampling</i> (dendrometer atau prisma).	1	Jika tidak ada alat yang sesuai, kalibrasi alat sesuai penjelasan.
Pita diameter (Pi band)	2	Tipe profesional dengan kaitan (3 atau 5 meter)
Pita ukur jarak (50m)	1	
Peta gambaran umum / jaringan jalan/ peta topografi	(1)	Jika tersedia atau cetak dari GIS dengan citra Google/bing
Peta detail tegakan dan lokasi plot atau citra satelit resolusi tinggi		Cetak bagian yang penting terlebih dahulu
Formulir lapangan + pensil	10	Tergantung jumlah plot
Patok penanda 50 cm	10	Tongkat bamboo dengan tanda merah
Tongkat ukur regenerasi	1	Dengan tali untuk penentuan jari-jari plot regenerasi
Penggaris lipat	1	Untuk penilaian kayu mati dan regenerasi
Kalkulator	1	
Kapur / cat	3	Kapur / cat untuk tanda sementara / nomor pohon
Baterai cadangan	4	Baterai baru untuk GPS, Vertex dan lainnya
Panduan lapangan dan tabel bantu	1	
Panduan singkat untuk alat yang rumit		GPS, Vertex, TruPulse 360, Nikon Forestry laser, dll.
Perlengkapan pertolongan pertama	1	Periksa kelengkapan dan masukkan obat-obatan khusus siap pakai (misalnya anti bisa ular) jika diperlukan!

### 3.3 Organisasi tim lapangan

Untuk pekerjaan lapang yang efisien dan untuk alasan keamanan tim lapangan harus terdiri dari setidaknya 3 orang (2 orang tim inventarisasi, satu pemandu lokal). Namun, di medan yang sulit, tim yang lebih besar hingga 5 orang dianjurkan. Setiap orang memiliki peran dan tanggung jawab tertentu selama menuju plot dan pengukuran. Peran anggota tim bisa berubah dari waktu ke waktu untuk mengurangi kelelahan pekerjaan lapang. Tanggung jawab untuk peran yang berbeda dalam sebuah tim adalah sebagai berikut:

**Peran dalam sebuah tim** sesuai dengan tugas yang berbeda yang akan dikerjakan dan meliputi hal sebagai berikut (di mana peran yang berbeda diambil alih oleh anggota tim lapangan yang sama!):

**Ketua tim lapangan: bertanggung jawab secara keseluruhan dalam pelaksanaan pekerjaan lapangan.**

- Merencanakan pekerjaan lapang di awal.
- Memeriksa prakiraan cuaca dan memutuskan apakah cuaca mungkin berbahaya bagi pekerjaan lapang (misalnya ada berita hujan lebat dan badai ketika bekerja di medan yang curam dan sebagian terbuka).
- Mengawasi semua pekerjaan lapang dan memastikan bahwa tidak ada pengukuran yang dilupakan. Mengingat pekerjaan lapang secara fisik sangat menuntut dan sering kali hari kerja yang panjang, ini adalah salah satu tugas yang paling penting: kembali ke titik contoh lapangan yang sama untuk menyelesaikan beberapa pengukuran yang belum diambil sangat tidak efisien.
- Melakukan fungsi lainnya selama pengukuran lapangan untuk memastikan kelancaran implementasi.
- Terlibat secara aktif dalam pemeriksaan kerasionalan dan memeriksa kelengkapan dan kebenaran pengisian formulir lapangan.
- Secara terus-menerus memotivasi tim lapangan untuk melakukan pekerjaan yang berkualitas tinggi dan berusaha untuk mengoptimalkan pembagian tenaga kerja dan prosedur kerja.

**Navigators: menangani alat penerima GPS dan menavigasi ke titik contoh**

- Melakukan penelusuran dari jalan terdekat atau plot sebelumnya ke titik contoh berikutnya
- Mencari cara yang paling mudah dan aman menuju lokasi pengambilan contoh
- Mencatat semua pengukuran yang dilaporkan oleh pengukur dalam formulir lapangan



- Mengukur Azimuth untuk setiap pohon dari pusat petak
- Interpretasi visual status kompetisi pohon bersama-sama dengan pengukur
- Membantu dalam penilaian kayu mati dan regenerasi

**Pengukur: pergi dari pohon ke pohon (searah jarum jam) dan melakukan pengukuran pohon**

- Memberitahukan nomor pohon (dan menandai nomor pohon dengan kapur)
- Mengukur dan melaporkan sudut horisontal, jarak horisontal dari pohon ke pusat plot dan DBH
- Inspeksi visual dan pemeriksaan kerasionalan dari variabel tegakan dan plot bersama-sama dengan pencatat
- Inspeksi visual dan pemeriksaan kerasionalan dari status kompetisi pohon bersama-sama dengan pencatat
- Penilaian kayu mati dan regenerasi  
Pengukur kedua (jika ada)
- Membantu pengukur atau melakukan pengukuran pohon sendiri
- Menyiapkan plot regenerasi
- Melakukan pengambilan contoh Relascope
- Mengukur ketinggian pohon
- Penilaian kayu mati dan regenerasi

### **3.4 Menemukan titik contoh di lapangan**

Lokasi pengambilan contoh ditentukan oleh desain sampling yang ditetapkan dan disimpan sebagai daftar waypoint (atau shapefile jika GIS lapangan tersedia) pada penerima GPS. **Tim lapangan harus hati-hati menentukan dari arah mana lokasi plot dapat paling mudah dicapai.** Di medan pegunungan dengan lereng yang curam, dianjurkan untuk mendekati lokasi pengambilan contoh dari bawah atau sejajar dengan lereng, karena berjalan menuruni bukit mungkin memiliki risiko yang lebih tinggi karena visibilitas yang terbatas dan tebing curam berbahaya. Oleh karena itu, dianjurkan untuk mengambil peta dengan garis kontur yang sesuai jika tersedia. Di medan yang sulit, jalan dari jalan mobil / terdekat harus ditelusuri (alat penerima GPS aktif)! Di medan yang sulit dan kondisi lapangan yang tidak diketahui dianjurkan untuk menghubungi dan berkonsultasi masyarakat setempat untuk membantu menemukan plot.

### 3.4.1 Navigasi menggunakan GPS

Untuk memulai navigasi ke lokasi pengambilan contoh, waypoint dipilih dari daftar waypoint. Tergantung pada sinyal GPS dan akurasi posisi, tim dapat melakukan navigasi mendekati lokasi pengambilan contoh dengan hanya menggunakan GPS. Sebuah pengukuran jangka panjang (~ 2-3 menit, tergantung pada penerimaan sinyal) dilakukan pada posisi tetap di sekitar lokasi pengambilan contoh. Sisa jarak horizontal dan sudut arah menuju target digunakan untuk menemukan titik pengambilan contoh dengan kompas dan rangefinder (atau pita ukur jarak). **Tidak dianjurkan untuk mencari posisi akhir dengan berjalan-jalan dengan penerima GPS!** Sebuah penerima GPS terus menghitung posisi rata-rata dari sinyal yang diterima selama interval waktu tertentu. Oleh karena itu, berjalan-jalan di arah yang berbeda tidak akan mendapatkan posisi yang lebih akurat.

Jika kanopi di lokasi terlalu rapat untuk mendapatkan sinyal GPS dan / atau akurasi yang cukup, pengukuran GPS jangka panjang diambil di lokasi terdekat dengan penerimaan yang lebih baik (misalnya di celah kanopi). Jarak dan sudut arah menuju target dapat dibaca dari penerima GPS dan digunakan untuk navigasi berbasis terestris dengan kompas, tongkat bidik dan rangefinder atau pita ukur jarak. Dalam kasus ini, penting untuk mengukur **jarak datar** atau menggunakan rangefinder yang menghitung jarak datar! Dalam hal visibilitas terbatas atau jarak yang jauh, jarak total dibagi menjadi segmen-segmen dengan panjang yang sesuai. Untuk navigasi menggunakan kompas dianjurkan untuk mendekati sasaran dengan cara menanjak karena visibilitas yang lebih baik.

### 3.4.2 Menandai pusat plot

Setelah lokasi pengambilan contoh ditentukan dengan akurasi yang memadai, titik ini ditandai sementara dengan tiang penanda. Selain itu pohon terdekat dengan pusat plot ditandai dengan spidol merah. Semua tanda-tanda di area plot hanya sementara karena plot lapangan harus tidak terlihat untuk memastikan bahwa area ini tidak dikelola secara berbeda dari area lain.

## 3.5 Alur kerja

Semua penilaian pada plot harus dilakukan dalam urutan yang ditetapkan. Melakukan pengukuran dalam urutan dan cara yang sama pada setiap plot mencegah dari variabel yang terlupakan dan lebih efisien. Setelah menandai pusat plot alur kerja berikutnya adalah sebagai berikut:

- 1) Catat waktu mulai (Start time),
- 2) Mulai pengukuran GPS jangka panjang pada titik contoh. Bahkan jika pengukuran GPS digunakan untuk mencari plot contoh, koordinat posisi yang ditandai mungkin masih berubah. Hal ini penting untuk mendapatkan posisi yang akurat untuk mengurangi kesalahan co-registration dalam integrasi dengan citra penginderaan jauh. Sementara pengukuran berlangsung langkah pekerjaan lain bisa dilakukan,
- 3) Mengukur dan mencatat variabel POINT\_ dan SAMPLE\_
- 4) Interpretasi visual terhadap variabel STAND\_ pada area plot dan sekitarnya,
- 5) Pengukuran sudut kemiringan dan arah lereng dan interpretasi visual dari variabel PLOT\_ lainnya,
- 6) Mulai pengukuran pohon tunggal pada variabel TREE\_ (mulai dari arah utara di urutan searah jarum jam). Ketinggian pohon dan tinggi pangkal tajuk diukur secara terpisah setelah semua data pohon tunggal lainnya dicatat,
- 7) Membuat subplot regenerasi dan mengamati variabel RE\_
- 8) Penilaian kayu mati
- 9) Catat waktu berakhir (End time).

### 3.6 Variabel

Variabel yang diamati pada setiap lokasi pengambilan contoh dibagi ke dalam kategori yang berbeda sesuai dengan skala referensi dan / atau objek target masing-masing. Setiap variabel secara eksplisit ditentukan dalam hal skala pengukuran / pengamatan, kemungkinan nilai (dalam hal skala biasa atau Boolean) dan ketelitiannya. Variabel yang diusulkan dalam standar minimum ini harus dilengkapi dengan variabel penting lebih lanjut yang memerlukan definisi yang jelas.

- **Informasi Contoh [SAMPLE\_]:** Informasi umum pada contoh, misalnya tanggal penilaian, tim lapangan, dll
- **Titik contoh [POINT\_]:** Semua variabel yang menggambarkan lokasi pengambilan contoh (titik tak berdimensi), misalnya koordinat, ketinggian di atas permukaan laut, dll.
- **Kompartemen atau petak [COMP\_]:** Karakteristik tegakan hutan atau petak pengelolaan di mana titik contoh berada. Informasi ini merujuk pada kondisi di sekitar plot. Beberapa variabel juga dapat dinilai dalam perjalanan menuju plot.
- **Plot [PLOT\_]:** Variabel yang menggambarkan kondisi tentang plot contoh yang ditetapkan. Variabel-variabel ini menggambarkan karakteristik yang secara langsung

mempengaruhi pohon yang tumbuh di area plot dan yang dapat dihubungkan dengan data penginderaan jauh meliputi area plot dan sekitarnya.

- **Pohon tunggal [TREE\_]**: Variabel yang diukur atau diamati pada setiap pohon dalam plot.
- **Kayu mati [DEAD\_]**: Semua variabel yang diamati pada tegakan dan kayu mati rebah, jika informasi tentang kayu mati dibutuhkan.
- **Regenerasi [REG\_]**: Variabel yang dinilai pada sub-plot regenerasi yang menggambarkan status regenerasi.
- **HHBK / NTFP [NTFP\_]**: Variabel yang dinilai pada sub-plot NTFP merujuk kepada Hasil Hutan Bukan Kayu.

### 3.6.1 Variabel *SAMPLE\_*

Informasi umum merujuk pada contoh yang sebenarnya.

#### **SAMPLE\_TEAM**

Nama pemimpin tim yang bertanggung jawab atau pencatat. Jika ada pertanyaan mengenai interpretasi hasil pencatatan selama memasukkan data, pencatat dapat dimintai bantuan.

#### **SAMPLE\_DATE**

Tanggal penilaian plot dicatat sebagai dd.mm.yy (tanggal, bulan, tahun).

#### **SAMPLE\_TSTART**

Waktu dimulainya penilaian (setelah plot contoh ditemukan dan ditandai) sebagai hh: mm (jam:menit).

#### **SAMPLE\_TEND**

Waktu berakhirnya penilaian (sebelum meninggalkan plot) sebagai hh: mm (jam: menit). Catatan waktu merupakan informasi penting yang dapat digunakan untuk optimalisasi desain plot. Catatan ini dapat dihubungkan dengan kondisi medan dan dapat dipertimbangkan untuk perencanaan dan alokasi ukuran contoh untuk strata yang berbeda.

#### **SAMPLE\_ACCESS**

Kelas aksesibilitas yang menggambarkan apakah lokasi pengambilan contoh mudah atau sulit diakses

*0: akses relatif mudah*

*2: hampir tidak dapat diakses*

*1: kondisi sulit, tetapi dapat diakses*

*3: tidak dapat diakses (contoh tidak diambil)*

## **SAMPLE\_ACCESSTIME**

Jika lokasi pengambilan contoh terletak menjauhi jalur, jalan kecil atau trek, waktu tempuh dicatat (hh: mm). Oleh karena tim kadang-kadang akan mengakses lokasi pengambilan contoh dari arah lain (bukan jalan terdekat, tetapi dari lokasi pengambilan contoh lain), catatan ini dapat dikoreksi jika akses yang lebih cepat ditemukan dalam perjalanan kembali.

### **3.6.2 Variabel POINT\_**

#### **POINT\_X**

Koordinat-X (easting) dari lokasi titik contoh seperti yang dihasilkan untuk jaringan dasar dalam koordinat UTM (WGS84). Koordinat dasar jaringan dihasilkan sebagai nilai integer (bilangan bulat)!

#### **POINT\_Y**

Koordinat-Y (northing) dari lokasi titik contoh seperti yang dihasilkan untuk jaringan dasar dalam koordinat UTM (WGS84). Koordinat dasar jaringan dihasilkan sebagai nilai integer (bilangan bulat)!

#### **POINT\_XGPS**

Pengukuran GPS dari koordinat-X (easting) dari titik lokasi contoh yang ditandai (WGS84) dengan ketelitian dm (desimeter).

#### **POINT\_YGPS**

Pengukuran GPS dari koordinat-Y (northing) dari titik lokasi contoh yang ditandai (WGS84) dengan ketelitian dm (desimeter). Penyimpangan dari target koordinat yang direncanakan penting untuk proses lanjut *co-registration* data penginderaan jauh! Tempatkan penerima GPS pada titik contoh yang ditandai dan rekam koordinat setelah 5-10 menit (atau sampai angkanya stabil).

#### **POINT\_GPSERROR**

Nilai PDOP atau bacaan kesalahan GPS dari perangkat GPS.

#### **POINT\_HSL**

Ketinggian di atas permukaan laut pada titik contoh yang diukur dengan GPS.

#### **POINT\_LANDSCAPE**

Menjelaskan konteks lanskap wilayah (misalnya apakah lokasi berada di hutan tertutup atau tegakan hutan yang terisolasi)

- 0: tutupan wilayah hutan luas*
- 1: wilayah hutan dengan gap yang lebih besar*
- 2: lanskap terfragmentasi, sebagian besar hutan*
- 3: lanskap terfragmentasi, sebagian besar non-hutan*
- 4: tegakan hutan berukuran besar yang terisolasi*
- 5: tegakan hutan berukuran kecil yang terisolasi*

### **POINT\_PROTSTAT**

Status perlindungan (kawasan lindung atau bukan). Mungkin dapat berasal dari data GIS yang tersedia.

- 0: tidak ada status perlindungan*
- 1: kawasan lindung*

### **POINT\_ECOZONE**

Jika klasifikasi *eco-zones* tersedia, harus digunakan di sini. Mungkin dapat berasal dari data GIS yang tersedia.

### **POINT\_CATCHMENT**

Jika delineasi daerah tangkapan air yang berbeda tersedia. Mungkin dapat berasal dari data GIS yang tersedia.

### **POINT\_DISTSETTLE**

Jarak ke permukiman sebagai indikator tekanan atau penggunaan sumber daya. Mungkin dapat berasal dari data GIS yang tersedia.

### **POINT\_DISTROAD**

Jarak ke jalan sebagai indikator untuk aksesibilitas. Mungkin dapat berasal dari data GIS yang tersedia.

### **3.6.3 Variabel COMP\_**

Variabel-variabel ini diamati dalam petak pengelolaan di mana titik contoh berada. Tidak seluruh area petak menjadi penting di sini. Variabel harus berkorelasi dengan variabel pohon tunggal atau digunakan dalam konteks integrasi penginderaan jauh. Oleh karena itu, variabel-variabel tersebut harus diamati di sekitar plot. Jika delineasi dari petak atau sub-petak belum dilakukan, bukan merupakan masalah.

## **COMP\_ORIG**

Menjelaskan asal tegakan utama. Dalam tegakan multi-layer, tegakan utama terbentuk dari spesies komersial utama.

Carilah bukti penanaman atau penanaman pengayaan seperti baris pohon atau pola yang sistematis.

*0: regenerasi alami*

*1: ditanam / tanaman atau disemai*

*2: keduanya (penanaman pengayaan)*

## **COMP\_HIST**

Menjelaskan pengelolaan sebelumnya (atau pemanfaatan) dari daerah (atau sejarah pengelolaan). Bukti untuk pengelolaan sebelumnya (misalnya ekstraksi kayu) mungkin berupa tunggak atau jalur pembalakan. Bukti untuk bekas pemanfaatan NTFP mungkin berupa pohon karet yang tidak dipelihara lagi atau kelompok pohon buah-buahan (kebun pekarangan)

*0: Hutan alam, tidak pernah dikelola sebelumnya*

*1: Hutan bekas tebangan (misalnya bekas konsesi)*

*2: Perladangan berpindah (ditebang atau dibakar)*

*3: Lahan pertanian yang ditelantarkan / padang rumput / lapangan*

*4: Pemanfaatan NTFP*

## **COMP\_LASTLOG**

Jika ada bukti untuk pengelolaan kayu masa lalu, perkirakan waktu penebangan terakhir terjadi. Bukti adalah perkiraan usia tunggak besar atau umur jalan pembalakan.

*0: pembalakan terakhir kurang dari 10 tahun yang lalu*

*1: pembalakan terakhir 20-30 tahun yang lalu*

*2: pembalakan terakhir > 30 tahun yang lalu*

## **COMP\_MIX**

Campuran spesies pohon (kelas keragaman) dari tegakan atau plot sekitarnya dengan memperkirakan jumlah spesies yang berbeda. Variabel ini dapat misalnya berkorelasi dengan luas bidang dasar dan biomassa atau data penginderaan jauh dalam konteks analisis data eksplorasi.

*0: murni (seperti perkebunan)*

*1: campuran (2-7 spesies)*

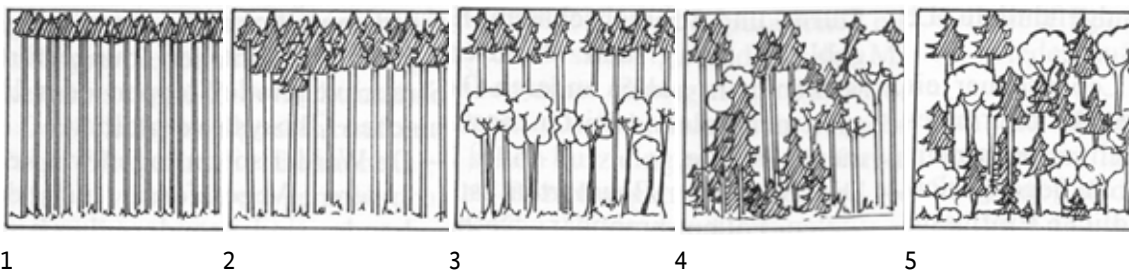
*2: beragam (> 7 spesies)*

*3: sangat beragam (> 15 spesies)*

## COMP\_VERSTR

Struktur vertikal menggambarkan variabilitas ketinggian pohon dan susunan tajuk tegakan. Struktur diamati menggunakan perkiraan visual kondisi rata-rata pada plot dan sekitarnya. Variabel ini juga penting untuk integrasi penginderaan jauh karena mempengaruhi korelasi dan saturasi perkiraan berbasis lapangan dan pendugaan berdasarkan RS.

- 1: *layer tunggal, dengan ketinggian yang sama*
- 2: *layer tunggal, dengan ketinggian berbeda*
- 3: *beberapa lapisan yang tegas*
- 4: *struktur berbeda pada gap/celah*
- 5: *struktur lengkap yang berbeda-beda*



Gambar 7. Struktur vertikal tegakan (diadaptasi dari Otto, 1994).

## COMP\_RARE

Keberadaan spesies langka atau terancam punah. Variabel ini perlu ditetapkan secara lebih rinci sesuai dengan kondisi setempat.

## COMP\_MANAG

Menjelaskan bukti aktual untuk kegiatan pengelolaan atau pemanfaatan (misalnya tunggak, pemanfaatan NTFP). Konservasi juga merupakan bentuk manajemen.

- 0: *tidak ada bukti kegiatan manajemen*
- 1: *Pemanfaatan NTFP*
- 2: *berburu*
- 3: *ekstraksi kayu*
- 4: *ekstraksi kayu bakar*

## COMP\_NTFFPUSE

Variabel ini menentukan pemanfaatan HHBK. Merupakan daftar spesies HHBK yang dimanfaatkan di daerah sekitar lokasi pengambilan contoh. Sebuah kompilasi dari semua spesies dan produk HHBK yang relevan terdapat dalam PERATURAN Menteri Kehutanan NOMOR: P.35 / Menhut-II / 2007.



## COMP\_EXPLOIT

Bukti eksploitasi (legal/ilegal)

0: tidak ada bukti

1: perangkap burung (jaring atau orang lain)

2: jerat

3: tanaman, bunga, ekstraksi anggrek

## COMP\_BA

Luas bidang dasar ( $m^2$  / ha) diperkirakan dengan cara pengambilan contoh Bitterlich (relascope). Sebuah factor bidang dasar k 2 atau 4 dapat dipilih tergantung pada kerapatan tegakan dan distribusi diameter tegakan. Secara umum, faktor bidang dasar rendah harus digunakan jika kurang dari 8 pohon dijumpai di lokasi pengambilan contoh dan pengambilan contoh relascope harus diulang dengan faktor yang lebih kecil.

## COMP\_BAF

Faktor bidang dasar yang digunakan untuk *Bitterlich sampling*. Lihat juga STAND\_BA.

### 3.6.4 Variabel PLOT\_

Variabel plot diukur atau diamati pada luasan plot. Dalam beberapa kasus, mungkin perlu untuk memperhatikan langsung sekitar plot untuk interpretasi yang tepat. Namun, daerah referensi untuk pengamatan ini hanya plot saja.

## PLOT\_SLOPE

Sudut kemiringan (sudut gradien) dari luas plot contoh yang diukur dalam rata-rata arah kemiringan antara dua titik yang berlawanan sepanjang radius plot contoh dalam satuan derajat.

## PLOT\_ASP

Arah lereng plot contoh jika sudut kemiringan  $> 5^\circ$ . Aspek adalah Azimuth sepanjang arah lereng diukur dengan kompas dalam satuan derajat. Jika tidak ada kemiringan, berikan nilai 9.

1: Utara

2: Timur laut

3: Timur

4: Tenggara

5: Selatan

6: Barat daya

7: Barat

8: Barat laut

9: datar

## **PLOT\_TERR**

Bentuk lahan dalam radius plot contoh. Pada pelaksanaannya perlu untuk menyertakan kondisi sekitar plot.

- 1: sangat cekung U
- 2: cekung )
- 3: datar ----
- 4: cembung ^
- 5: sangat cembung ∩

## **PLOT\_FTYPE**

Jenis hutan di dalam lokasi plot atau di sekitarnya. Variabel ini digunakan untuk memvalidasi informasi pengelolaan hutan di mana jenis hutan ditetapkan pada skala yang lebih besar. Untuk integrasi penginderaan jauh, jenis hutan yang sebenarnya pada area plot (atau sekitarnya) juga relevan (juga untuk kemungkinan pasca stratifikasi).

Klasifikasi tipe hutan harus mengikuti skema klasifikasi yang sama seperti yang didefinisikan untuk NFI.

## **PLOT\_CRCLOSE**

Penutupan tajuk pada area plot contoh ditentukan oleh perkiraan visual kondisi rata-rata pada area plot.

- 1: rapat (tajuk tumpang tindih)
- 2: dekat (tajuk saling menyentuh)
- 3: jarang (celah lebih kecil dari rata-rata diameter tajuk)
- 4: terbuka (celah lebih besar dari rata-rata diameter tajuk)

## **PLOT\_GROUNDVEG**

Menjelaskan jenis vegetasi penutup tanah. PLOT\_GROUNDSCOV menggambarkan tutupan vegetasi. Kedua variabel diperkirakan di dalam plot yang lebih kecil saja.

- 0: tidak ada vegetasi, tanah gundul atau humus
- 1: tidak ada vegetasi, batu pasir
- 2: tanaman herba
- 3: rumput
- 4: pakis/ paku-pakuan
- 5: jahe

## **PLOT\_GROUNDSCOV**

Tutupan vegetasi tanah diperkirakan di dalam plot lingkaran yang lebih kecil.

- 0: <25%
- 1: 25-50%
- 2: 50-75%
- 3: 75-100%

## **PLOT\_GROUNDCOV**

Menggambarkan status erosi pada area plot. Panduan klasifikasi dengan foto harus disiapkan untuk interpretasi yang tepat.

- 1: tidak ada erosi yang jelas, vegetasi dan lapisan tanah atas tidak terganggu*
- 2: sedikit terkikis, vegetasi tanah atau lapisan tanah atas hilang sebagian*
- 3: erosi serius, vegetasi tanah atau lapisan tanah atas hilang*
- 4: erosi berat, tanah gundul dipengaruhi oleh air atau erosi angin, tanah longsor*

## **PLOT\_FIRE**

Menjelaskan apakah lokasi itu terkena kebakaran

- 0: tidak ada bukti kebakaran*
- 1: baru terbakar, vegetasi tanah terbakar*
- 2: kebakaran lama, bekas di pohon*

### **3.7 Variabel TREE\_**

Variabel pohon diukur atau diamati pada setiap pohon yang termasuk pada lokasi pengambilan contoh berdasarkan desain plot yang diterapkan.

#### **TREE\_ID**

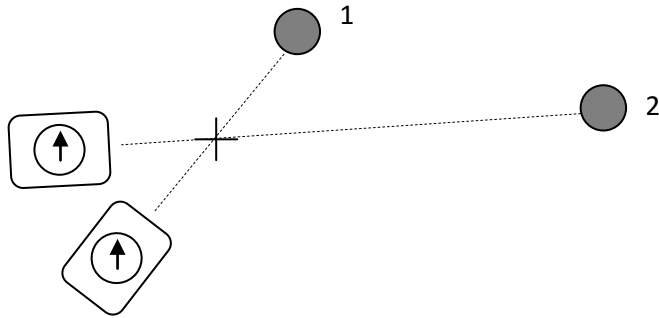
Nomor id unik dari setiap pohon per plot. Nomor pohon sementara ditandai dengan kapur untuk memungkinkan identifikasi pohon yang terhitung, misalnya untuk pengukuran tinggi pohon.

#### **TREE\_STEMID**

Jika terdapat beberapa batang dalam satu pohon, setiap batang mendapat ID unik.

#### **TREE\_AZIM**

Azimuth diukur dalam derajat dari pusat plot ke sumbu batang (pada ketinggian 1,3m) dari pohon. Azimuth diukur oleh pencatat yang berdiri di pusat plot dengan kompas Suunto atau TruPulse 360. Pencatat melihat sumbu batang pada lokasi pengambilan contoh yang ditandai dengan tiang transponder Vertex.



Gambar 8. Pengukuran Azimuth di lokasi pengambilan contoh.

### **TREE\_HDIST**

Jarak horizontal antara setiap pohon dan titik contoh. Jarak ini dapat diukur dengan cara yang berbeda:

- 1) Dengan menggunakan perangkat laser dapat diukur dari titik contoh ke pohon. Ini hanya direkomendasikan pada tegakan dengan visibilitas bebas terhadap batang pohon.
- 2) Dengan menggunakan Vertex pengukuran ini dilakukan dari sumbu batang ke titik contoh. Jika Vertex sebelumnya digunakan untuk mengukur sudut kemiringan, perangkat secara otomatis menghitung jarak horizontal. Dalam hal ini pengukur memutuskan apakah pohon disertakan atau tidak.
- 3) Dengan menggunakan pita. Dalam hal ini tidak mungkin untuk mengukur jarak horizontal di medan miring. Oleh karena itu, dalam kasus ini sudut kemiringan ke posisi pohon harus diukur.

### **TREE\_VANGL**

Sudut vertikal untuk posisi pohon. Pengukuran ini hanya diperlukan jika jarak ke pohon diukur sebagai jarak miring (dengan pita). Sudut diukur sejajar dengan tanah dan dicatat sebagai bilangan bulat dari titik contoh ke pohon. Hal ini berarti jika sudut diukur dari pohon ke titik, tanda sudut harus berubah!

### **TREE\_SPCODE**

Kode untuk jenis pohon. Jika kode yang cocok tersedia, tidak ada catatan lain untuk TREE\_SPEC dan TREE\_SPLOC diperlukan. Jika suatu spesies tidak dapat diidentifikasi maka kode n.i. (tidak teridentifikasi) ditetapkan. Untuk ini diperlukan sebuah daftar spesies pohon dengan kode untuk setiap spesies.

### **TREE\_FAM**

Keluarga / family botani jika identifikasi spesies lebih lanjut tidak memungkinkan.

### **TREE\_SPEC**

Nama botani dari spesies pohon (jika diketahui tapi tidak ada kode yang tersedia).

### **TREE\_SPLOC**

Nama lokal dari spesies pohon (hanya jika tidak ada kode spesies yang tersedia dan nama botani tidak diketahui).

### **TREE\_DIAM**

Diameter setinggi dada diukur tegak lurus terhadap sumbu batang pada ketinggian 1,3 m di atas tanah dengan pita diameter dengan ketelitian 1mm. Jika pengukuran pada ketinggian 1,3 m tidak mungkin (misalnya berbanir), diameter 20 cm di atas banir diukur. Dalam hal ini penyimpangan ketinggian dari pengukuran harus dicatat sebagai TREE\_DHDEV

### **TREE\_DHDEV**

Penyimpangan ketinggian pengukuran diameter (dalam hal penyimpangan batang menyebabkan tidak mungkin untuk mengukur DBH pada ketinggian 1,3 m) dicatat sebagai bilangan bulat. Dalam kasus pohon berbanir ketinggian pengukuran diameter dilakukan di atas banir.

### **TREE\_HEIGHT**

Tinggi pohon diukur untuk 4 pohon per plot. Pohon-pohon yang dipilih untuk pengukuran tinggi harus mencakup rentang diameter pada plot. Tinggi dapat diukur dengan Vertex, perangkat Laser (Nicon Forestry, TruPulse, dll), atau perangkat mekanis seperti Blume-Leiss, Suunto atau ClinoMaster Silva.

### **TREE\_HCRB**

Tinggi ke pangkal tajuk diukur untuk pohon yang sama (dari jarak yang sama). Pangkal tajuk didefinisikan sebagai ketinggian cabang hidup yang kuat pertama dari tajuk. Cabang kecil sekunder atau tunas di batang tidak dianggap.

### **TREE\_DAMAGE**

Kerusakan yang signifikan pada batang atau tajuk pada kelas yang berbeda. Hanya mencatat kerusakan signifikan yang mempengaruhi kualitas pohon (misalnya kerusakan besar pada batang akibat penjaradan) atau pertumbuhan pohon (misalnya tajuk yang benar-benar rusak). Pencatatan kelas kerusakan hanya relevan untuk produksi kayu atau tujuan komersial. Beberapa kerusakan, bagaimanapun, mungkin juga berhubungan dengan karakteristik habitat (misalnya gerowong).

Untuk memungkinkan perbandingan antara tim lapangan yang berbeda, daftar kode kelas kerusakan harus disiapkan!

### **3.7.1 Variabel DEAD\_**

Semua pengukuran dan pengamatan yang diambil untuk tegakan dan kayu mati rebah. Penilaian kayu mati terintegrasi dalam desain plot tersarang.

#### **DEAD\_ID**

Nomor id unik untuk setiap potongan kayu mati. Kayu mati disertakan berdasarkan diameter tengah dari bagian yang berada dalam area plot (bagian yang tumpang tindih dengan batas plot tidak diperhitungkan!). Serupa dengan pohon berdiri, ambang diameter digunakan untuk kedua plot tersarang: bagian kayu mati dengan diameter tengah lebih dari 20cm dimasukkan dalam plot dengan radius besar. Bagian dengan diameter tengah lebih kecil 20cm dan lebih besar dari 10cm dimasukkan dalam plot dengan radius kecil saja!

#### **DEAD\_TYPE**

Kategori kayu mati ditentukan oleh interpretasi visual.

- |                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| 1: <i>pohon berdiri utuh</i>       | 4: <i>cabang rebah</i> |
| 2: <i>pohon berdiri yang rusak</i> | 5: <i>tunggak</i>      |
| 3: <i>batang rebah</i>             |                        |

#### **DEAD\_LENGTH**

Panjang bagian kayu mati di dalam plot dalam satuan meter dengan ketelitian desimeter. Dalam kasus kayu mati rebah panjang diukur sepanjang sumbu dengan pita (dalam kasus bagian linear pengukuran dengan Vertex juga memungkinkan). Dalam kasus kayu mati berdiri dan tunggak, ketinggian diukur. Panjang minimum adalah 50cm.

#### **DEAD\_D**

Diameter bagian kayu mati dalam bilangan bulat centimeter. Untuk kayu mati rebah diameter tengah dari bagian yang berada dalam plot diukur dengan pita atau penggaris lipat. Untuk kayu mati berdiri, DBH yang diukur. Untuk tunggak diameter penampang yang diukur.

## **DEAD\_DEC**

Kelas pembusukan bagian kayu mati menggunakan interpretasi visual dan uji fisik kekerasan kayu. Kekerasan kayu dapat diperiksa dengan pisau atau dengan menguji suaranya.

- 1: tidak ada pembusukan (*kayu keras, kulit melekat*)
- 2: mulai (*kulit longgar, kayu keras*)
- 3: tingkat lanjut (*kayu sebagian lunak*)
- 4: berat (*sangat lunak, tidak berbentuk lagi*)

### **3.7.2 Variabel REG\_**

Variabel yang menggambarkan regenerasi. Regenerasi dinilai dalam dua plot contoh per lokasi sampling (klaster plot regenerasi) yang dibuat pada jari-jari yang lebih kecil plot Utara dan Selatan dari lokasi pengambilan contoh dan masing-masing memiliki radius 1,5 m.

## **REG\_SPID**

Plot id untuk sub-plot regenerasi per klaster.

- 1: *Plot regenerasi Utara*
- 2: *Plot regenerasi Selatan*

## **REG\_HCLASS**

Kelas tinggi regenerasi. Individu dihitung per kelas tinggi

- 1: *25-50cm*
- 2: *50-150cm*
- 3: *> 150 cm dan <5cm DBH*

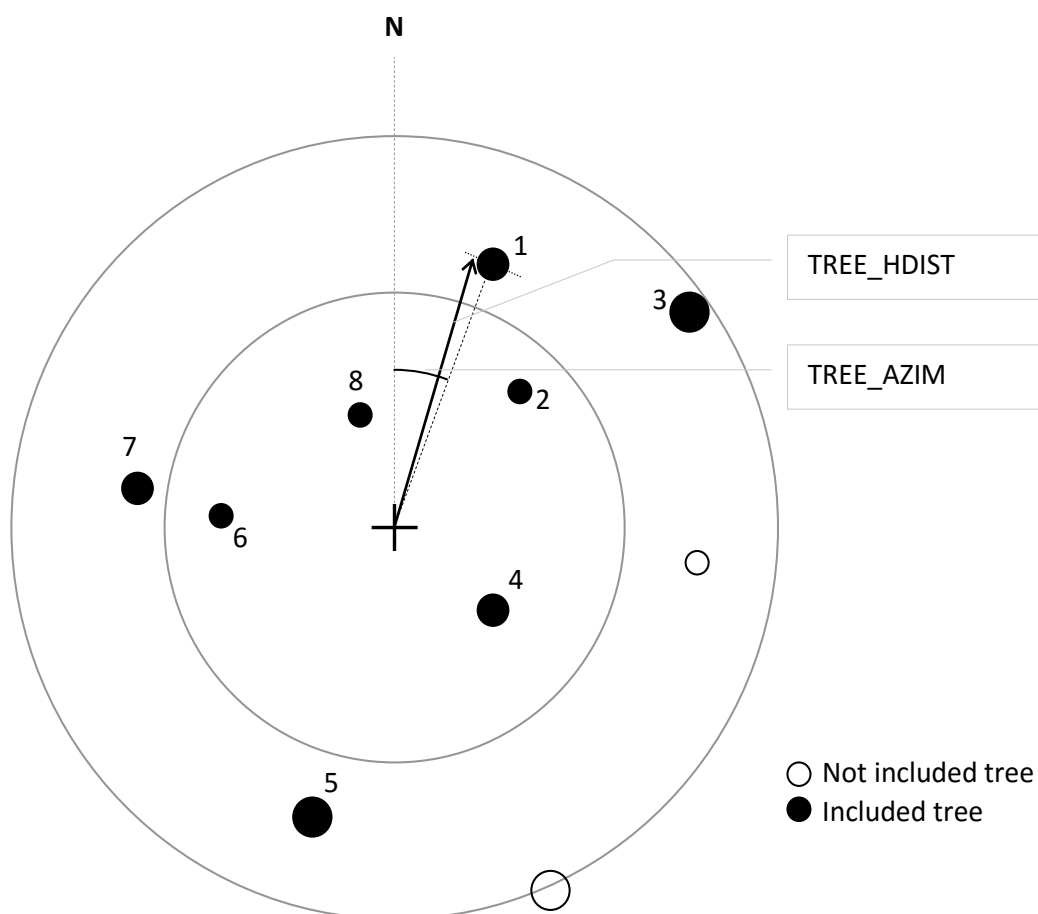
## **REG\_SPEC**

Daftar spesies (nama botani atau nama lokal) dari regenerasi.

## 4 Pengukuran pohon

Pengukuran pohon tunggal dimulai dari arah Utara dari titik contoh dan dilanjutkan searah jarum jam. Semua pohon yang masuk ditandai dengan TREE\_ID (atau STEM\_ID) untuk pemilihan selanjutnya dalam pengukuran tinggi pohon (sementara dengan kapur). Plot tersarang dipertimbangkan secara simultan dan pohon dengan kelas diameter yang berbeda dicatat dalam satu tabel tunggal.

Jarak horizontal ke pohon diukur dari / ke sumbu batang pada ketinggian dbh (ditentukan pada ketinggian 1,3m). Azimuth diukur terhadap sumbu batang. Dalam hal jarak ke pohon diukur dengan perangkat laser dari titik contoh, TREE\_HDIST harus diukur pada permukaan batang.



Gambar 9. Urutan pengukuran pohon dan pengukuran jarak / Azimuth.



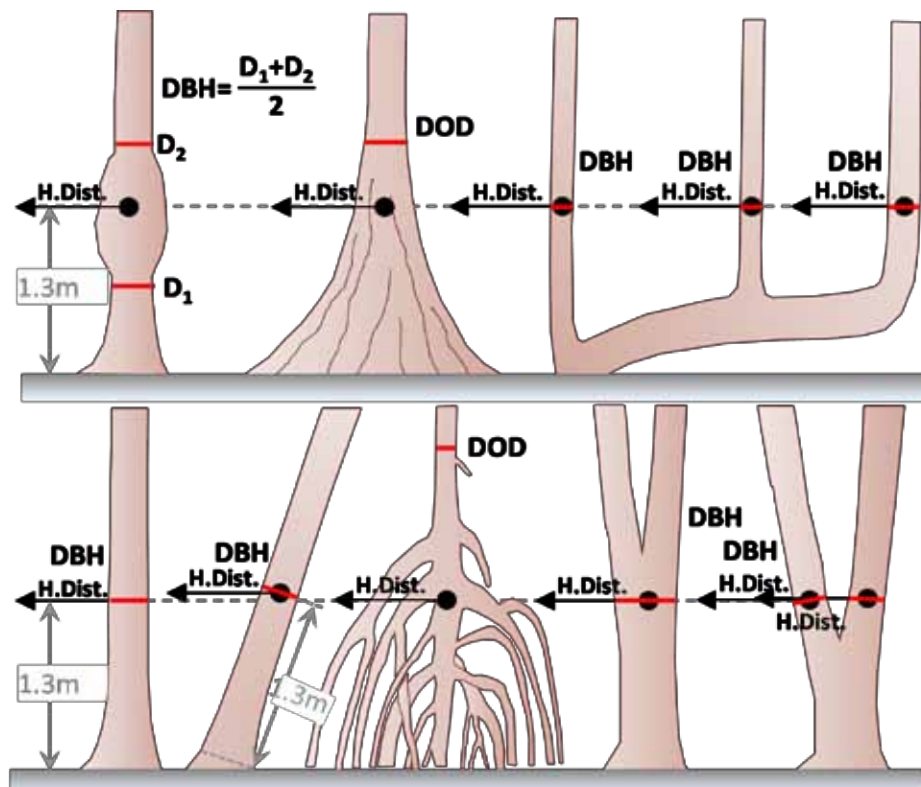
#### 4.1 Pengukuran diameter

Diameter diukur untuk semua pohon yang terhitung dan potongan kayu mati (jika termasuk penilaian kayu mati). Diameter setinggi dada (TREE\_DIAM) diukur pada ketinggian 1,3 m dari tanah dengan pita diameter. Pita tersebut harus dilingkarkan secara ketat tegak lurus dengan sumbu batang. Tumbuhan pemanjat pada batang harus dihilangkan atau pita diameter dilewatkan ke bagian bawahnya.



Gambar 10. Pengukuran DBH (contohnya disini 35,9cm).

Gambar 11 menunjukkan penentuan bagaimana mengukur DBH dalam kasus tertentu.

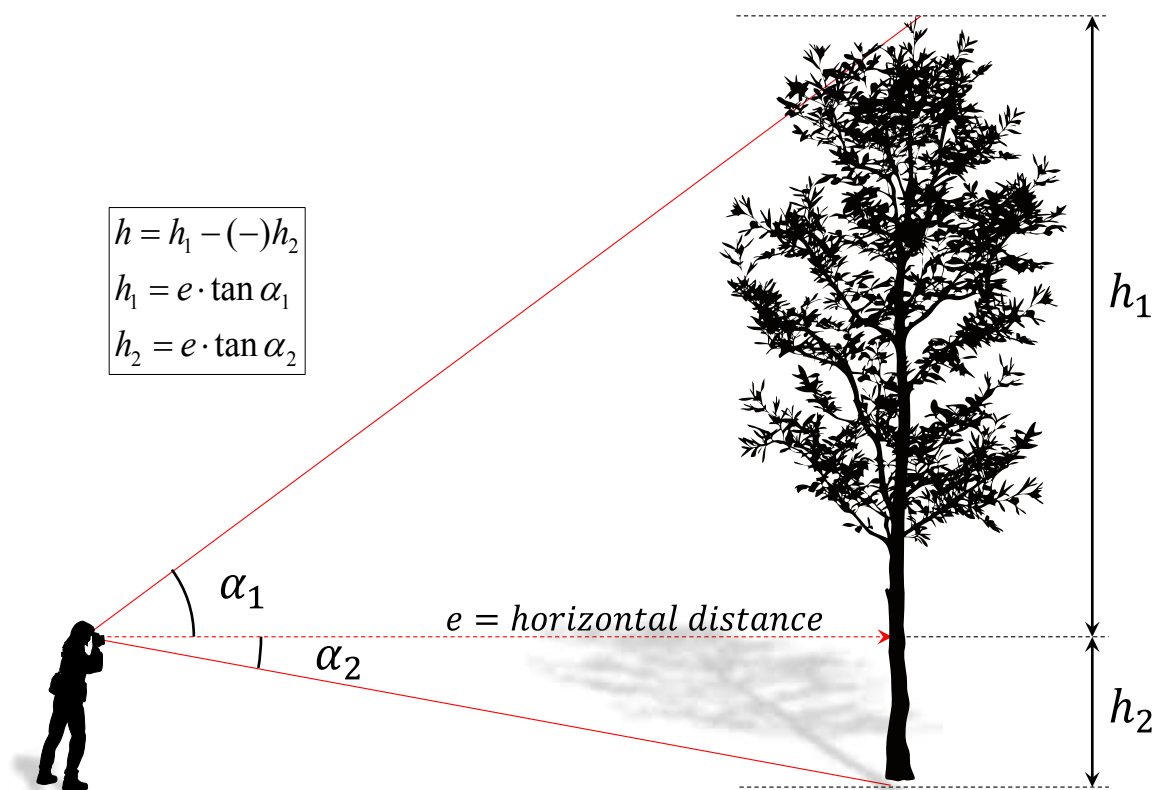


Gambar 11. Penentuan DBH dan pengukuran jarak untuk kasus tertentu.

## 4.2 Pengukuran tinggi pohon

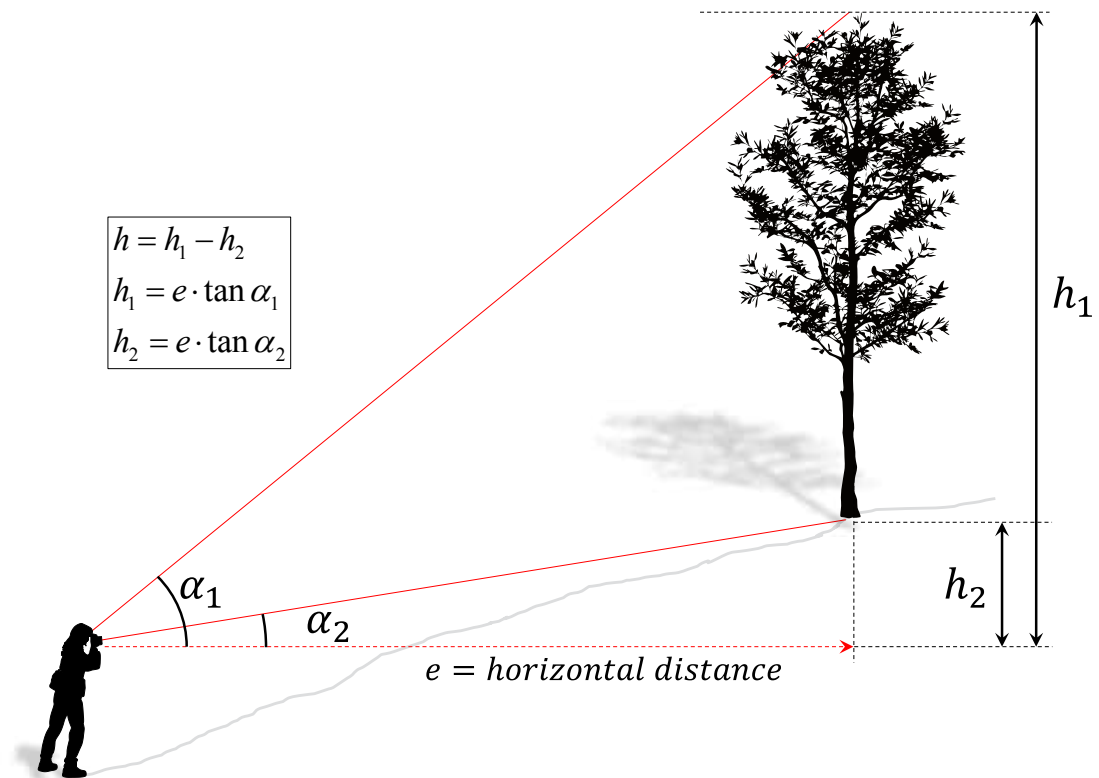
Pada setiap titik contoh ketinggian 4 pohon dengan diameter yang berbeda diukur. Pengukuran tinggi dilakukan setelah semua diameter pohon dicatat. Pohon-pohon yang tingginya diukur harus mewakili kisaran diameter sebenarnya pada plot. Pilih diameter kecil, menengah dan DBH besar dari data plot yang dicatat. Jangan pilih pohon dengan tajuk yang rusak atau bentuknya tidak beraturan karena akan menjadi outlier dalam kurva tinggi.

Tinggi pohon didefinisikan sebagai jarak vertikal antara ujung pohon dan permukaan tanah di pangkal batang. Biasanya dihitung berdasarkan pengukuran jarak horizontal ke pohon dan sudut ke ujung pohon dan pangkal batang dengan prinsip trigonometri.



Gambar 12. Prinsip trigonometri pengukuran tinggi.

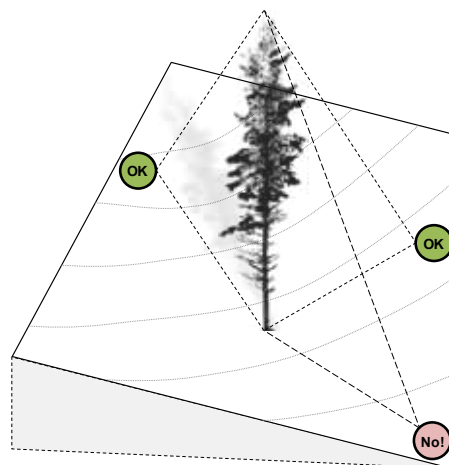
Pada gambar di atas  $h_1$  adalah tinggi ke puncak pohon dan  $h_2$  adalah tinggi (di sini negatif!) ke pangkal batang. Menggunakan rumus  $h = h_1 - h_2$  di atas penting untuk memperhatikan dengan benar tanda dari pengukuran sudut. Jika pengamat berdiri sedikit di bawah pangkal batang  $h_2$  menjadi tinggi positif. Namun, pengukuran tinggi dari posisi jauh di bawah pangkal batang tidak dianjurkan karena visibilitas ke puncak pohon terbatas dan risiko kesalahan pengukuran menjadi tinggi. Menggunakan perangkat elektronik, seperti Vertex atau TruPulse, perhitungan tinggi pohon dilakukan secara otomatis.



Gambar 13. Perhitungan tinggi pohon jika pengukur berdiri di tempat yang lebih rendah dari pangkal pohon. Disini, prinsip yang persis sama diterapkan seperti pada lokasi yang datar menggunakan rumus yang sama. Namun, tanda sudut harus diperhatikan! Menjadi latihan yang baik di lapangan untuk memeriksa secara visual kerasionalan pengukuran  $h$ ,  $h_1$  and  $h_2$  !

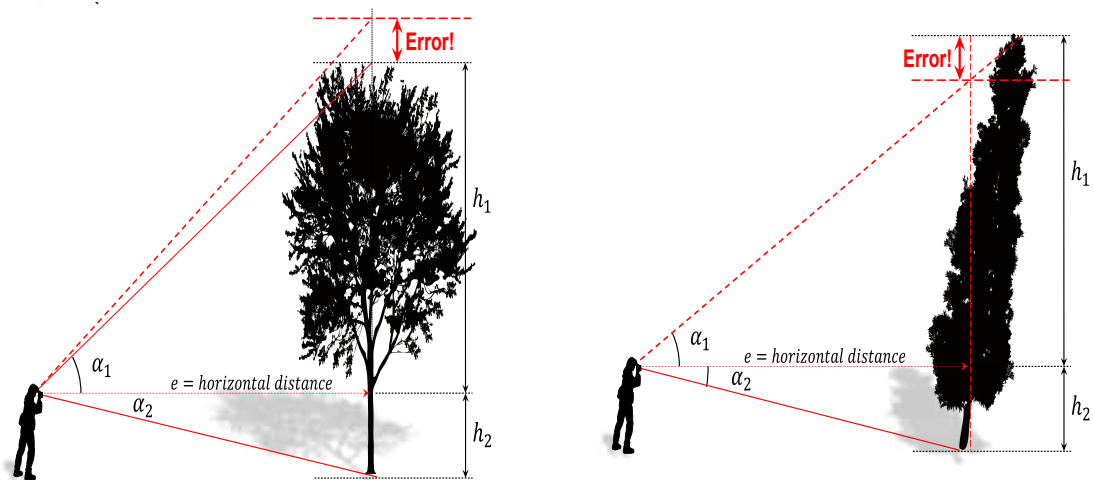
#### 4.2.1 Kemungkinan kesalahan pengukuran

Di medan yang miring, coba untuk mengukur tinggi dari arah tegak lurus arah lereng atau menurun dari posisi yang lebih tinggi. Hindari mengukur pohon-pohon besar dengan menanjak dari posisi lebih rendah dari pangkal pohon, karena hal ini meningkatkan kemungkinan kesalahan akibat dari visibilitas yang buruk terhadap ujung pohon dan pengukuran sudut ekstrim! Sebuah kesalahan relatif kecil di sudut pengukuran akan mengakibatkan kesalahan relatif tinggi pada perhitungan tinggi.



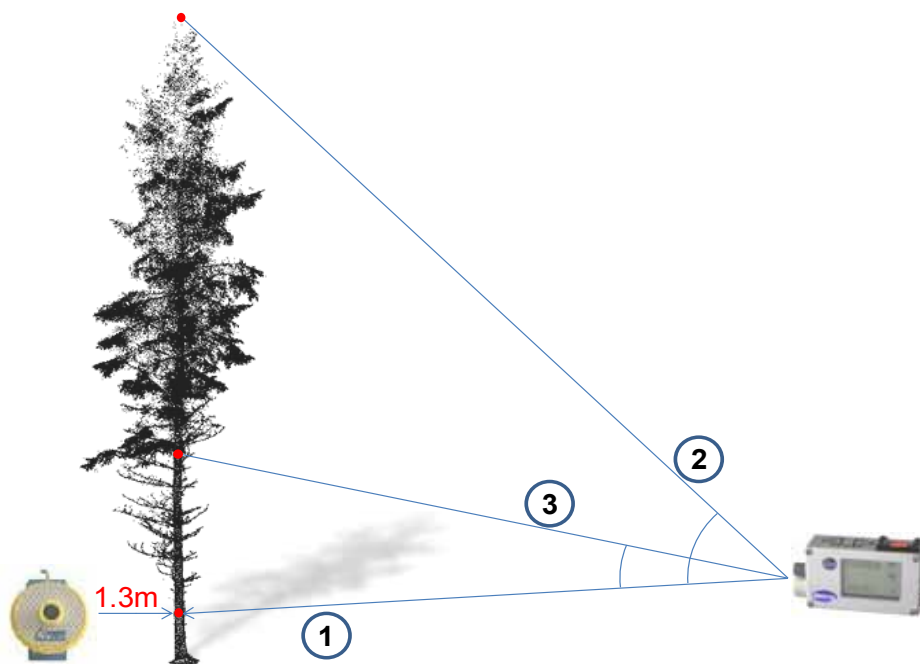
Gambar 14. Posisi yang benar untuk pengukuran tinggi pada medan yang miring.

Dalam kasus pohon miring, ukur tinggi dari posisi tegak lurus terhadap arah miring. Mengukur searah kemiringan dapat menyebabkan kesalahan yang tinggi dalam pengukuran jarak (bukan jarak yang benar terhadap proyeksi horizontal dari puncak)



Gambar 15. Kesalahan pengukuran karena kesalahan menentukan puncak pohon atau akibat kesalahan posisi pengukuran terhadap pohon miring.

Jika tinggi pohon diukur dengan Vertex, posisi transponder di pohon harus 1,3 m (periksa bagaimana ketinggian transponder diatur dalam menu pengaturan). Karena pengukuran jarak dari Vertex berdasarkan sinyal suara, pengukuran dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara. Oleh karena itu Vertex harus dikalibrasi secara teratur jika kondisi berubah.



Gambar 16. Pengukuran tinggi pohon menggunakan Vertex III: 1) pengukuran jarak dan sudut terhadap transponder (ditetapkan pada 1,3m), 2) pengukuran sudut terhadap puncak pohon, 3) pengukuran sudut terhadap pangkal tajuk.

### 4.3 Penilaian regenerasi

Penilaian rinci dari regenerasi dan komposisi spesies mungkin memberikan tinjauan terhadap pilihan silvikultur untuk pengembangan tegakan di masa depan. Oleh karena itu penilaian kasar kerapatan regenerasi (tanaman / ha) dan spesies utama di dua subplot regenerasi yang diimplementasikan dalam jarak 6m ke Utara dan Selatan dari titik contoh. Kedua subplot bersama-sama membentuk plot klaster. Pengamatan dari dua subplot harus digabungkan selama pendugaan. Karena subplot tidak dipilih secara independen maka subplot tersebut hanya merupakan satu pengamatan.

Untuk tiga kelas regenerasi (25-50cm, 50-150 cm, 150 cm - dbh <5cm) masing-masing individu dihitung secara terpisah di dua subplot regenerasi. Spesies (REG\_SPEC) ditentukan jika identifikasi memungkinkan.

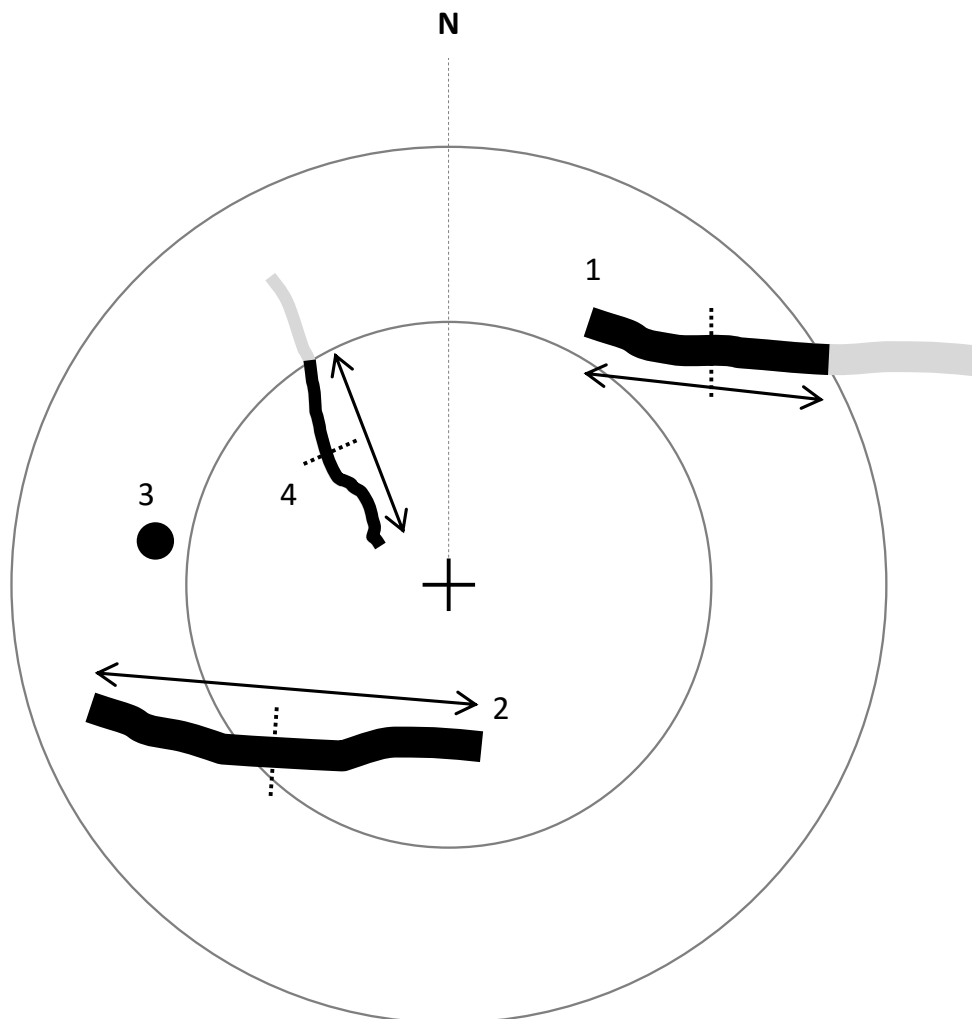
### 4.4 Penilaian kayu mati

Kayu mati berdiri dinilai bersama-sama dengan pengukuran pohon hidup.

Diameter minimum untuk kayu mati adalah 10cm, baik untuk diameter tunggak dan juga untuk potongan kayu mati rebah. Ini adalah standar internasional; kayu mati bawah 10cm dianggap sebagai serasah. Kayu mati rebah dinilai pada subplot lingkaran tersarang 5m (dari diameter 10cm pada ujung paling tebal dan seterusnya) dan pada sub-plot 10m (dari diameter 20cm pada ujung paling tebal dan seterusnya).

Kayu mati rebah dicatat hanya jika ujung lebih tebal dari potongan kayu mati berada di dalam sub-plot untuk penilaian kayu mati. Yaitu: ujung tebal dari potongan kayu mati merupakan kriteria inklusi, dan BUKAN apakah setiap bagian dari sepotong berada di dalam sub-plot !!

Penilaian kayu mati rebah sangat memakan waktu dan hanya dimasukkan jika informasi volume kayu mati (misalnya sebagai indikator keanekaragaman hayati atau untuk akuntansi karbon) dirumuskan dengan jelas dan eksplisit.



Gambar 17. Penilaian kayu mati di dua sub-plot lingkaran tersarang kayu mati. Tanda lingkaran di sini merupakan ujung lebih tebal (lebih besar) dari masing-masing bagian dan potongan-potongan kayu mati dicatat hanya jika ujung paling tebal berada dalam sub-plot. Tanda panah menggambarkan perpanjangan potongan kayu mati, tapi panjang diukur sebaik mungkin sepanjang potongan termasuk kelengkungan, yaitu: mengikuti sebaik mungkin garis putih seperti dalam gambar ini. (1) dan (2) adalah bagian dengan diameter ujung lebih tebal lebih dari 20cm dan termasuk dalam radius plot yang lebih besar, (3) merupakan kayu mati dengan diameter lebih dari 10cm pada ujung lebih tebal yang berada di dalam sub-plot lebih kecil saja. Untuk semua potongan kayu mati, panjang mengarah menuju ke titik di mana diameter berada di bawah 10cm.

Dalam kasus potongan kayu mati bercabang, setiap segmen dianggap terpisah.

