



Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan

Teddy Rusolono, Tatang Tiryana, Judin Purwanto, Hendi Sumantri

GIZ Biodiversity and Climate Change (BIOCLIME) Palembang



Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan

Teddy Rusolono
Tatang Tiryana
Judin Purwanto
Hendi Sumantri

Mei 2015

GIZ Biodiversity and Climate Change (BIOCLIME) Palembang



Sitasi

Rusolono, T., T. Tiryana, J. Purwanto dan H. Sumantri. 2015. Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan. Biodiversity and Climate Change (BIOCLIME) Project. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Palembang

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan

Rusolono, T., T. Tiryana, J. Purwanto dan H. Sumantri. Panduan Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan. Biodiversity and Climate Change (BIOCLIME) Project. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Palembang. GIZ BIOCLIME. 2015
xi + 71 hlm; 21,0 cm x 29,7 cm
ISBN: 978-602-61583-1-4

Hak Cipta

© GIZ BIOCLIME

Mengutip buku ini diperbolehkan dengan menyebutkan sumber dan penerbitnya.

Kontak

Teddy Rusolono (trusolono@gmail.com)
Tatang Tiryana (tangtir@gmail.com)
Judin Purwanto (judinpurwanto@gmail.com)
Hendi Sumantri (hendi.sumantri@giz.de; hendi_sumantri@yahoo.com)

GIZ BIOCLIME
Jl. Jend. Sudirman No.2837 KM 3,5 Palembang, Sumatera Selatan
Tel/Fax: +62-711-353176
www.bioclimate.org

Foto Sampul

Biodiversity and Climate Change (BIOCLIME) Project
Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BP2LHK) Palembang

GIZ *Biodiversity and Climate Change* (BIOCLIME) merupakan program kerjasama teknis antara Pemerintah Republik Federal Jerman dan Pemerintah Indonesia dalam hal ini Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan di bidang keanekaragaman hayati dan perubahan iklim. Melalui program BIOCLIME, Pemerintah Jerman mendukung upaya Indonesia untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor kehutanan, konservasi keanekaragaman hayati hutan bernilai tinggi, mempertahankan kapasitas penyimpanan stok karbon dan menerapkan pengelolaan hutan berkelanjutan untuk kepentingan rakyat. Program ini fokus dalam mendukung Provinsi Sumatera Selatan untuk mendapatkan mengembangkan dan menerapkan konsep konservasi dan manajemen untuk menurunkan emisi dari hutan dan memberikan kontribusi untuk komitmen penurunan emisi GRK Indonesia yang telah ditargetkan sampai 2020.

Di Indonesia, ketersediaan data cadangan karbon dan keanekaragaman hayati ditingkat lokal dan mencakup berbagai tipe tutupan hutan dan lahan masih sangat terbatas. Hal tersebut pelaksanaan pengukuran cadangan karbon yang memenuhi standard internasional dan dapat dilaksanakan di tingkat lokal masih sangat terbatas. Untuk memperoleh data dasar (*baseline data*) cadangan karbon dan keanekaragaman hayati pada berbagai tipe hutan yang akurat dan terpercaya (*reliable*), kegiatan inventarisasi perlu dilakukan berdasarkan panduan (*protocol*) pengukuran yang jelas, terpercaya, dan komprehensif. Sebagian besar panduan pengukuran yang ada lebih fokus pada pengukuran cadangan karbon dan belum memasukkan aspek keanekaragaman hayati.

Buku ini diterbitkan sebagai panduan bagi para peneliti, praktisi dan anggota masyarakat serta para pihak lainnya yang banyak terlibat kegiatan REDD+ dan skema jasa lingkungan karbon di Indonesia dan khususnya di Sumatera Selatan. Selain itu, buku ini juga sebagai bahan referensi untuk meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pemanasan global dan perubahan iklim. Informasi dalam buku ini disusun berdasarkan pengalaman dan pembelajaran langsung di lapangan dan diusahakan untuk disampaikan dengan ringkas, sederhana dan cukup praktis untuk digunakan sebagai panduan pengukuran biomassa/karbon dan keanekaragaman flora. Buku ini juga belum menjadi dokumen yang dikatakan sempurna, sehingga masukan dari para pihak sangat berarti untuk penyempurnaan dan pengembangan dokumen ini.

Tim Penyusun

Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi.....	ii
Daftar Tabel.....	iv
Daftar Gambar.....	v
1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
2 PERENCANAAN SURVEI.....	4
2.1 Cakupan Areal Studi.....	4
2.2 Stratifikasi Areal Studi.....	5
2.3 Parameter Cadangan Karbon.....	7
2.4 Parameter Keanekaragaman Flora.....	8
2.5 Rancangan Penarikan Contoh (<i>Sampling Design</i>).....	9
2.5.1 Jenis Plot Contoh.....	10
2.5.2 Bentuk Plot Contoh.....	10
2.5.3 Ukuran Plot Contoh.....	12
2.5.4 Jumlah Plot Contoh.....	14
2.5.5 Sebaran Lokasi Plot Contoh.....	16
2.6 Organisasi Tim Survei.....	16
2.7 Peralatan dan Logistik.....	17
3 PROSEDUR SURVEI LAPANGAN.....	19
3.1 Pencarian Lokasi Plot.....	19
3.2 Pembuatan dan Pengamatan Plot.....	20
3.2.1 Pembuatan plot persegi panjang.....	20
3.2.2 Pembuatan plot lingkaran.....	22
3.3 Pengukuran Plot.....	23
3.3.1 Pengukuran biomassa atas permukaan tanah.....	23
3.3.1.1 Pengamatan semai.....	23
3.3.1.2 Pengukuran pancang, tiang, dan pohon.....	24
3.3.1.3 Pengukuran palem dan bambu.....	27
3.3.2 Pengukuran biomassa bawah permukaan tanah.....	27
3.3.3 Pengukuran tumbuhan bawah dan serasah.....	27
3.3.4 Pengukuran kayu mati.....	29
3.3.4.1 Pengukuran kayu mati berdiri.....	29
3.3.4.2 Pengukuran kayu mati rebah.....	30

3.3.5 Pengukuran karbon tanah.....	32
3.3.5.1 Pengukuran karbon tanah mineral.....	32
3.3.5.2 Pengukuran karbon tanah organik (mangrove dan gambut).....	33
4 ANALISIS DATA.....	35
4.1 Analisis Data Cadangan Karbon.....	36
4.1.1 Analisis Laboratorium.....	36
4.1.2 Perhitungan Cadangan Karbon pada Plot Contoh.....	37
4.1.3 Perhitungan Cadangan Karbon pada Tiap Stratum.....	44
4.1.4 Perhitungan Total Cadangan Karbon.....	46
4.2 Analisis Data Keanekaragaman Flora.....	47
4.2.1 Indeks keanekaragaman jenis (<i>diversity index</i>).....	47
4.2.2 Indeks pemerataan individu per jenis (<i>evenness index</i>).....	47
4.2.3 Struktur vertikal tegakan.....	48
4.2.4 Kerapatan tegakan.....	48
4.2.5 Struktur horizontal tegakan.....	48
5 PELAPORAN.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	55

Daftar Tabel

Tabel 1.	Luas kawasan hutan di areal studi	5
Tabel 2.	Lokasi dan luas stratum di areal berhutan	6
Tabel 3.	Lokasi dan luas stratum di areal tidak berhutan	7
Tabel 4.	Nilai rata-rata dan simpangan baku cadangan karbon di atas permukaan tanah untuk menentukan jumlah plot contoh optimal di areal studi	15
Tabel 5.	Jumlah plot contoh optimum untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di areal studi	15
Tabel 6.	Struktur dan tugas anggota tim survei	17
Tabel 7.	Peralatan pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora untuk setiap tim survei	17
Tabel 8.	Contoh model-model alometrik lokal untuk menduga biomassa atas permukaan tanah pada beberapa jenis pohon di Sumatera	38
Tabel 9.	Contoh model-model alometrik global untuk menduga biomassa pohon di atas permukaan tanah pohon di hutan tropis	38
Tabel 10.	Contoh nilai-nilai kerapatan kayu (WD) dan faktor perluasan biomassa (BEF) untuk beberapa jenis pohon	39
Tabel 11.	Model-model alometrik biomassa palem, bambu, dan kelapa sawit	40
Tabel 12.	Konversi satuan pengukuran biomassa atas permukaan tanah	41
Tabel 13.	Beberapa nilai nisbah akar-pucuk dan model alometrik untuk menduga biomassa bawah permukaan tanah (BBP)	42
Tabel 14.	Rekapitulasi data cadangan karbon pada suatu stratum	45
Tabel 15.	Rekapitulasi cadangan karbon pada tiap stratum	46
Tabel 16.	Rekapitulasi data untuk penyusunan struktur horizontal tegakan	48

Daftar Gambar

Gambar 1.	Kerangka pemikiran dalam penyusunan panduan pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di areal proyek BIOCLIME, Sumatera Selatan	3
Gambar 2.	Cakupan areal studi program BIOCLIME di Sumatera Selatan	4
Gambar 3.	Stratifikasi areal berhutan berdasarkan tipe hutan, ketinggian tempat, dan jenis tanah.....	6
Gambar 4.	Kriteria, indikator, dan parameter penilaian keanekaragaman flora pada tingkat habitat yang dapat diintegrasikan dalam pengukuran cadangan karbon pada berbagai tipe hutan (diadaptasi dari Prasetyo et al. 2014)	9
Gambar 5.	Unit contoh berbentuk (a) persegi panjang, (b) bujur sangkar,.....	11
Gambar 6.	Ukuran plot untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di hutan alam dan areal tanaman budidaya masyarakat.....	13
Gambar 7.	Ukuran plot untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di hutan tanaman kayu pulp (a) berumur <4 tahun dan (b) berumur ≥ 4 tahun	14
Gambar 8.	Identifikasi lokasi plot menggunakan Google Earth	20
Gambar 9.	Skema pembuatan plot tersedang persegi panjang 20 x 50 m	21
Gambar 10.	Hubungan jarak datar dan sudut kemiringan untuk menghitung jarak lapang pada saat pembuatan batas-batas plot	21
Gambar 11.	Skema pembuatan plot lingkaran 0.02 ha atau 0.04 ha	22
Gambar 12.	Kemungkinan posisi pohon dalam batas plot/subplot yang harus diukur atau tidak diukur oleh tim survei	24
Gambar 13.	Letak pengukuran diameter setinggi dada pada berbagai kondisi pohon.....	25
Gambar 14.	Perbedaan tinggi dan panjang pohon (a) dan cara pengukuran tinggi total pohon menggunakan Haga hypsometer atau Suunto clinometer (b)	26
Gambar 15.	Penempatan bingkai subplot ukuran 0.5 x 0.5 m untuk pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah.....	28
Gambar 16.	Identitas pada label contoh biomassa untuk analisis laboratorium	29
Gambar 17.	Kelas kayu mati berdiri: (1) banyak cabang dan ranting tetapi tanpa daun, (2) cabang besar masih ada tetapi tanpa cabang/ranting kecil dan daun, (3) hampir tidak ada cabang/ranting tetapi masih ada batang yang mungkin patah atasnya, dan (4) hanya berupa batang yang patah atasnya menyerupai tunggul	30
Gambar 18.	Pengukuran kayu mati rebah: (a) diukur jika sebagian besar ($\geq 50\%$) diameternya di atas permukaan tanah (modifikasi dari Walker et al. 2012), (b) diukur diameter pangkal (Dp), diameter ujung (Du), dan panjang (P) tiap kayu mati yang berada dalam batas plot.....	31

Gambar 19. Bor gambut Eijkelkamp: (a) untuk mengambil contoh tanah gambut hingga kedalaman 100 cm, (b) untuk mengambil contoh hingga kedalaman beberapa meter karena sudah disambung beberapa tiang besi, dan (c) komponen-komponen bor gambut (sumber: Agus <i>et al.</i> 2011)	33
Gambar 20. Kerangka analisis data hasil pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora	35
Gambar 21. Diagram alir penentuan biomassa atas permukaan tanah (modifikasi dari Krisnawati <i>et al.</i> 2012).....	38
Gambar 22. Tahapan pelaporan hasil survei cadangan karbon dan keanekaragaman flora...	51

1.1 Latar Belakang

Hutan tropis Indonesia, yang luasnya mencapai 130.68 juta hektar (Kemenhut 2011), memiliki peranan penting dalam pembangunan bangsa, mendukung peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar hutan, memelihara keanekaragaman hayati, dan menjaga keseimbangan iklim global. Oleh karena itu, upaya-upaya pelestarian hutan tropis Indonesia mutlak diperlukan guna menjamin kelestariannya. Pengelolaan hutan harus dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip pengelolaan hutan lestari (*sustainable forest management*) yang tidak hanya berorientasi pada pencapaian kelestarian fungsi produksi melainkan juga kelestarian sosial dan lingkungan dari hutan yang dikelola dengan baik. Perbaikan tata kelola hutan (*forest governance*) juga mutlak diperlukan agar pengelolaan hutan selaras dengan kerangka hukum dan kebijakan, baik pada tingkat lokal, nasional, maupun internasional. Dalam hal ini, kesepakatan-kesepakatan internasional yang diratifikasi pemerintah Indonesia, misalnya *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) dan *Convention on Biological Diversity* (CBD), perlu dilaksanakan untuk mendorong terwujudnya tata kelola hutan yang baik.

Tantangan dalam pengelolaan hutan di Indonesia semakin mengemuka seiring dengan meningkatnya permasalahan lingkungan global. Kerusakan hutan akibat deforestasi dan degradasi hutan menjadi sorotan dunia internasional, karena merupakan salah satu sumber emisi karbondioksida (CO₂) yang berkontribusi sekitar 12–20% terhadap total emisi dunia (van der Werf *et al.* 2009). Selain itu, deforestasi dan degradasi hutan merupakan salah satu faktor penyebab hilangnya keanekaragaman hayati (Indrarto *et al.* 2013). Sebagai bukti kepedulian terhadap kelestarian lingkungan, pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 26% (dengan usaha sendiri) atau 41% (dengan bantuan internasional) hingga tahun 2020.

Dalam konteks kerjasama internasional, upaya pengurangan emisi tersebut ditempuh melalui mekanisme REDD+ (*Reducing Emission from Deforestation and forest Degradation, Sustainable Management of Forest, Forest Conservation, and Enhancement of Carbon Stocks*), yang menawarkan bentuk-bentuk insentif finansial untuk membiayai kegiatan-kegiatan inovatif dalam pengelolaan hutan dan lingkungan yang berperan dalam pengurangan emisi GRK. Namun dalam praktiknya, mekanisme REDD+ tersebut tidak mudah dilaksanakan karena sangat tergantung pada dukungan negara lain. Oleh karena itu, melalui Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 pemerintah Indonesia merancang upaya pengurangan emisi yang lebih sistematis tanpa harus tergantung pada bantuan negara lain dengan cara menyusun Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) dan Rencana Aksi Daerah Penurunan Gas Rumah Kaca (RAD-GRK). RAN-GRK dan RAD-GRK tersebut merupakan acuan dalam pelaksanaan pembangunan nasional dan daerah (provinsi dan kabupaten) di bidang pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, pengelolaan limbah, dan bidang lainnya agar mampu menurunkan emisi GRK sesuai target pemerintah Indonesia).

Penurunan emisi GRK dari sektor kehutanan perlu dilakukan di seluruh wilayah Indonesia, terutama pada daerah-daerah yang mengalami deforestasi dan degradasi hutan

tinggi seperti Pulau Sumatera. Dalam periode 1990–2010, deforestasi di Sumatera mencapai 7.54 juta hektar dan degradasi hutan mencapai 2.31 juta hektar (Margono *et al.* 2012). Bahkan deforestasi di provinsi Sumatera Selatan lebih dari 50% dari total luas hutannya pada tahun 1990 (Margono *et al.* 2012), sehingga upaya-upaya untuk melestarikan sumberdaya hutan di Sumatera Selatan mutlak diperlukan.

Salah satu inisiatif untuk mendorong pelestarian sumberdaya hutan di Sumatera Selatan adalah program *Biodiversity and Climate Change* (BIOCLIME), yang merupakan program kerjasama antara *The Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) Jerman dengan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia. Program BIOCLIME bertujuan untuk membantu upaya pemerintah Indonesia dalam menurunkan emisi GRK dari sektor kehutanan, konservasi keanekaragaman hayati pada hutan-hutan bernilai tinggi (*high value forests*), dan menerapkan pengelolaan hutan lestari untuk mendorong peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar hutan di Provinsi Sumatera Selatan. Untuk mencapai tujuan tersebut, pada tahap awal perlu dilakukan pengumpulan data dan informasi dasar tentang cadangan karbon (*carbon stocks*) dan keanekaragaman hayati (*biodiversity*) pada berbagai tipe hutan di Sumatera Selatan. Data dan informasi tersebut tidak hanya diperlukan untuk membuat *project baseline* untuk program BIOCLIME, melainkan juga diperlukan oleh Pemerintah Daerah Sumatera Selatan untuk menyusun RAD-GRK sektor kehutanan yang mendukung target penurunan emisi pemerintah Indonesia.

Untuk memperoleh data dasar (*baseline data*) cadangan karbon dan keanekaragaman hayati pada berbagai tipe hutan yang akurat dan terpercaya (*reliable*), kegiatan inventarisasi perlu dilakukan berdasarkan panduan (*protocol*) pengukuran yang jelas, terpercaya, dan komprehensif. Beberapa panduan pengukuran yang ada cenderung global (misalnya BSN 2011 tentang standar nasional pengukuran dan perhitungan cadangan karbon) dan cenderung parsial untuk tipe hutan tertentu, misalnya Kauffman dan Donato (2012) untuk hutan mangrove. Panduan-panduan pengukuran tersebut juga lebih fokus pada pengukuran cadangan karbon dan belum memasukkan aspek keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, untuk mendukung program BIOCLIME perlu disusun panduan pengukuran yang lebih komprehensif dan integratif, yang tidak hanya memberikan data dan informasi tentang cadangan karbon melainkan juga data dan informasi tentang keanekaragaman hayati untuk berbagai tipe hutan di Sumatera Selatan.

1.2 Tujuan

Panduan (*protocol*) ini disusun untuk memberikan arahan teknis tentang prosedur pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman hayati (khususnya flora) pada berbagai tipe hutan di Sumatera Selatan, khususnya areal kerja proyek BIOCLIME.

1.3 Ruang Lingkup

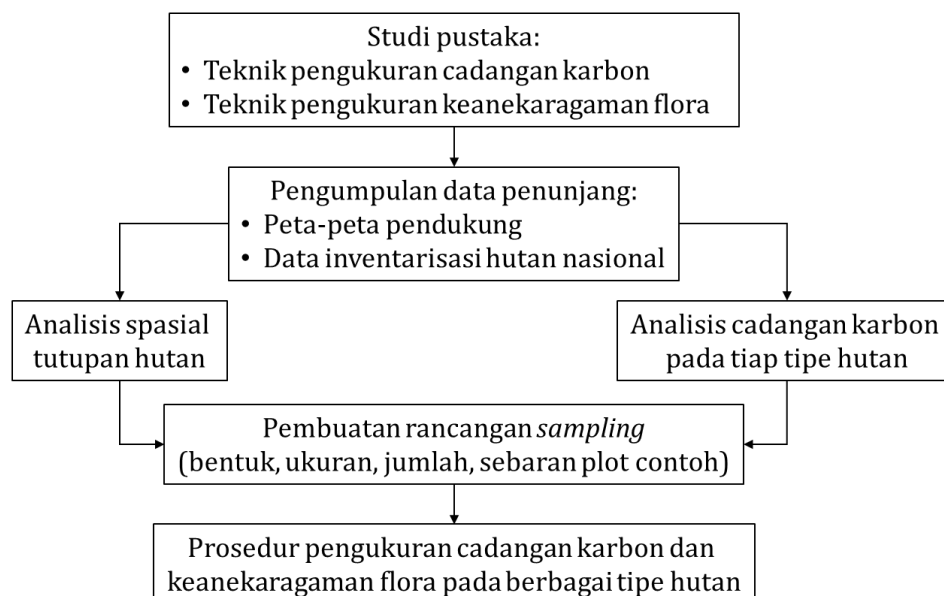
Prosedur pengukuran cadangan karbon dalam panduan ini meliputi lima *carbon pools*: biomassa di atas permukaan tanah (*above-ground biomass*), biomassa di bawah permukaan tanah (*below-ground biomass*), kayu mati (*dead wood*), serasah (*litter*), dan bahan organik

tanah (*soil organic matter*). Pengukuran keanekaragaman hayati dibatasi pada keanekaragaman flora yang pengukurannya dapat diintegrasikan dalam pengukuran cadangan karbon pada plot-plot contoh yang dibuat pada berbagai tipe hutan. Adapun keanekaragaman fauna tidak dibahas dalam panduan ini karena memerlukan teknik pengukuran dan monitoring tersendiri, yang umumnya tidak memungkinkan untuk diintegrasikan dengan pengukuran cadangan karbon pada plot-plot contoh.

Secara khusus, rancangan *sampling* dalam panduan ini dibuat untuk keperluan pengumpulan data dasar cadangan karbon dan keanekaragaman flora di wilayah kerja proyek BIOCLIME, yang meliputi empat kabupaten di Sumatera Selatan yaitu Kabupaten Bayuasin, Musi Banyuasin, Musi Rawas, dan Musi Rawas Utara. Namun demikian, prosedur untuk membuat rancangan *sampling* yang dijelaskan dalam panduan ini dapat juga diterapkan untuk wilayah lainnya dengan beberapa penyesuaian berdasarkan karakteristik masing-masing tipe hutan.

1.4 Kerangka Pemikiran

Panduan ini disusun dengan terlebih dahulu mengumpulkan, menganalisis, dan mensintesis pustaka-pustaka yang terkait dengan metode dan prosedur pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora yang telah dipublikasikan sebelumnya (seperti tercantum pada Daftar Pustaka), baik untuk kasus di Indonesia maupun di negara lain (**Gambar 1**). Selain itu, dilakukan pula pengumpulan data penunjang berupa peta-peta pendukung (tutupan lahan, batas administrasi, dan wilayah proyek BIOCLIME) dan data inventarisasi hutan nasional (IHN) di Provinsi Sumatera Selatan. Peta-peta tersebut dianalisis lebih lanjut untuk membuat stratifikasi tipe hutan, sedangkan data IHN dianalisis untuk memperoleh taksiran cadangan karbon sehingga dapat ditentukan ukuran contoh optimal pada setiap tipe hutan. Untuk setiap tipe hutan selanjutnya dibuat rancangan *sampling* disertai dengan prosedur pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora.



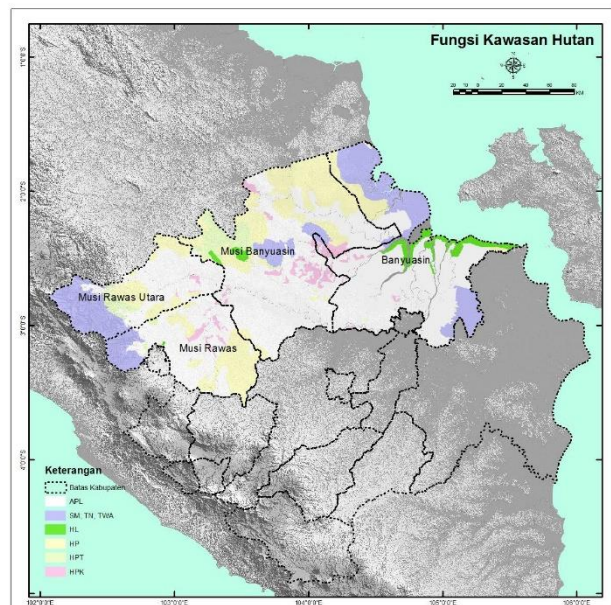
Gambar 1. Kerangka pemikiran dalam penyusunan panduan pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di areal proyek BIOCLIME, Sumatera Selatan

2 PERENCANAAN SURVEI

Kegiatan survei lapangan harus direncanakan dengan baik agar dapat dilaksanakan secara efektif dan efisien, sehingga diperoleh data cadangan karbon dan keanekaragaman flora pada berbagai tipe hutan. Rencana survei memuat hal-hal mengenai: 1) cakupan areal studi, 2) stratifikasi areal studi, 3) parameter cadangan karbon, 4) parameter keanekaragaman flora, 5) rancangan penarikan contoh/*sampling* (jenis, bentuk, ukuran, jumlah, dan sebaran lokasi plot-plot contoh), 6) organisasi tim survei, serta 7) peralatan dan logistik. Bab ini menjelaskan hal-hal tersebut secara rinci dalam konteks pengumpulan data cadangan karbon dan keanekaragaman flora untuk mendukung pelaksanaan program BIOCLIME di Sumatera Selatan.

2.1 Cakupan Areal Studi

Sesuai dengan tujuan program BIOCLIME, cakupan areal studi adalah kawasan hutan pada empat kabupaten di Sumatera Selatan yaitu: Kabupaten Banyuasin, Musi Banyuasin, Musi Rawas, dan Musi Rawas Utara (**Gambar 2**). Menurut SK Menteri Kehutanan No. 822/Menhut-II/2013, total luas kawasan hutan di keempat kabupaten tersebut adalah 1,707,070.37 ha (**Tabel 1**), yang terdiri dari 35.4% hutan konservasi (HK), 5.2% hutan lindung (HL), 8.2% hutan produksi terbatas (HPT), 44.3% hutan produksi tetap (HP), dan 7.0% hutan produksi yang dapat dikonversi (HPK). Angka ini menunjukkan bahwa kawasan hutan di areal studi mencapai 44.6%, sedangkan sisanya (55.4) merupakan non-kawasan hutan (areal penggunaan lain).



Gambar 2. Cakupan areal studi program BIOCLIME di Sumatera Selatan

Kawasan hutan di areal studi tersebut mencakup 49% dari total luas kawasan hutan di Provinsi Sumatera Selatan (3,482,667.65 ha). Sisanya (51%), kawasan hutan tersebar di 12 kabupaten/kota lainnya di Sumatera Selatan. Hal ini mempertegas perlunya upaya pengelolaan hutan lestari dan konservasi keanekaragaman hayati di areal studi sebagaimana tujuan program BIOCLIME.

Tabel 1. Luas kawasan hutan di areal studi

Fungsi kawasan hutan	Kabupaten (Ha)				Total
	Banyuasin	Musi Banyuasin	Musi Rawas	Musi Rawas Utara	
1. Hutan konservasi (HK):					
1.1. Suaka Marga Satwa	77,037.1	68,997.5			146,034.6
1.2. Taman Nasional	211,725.7	3,453.4	73,595.4	169,125.0	457,899.6
2. Hutan Lindung (HL)	71,035.5	16,255.5	883.6	527.9	88,702.5
3. Hutan Produksi Terbatas (HPT)	128.0	95,121.6	7,390.7	37,140.9	139,781.2
4. Hutan Produksi (HP)	71,479.9	397,179.8	176,264.5	110,747.8	755,672.0
5. Hutan Produksi Konversi (HPK)	20,929.5	71,184.7	21,467.8	5,398.5	118,980.4
Jumlah (1+2+3+4+5)	452,335.7	652,192.5	279,602.0	322,940.1	1,707,070.4
6. Areal Penggunaan Lain (APL)	718,033.9	784,157.6	346,992.8	268,859.0	2,118,043.3
Total	1,170,369.6	1,436,350.1	626,594.8	591,799.2	3,825,113.7

Sumber: Penunjukan Kawasan Hutan dan Perairan 822/Menhut-II/2013

2.2 Stratifikasi Areal Studi

Kawasan hutan di areal studi sangat beragam karena adanya perbedaan tutupan hutan dan karakteristik ekosistem hutan pada setiap lokasi. Berdasarkan tutupan hutan, areal studi dapat dibedakan menjadi dua subpopulasi, yaitu areal berhutan dan areal tidak berhutan (misalnya lahan pertanian dan semak belukar). Kedua subpopulasi tersebut perlu disurvei untuk memperoleh faktor emisi (rata-rata cadangan karbon) yang lengkap pada berbagai kondisi tutupan hutan. Untuk memperoleh ketelitian yang tinggi dalam pendugaan parameter-parameter cadangan karbon dan keanekaragaman flora perlu dilakukan stratifikasi pada kedua subpopulasi tersebut menjadi beberapa stratum yang kondisinya relatif homogen.

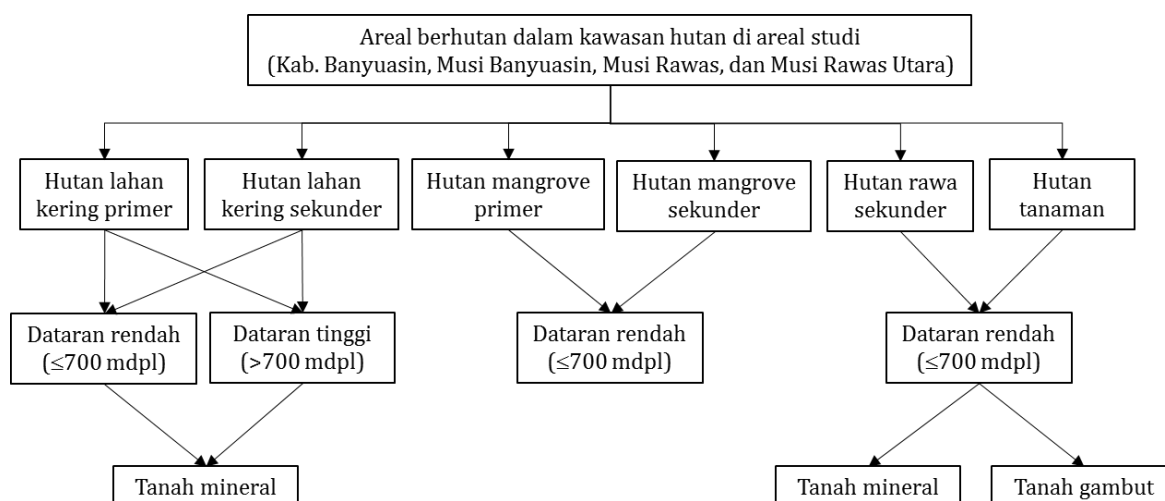
Stratifikasi pada areal berhutan dibuat berdasarkan kesamaan atau kemiripan karakteristik ekosistem menurut tipe hutan, ketinggian tempat, dan jenis tanah (**Gambar 3**). Berdasarkan hasil analisis peta tutupan lahan tahun 2013, tipe hutan di areal studi dapat dikelompokkan menjadi enam tipe, yaitu: hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, hutan mangrove primer, hutan mangrove sekunder, hutan rawa sekunder, dan hutan tanaman. Walaupun karakteristik ekosistem pada tipe hutan tertentu cenderung lebih homogen dibanding antar tipe hutan, stratifikasi lebih lanjut perlu dilakukan untuk masing-masing tipe hutan dengan mempertimbangkan faktor ketinggian tempat dan jenis tanah. Untuk tipe hutan lahan kering primer, dan hutan lahan kering sekunder dapat distratifikasikan lebih lanjut menjadi dua ketinggian tempat, yaitu dataran rendah (≤ 700 mdpl) dan dataran tinggi (> 700 mdpl) yang masing-masing hanya terdapat pada jenis tanah mineral. Tipe hutan mangrove primer dan sekunder hanya terdapat di dataran rendah dan tidak dapat distratifikasikan lebih lanjut berdasarkan jenis tanahnya. Adapun tipe hutan rawa sekunder dan hutan tanaman hanya terdapat di dataran rendah yang dapat distratifikasikan lebih lanjut berdasarkan jenis tanah mineral dan tanah gambut.

Berdasarkan kombinasi tipe hutan, ketinggian tempat, dan jenis tanah tersebut, areal studi distratifikasikan kedalam 10 stratum berikut ini:

- 1) Hutan lahan kering primer pada dataran rendah dan tanah mineral (HLKPRM)
- 2) Hutan lahan kering primer pada dataran tinggi dan tanah mineral (HLKPRM)
- 3) Hutan lahan kering sekunder pada dataran rendah dan tanah mineral (HLKSRM)
- 4) Hutan lahan kering sekunder pada dataran tinggi dan tanah mineral (HLKSTM)
- 5) Hutan mangrove primer pada dataran rendah (HMPR)
- 6) Hutan mangrove sekunder pada dataran rendah (HMSR)

- 7) Hutan rawa sekunder pada dataran rendah dan tanah gambut (HRSRG)
- 8) Hutan rawa sekunder pada dataran rendah dan tanah mineral (HRSRM)
- 9) Hutan tanaman pada dataran rendah dan tanah gambut (HTRG)
- 10) Hutan tanaman pada dataran rendah dan tanah mineral (HTRM)

Adapun lokasi dan luas tiap stratum disajikan pada **Tabel 2**. Stratifikasi tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan ukuran contoh optimal yang diperlukan untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora pada areal berhutan.



Gambar 3. Stratifikasi areal berhutan berdasarkan tipe hutan, ketinggian tempat, dan jenis tanah

Tabel 2. Lokasi dan luas stratum di areal berhutan

Tipe hutan	Kabupaten (ha)						
	Ketinggian	Gambut	Banyuasin	Musi Banyuasin	Musi Rawas	Musi Rawas Utara	Total
Hutan lahan kering primer	Rendah	Mineral	-	-	23,933	62,783	86,717
	Tinggi	Mineral	-	-	37,507	93,371	130,877
Hutan lahan kering sekunder	Rendah	Mineral	-	95,115	1,030	17,985	114,131
	Tinggi	Mineral	-	-	-	1,245	1,245
Hutan mangrove primer	Rendah	-	84,622	420	-	-	85,041
Hutan mangrove sekunder	Rendah	-	61,538	414	-	-	61,951
Hutan rawa sekunder	Rendah	Gambut	29,124	59,484	-	-	88,609
		Mineral	10,432	7,807	-	-	18,239
Hutan tanaman	Rendah	Gambut	17,809	27,180	-	-	44,989
		Mineral	9,374	47,588	55,762	295	113,019
Total			212,899	238,008	118,232	175,679	744,818

Untuk areal tidak berhutan yang terdapat dalam kawasan hutan, stratifikasi dilakukan berdasarkan tutupan lahan non-hutan, yaitu perkebunan, pertanian lahan kering, dan semak belukar (**Tabel 3**).

Tabel 3. Lokasi dan luas stratum di areal tidak berhutan

Tutupan lahan	Kabupaten (ha)				Total
	Banyuasin	Musi Banyuasin	Musi Rawas	Musi Rawas Utara	
Perkebunan	6,872	54,963	14,167	8,721	84,722
Pertanian lahan kering	7,383	190,553	104,128	117,539	419,604
Semak belukar	121,421	134,973	27,413	17,562	301,368
Total	135,676	380,489	145,707	143,821	805,694

2.3 Parameter Cadangan Karbon

Vegetasi hutan memiliki kemampuan untuk menyerap emisi karbondioksida (CO₂) dari atmosfer dan menyimpan cadangan karbon dalam berbagai komponen ekosistem hutan. Menurut IPCC (2006) cadangan karbon hutan tersimpan pada lima tempat (disebut *carbon pools*): biomassa atas permukaan tanah (*above-ground biomass*), biomassa bawah permukaan tanah (*below-ground biomass*), serasah (*litter*), kayu mati (*dead wood*), dan bahan organik tanah (*soil organic matter*). Kelima *carbon pools* tersebut merupakan parameter yang harus diukur untuk menduga cadangan karbon yang tersimpan dalam suatu tipe ekosistem hutan.

1) Biomassa atas permukaan tanah

Biomassa atas permukaan tanah merupakan semua komponen biomassa (berat kering tanur vegetasi) dari tumbuhan hidup, baik berupa pohon berkayu maupun tumbuhan bawah (herba), yang tumbuh di atas permukaan tanah termasuk batang, tunggak, kulit, cabang/ranting, biji/buah, dan daun (IPCC 2006). Dibanding *carbon pools* lainnya, biomassa atas permukaan tanah menyimpan cadangan karbon hutan paling besar sehingga merupakan parameter cadangan karbon yang sangat penting dan relatif mudah diukur/diduga pada setiap tipe hutan.

2) Biomassa bawah permukaan tanah

Biomassa bawah permukaan tanah mencakup semua biomassa dari akar-akar hidup tumbuhan. Biasanya, akar-akar rambut (ukurannya <2 mm) tidak diperhitungkan sebagai biomassa bawah permukaan tanah karena ukurannya yang kecil seringkali tidak memungkinkan untuk membedakannya dengan bahan organik tanah ataupun serasah (IPCC 2006). Dalam praktiknya, pengukuran biomassa bawah permukaan tanah cukup sulit diukur (karena harus menggali permukaan tanah) sehingga cadangan karbonnya diduga melalui suatu faktor konversi atau model matematis dari hasil-hasil penelitian sebelumnya.

3) Serasah

Serasah merupakan kumpulan bahan organik di lantai hutan yang belum mengalami dekomposisi secara sempurna sehingga bentuk jaringan masih terlihat utuh (BSN 2011). Biasanya serasah juga mencakup akar-akar rambut (<2 mm) dan bagian-bagian pohon yang mati (misalnya ranting) dengan ukuran diameter relatif kecil (<10 cm atau batasan tertentu untuk membedakannya dengan kayu mati) yang terdapat di lantai hutan (IPCC 2006).

4) Kayu mati

Kayu mati mencakup semua bagian pohon yang mati selain serasah, baik berupa bagian pohon mati yang masih berdiri (misalnya batang atau tunggak) maupun yang rebah di permukaan tanah (misalnya cabang) dengan ukuran relatif besar (>10 cm).

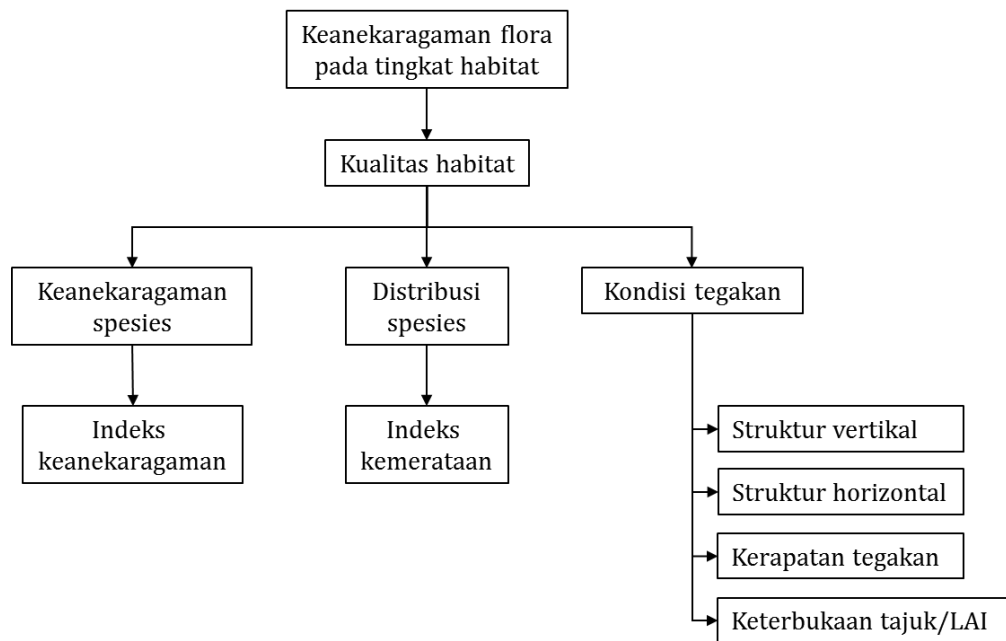
5) Bahan organik tanah

Bahan organik tanah merupakan karbon yang tersimpan dalam tanah sampai kedalaman tertentu. Akar-akar rambut (baik hidup maupun mati) dalam tanah, yang sulit dipisahkan menjadi biomassa bawah permukaan, serasah, dan kayu mati, umumnya dianggap sebagai bahan organik tanah (IPCC 2006).

2.4 Parameter Keanekaragaman Flora

Keanekaragaman hayati (flora dan fauna) di suatu wilayah dapat terjadi pada berbagai tingkatan, mulai dari yang paling luas pada tingkat lanskap hingga ke yang lebih spesifik pada tingkat habitat dan spesies. Penilaian keanekaragaman hayati pada setiap tingkatan memerlukan sejumlah kriteria, indikator, dan parameter yang tepat sesuai dengan karakteristik wilayahnya. Untuk wilayah Sumatera Selatan, Prasetyo *et al.* (2014) telah merekomendasikan sejumlah kriteria, indikator, dan parameter yang dapat digunakan untuk penilaian dan monitoring keanekaragaman hayati pada tingkat lanskap, habitat, dan spesies. Namun sesuai dengan ruang lingkup panduan ini, aspek keanekaragaman hayati yang penilaiannya dapat diintegrasikan dengan pengukuran cadangan karbon adalah keanekaragaman flora pada tingkat habitat.

Menurut Prasetyo *et al.* (2014), keanekaragaman flora pada tingkat habitat dapat dinilai berdasarkan dua kriteria utama, yaitu kualitas habitat dan status habitat. Indikator untuk kualitas habitat adalah: 1) keanekaragaman spesies dengan parameter indeks keanekaragaman, 2) distribusi spesies dengan parameter indeks pemerataan, 3) kondisi tegakan dengan parameter struktur vertikal, distribusi ukuran (struktur horizontal), kerapatan tegakan, keterbukaan tajuk (*Leaf Area Index*, LAI), dan indeks perbedaan vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI), 4) kualitas air dengan parameter ketersediaan dan keberadaan tempat mengasin (*salt lick*), dan 5) distribusi lokasi pakan dengan parameter ketersediaan dan keberadaan lokasi pakan. Namun pengambilan data untuk penilaian parameter NDVI (pada indikator kondisi tegakan hutan) serta parameter-parameter pada indikator kualitas air dan distribusi lokasi pakan tidak bisa diintegrasikan dengan pengukuran cadangan karbon pada plot-plot contoh karena memerlukan data dan teknik penginderaan jauh (*remote sensing*), sehingga parameter-parameter tersebut tidak direkomendasikan untuk diukur dalam panduan ini. Adapun indikator untuk status habitat adalah tingkat keterancaman habitat dengan parameter proporsi habitat untuk spesies dilindungi dan tidak dilindungi. Parameter tersebut sulit dinilai berdasarkan data pengukuran pada plot-plot contoh karena memerlukan analisis kesesuaian habitat dan analisis kesenjangan yang harus didukung oleh data spasial pada skala lanskap. Dengan demikian, parameter-parameter keanekaragaman flora yang dapat diintegrasikan dalam pengukuran cadangan karbon pada berbagai tipe hutan adalah: 1) indeks keanekaragaman, 2) indeks pemerataan, 3) struktur vertikal tegakan, 4) struktur horizontal tegakan, 5) kerapatan tegakan, dan 6) keterbukaan tajuk/LAI (**Gambar 4**).



Gambar 4. Kriteria, indikator, dan parameter penilaian keaneekaragaman flora pada tingkat habitat yang dapat diintegrasikan dalam pengukuran cadangan karbon pada berbagai tipe hutan (diadaptasi dari Prasetyo *et al.* 2014)

2.5 Rancangan Penarikan Contoh (*Sampling Design*)

Pengukuran cadangan karbon dan keaneekaragaman flora pada setiap stratum di areal studi tidak mungkin dilakukan secara sensus (*full enumeration*) karena cakupan arealnya luas dan memerlukan sumberdaya (biaya, waktu, dan tenaga) yang besar. Oleh karena itu, pengukuran cadangan karbon dan keaneekaragaman flora umumnya dilakukan melalui penarikan contoh (*sampling*), yaitu dengan hanya mengukur sejumlah contoh (*sample*) dari keseluruhan populasi di areal studi. Beberapa keuntungan dari penerapan teknik penarikan contoh tersebut adalah (diadaptasi dari Cochran 1977):

- Menghemat sumberdaya (biaya, waktu, dan tenaga) karena tidak harus mengukur semua elemen populasi.
- Data dan informasi yang dikehendaki lebih cepat diperoleh, lebih teliti, dan lebih mendalam dibanding cara sensus.
- Untuk tingkat pengorbanan sumberdaya tertentu, ruang lingkup (cakupan) wilayah studi lebih luas dibanding cara sensus.
- Pengamatan atau pengukuran di lapangan lebih mudah karena terfokus pada contoh-contoh dalam populasi yang dipelajari.

Karena hanya mengamati atau mengukur sejumlah contoh dari populasinya, maka penarikan contoh harus dirancang secara tepat agar dapat memberikan keterwakilan populasi dan ketelitian pendugaan yang tinggi. Untuk itu, perlu ditetapkan jenis, bentuk, ukuran, jumlah, dan sebaran plot-plot contoh (*sample plots*) yang sesuai untuk pengukuran cadangan karbon dan keaneekaragaman flora pada tipe hutan tertentu.

2.5.1 Jenis Plot Contoh

Pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora dapat dilakukan dengan menggunakan plot ukur permanen (PUP) atau plot ukur sementara (PUS), tergantung pada tujuan surveinya. PUP cocok digunakan untuk mengetahui perubahan cadangan karbon dan keanekaragaman flora melalui pengukuran secara periodik (misal setiap 2–5 tahun), sedangkan PUS cocok digunakan untuk memperoleh data dan informasi cadangan karbon dan keanekaragaman flora pada waktu tertentu, misalnya untuk penyusunan *baseline* suatu proyek. Secara statistik, penggunaan PUP untuk monitoring perubahan cadangan karbon dan keanekaragaman flora lebih efisien dibanding PUS karena antar data pengukuran berulang memiliki peragam (*covariance*) yang tinggi.

Jika pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora akan dilakukan dengan menggunakan PUP, maka lokasi/koordinat plot dan batas-batas plot harus ditandai secara jelas, misalnya dengan menggunakan patok-patok kayu. Selain itu, semua pohon dalam plot harus diberi nomor dan ditandai dengan label permanen (berupa plat alumunium atau plastik) serta dipetakan posisinya untuk mempermudah pengukuran pada tahun-tahun berikutnya. Perubahan cadangan karbon dan keanekaragaman flora dapat diduga dari perubahan dimensi setiap individu pohon yang kemudian dijumlahkan pada setiap plot. Karena PUP digunakan untuk keperluan monitoring, maka keberadaan PUP harus dapat dipertahankan dalam jangka panjang.

Namun jika pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora akan dilakukan menggunakan PUS, maka tidak perlu melakukan penandaan dan pemetaan semua pohon dalam plot (seperti halnya pada PUP) melainkan cukup hanya penandaan atau pencatatan lokasi/koordinat plotnya. Dalam kaitannya dengan penyusunan *baseline* program BIOCLIME, panduan ini mengasumsikan bahwa pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora dilakukan dengan menggunakan PUS.

2.5.2 Bentuk Plot Contoh

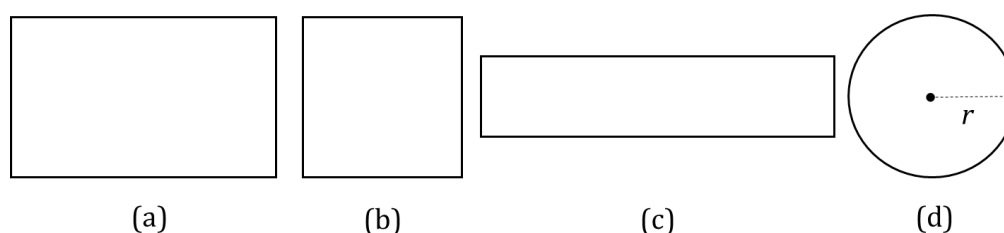
Bentuk unit contoh yang dapat digunakan dalam pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora adalah persegi panjang (*rectangular*), bujur sangkar (*square*), jalur (*strip/transect*), dan lingkaran (*circular*) (**Gambar 5**). Plot persegi panjang dan bujur sangkar pada dasarnya hampir sama karena memiliki dimensi panjang dan lebar tertentu, tetapi pada plot bujur sangkar kedua dimensi tersebut sama panjangnya. Jalur merupakan persegi panjang dengan lebar tertentu (di Indonesia umumnya 20 m) tetapi dimensi panjangnya beberapa kali lipat dari lebarnya (melebihi ukuran plot persegi panjang) dan bersifat kontinyu sesuai dengan konfigurasi lapangan. Plot lingkaran dicirikan oleh adanya jari-jari lingkaran dengan jarak tertentu dari titik pusat plot.

Plot persegi panjang atau bujur sangkar lebih umum digunakan untuk survei vegetasi (Ravindranath & Ostwald 2008), termasuk untuk pendugaan biomassa atau cadangan karbon. Untuk hutan alam tropis, plot persegi atau bujur sangkar lebih mudah dibuat di lapangan dibanding bentuk lainnya (van Laar & Akca 1997) karena:

- Batas-batas plot lebih mudah dibuat dengan peralatan sederhana (misalnya, kompas dan tali/tambang), termasuk pada areal-areal yang memiliki variasi kelerengan dan ketinggian (Husch *et al.* 2003).
- Lebih mudah menentukan pohon-pohon yang berada di dalam atau luar plot karena batas-batas plot berupa garis lurus (Husch *et al.* 2003).

- Ukuran plot lebih mudah disesuaikan untuk ukuran besar (misalnya 50 x 50 m) atau ukuran kecil (misalnya 5 x 5 m) (Ravindranath & Ostwald 2008).
- Lokasi plot lebih mudah ditelusuri di kemudian hari (Ravindranath & Ostwald 2008), terutama jika difungsikan sebagai PUP untuk monitoring pertumbuhan tegakan dan perubahan cadangan karbon.

Adapun jalur (*strip/transect*) kurang umum digunakan untuk pendugaan biomassa atau cadangan karbon, karena di lapangan sulit membuat/menandai batas jalur yang panjang (Ravindranath & Ostwald 2008). Beberapa studi di Indonesia juga menunjukkan bahwa unit contoh jalur tidak lebih efisien dari segi biaya (*cost-efficient*) dibanding plot persegi panjang atau bujur sangkar yang ditempatkan secara sistematis atau acak di lapangan (van Laar & Akca 1997).



Gambar 5. Unit contoh berbentuk (a) persegi panjang, (b) bujur sangkar, (c) jalur, dan (d) lingkaran

Plot lingkaran umum digunakan untuk survei vegetasi (termasuk biomassa atau cadangan karbon) di hutan-hutan yang kondisinya relatif homogen, seperti hutan tanaman atau hutan-hutan di daerah *temperate*. Di lapangan, plot lingkaran lebih mudah dibuat jika ukuran plotnya relatif kecil (Husch *et al.* 2003, Ravindranath & Ostwald 2008) karena masih mudah menentukan pohon-pohon mana yang berada di dalam atau luar plot. Namun jika ukuran plotnya besar, maka cukup sulit untuk menentukan pohon-pohon yang berada di sekitar batas plot (Husch *et al.* 2003). Plot lingkaran juga cukup sulit dibuat pada areal-areal yang topografinya miring (karena memerlukan koreksi jarak terhadap jari-jari lingkaran yang digunakan) dan banyak tumbuhan bawah (seperti di hutan alam) yang dapat menghalangi pandangan pada saat menentukan batas luar plot dari titik pusat plot. Kesulitan pembuatan batas-batas plot lingkaran dapat dikurangi jika tim survei menggunakan alat ukur jarak elektronik (misalnya *ultrasonic* atau *laser range-finder*) sehingga batas-batas fisik plot tidak perlu ditandai di lapangan (van Laar & Akca 1997, Pearson *et al.* 2005). Namun, teknik pembuatan plot lingkaran seperti itu tidak cocok untuk pengukuran berulang pada PUP yang memerlukan penandaan pohon dan batas-batas plot secara permanen di lapangan. Oleh karena itu, di Indonesia plot lingkaran umumnya digunakan di hutan tanaman yang kondisinya relatif seragam, jarak tanam teratur, dan relatif sedikit tumbuhan bawah.

Berdasarkan pertimbangan kemudahan pembuatan batas-batas plot di lapangan, kemudahan pengukuran, dan efisiensi biaya pembuatan dan pengukuran plot (Philip 1994), maka bentuk plot yang direkomendasikan dalam panduan ini adalah plot persegi panjang dan plot lingkaran. Plot persegi panjang direkomendasikan untuk digunakan dalam pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di hutan alam, karena selain lebih mudah pembuatannya di lapangan (sekalipun menggunakan peralatan sederhana seperti dijelaskan

sebelumnya) juga lebih umum diterapkan dalam survei hutan alam di Indonesia. Bentuk plot persegi panjang juga lebih sesuai dibanding bujur sangkar karena dimensi panjangnya (walaupun lebih pendek dari jalur) memungkinkan untuk menangkap keragaman vegetasi pada areal yang disurvei, misalnya dengan menempatkannya secara tegak lurus terhadap kontur lapangan. Plot persegi panjang juga merupakan bentuk plot standar yang digunakan untuk kegiatan Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB) di hutan alam Indonesia. Adapun plot lingkaran direkomendasikan untuk digunakan dalam pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di hutan tanaman, seperti yang lazim juga diterapkan dalam kegiatan IHMB di hutan tanaman, atau pada lahan-lahan bervegetasi yang relatif terbuka.

2.5.3 Ukuran Plot Contoh

Secara umum, ukuran plot yang besar lebih efektif digunakan untuk mengetahui keragaman karakteristik populasi yang disurvei dibanding ukuran plot yang kecil (Philip 1994). Namun semakin besar ukuran plot maka biaya, waktu, dan tenaga yang diperlukan untuk mengukur plot tersebut semakin besar pula. Sebaliknya, pada intensitas *sampling* tertentu plot berukuran kecil dalam jumlah banyak akan memberikan hasil pendugaan karakteristik populasi yang lebih teliti dibanding plot berukuran besar yang jumlahnya sedikit (Philip 1994).

Di Indonesia, belum banyak penelitian yang memberikan rekomendasi ukuran plot optimal untuk pendugaan cadangan karbon dan keanekaragaman flora untuk berbagai tipe hutan. Beberapa panduan survei yang ada saat ini menggunakan ukuran plot yang berbeda-beda. Misalnya, pedoman IHMB (Kemenhut 2009) menggunakan plot persegi panjang berukuran 0.25 ha (20 x 125 m) untuk inventarisasi hutan alam dan plot lingkaran berukuran 0.02 ha (pada tegakan muda), 0.04 ha (pada tegakan sedang), dan 0.1 ha (pada tegakan tua) untuk inventarisasi hutan tanaman. Walaupun ukuran plot IHMB 0.25 ha tersebut mungkin lebih efektif untuk mengukur keragaman karakteristik hutan alam, sumberdaya (biaya, waktu, dan tenaga) yang diperlukan untuk pengukurannya cenderung lebih besar. Pengalaman selama ini, tiap regu survei hanya mampu mengukur rata-rata 2 plot/hari. Panduan/standar pengukuran cadangan karbon dari BSN (2011) menggunakan plot berukuran 0.04 ha dengan bentuk plot bujur sangkar untuk hutan alam dan plot lingkaran untuk hutan tanaman. Namun ukuran plot 0.04 ha tersebut nampaknya terlalu kecil untuk survei di hutan alam, karena Condit (2008) menunjukkan bahwa simpangan baku biomassa hutan tropis dari plot ukuran 0.04 ha (20 x 20 m) tersebut sekitar 3–5 kali lebih besar dibanding simpangan baku dari plot ukuran 1 ha. Hal ini menunjukkan bahwa plot berukuran kecil kurang efektif untuk mengurangi keragaman antar plot sehingga ketelitian pendugaannya pun lebih rendah.

Ukuran plot contoh perlu dirancang agar tidak terlalu kecil ataupun terlalu besar sehingga dapat menyeimbangkan antara tingkat ketelitian dengan efisiensi sumberdaya (biaya, waktu, dan tenaga) yang diperlukan untuk pengukurannya. Berdasarkan pertimbangan tersebut, panduan ini merekomendasikan ukuran plot contoh sebagai berikut:

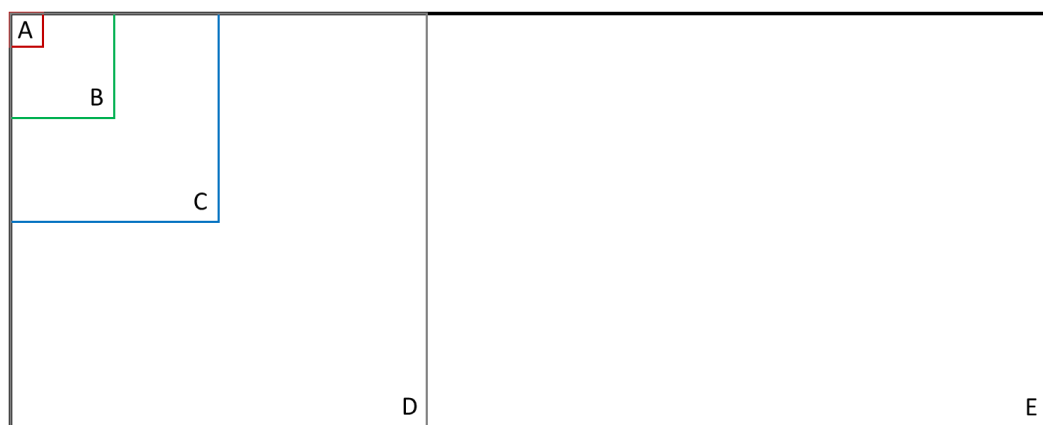
1) Hutan alam dan areal tanaman budidaya masyarakat

Untuk survei di hutan alam dan areal tanaman budidaya masyarakat, ukuran plot contoh ditetapkan seluas 0.1 ha dengan bentuk plot persegi panjang (20 x 50 m). Ukuran plot persegi panjang 20 x 50 m (0.1 ha) juga direkomendasikan oleh Pearson *et al.* (2005), walaupun Walker *et al.* (2012) merekomendasikan ukuran plot bujur sangkar 35 x 35 m (0.12 ha). Baraloto *et al.* (2013) mengkonfirmasi bahwa plot (persegi panjang) ukuran 0.1 ha dapat

memberikan ketelitian pendugaan biomassa hutan tropis yang cukup baik, walaupun kurang efisien dibanding plot ukuran 0.5 ha yang terdiri dari 10 plot masing-masing berukuran 10 x 50 m (disebut dengan istilah modifikasi *Gentry plot*).

Struktur tegakan di hutan alam umumnya membentuk "kurva J terbalik", yang menunjukkan bahwa pohon-pohon berdiameter kecil lebih banyak dibanding pohon-pohon berdiameter besar. Dalam hal ini, plot tunggal (*single plot*) dengan satu ukuran (misalnya 0.1 ha) kurang efektif digunakan untuk mengukur semua ukuran diameter pohon yang cenderung beragam karena pengukuran pohon-pohon berdiameter kecil memerlukan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, umumnya pengukuran lebih efektif dilakukan dengan menggunakan plot tersarang (*nested plot*) yang berisi beberapa subplot dengan ukuran tertentu sesuai dengan ukuran diameter atau fase pertumbuhan pohon (semai, pancang, tiang, dan pohon). Untuk hutan alam, panduan ini menggunakan bentuk plot tersarang dengan ukuran tiap subplot sebagai berikut (**Gambar 6**):

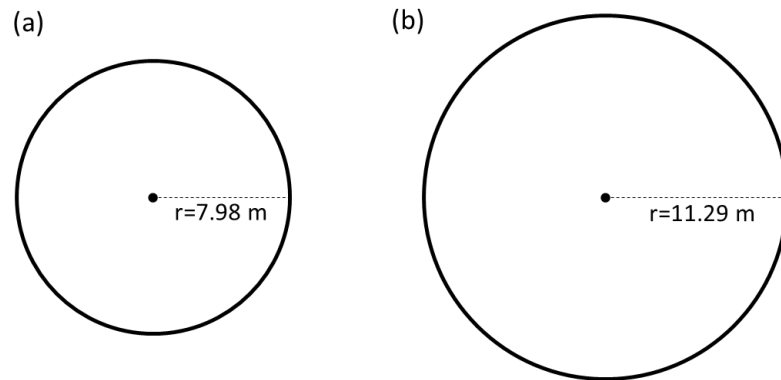
- Subplot A: 2 x 2 m (0.0004 ha), untuk pengukuran semai, serasah, dan tumbuhan bawah.
- Subplot B: 5 x 5 m (0.0025 ha), untuk pengukuran pancang (DBH 5–9).
- Subplot C: 10 x 10 m (0.01 ha), untuk pengukuran tiang (DBH 10–19 cm).
- Subplot D: 20 x 20 m (0.04 ha), untuk pohon kecil (DBH 20–34 cm).
- Subplot E: 20 x 50 m (0.1 ha): pohon besar (DBH ≥ 35 cm).



Gambar 6. Ukuran plot untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di hutan alam dan areal tanaman budidaya masyarakat

2) Hutan tanaman

Kondisi tegakan hutan tanaman umumnya relatif homogen, sehingga pada umur tertentu ukuran diameter pohonnya pun cenderung seragam. Dalam hal ini, plot tunggal dengan ukuran tertentu lebih umum digunakan daripada plot tersarang. Panduan ini merekomendasikan plot lingkaran (**Gambar 7**) berukuran 0.02 ha (dengan radius 7.98 m) untuk hutan tanaman berumur <4 tahun dan berukuran 0.04 ha (dengan radius 11.29 m) untuk hutan tanaman berumur ≥ 4 tahun. Untuk pengukuran cadangan karbon pada serasah dan tumbuhan bawah tidak perlu dibuat subplot khusus, melainkan dapat menggunakan bingkai kuadran yang diletakkan di sekitar titik pusat plot (dijelaskan lebih lanjut pada Bab 4). Ukuran plot yang tidak terlalu besar tersebut cocok digunakan untuk hutan tanaman kayu *pulp* yang umumnya tidak dijarangi, sehingga kerapatan tegakan per hektarnya cukup tinggi, seperti yang terdapat di Provinsi Sumatera Selatan.



Gambar 7. Ukuran plot untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di hutan tanaman kayu pulp (a) berumur <4 tahun dan (b) berumur ≥4 tahun

2.5.4 Jumlah Plot Contoh

Secara statistik, jumlah plot contoh yang diperlukan untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora sangat tergantung pada tingkat ketelitian pendugaan dan keragaman karakteristik populasi. Semakin tinggi tingkat ketelitian atau semakin besar keragaman karakteristik populasi, jumlah plot contoh yang diperlukan semakin banyak. Sebaliknya, jumlah plot contoh cenderung semakin sedikit jika tingkat ketelitian yang dikehendaki tidak terlalu tinggi atau karakteristik populasinya cenderung homogen. Oleh karena itu, untuk menentukan jumlah plot contoh yang optimal perlu ditetapkan tingkat ketelitian pendugaan dan keragaman pada setiap stratum. Tingkat ketelitian pendugaan dinyatakan oleh nilai kesalahan penarikan contoh (*sampling error*, SE) yang umumnya ditetapkan tidak lebih dari 20%. Taksiran nilai keragaman pada setiap stratum dapat diperoleh melalui survei pendahuluan atau dari hasil-hasil penelitian sebelumnya.

Salah satu metode untuk menentukan jumlah plot contoh yang umum digunakan adalah alokasi Neyman. Metode tersebut merupakan turunan dari metode alokasi optimum, yang mempertimbangkan ukuran dan keragaman tiap stratum dengan asumsi biaya pengukuran tiap stratum sama. Adapun rumus penentuan total jumlah plot dan alokasinya tiap stratum adalah sebagai berikut (Cochran 1977, Shiver & Borders 1996):

- Total jumlah plot contoh (n):

$$n = \frac{\left(\sum_{h=1}^L N_h s_{y_h} \right)^2}{N^2 \cdot \left(\frac{SE \cdot \bar{y}_{st}}{t} \right)^2 + \sum_{h=1}^L N_h s_{y_h}^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Jumlah plot contoh tiap stratum (n_h):

$$n_h = \frac{N_h \cdot s_{y_h}}{\sum_{h=1}^L N_h \cdot s_{y_h}} \cdot n \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

n = total jumlah plot untuk seluruh stratum

n_h = jumlah plot pada tiap stratum (h)

N = ukuran populasi (dinyatakan dalam luas areal atau banyaknya plot contoh)

N_h = ukuran stratum (dinyatakan dalam luas areal atau banyaknya plot contoh)

$\bar{y}_{st} = \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} y_h$ = rata-rata terboboti dari nilai peubah yang diukur (dalam panduan ini nilai

cadangan karbon) untuk seluruh stratum

y_h = rata-rata dari peubah yang diukur pada tiap stratum

s_{y_h} = simpangan baku dari peubah yang diukur pada tiap stratum

SE = kesalahan penarikan contoh (*sampling error*)

t = nilai statistik contoh dari sebaran t pada taraf nyata tertentu (misalnya, 5%)

L = jumlah stratum dalam populasi

Dalam panduan ini, nilai SE ditetapkan sebesar 10% seperti yang lazim digunakan dalam panduan lain (misalnya, Kauffman & Donato 2012; Pearson *et al.* 2005). Adapun taksiran nilai rata-rata dan simpangan baku cadangan karbon (di atas permukaan tanah) untuk tiap stratum pada subpopulasi areal berhutan dan area tidak berhutan adalah seperti tercantum pada **Tabel 4**. Berdasarkan data tersebut, dengan menggunakan Persamaan 2.1 dan 2.2 serta penambahan 20% plot (untuk mengantisipasi kemungkinan adanya plot-plot yang tidak bisa diukur di lapangan) diperoleh total plot contoh optimal sebanyak 140 plot, yang terdiri dari 105 plot untuk subpopulasi areal berhutan dan 35 plot untuk subpopulasi areal tidak berhutan. Adapun alokasi jumlah plot contoh pada tiap stratum seperti tertera pada **Tabel 5**.

Tabel 4. Nilai rata-rata dan simpangan baku cadangan karbon di atas permukaan tanah untuk menentukan jumlah plot contoh optimal di areal studi

Stratum	Luas (ha)	Cadangan karbon (ton/ha)		Sumber pustaka
		Rata-rata	Simpangan baku	
Areal berhutan:				
1. Hutan lahan kering primer	217,594	157.96	58.13	BPK Palembang (<i>pers.com</i>)
2. Hutan lahan kering sekunder	115,376	107.12	68.12	BPK Palembang (<i>pers.com</i>)
3. Hutan mangrove primer	85,041	141.00	21.30	Manuri <i>et al.</i> (2011a)
4. Hutan mangrove sekunder	61,951	106.88	28.93	Donato <i>et al.</i> (2011)
5. Hutan rawa sekunder	106,848	104.81	88.28	Manuri <i>et al.</i> (2011b)
6. Hutan tanaman	158,008	24.04	17.99	TFT (<i>pers.com</i>)
Areal tidak berhutan:				
1. Perkebunan	84,722	114.89	51.06	Agus <i>et al.</i> (2013)
2. Pertanian lahan kering	419,604	23.40	4.26	Agus <i>et al.</i> (2013)
3. Semak belukar	301,368	57.45	12.77	TFT (<i>pers.com</i>)

Tabel 5. Jumlah plot contoh optimum untuk pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di areal studi

Stratum	Luas (ha)	Jumlah plot
Areal berhutan:		
1. Hutan lahan kering primer	217,594	33
2. Hutan lahan kering sekunder	115,376	20
3. Hutan mangrove primer	85,041	5

4. Hutan mangrove sekunder	61,951	5
5. Hutan rawa sekunder	106,848	24
6. Hutan tanaman	158,008	18
Jumlah (areal berhutan)	744,818	105
Areal tidak berhutan:		
1. Perkebunan	84,722	15
2. Pertanian lahan kering	419,604	7
3. Semak belukar	301,368	13
Jumlah (areal tidak berhutan)	805,694	35
Total	1,550,512	140

2.5.5 Sebaran Lokasi Plot Contoh

Penempatan plot-plot contoh di lapangan bisa dilakukan secara acak (*random*) atau sistematis (*systematic*). Penempatan plot secara acak paling sesuai dengan kaidah-kaidah penarikan contoh, karena setiap plot contoh memiliki peluang yang sama untuk ditempatkan pada lokasi tertentu. Namun cara tersebut dapat menyebabkan penempatan plot-plot contoh terkonsentrasi pada suatu lokasi tertentu sehingga kurang mencerminkan keterwakilan wilayah yang akan disurvei. Oleh karena itu, dalam kegiatan inventarisasi hutan (termasuk pengukuran cadangan karbon) penempatan plot-plot contoh umumnya dilakukan secara sistematis pada jarak/interval tertentu untuk memperoleh keterwakilan sebaran lokasi yang lebih baik dibanding penempatan secara acak.

Sehubungan dengan hal tersebut, panduan ini merekomendasikan penempatan plot-plot contoh secara sistematis di seluruh areal studi pada *grids* dengan interval/jarak 5,000 m (5 km atau kelipatannya). Selain untuk memperoleh keterwakilan sebaran lokasi pada setiap stratum (yang lokasinya cenderung terpisah-pisah), penempatan plot pada interval 5 km tersebut juga dimaksudkan untuk mensinkronkan dengan lokasi-lokasi plot NFI (*National Forest Inventory*) yang sudah dibuat pada interval 20 x 20 km, 10 x 10 km, dan 5 x 5 km. Hal ini dapat mempermudah kegiatan pengukuran di lapangan karena dapat diintegrasikan dengan pengukuran plot-plot NFI yang sudah ada di areal studi. Adapun sebaran plot-plot contoh yang disarankan dalam panduan ini dapat dilihat pada **Lampiran 1 dan 2**.

2.6 Organisasi Tim Survei

Untuk melaksanakan pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora pada plot-plot contoh yang telah ditetapkan, perlu dibentuk tim survei yang jumlahnya disesuaikan dengan volume kegiatan dan target waktu penyelesaian. Suatu tim survei terdiri dari 5–6 orang yang memiliki keahlian untuk melakukan pengukuran di lapangan. Adapun struktur dan tugas masing-masing anggota tim survei disajikan pada **Tabel 6**. Untuk lebih meningkatkan keahlian tiap anggota tim, pelatihan tentang pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora perlu dilakukan dengan menggunakan prosedur-prosedur pengukuran yang dijelaskan pada Bab 3.

Tabel 6. Struktur dan tugas anggota tim survei

No.	Struktur	Tugas	Jumlah
1.	Ketua tim	1.1 Memimpin dan mengkoordinasikan anggota tim 1.2 Menentukan dan mencatat lokasi plot-plot di lapangan sesuai rancangan sampling 1.3 Mengukur tinggi pohon contoh 1.4 Mencatat hasil pengukuran pada setiap plot	1 orang
2.	Perintis dan pembawa peralatan/ perbekalan	2.1 Membuat jalur rintisan menuju lokasi plot 2.2 Membawa peralatan dan perbekalan survei 2.3 Membantu pembuatan plot 2.4 Membantu mengukur tinggi pohon	1–2 orang
3.	Pengenal jenis pohon	3.1 Mengidentifikasi jenis-jenis pohon 3.2 Mengumpulkan bahan-bahan herbarium 3.3 Mengukur diameter pohon	1 orang
4.	Pengukur serasah, tumbuhan bawah, dan kayu mati	4.1 Mengukur cadangan karbon pada serasah, tumbuhan bawah, dan kayu mati 4.2 Mengukur diameter pohon	1 orang
5.	Pengukur contoh tanah	5.1 Mengukur contoh tanah untuk analisis laboratorium 5.2 Mengukur diameter pohon 5.3 Membantu mengukur serasah, tumbuhan bawah, dan kayu mati	1 orang

2.7 Peralatan dan Logistik

Setiap tim survei harus dibekali dengan peralatan yang memadai agar dapat melakukan pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora dengan baik. **Tabel 7** menyajikan daftar peralatan yang harus disiapkan dan dibawa oleh tim survei ke lapangan. Selain peralatan survei, tiap tim survei harus dibekali dengan perbekalan/logistik yang memadai. Hal ini mencakup alat-alat pelindung diri (pakaian, sepatu, *helm*, ransel, sarung tangan, obat P3K, dsb) dan makanan/minuman yang diperlukan oleh setiap anggota tim. Peralatan *camping* (tenda, lampu, matras, dsb) juga perlu disiapkan seandainya tim survei perlu menginap di hutan karena lokasi survei jauh dari *base-camp* atau perumahan penduduk.

Tabel 7. Peralatan pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora untuk setiap tim survei

No.	Nama alat	Fungsi alat	Jumlah alat
1.	Peta lokasi plot	Menunjukkan lokasi-lokasi plot yang harus diukur	1 buah
2.	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Menentukan koordinat geografis plot di lapangan	1 buah
3.	Kompas	Menentukan arah/ <i>azimuth</i> untuk menuju lokasi plot dan membuat batas-batas plot	1–2 buah
4.	Tambang plastik 20–50 m	Menandai batas-batas plot dan subplot	3–4 buah
5.	Patok kayu 1,5 m (ujung atas dicat merah/kuning)	Menandai titik sudut plot dan subplot	5 buah

6.	Pita diameter (<i>phi-band</i>) atau pita keliling	Mengukur diameter atau keliling pohon	3-5 buah
7.	Tongkat kayu/bambu 1,3 m	Menandai letak pengukuran diameter pohon	1-3 buah
8.	Pita ukur/meteran 30-50 m	Mengukur jarak datar	1-2 buah
9.	<i>Haga hypsometer</i> atau alat ukur digital (misalnya <i>Laser Rangefinder, Vertex</i>)	Mengukur tinggi pohon contoh	1 buah
10.	<i>Suunto clinometer</i>	Mengukur keterengan	1-2 buah
11.	Parang/golok	Menebas tumbuhan bawah	4-5 buah
12.	Gunting stek	Memotong tumbuhan bawah untuk diambil contohnya	3-5 buah
13.	Gergaji kecil	Memotong bagian kayu mati untuk diambil contohnya	2-3 buah
14.	Bingkai subplot alumunium/pipa paralon/kayu/ bambu 0,5 x 0,5 m	Menandai subplot serasah dan tumbuhan bawah	1 buah
15.	Timbangan digital kapasitas 5-10 kg	Menimbang berat contoh biomassa	1 buah
16.	<i>Ring soil sampler</i>	Mengambil contoh tanah untuk analisis laboratorium	1 buah
17.	Bor <i>Eijkelkamp</i>	Mengambil contoh tanah organik di hutan mangrove dan gambut	1 buah
18.	Tongkat ukur gambut	Mengukur kedalaman gambut	1 buah
19.	Kantong plastik kecil/sedang	Menyimpan contoh biomassa dan tanah	10-20 buah/plot
20.	Karung ukuran besar	Menampung semua contoh tanah dan herbarium	5-10 buah/plot
21.	<i>Tally-sheet</i> dan alat tulis (pensil, penghapus)	Mencatat hasil pengukuran	1 set/plot
22.	Kamera <i>digital</i>	Mendokumentasikan kegiatan lapangan	1 buah

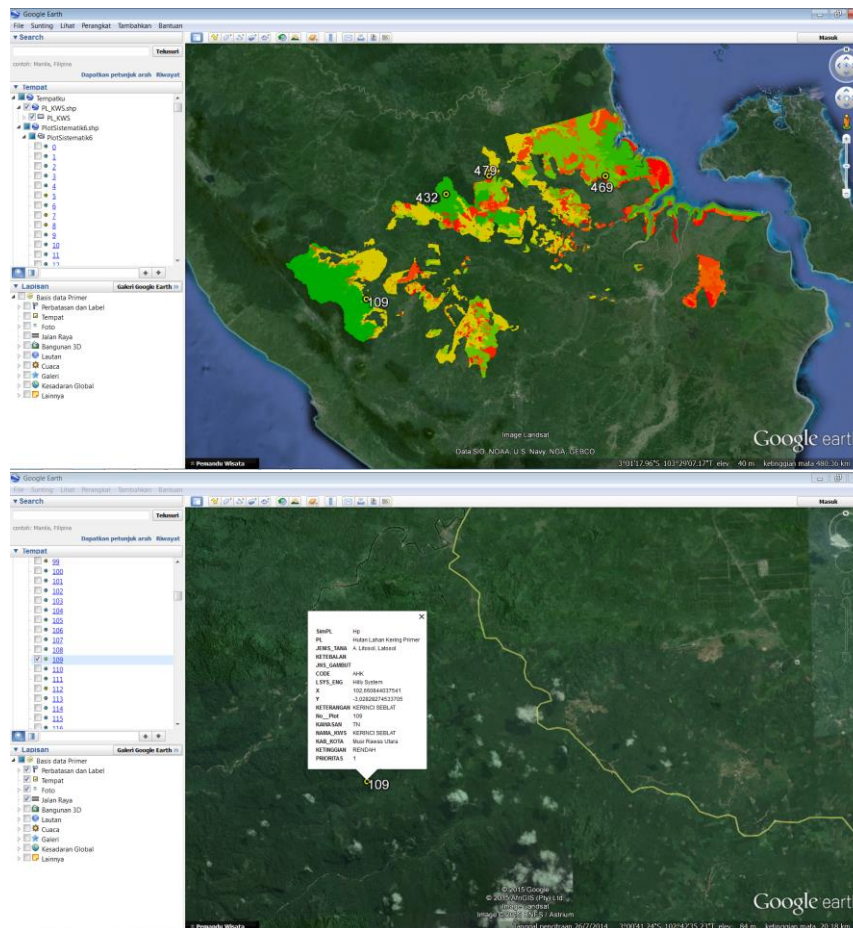
3 PROSEDUR SURVEI LAPANGAN

Tim survei melakukan kegiatan pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora di lapangan berdasarkan rencana survei yang telah dibuat (lihat Bab 2). Kegiatan-kegiatan utama yang harus dilakukan oleh tim survei meliputi: 1) pencarian lokasi plot, 2) pembuatan plot, dan 3) pengukuran plot untuk menghitung cadangan karbon dan keanekaragaman flora. Bab ini menjelaskan secara rinci prosedur pelaksanaan kegiatan-kegiatan tersebut, yang disarikan dari berbagai sumber (BSN 2011, Hairiah *et al.* 2011, Kauffman & Donato 2012, Manuri *et al.* 2011c, dan Walker *et al.* 2012) dan disesuaikan dengan keperluan data dan informasi cadangan karbon dan keanekaragaman flora untuk program BIOCLIME di Sumatera Selatan.

3.1 Pencarian Lokasi Plot

Kegiatan pertama yang harus dilakukan oleh tim survei di lapangan adalah mencari lokasi plot sesuai dengan koordinat geografis pada peta sebaran plot (**Lampiran 1**) dan rincian lokasi plot menurut wilayah administrasi (**Lampiran 2**). Untuk memudahkan pencarian lokasi plot di lapangan, terlebih dahulu tim survei perlu memasukkan titik-titik koordinat plot (sesuai lokasi pada peta) ke dalam alat GPS. Selain itu, peta-peta tambahan (misalnya peta kabupaten/kecamatan, jaringan jalan, tutupan lahan) dapat digunakan untuk mengetahui lokasi plot yang direncanakan. Jika akses internet tersedia, tim survei dapat mengunggah (*upload*) titik-titik koordinat plot ke layanan peta *digital* yang menyediakan tampilan citra satelit resolusi tinggi seperti *Google Earth*, sehingga lokasi plot dapat diketahui lebih pasti (**Gambar 8**). Alternatif lain adalah konsultasi dengan masyarakat lokal atau staf instansi kehutanan yang mengelola kawasan hutan yang disurvei.

Jika lokasi plot berada pada wilayah yang kemungkinan penangkapan sinyal GPS lemah, misalnya di areal hutan dengan tajuk lebat, tim survei perlu menentukan suatu titik ikat pada lokasi yang relatif dekat dengan lokasi plot. Titik ikat dapat berupa tanda-tanda permanen di lapangan (misalnya persimpangan jalan, bangunan, jembatan, dsb) yang titik koordinatnya dapat ditentukan dengan baik oleh GPS. Dari titik ikat tersebut, tim survei dapat menggunakan perhitungan jarak datar dan sudut *azimuth* (menggunakan pita ukur dan kompas) untuk mencapai lokasi plot sesuai peta sebaran plot.



Gambar 8. Identifikasi lokasi plot menggunakan *Google Earth*

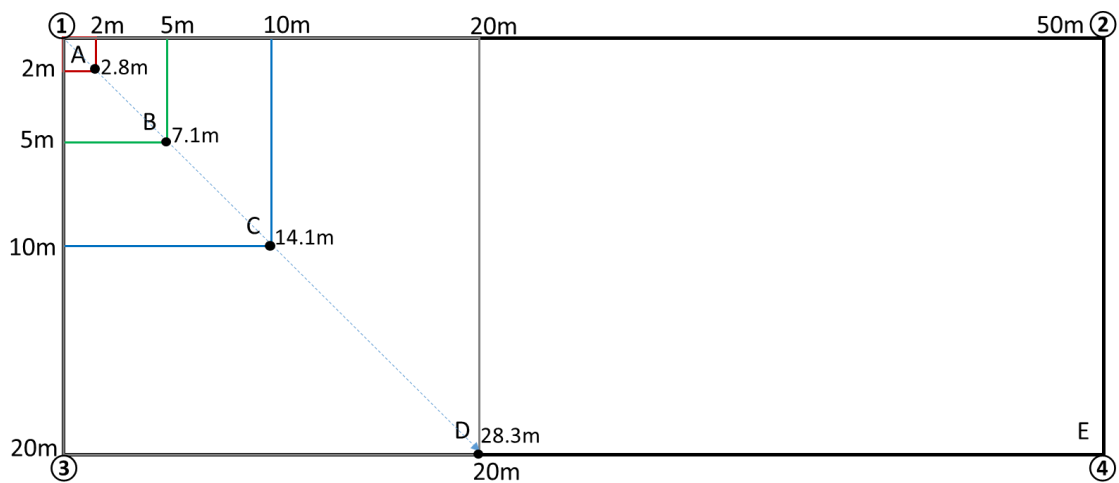
3.2 Pembuatan dan Pengamatan Plot

Pada tiap lokasi plot sesuai titik koordinat yang telah ditentukan di peta, tim survei membuat plot empat persegi panjang untuk survei di hutan alam atau plot lingkaran untuk survei di hutan tanaman. Tahapan kegiatan untuk pembuatan masing-masing plot tersebut adalah sebagai berikut:

3.2.1 Pembuatan plot persegi panjang

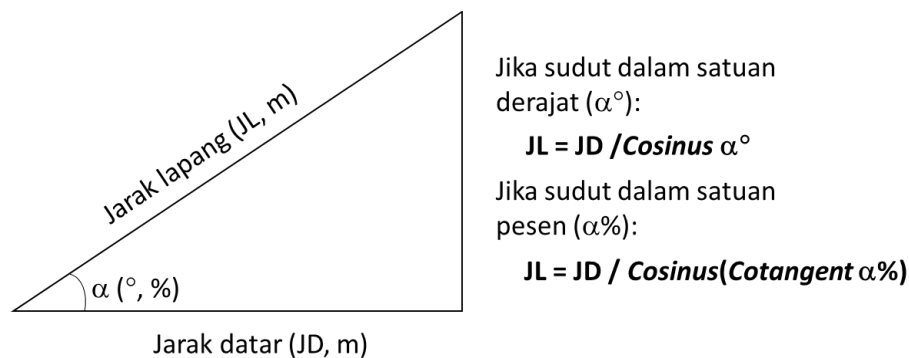
Plot persegi panjang untuk survei di hutan alam berukuran 20 x 50 m yang terdiri dari 5 subplot, masing-masing berukuran: 2 x 2 m (untuk pengamatan semai, serasah, dan tumbuhan bawah), 5 x 5 m (untuk pengukuran pancang), 10 x 10 m (untuk pengukuran tiang), 20 x 20 m (untuk pengukuran pohon kecil), dan 20 x 50 m (untuk pengukuran pohon besar). Bentuk plot tersarang (*nested plot*) tersebut dibuat dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Tim survei menuju titik koordinat plot dengan menggunakan GPS atau perhitungan jarak dan sudut *azimuth* dari titik ikat.
- 2) Tandai titik sudut pertama plot tersebut dengan patok kayu (yang diberi label identitas plot) dan tetapkan sebagai titik pusat plot (sudut ke-1 pada Gambar 9). Catat pada *tally-sheet* koordinat geografis dari titik pusat plot tersebut dengan menggunakan GPS setelah terlebih dahulu membiarkan GPS menangkap sebanyak mungkin satelit selama >5 menit agar diperoleh ketelitian posisi koordinat ± 5 m.



Gambar 9. Skema pembuatan plot tersarang persegi panjang 20 x 50 m

- 3) Dari titik pusat plot, bidiklah arah Utara/Selatan atau Barat/Timur dengan menggunakan kompas dan bentangkanlah tambang pada jarak datar 50 m untuk membuat batas panjang plot 50 m (sudut ke-2 pada **Gambar 9**). Berilah tanda dengan patok kayu pada jarak datar 2 m, 5 m, 10 m, 20 m, dan 50 m dari titik pusat untuk menandai sudut-sudut setiap subplot. Jika arealnya miring (dengan sudut kemiringan >20%), pengukuran jarak lapang harus memperhitungkan sudut kemiringan lapangan dan jarak datar yang digunakan (**Gambar 10**). **Lampiran 3** menyajikan nilai-nilai jarak lapang pada berbagai sudut kemiringan (dalam persen dan padanannya dalam derajat) untuk jarak datar tertentu, yang dapat dijadikan acuan saat tim survei membuat batas-batas plot di lapangan.



Gambar 10. Hubungan jarak datar dan sudut kemiringan untuk menghitung jarak lapang pada saat pembuatan batas-batas plot

- 4) Dari titik pusat plot, bidiklah juga dengan kompas ke arah tegak lurus batas panjang plot dan bentangkanlah tambang pada jarak datar 20 m untuk membuat batas lebar plot 20 m (sudut ke-3 pada **Gambar 9**). Berilah tanda dengan patok kayu pada jarak 2 m, 5 m, 10 m, dan 20 m dari titik pusat untuk menandai sudut-sudut setiap subplot.
- 5) Dari titik pusat plot, bidiklah sudut 45° dengan kompas dan bentangkanlah tambang untuk membuat diagonal pada setiap subplot dengan jarak 2.8 m untuk subplot A, jarak

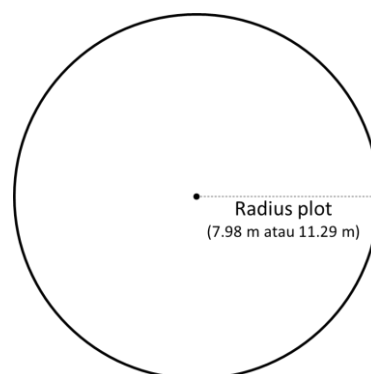
7.1 m untuk subplot B, jarak 14.1 m untuk subplot C, dan jarak 28.3 m untuk subplot D (lihat garis diagonal pada **Gambar 9**).

- 6) Dari titik sudut ke-3 plot, bidiklah ke arah Utara/Selatan atau Barat/Timur dengan menggunakan kompas dan bentangkanlah tambang pada jarak datar 50 m untuk membuat batas panjang plot 50 m (hingga ke sudut ke-4 pada **Gambar 9**) pada sisi lainnya. Berilah tanda dengan patok kayu pada jarak 20 m dan 50 m dari titik sudut ke-3 plot (**Gambar 9**).
- 7) Lakukan pengamatan kondisi tegakan sekitar plot dan catatlah informasi-informasi penting tentang plot yang dibuat pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 4**).

3.2.2 Pembuatan plot lingkaran

Untuk survei di hutan tanaman (kayu *pulp*), tim survei harus membuat plot lingkaran berukuran 0.02 ha untuk tegakan berumur <4 tahun atau berukuran 0.04 ha untuk tegakan berumur ≥ 4 tahun, yang di dalamnya terdapat satu subplot (dengan luas 1 m² atau radius 0.56 m) untuk pengukuran serasah dan tumbuhan bawah. Plot lingkaran tersebut dibuat dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Tim survei menuju titik pusat plot (sesuai koordinat pada peta) dengan menggunakan GPS atau perhitungan jarak datar dan sudut *azimuth* dari titik ikat.
- 2) Tandai titik pusat plot dengan patok kayu dan catat pada *tally-sheet* koordinat geografisnya dengan menggunakan GPS setelah terlebih dahulu membiarkan GPS menangkap sebanyak mungkin sinyal satelit selama >5 menit agar diperoleh ketelitian ± 5 m.
- 3) Dari titik pusat, bentangkanlah tambang pada jarak datar 7.98 m (untuk membuat plot lingkaran 0.02 ha) atau 11.29 m (untuk membuat plot lingkaran 0.04 ha) ke arah Utara dan tandailah batas pohon terluar. Kemudian putarkanlah tambang tersebut searah jarum jam diantara celah antar pohon dan tandailah pohon-pohon pada batas terluar plot lingkaran tersebut (**Gambar 11**). Jika arealnya miring (dengan sudut kemiringan >20%), pengukuran jarak lapang harus memperhitungkan sudut kemiringan lapangan dan jarak datar yang digunakan (lihat **Gambar 10** dan **Lampiran 3**).



Gambar 11. Skema pembuatan plot lingkaran 0.02 ha atau 0.04 ha

- 4) Lakukan pengamatan kondisi tegakan sekitar plot dan catatlah informasi-informasi penting tentang plot yang dibuat pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 4**).

3.3 Pengukuran Plot

Tim survei melakukan kegiatan pengukuran pada tiap plot untuk memperoleh data cadangan karbon dan keanekaragaman flora. Sesuai ruang lingkup panduan ini, pengukuran keanekaragaman flora diintegrasikan dalam pengukuran cadangan karbon sehingga prosedur pengukuran pada tiap plot lebih menekankan kepada cara pengumpulan data untuk menentukan cadangan karbon, tetapi hasil pengukuran tersebut juga dapat digunakan untuk menghitung parameter-parameter keanekaragaman flora. Adapun prosedur pengukuran cadangan karbon untuk kelima *pool* karbon (biomassa atas permukaan tanah, biomassa bawah permukaan tanah, serasah, kayu mati, dan bahan organik tanah) adalah sebagai berikut:

3.3.1 Pengukuran biomassa atas permukaan tanah

Biomassa atas permukaan tanah tersimpan pada komponen-komponen tumbuhan hidup, baik tumbuhan berkayu (mulai dari semai, pancang, tiang, dan pohon), tumbuhan tidak berkayu (seperti palem dan bambu), maupun tumbuhan bawah (*understorey*). Cara pengukuran biomassa yang paling akurat adalah dengan memanen (disebut *destructive sampling*) semua komponen biomassa dan menimbang berat keringnya. Cara tersebut dapat dilakukan untuk komponen tumbuhan bawah, tetapi tidak mungkin dilakukan untuk tumbuhan berkayu (pada tingkat pancang, tiang, dan pohon) dan tumbuhan tidak berkayu (khususnya palem dan bambu) karena akan merusak bahkan menghilangkan tumbuhan berkayu akibat pemanenan/penebangan. Oleh karena itu, cara yang umum dilakukan untuk menduga biomassa tumbuhan berkayu dan tumbuhan tidak berkayu adalah dengan menggunakan model/persamaan alometrik biomassa pohon atau melalui konversi volume ke biomassa pohon (lihat Bab 4 untuk penjelasan lebih lanjut). Dengan demikian, tim survei di lapangan hanya perlu melakukan pengamatan tumbuhan berkayu untuk tingkat semai dan mengukur diameter dan/atau tinggi tumbuhan berkayu (untuk tingkat pancang, tiang, dan pohon) dan tumbuhan tidak berkayu (dalam panduan ini dibatasi hanya untuk palem dan bambu) sebagaimana uraian di bawah ini (*catatan: untuk tumbuhan bawah dijelaskan pada bagian pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah*).

3.3.1.1 Pengamatan semai

Untuk hutan alam, tim survei perlu melakukan pengamatan semai pada tiap plot contoh, karena datanya diperlukan untuk menghitung keanekaragaman flora di setiap tipe hutan. Kegiatan-kegiatan yang dilakukan tim survei adalah:

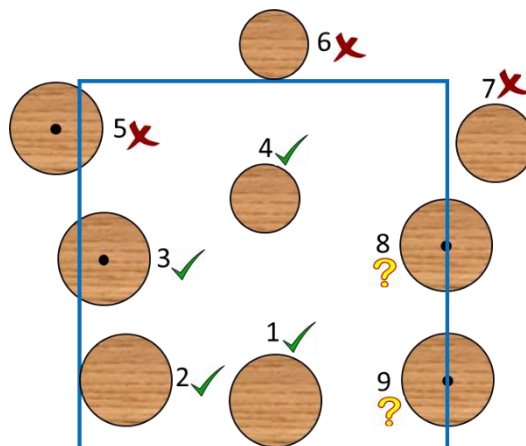
- 1) Identifikasi nama jenis semai yang ada di subplot A (ukuran 2 x 2 m).
- 2) Hitunglah jumlah individu tiap jenis semai dalam subplot A tersebut.
- 3) Catat hasil pengamatannya pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 5**). Nama jenis pohon harus dicatat secara spesifik agar tidak membingungkan, misalnya dicatat meranti merah atau meranti kuning, bukan hanya dicatat meranti saja.

Untuk hutan tanaman, pengamatan semai tidak perlu dilakukan karena regenerasi hutan tanaman dilakukan secara buatan melalui penanaman.

3.3.1.2 Pengukuran pancang, tiang, dan pohon

Pada plot contoh di hutan alam, tim survei melakukan pengukuran semua diameter dan sebagian tinggi pancang, tiang, pohon kecil, dan pohon besar dengan prosedur sebagai berikut:

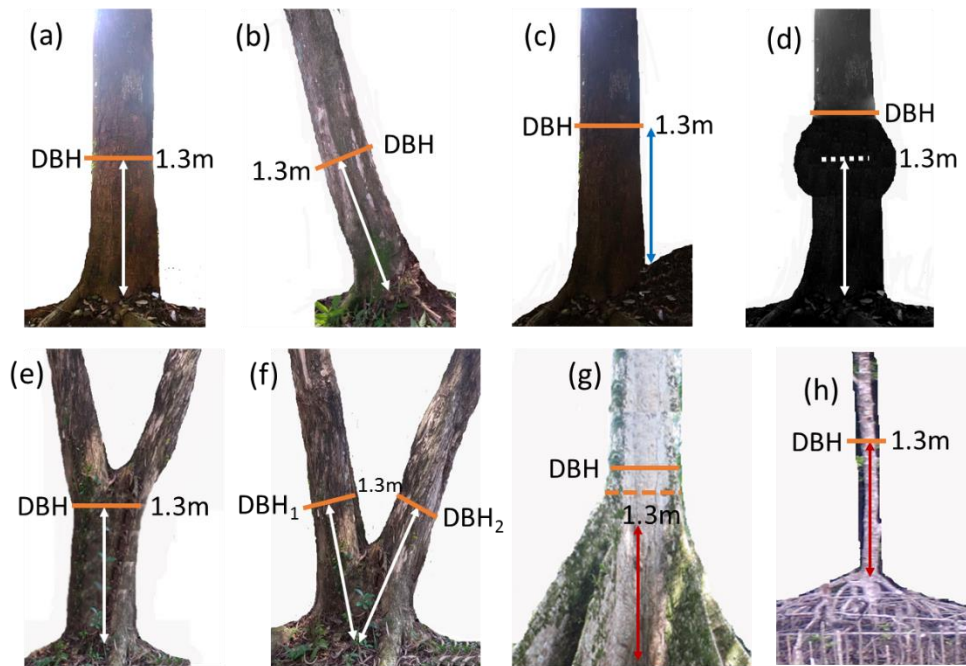
- 1) Identifikasi nama-nama jenis pancang, tiang, dan pohon pada setiap subplot serta catatlah secara spesifik agar tidak membingungkan. Misalnya, dicatat meranti merah atau meranti kuning, bukan hanya dicatat meranti. Pengukuran dilakukan pada semua pancang, tiang, dan pohon yang terdapat dalam plot atau subplot dengan kemungkinan sebagai berikut (lihat **Gambar 12**):
 - Pancang/tiang/pohon diukur jika terletak seluruhnya dalam batas plot/subplot, misalnya pohon ke-1, 2, dan 4 pada **Gambar 12**.
 - Pancang/tiang/pohon diukur jika sebagian besar (>50%) diameternya terletak dalam batas plot/subplot, misalnya pohon ke-3 pada **Gambar 12**.
 - Pancang/tiang/pohon tidak diukur jika sebagian besar (>50%) diameternya atau seluruhnya terletak di luar batas plot/subplot, misalnya pohon ke-5, 6, dan 7 pada **Gambar 12**.
 - Pancang/tiang/pohon diukur secara bergantian jika titik pusat batangnya terletak tepat pada batas plot/subplot, misalnya pohon ke-8 diukur tetapi pohon ke-9 tidak diukur pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Kemungkinan posisi pohon dalam batas plot/subplot yang harus diukur atau tidak diukur oleh tim survei

- 2) Ukurlah diameter semua pancang (tumbuhan berkayu dengan DBH 5–9 cm) yang terdapat pada subplot B (5 x 5 m). Pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian 1.3 m di atas permukaan tanah (disebut *diameter at breast height*, DBH). Untuk konsistensi pengukuran DBH, gunakan tongkat 1.3 m sebagai alat bantu pada saat mengukur diameter pohon. Titik pengukuran DBH mungkin bervariasi tergantung kondisi pohon seperti terlihat pada **Gambar 13** (van Laar & Akca 1997):
 - Pohon berdiri tegak (normal) pada tanah datar: DBH diukur 1.3 m dari permukaan tanah (**Gambar 13a**).
 - Pohon miring pada tanah datar: DBH diukur 1.3 m dari permukaan tanah terdekat atau searah kemiringan batang (**Gambar 13b**).

- Pohon berdiri tegak pada tanah miring: DBH diukur 1.3 m dari permukaan tanah tertinggi/sisi atas (**Gambar 13c**).
- Pohon cacat (menggembung) tepat pada 1.3 m: DBH diukur pada batas bagian yang mulai normal pada bagian atas atau bawah cacat tersebut tergantung yang terdekat (**Gambar 13d**).
- Pohon bercabang >1.3 m: DBH diukur 1.3 m dari permukaan tanah (**Gambar 13e**).
- Pohon bercabang <1.3 m: DBH diukur 1.3 m dari permukaan tanah pada masing-masing cabang dan dianggap sebagai pohon berbeda (**Gambar 13f**).
- Pohon berbanir >1.3 m: DBH diukur 20 cm di atas banir (bagian batang yang mulai normal, **Gambar 13g**).
- Pohon berakar tunjang (misalnya *Rhizophora* spp.): DBH diukur 1.3 m dari batas atas akar tunjang (**Gambar 13h**).



Gambar 13. Letak pengukuran diameter setinggi dada pada berbagai kondisi pohon

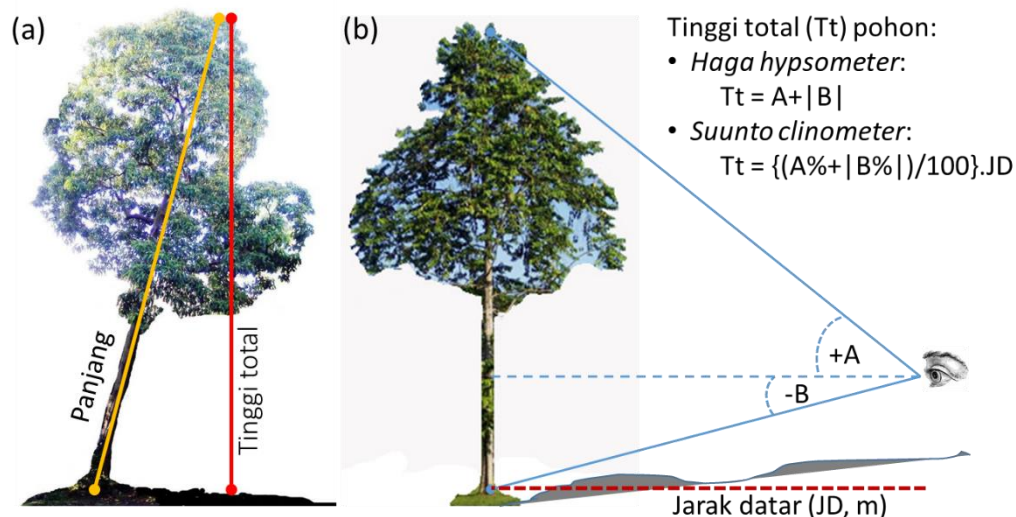
Pilihlah 3 pancang dengan diameter berbeda-beda dan ukurlah tinggi total ketiga pancang tersebut dengan menggunakan *Haga hypsometer* atau *Suunto clinometer* (**Gambar 14**). Jika pohonnya miring, tinggi total bukan diukur sepanjang batang melainkan diukur dari puncak pohon hingga ke titik proyeksinya pada permukaan tanah (**Gambar 14a**). Catat nama jenis pancang dan hasil pengukurannya pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 6**). Diameter pohon dicatat sampai ketelitian 0.1 cm (misalnya: 7.3 cm bukan 7 cm).

- 3) Ukurlah diameter semua tiang (tumbuhan berkayu dengan DBH 10–19 cm) yang terdapat pada subplot C (10 x 10 m). Pilihlah 3 tiang dengan diameter berbeda-beda dan ukurlah tinggi total ketiga tiang tersebut. Catat nama jenis tiang dan hasil pengukurannya pada *tally-sheet*.
- 4) Ukurlah diameter semua pohon kecil (tumbuhan berkayu dengan DBH 20–34 cm) yang terdapat pada subplot D (20 x 20 m). Pilihlah 3 pohon kecil dengan diameter berbeda-

beda dan ukurlah tinggi total ketiga pohon kecil tersebut. Catat nama jenis pohon kecil dan hasil pengukurannya pada *tally-sheet*.

- 5) Ukurlah diameter semua pohon besar (tumbuhan berkayu dengan DBH ≥ 35 cm) yang terdapat pada subplot E (20 x 50 m). Pilihlah 3 pohon besar dengan diameter berbeda-beda dan ukurlah tinggi total ketiga pohon besar tersebut. Catat nama jenis pohon besar dan hasil pengukurannya pada *tally-sheet*.

Dalam praktiknya, tim survei dapat melakukan pengukuran secara kontinyu mulai dari subplot terkecil (A) hingga terbesar (E). Namun tim survei harus selalu ingat untuk tidak mengukur diameter dan/atau tinggi pancang, tiang, atau pohon kecil di luar subplot yang seharusnya. Sebaliknya jika ada pohon besar yang terdapat di dalam subplot kecil (misalnya subplot A atau B) maka tim survei harus tetap mengukur diameter/tinggi pohon besar tersebut karena berada dalam subplot E (20 x 50 m). Dengan demikian, hasil pengukurannya dapat dicatat pada *tally-sheet* yang sama tetapi dengan mencantumkan tanda *checkboxlist* (✓) pada kolom subplot yang sesuai (lihat **Lampiran 6**).



Gambar 14. Perbedaan tinggi dan panjang pohon (a) dan cara pengukuran tinggi total pohon menggunakan *Haga hypsometer* atau *Suunto clinometer* (b)

Untuk hutan tanaman, tim survei melakukan pengukuran diameter semua pohon dan tinggi beberapa pohon contoh yang terdapat pada plot lingkaran 0.02 ha (umur < 4 tahun) atau 0.04 ha (umur ≥ 4 tahun). Adapun prosedur pengukurannya sebagai berikut:

- 1) Ukurlah diameter semua pohon mulai dari dekat titik pusat plot. Kemudian pengukur bergerak ke arah utara dan berputar searah jarum jam hingga semua pohon dalam plot terukur diameternya.
- 2) Pilihlah 5 pohon diantaranya untuk diukur tinggi totalnya. Usahakan agar ada keterwakilan variasi tinggi total pohon yang diukur tersebut.
- 3) Catat nama jenis pohon dan hasil pengukuran diameter dan tinggi total pohon tersebut pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 6**).

3.3.1.3 Pengukuran palem dan bambu

Palem dan bambu umum dijumpai pada beberapa tipe hutan alam, tetapi tidak lazim dijumpai di hutan tanaman kayu *pulp* (kecuali sengaja ditanam). Pengukuran palem dan bambu dapat dilakukan oleh tim survei bersamaan dengan pengukuran tumbuhan berkayu dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Lakukan pengamatan sekilas apakah pada plot contoh terdapat palem dan bambu dengan jumlah banyak atau sedikit. Jika jumlahnya banyak/melimpah, lakukan pengukuran pada subplot C ukuran 10 x 10 m. Tetapi jika jumlahnya sedikit atau jarang-jarang, lakukan pengukuran pada subplot D ukuran 20 x 20 m. Catat ukuran subplot yang digunakan pada tally-sheet (lihat **Lampiran 7**).
- 2) Pada subplot yang telah ditetapkan (subplot C atau D, tergantung kelimpahannya), lakukan pengukuran semua palem yang tingginya lebih dari 1.5 m. Parameter yang diukur dan dicatat pada *tally-sheet* (**Lampiran 7**) adalah nama jenis, diameter/DBH, dan tinggi total palem.
- 3) Lakukan pula pengukuran bambu pada setiap rumpun yang terdapat dalam subplot tersebut (C atau D, tergantung kelimpahan bambu). Parameter yang diukur dan dicatat pada *tally-sheet* (**Lampiran 7**) untuk setiap rumpun bambu adalah nama jenis, diameter/DBH, dan tinggi total tiap batang bambu.

3.3.2 Pengukuran biomassa bawah permukaan tanah

Biomassa bawah permukaan tanah, baik berupa akar besar maupun akar kecil, tidak mudah untuk diukur karena pengukuran secara langsung (misalnya dengan cara penggalian akar) memerlukan waktu lama dan biaya tinggi. Selain itu, metode pengukurannya pun cenderung tidak standar (IPCC 2006). Metode yang umum digunakan untuk menduga biomassa bawah permukaan tanah adalah dengan menggunakan nisbah akar-pucuk (*root to shoot ratio*) dan persamaan alometrik biomassa akar (Ravindranath & Ostwald 2008) dari hasil-hasil penelitian.

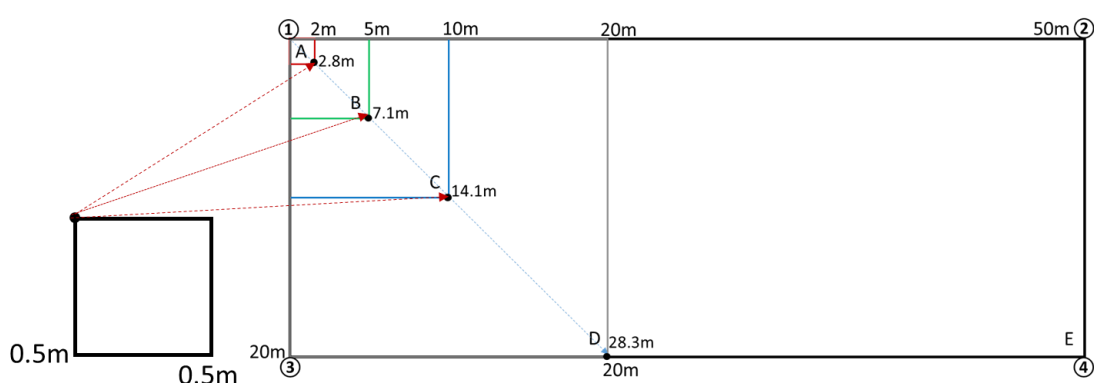
Panduan ini merekomendasikan penggunaan nisbah akar-pucuk dan persamaan alometrik untuk menduga biomassa bawah permukaan tanah, yang hanya memerlukan data hasil pengukuran diameter dan/atau tinggi pohon. Dengan demikian, tim survei tidak perlu lagi melakukan pengukuran di lapangan untuk menduga biomassa bawah permukaan tanah karena pengukuran diameter dan/atau tinggi pohon sudah dilakukan pada saat pengukuran biomassa atas permukaan tanah.

3.3.3 Pengukuran tumbuhan bawah dan serasah

Tumbuhan bawah mencakup semua vegetasi hidup yang tumbuh di atas tanah dengan tinggi kurang dari 1.5 m (termasuk semai). Serasah mencakup semua bahan organik di lantai hutan yang belum terdekomposisi secara sempurna, misalnya daun-daunan, akar-akar rambut, dan ranting-ranting berdiameter kecil (<10 cm). Pengukuran cadangan karbon pada tumbuhan bawah dan serasah dapat dilakukan pada lokasi subplot yang sama dengan prosedur sebagai berikut:

Pengukuran tumbuhan bawah:

- 1) Tetapkan tiga lokasi subplot pengukuran tumbuhan bawah dan serasah dalam plot persegi panjang (untuk hutan alam) atau plot lingkaran (untuk hutan tanaman). Untuk plot persegi panjang lokasi subplot berada pada setiap titik ujung diagonal subplot A, B, dan C. Untuk plot lingkaran, lokasi subplot dapat ditentukan secara acak di sekitar titik pusat plot, karena umumnya kondisi hutan tanaman relatif homogen. Pengulangan pada tiga lokasi tersebut dimaksudkan untuk memperoleh keterwakilan dan menghindari subjektivitas dalam penempatan subplot pengukuran tumbuhan bawah dan serasah.
- 2) Tempatkan bingkai subplot 0.5 x 0.5 m (yang terbuat dari alumunium/pipa paralon/kayu/bambu) pada ketiga ujung diagonal subplot A, B, dan C secara bergantian seperti **Gambar 15**.



Gambar 15. Penempatan bingkai subplot ukuran 0.5 x 0.5 m untuk pengukuran biomassa tumbuhan bawah dan serasah

- 3) Identifikasi dan potonglah (dengan gunting stek) semua tumbuhan bawah yang ada dalam setiap subplot. Kumpulkan, campurkan, dan tampunglah semua tumbuhan bawah dari ketiga subplot dalam kantong plastik besar. Kemudian timbanglah berat kantong plastik besar tersebut (BKPB, gram) dan total berat basah tumbuhan bawah tersebut (TBBtb, gram) dan catat hasilnya pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 5**).
- 4) Pada kantong plastik besar tersebut lakukan pengadukan tumbuhan bawah hingga semua bagian tercampur. Kemudian ambillah contoh (*sample*) tumbuhan bawah sebanyak 100–300 gram, masukkan ke dalam kantong plastik kecil, yang telah diberi label (seperti **Gambar 16**) dan ditimbang berat kantong plastiknya (BKPk, gram), dan timbanglah berat basah contoh tumbuhan bawah (BBCtb, gram) tersebut. Catatlah hasil penimbangannya pada *tally-sheet*, dan simpanlah kantong plastik berisi contoh tumbuhan bawah tersebut dalam karung/kantong besar untuk selanjutnya dibawa ke laboratorium guna mengukur kadar airnya. Sisa tumbuhan bawah dalam kantong besar dapat dibuang kembali ke lantai hutan.

Contoh Biomassa	
Nomor plot	:
Jenis contoh	: tumbuhan bawah/serasah/.....
Total berat basah (TBB)	: gram *)
Berat basah contoh (BBC)	: gram *)
*)Setelah dikurangi berat kantong	

Gambar 16. Identitas pada label contoh biomassa untuk analisis laboratorium

Pengukuran serasah:

- 1) Setelah pengukuran tumbuhan bawah selesai, pada ketiga subplot lakukan pengumpulan serasah yang berada pada masing-masing subplot. Jika perlu, tim survei dapat melakukan pengerukan serasah yang menempel di permukaan tanah.
- 2) Campurkan semua serasah dari ketiga subplot dan tampunglah dalam kantong plastik besar. Kemudian timbanglah total berat basah serasah (TBBss, gram), catatlah hasilnya pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 5**), dan buang kembali ke lantai hutan.
- 3) Ambillah contoh serasah sebanyak 100–300 gram dari kantong besar tersebut dan masukkan ke dalam kantong plastik kecil yang telah diberi label (seperti **Gambar 16**). Jika total berat basah serasahnya kurang dari 100 gram, maka semua serasah diambil sebagai contoh. Timbanglah contoh serasah tersebut dan catat pada *tally-sheet* sebagai berat basah contoh serasah (BBCss, gram) untuk dianalisis kadar airnya di laboratorium. Sisa serasah yang tidak terpakai dapat dikembalikan ke lantai hutan.

3.3.4 Pengukuran kayu mati

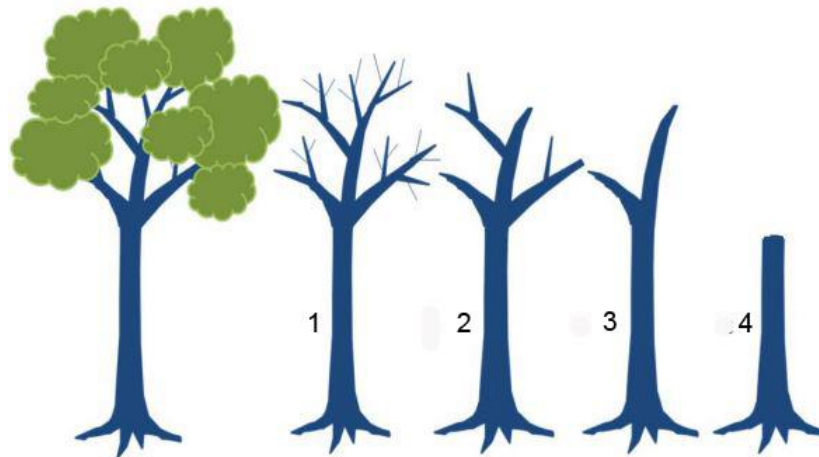
Kayu mati (*dead wood*) dapat berupa pohon mati yang masih berdiri (termasuk tunggak/tunggul pohon) ataupun pohon mati yang sudah rebah di tanah. Prosedur pengukuran kayu mati pada plot persegi panjang (untuk hutan alam) atau plot lingkaran (untuk hutan tanaman) adalah sebagai berikut:

3.3.4.1 Pengukuran kayu mati berdiri

Pengukuran kayu mati yang masih berdiri dilakukan seperti halnya pengukuran tumbuhan berkayu yang masih hidup pada subplot-subplot pancang, tiang, pohon kecil, dan pohon besar sesuai dengan ukuran diameter kayu mati tersebut. Namun tim survei harus memperhatikan dan mencatat kondisi kayu mati tersebut karena cara penentuan biomasanya berbeda dengan pohon berdiri yang masih hidup. Adapun prosedur pengukurannya sebagai berikut:

- 1) Identifikasi kayu mati yang masih berdiri pada subplot pengukuran pancang, tiang, pohon kecil, dan pohon besar. Klasifikasikan apakah kayu mati tersebut tergolong "Kelas 1, Kelas 2, Kelas 3, atau Kelas 4" seperti diilustrasikan pada **Gambar 17**. Hal ini diperlukan untuk perhitungan biomassa kayu mati (dijelaskan pada Bab 4).

- 2) Jika kayu mati tersebut tergolong Kelas 1, Kelas 2, atau Kelas 3, maka ukurlah hanya diameter/DBH-nya saja dan catat pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 6**) dengan memberi keterangan "1, 2, atau 3" pada kolom "Kelas Kayu Mati".
- 3) Jika kayu mati tersebut tergolong Kelas 4, maka ukurlah diameter pangkal (± 20 cm dari permukaan tanah) dan tingginya (hingga bagian atas batang yang nampak di atas tanah) dan catat pada *tally-sheet* dengan memberi keterangan "4" pada kolom "Kelas Kayu Mati".



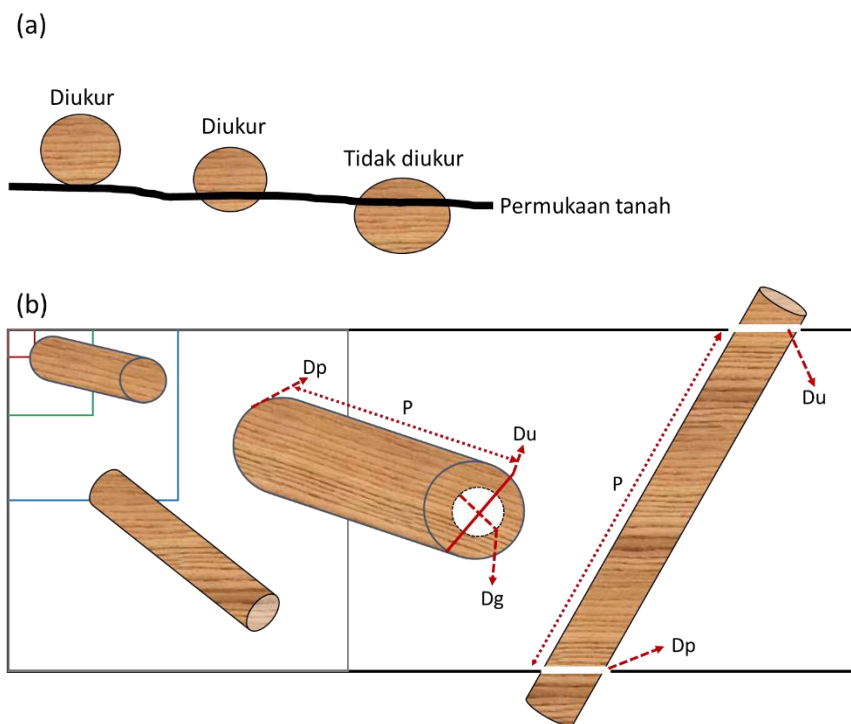
Gambar 17. Kelas kayu mati terdiri: (1) banyak cabang dan ranting tetapi tanpa daun, (2) cabang besar masih ada tetapi tanpa cabang/ranting kecil dan daun, (3) hampir tidak ada cabang/ranting tetapi masih ada batang yang mungkin patah atasnya, dan (4) hanya berupa batang yang patah atasnya menyerupai tunggul (modifikasi dari Manuri *et al.* 2011c, BSN 2011)

3.3.4.2 Pengukuran kayu mati rebah

Kayu mati rebah mencakup semua bagian-bagian tumbuhan berkayu yang telah mati (disebut juga nekromassa) dan rebah di atas tanah, misalnya batang dan cabang, dengan ukuran relatif besar (>10 cm). Prosedur pengukuran biomassa kayu mati rebah adalah sebagai berikut:

- 1) Identifikasi semua kayu mati rebah (diameter >10 cm) yang terdapat dalam plot persegi panjang (20 x 50 m) untuk hutan alam atau plot lingkaran (0.02 ha atau 0.04 ha) untuk hutan tanaman. Kayu mati yang diukur hanyalah yang sebagian besar ($\geq 50\%$) diameternya berada di atas permukaan tanah (**Gambar 18a**).
- 2) Ukur diameter pangkal (D_p), diameter ujung (D_u), dan panjang (P) tiap kayu mati yang berada dalam plot dan abaikan bagian yang berada di luar batas plot, misalnya jika ada batang yang rebah melewati batas plot (**Gambar 18b**). Jika kayu mati tersebut gerowong, maka ukur juga diameter gerowong pada bagian pangkal (D_{gp}), diameter gerowong pada bagian ujung (D_{gu}), dan panjang gerowong pada batang/cabang (P_g). Sebaiknya pengukuran diameter menggunakan *caliper* agar lebih mudah. Jika menggunakan pita ukur maka tim survei harus berhati-hati karena bagian bawah kayu mati yang rebah di tanah (bahkan sebagian terkubur tanah) seringkali menjadi sarang binatang berbahaya (misalnya ular dan kalajengking). Catat hasil pengukurannya pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 8**).

- 3) Perkirakan tingkat pelapukan tiap kayu mati dengan cara memukulkan/menebaskan golok/parang ke bagian yang mewakili kondisi kayu mati (misalnya di tengah batang), dan kategorikan menjadi tiga kelas: (1) tidak/belum lapuk, (2) agak lapuk, dan (3) lapuk. Jika golok yang ditebaskan sulit menembus bagian kayu mati atau goloknya cenderung mental kembali, maka tingkat pelapukan kayu mati tersebut termasuk tidak/belum lapuk (kelas 1). Jika golok yang ditebaskan tersebut agak mudah menembus bagian kayu mati, maka tingkat pelapukan kayu mati tersebut termasuk agak lapuk (kelas 2). Jika golok yang ditebaskan tersebut sangat mudah menembus bagian kayu mati, maka tingkat pelapukan kayu mati tersebut termasuk lapuk (kelas 3). Berilah keterangan pada *tally-sheet* (**Lampiran 8**) pada kolom kelas lapuk dengan notasi "1, 2, atau 3" sesuai dengan tingkat pelapukan kayu mati tersebut.



Gambar 18. Pengukuran kayu mati rebah: (a) diukur jika sebagian besar ($\geq 50\%$) diameternya di atas permukaan tanah (modifikasi dari Walker et al. 2012), (b) diukur diameter pangkal (Dp), diameter ujung (Du), dan panjang (P) tiap kayu mati yang berada dalam batas plot

- 4) Ambillah contoh kayu mati berukuran sedang, misalnya berupa piringan/lingkaran tebal 5 cm atau kubus 5 x 5 x 5 cm, untuk setiap kelas pelapukan (tidak lapuk, agak lapuk, dan lapuk). Ukur dan catatlah dimensi volume (cm^3) contoh kayu mati untuk masing-masing kelas pelapukan (lihat **Lampiran 8**), tetapi tidak perlu ditimbang berat basahanya. Simpan pada kantong masing-masing yang telah diberi label (dengan informasi kelas pelapukan dan volumenya) dan usahakan agar tiap contoh kayu mati tersebut tidak rusak/hancur karena akan dianalisis lebih lanjut di laboratorium untuk menentukan nilai kerapatan kayunya. Pengambilan contoh kayu mati tersebut tidak perlu dilakukan pada setiap plot, melainkan ada sejumlah contoh yang mewakili setiap kelas pelapukan dan stratum, misalnya 30 contoh/kelas pelapukan untuk tiap stratum/ tipe hutan (Walker et al. 2005).

3.3.5 Pengukuran karbon tanah

Cadangan karbon hutan tersimpan tidak hanya pada biomassa tumbuhan, serasah, dan kayu mati (nekromassa), melainkan juga tersimpan dalam tanah, baik tanah mineral, tanah mangrove, maupun tanah gambut. Bahkan sebagian besar cadangan karbon di hutan mangrove dan gambut tersimpan dalam tanah (Kauffman & Donato 2012). Karbon tanah diukur melalui pengambilan contoh tanah sampai kedalaman tertentu untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium guna mengetahui kandungan karbon (*carbon content*) dan kerapatan lindak/berat isi (*bulk density*). Adapun prosedur pengukuran cadangan karbon pada tanah mineral, tanah mangrove, dan tanah gambut adalah sebagai berikut:

3.3.5.1 Pengukuran karbon tanah mineral

Cadangan karbon pada tanah mineral diukur dengan mengambil contoh tanah terganggu (untuk menentukan kandungan karbon) dan contoh tanah utuh (untuk menentukan berat isi) pada tiga kedalaman tanah: 0–10 cm, 10–20 cm, dan 20 – 30 cm. Untuk kepraktisan, kedua macam contoh tanah tersebut dapat diperoleh dari lokasi pengukuran yang sama dengan prosedur sebagai berikut:

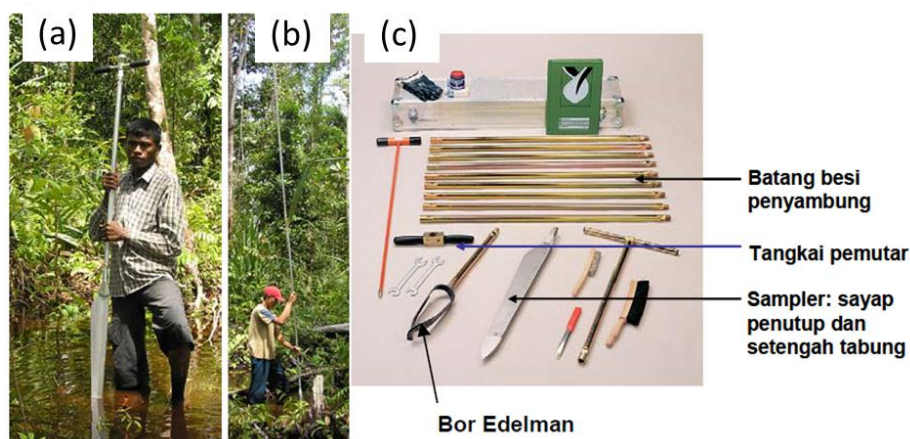
- 1) Tetapkan lokasi pengambilan contoh pada subplot pengukuran serasah yang lapisan atas tanahnya telah dibersihkan. Hindari areal yang tanahnya telah mengalami pemadatan (misalnya dekat jalan hutan) atau tanah yang dipenuhi perakaran pohon.
- 2) Kupaslah lapisan tanah sekitar 3–5 cm untuk memastikan bahwa tidak ada bahan organik (misalnya serasah) selain tanah. Tempatkan *ring soil sampler* untuk mengambil contoh tanah utuh yang mewakili kedalaman 0–10 cm. Gunakan potongan ranting/kayu di atas *ring soil sampler* dan tekan perlahan sehingga seluruh bagian *ring soil sampler* tersebut masuk ke dalam tanah. Jika *ring soil sampler* tidak bisa masuk ke dalam tanah karena terhalang akar pohon, maka pindahlah ke lokasi sekitarnya.
- 3) Galilah dan kumpulkanlah tanah sekeliling *ring soil corer* tersebut untuk memperoleh contoh tanah terganggu yang mewakili kedalaman 0–10 cm. Masukkan contoh tanah terganggu tersebut (sekitar 1 kg) ke dalam karung/kantong cukup besar yang telah diberi label (dengan identitas utama nomor plot dan kedalaman tanah 0–10 cm).
- 4) Keluarkan contoh tanah dari *ring soil sampler* secara hati-hati sehingga tidak ada bagian contoh tanah yang hilang, dan tempatkan pada kantong plastik yang telah diberi label (terutama nomor plot dan kedalaman tanah 0–10 cm). Jangan lupa untuk mencatat volume (cm^3) *ring soil sampler* tersebut. Namun jika jumlah *ring soil sampler* cukup banyak (3 buah per plot), maka sebaiknya contoh tanah utuh tersebut tetap disimpan pada tiap *ring soil sampler* sehingga dapat dianalisis lebih lanjut di laboratorium untuk memperoleh data karakteristik tanah selain berat isi dan kandungan karbon.
- 5) Kupaslah kembali (3 – 5 cm) lapisan tanah setelah contoh tanah pada kedalaman 0–10 cm tersebut diambil. Masukkan kembali *ring soil sampler* untuk mengambil contoh tanah utuh yang mewakili kedalaman 10–20 cm, dan simpan contoh tanahnya pada kantong plastik berbeda yang telah diberi label (terutama nomor plot dan kedalaman tanah 10–20 cm). Sementara itu, kumpulkan juga contoh tanah terganggu (sekitar 1 kg) dari sekeliling *ring soil sampler* tersebut dan simpan dalam karung/kantong cukup besar yang telah diberi label (terutama nomor plot dan kedalaman 10–20 cm).
- 6) Ulangi langkah ke-5 di atas untuk memperoleh contoh tanah utuh (dari *ring soil sampler*) dan contoh tanah terganggu (dari sekeliling *ring soil sampler*) yang mewakili kedalaman

20–30 cm. Simpan pada kantong yang berbeda yang telah diberi label (terutama nomor plot dan kedalaman 20–30 cm). Catat hasil pengukuran dari ketiga kedalaman tersebut pada *tally-sheet* (lihat Lampiran 9).

3.3.5.2 Pengukuran karbon tanah organik (mangrove dan gambut)

Tanah organik (misalnya tanah di hutan mangrove dan hutan gambut) berbeda dengan tanah mineral dalam hal kandungan karbon organik, struktur, berat isi, sebaran karbon dalam profil tanah dan tingkat kemudahannya terbakar dan teroksidasi (Agus *et al.* 2011). Oleh karena itu, pengambilan contoh tanah organik di hutan mangrove dan hutan gambut memerlukan alat yang berbeda dengan yang biasa digunakan pada tanah mineral. Cadangan karbon tanah pada hutan mangrove dan hutan rawa gambut ditentukan melalui pengukuran kedalaman tanah, berat isi tanah, dan konsentrasi karbon organik. Adapun tahapan pengukuran karbon tanah pada hutan mangrove dan gambut adalah sebagai berikut:

- 1) Tetapkan lokasi pengambilan contoh tanah pada salah satu dari empat sudut plot pengukuran vegetasi untuk plot persegi panjang atau salah satu dari empat arah mata angin untuk plot lingkaran. Hindari permukaan tanah yang dipenuhi perakaran pohon karena bisa menghambat pengeboran tanah.
- 2) Lakukan pengeboran tanah dengan menggunakan bor tanah organik untuk mengetahui kedalaman tanah sampai bahan induk, batuan dasar (*bedrock*), atau pasir karang (*coral sands*, pada hutan mangrove) atau sampai lapisan liat/mineral (pada tanah gambut). Apabila tanah tidak terlalu dalam atau permukaannya relatif tidak terlalu padat (misalnya tergenang air) dimungkinkan mengukur kedalaman tanah dengan menggunakan tongkat kayu/bambu.
- 3) Dengan menggunakan bor tanah khusus, yaitu bor gambut model *Eijkelkamp* (Gambar 19), lakukan pengambilan contoh tanah utuh (*undisturbed soil sample*) yang akan digunakan untuk menentukan berat isi (*bulk density*) tanah dan sekaligus juga untuk menentukan konsentrasi karbon tanah. Contoh tanah diambil untuk setiap kedalaman 0–40 cm, 40–100 cm, 100–150 cm, 150–200 cm, 200–250 cm, dan seterusnya setiap penambahan kedalaman tanah gambut 0.5 m.

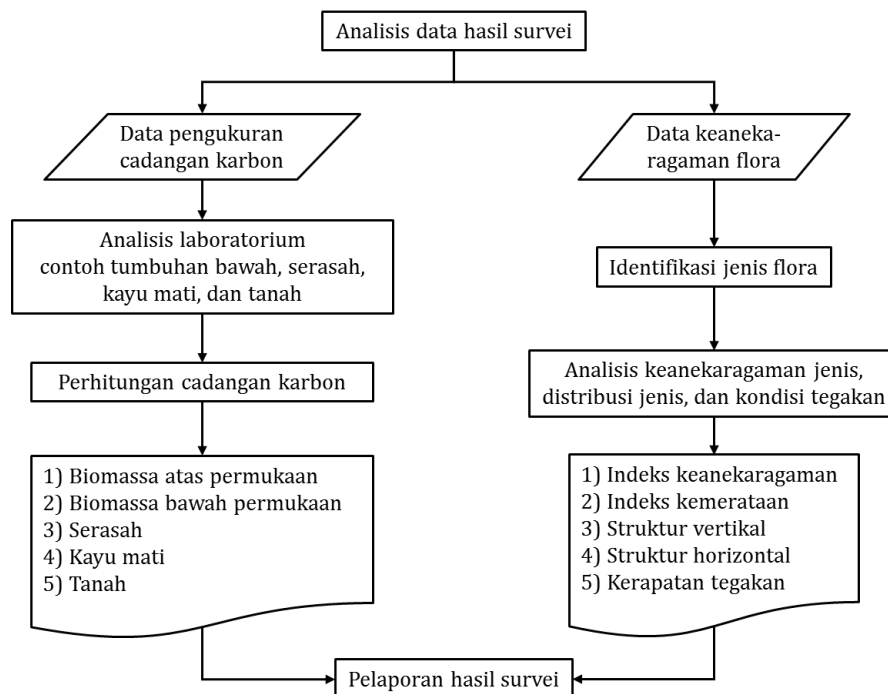


Gambar 19. Bor gambut *Eijkelkamp*. (a) untuk mengambil contoh tanah gambut hingga kedalaman 100 cm, (b) untuk mengambil contoh hingga kedalaman beberapa meter karena sudah disambung beberapa tiang besi, dan (c) komponen-komponen bor gambut (sumber: Agus *et al.* 2011)

- 4) Tentukan tingkat kematangan gambut dengan cara pengamatan langsung. Ambillah segenggam tanah gambut dari kedalaman yang diinginkan kemudian peras dengan telapak tangan secara pelan-pelan, kemudian lihat sisa serat yang tertinggal di dalam telapak tangan dan bedakan apakah termasuk gambut saprik (matang), hemik (setengah matang), atau fibrik (mentah) dengan ciri-ciri sebagai berikut (Agus *et al.* 2011):
- Gambut saprik: gambut yang sudah melapuk lanjut (matang), bahan asalnya tidak dikenali, berwarna coklat tua sampai hitam, dan bila diremas kandungan seratnya yang tertinggal di telapak tangan kurang dari sepertiga jumlah semula.
 - Gambut hemik: gambut setengah matang, sebagian bahan asalnya masih bisa dikenali, berwarna coklat, dan bila diremas kandungan seratnya yang tertinggal di telapak tangan antara sepertiga hingga duapertiga jumlah semula.
 - Gambut fibrik: gambut yang belum melapuk (mentah), bahan asalnya masih bisa dikenali, berwarna coklat, dan bila diremas kandungan seratnya yang tertinggal di telapak tangan lebih dari duapertiga jumlah semula.
- 5) Simpanlah setiap contoh tanah organik/tanah gambut sesuai peruntukannya (penentuan berat isi dan konsentrasi karbon) untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Untuk contoh tanah organik dan air dari tabung bor harus ditransfer secara utuh ke dalam kantong plastik supaya tidak ada air yang tercecer dan gambut yang diambil tidak berubah volumenya (500 cm³). Contoh tanah gambut yang panjangnya 50 cm tersebut kadangkala perlu dipotong menjadi 2–3 bagian (dimana tiap potongan 10 cm mempunyai volume 100 cm³) jika terdapat perbedaan tingkat kematangan gambut (Agus *et al.* 2011). Berikan label pada setiap kantong plastik yang menerangkan nomor lokasi plot dan kedalaman tanah. Catat hasil pengukuran dari setiap kedalaman tersebut pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 9**).

4 ANALISIS DATA

Data hasil survei lapangan perlu dianalisis untuk memperoleh informasi cadangan karbon dan keanekaragaman flora di areal studi. Analisis data cadangan karbon dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan analisis laboratorium terhadap contoh tumbuhan bawah, contoh serasah, contoh kayu mati, dan contoh tanah yang diperoleh selama survei lapangan. Contoh tumbuhan bawah dan contoh serasah dianalisis untuk menentukan berat keringnya yang diperlukan untuk menghitung total biomassa tumbuhan bawah dan serasah pada setiap plot. Contoh kayu mati dianalisis di laboratorium untuk menentukan kerapatan kayu pada setiap kelas pelapukan yang diperlukan untuk menghitung total biomassa kayu mati pada setiap plot. Analisis contoh tanah (mineral atau organik) diperlukan untuk menghitung berat isi (*bulk density*) dan konsentrasi/kandungan karbon yang diperlukan untuk menghitung total cadangan karbon tanah pada setiap plot. Berdasarkan hasil analisis laboratorium tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan cadangan karbon untuk masing-masing penyimpan/*pool* karbon (biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, serasah, kayu mati, dan bahan organik tanah) dan totalnya, baik pada tingkat plot, stratum, maupun populasinya. Sementara itu, data keanekaragaman flora dianalisis dengan terlebih dahulu melakukan identifikasi jenis berdasarkan hasil pengamatan langsung di lapangan ataupun koleksi herbarium. Hasil identifikasi jenis flora tersebut digunakan untuk menghitung indeks keanekaragaman jenis, indeks kemerataan, struktur vertikal, struktur horizontal, dan kerapatan tegakan baik pada tingkat plot contoh maupun tingkat stratum. **Gambar 20** menyajikan kerangka analisis data cadangan karbon dan keanekaragaman flora yang dijelaskan lebih rinci pada bab ini.



Gambar 20. Kerangka analisis data hasil pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora

4.1 Analisis Data Cadangan Karbon

Analisis data cadangan karbon terdiri dari dua tahapan, yaitu analisis laboratorium dan perhitungan cadangan karbon. Secara rinci, masing-masing tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

4.1.1 Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan terhadap contoh tumbuhan bawah, contoh serasah, contoh kayu mati (pada berbagai tingkat pelapukan), dan contoh tanah (mineral atau organik) yang dikumpulkan oleh tim survei dari lapangan. Pada dasarnya, kegiatan yang dilakukan di laboratorium terdiri dari pengeringan dan penimbangan berat kering contoh (tumbuhan bawah, serasah, kayu mati), penentuan kerapatan kayu mati, serta penentuan berat isi dan kandungan karbon tanah, dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Tentukan dan gunakan laboratorium yang memiliki fasilitas analisis contoh yang cukup lengkap. Khusus untuk analisis contoh tanah, sebaiknya dilakukan di laboratorium yang sudah terakreditasi dan memiliki alat uji kandungan karbon yang terpercaya (misalnya LECO CHN-2000 atau sejenisnya).
- 2) Pastikan semua contoh memiliki label/identitas yang jelas sesuai dengan identitas lokasi, nomor plot, dan nomor subplot pada saat pengambilan contoh tersebut di lapangan.
- 3) Lakukan pengeringan dengan *oven* terhadap contoh tumbuhan bawah pada suhu 80°C hingga mencapai berat konstan (sekitar 48 jam). Catat berat kering contoh tumbuhan bawah (BKCTb, gram) tersebut pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 10**).
- 4) Lakukan pengeringan dengan *oven* terhadap contoh serasah pada suhu 80°C hingga mencapai berat konstan (sekitar 48 jam). Catat berat kering contoh serasah (BKCss, gram) tersebut pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 11**).
- 5) Lakukan pengeringan dengan *oven* terhadap contoh kayu mati (pada berbagai tingkat pelapukan) pada suhu 80°C hingga mencapai berat konstan (sekitar 48 jam). Catat berat kering contoh kayu mati (BKCKm, gram) tersebut pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 12**). Selain itu, lakukan pula pengukuran volume contoh kayu mati untuk berbagai tingkat pelapukan. Jika contoh kayu mati tersebut berbentuk teratur (piringan atau kubus/persegi) maka volume dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus geometrik. Namun jika contoh kayu mati tersebut berbentuk tidak teratur, volumenya dapat ditentukan dengan menggunakan metode perpindahan air (*water displacement*) seperti yang lazim digunakan dalam analisis contoh-contoh kayu di laboratorium. Berdasarkan hasil pengukuran berat kering (BKCKm, gram) dan volume contoh kayu mati (V_{km} , cm³) tersebut, selanjutnya dapat dihitung kerapatan kayu mati (WD_{km} , gram/cm³) untuk setiap kelas pelapukan dengan rumus:

$$WD_{km} = BKC_{km} / V_{km} \dots\dots\dots (4.1)$$

- 6) Lakukan pengeringan dengan *oven* terhadap contoh tanah utuh (dari *ring soil sampler* atau bor gambut pada setiap kedalaman) pada suhu 105 °C (sekitar 48 jam). Catat berat kering contoh tanah utuh (BKC_{tu} , gram) tersebut dan volume contoh tanah utuh pada *ring soil sampler* (V_{tu} , cm³) pada *tally-sheet* (lihat **Lampiran 13**). Tentukan berat isi (BI, gram/cm³) dari contoh tanah utuh pada setiap kedalaman dengan rumus:

$$BI_{tu} = BKC_{tu} / V_{tu} \dots\dots\dots (4.2)$$

- 7) Lakukan analisis kandungan karbon terhadap contoh tanah terganggu (dari setiap kedalaman) sesuai prosedur baku di laboratorium tersebut. Catat hasilnya pada *tally-sheet* (Lampiran 13).

4.1.2 Perhitungan Cadangan Karbon pada Plot Contoh

Cadangan karbon dihitung untuk masing-masing *pool* karbon (yaitu biomassa atas permukaan tanah, biomassa bawah permukaan tanah, serasah, kayu mati, dan bahan organik tanah) yang diukur pada plot-plot contoh. Berdasarkan data cadangan karbon tiap plot contoh tersebut selanjutnya dapat dihitung nilai rata-rata dan total cadangan karbon untuk setiap stratum bahkan untuk seluruh areal studi. Adapun prosedur perhitungan cadangan karbon tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

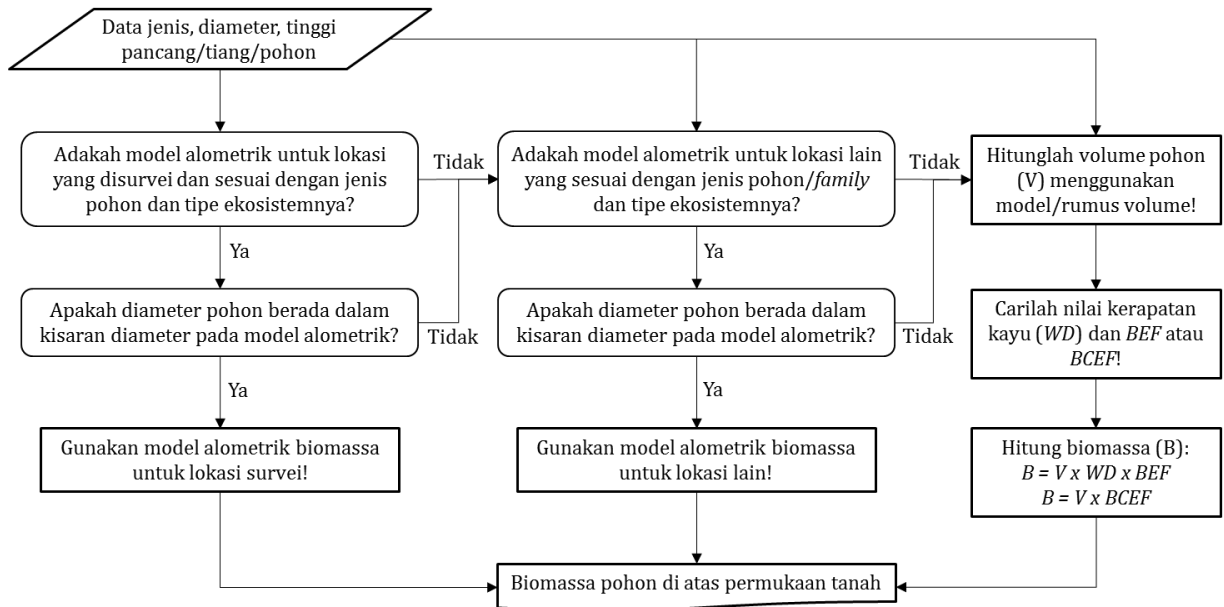
4.1.2.1 Cadangan karbon pada biomassa atas permukaan tanah

Seperti dijelaskan pada Bab 3, komponen biomassa atas permukaan tanah terdiri dari tumbuhan berkayu (tingkat pancang, tiang, dan pohon), tumbuhan tidak berkayu (palem dan bambu), dan tumbuhan bawah. Cadangan karbon pada komponen-komponen tersebut ditentukan melalui konversi biomassa (berat kering) dengan prosedur sebagai berikut:

a) Biomassa tumbuhan berkayu (pancang, tiang, dan pohon)

Biomassa pancang, tiang, dan pohon umumnya ditentukan dengan menggunakan model/persamaan alometrik biomassa atau konversi volume ke biomassa (**Gambar 21**). Model alometrik biomassa merupakan suatu persamaan yang menghubungkan peubah diameter dan/atau tinggi dengan biomassa pancang/tiang/pohon. Model alometrik biomassa tersebut dibuat berdasarkan teknik *destructive sampling*, yaitu dengan menebang sejumlah pohon contoh (dengan berbagai ukuran diameter dan/atau tingginya) dan menimbang berat basahnya. Kemudian mengambil dan mengeringkan (pada suatu *oven* di laboratorium) contoh dari setiap bagian pohon (batang, cabang, ranting, dan daun) serta menghitung total berat kering (biomassa) pohon contoh tersebut berdasarkan rasio antara berat kering terhadap berat basah dari tiap contoh bagian-bagian pohon tersebut.

Untuk menentukan biomassa atas permukaan tanah, terlebih dahulu harus dicari model-model alometrik yang sesuai untuk lokasi yang disurvei, jenis/*family* pohon (termasuk tingkat pancang dan tiang), dan kisaran diameter pohon (**Gambar 21** bagian kiri). **Tabel 8** menyajikan contoh model-model alometrik biomassa untuk beberapa jenis pohon di Sumatera Selatan. Jika tidak ada model-model alometrik untuk lokasi yang disurvei, dapat digunakan model-model alometrik dari lokasi lain untuk jenis/*family* pohon dan kisaran diameter tertentu (sesuai kisaran diameter dari model alometriknya) dengan memperhatikan kesamaan tipe ekosistem hutannya (**Gambar 21** bagian tengah). Adapun model-model alometrik biomassa untuk berbagai jenis pohon pada beberapa tipe hutan di Indonesia dapat dilihat pada monograf yang disusun oleh Krisnawati *et al.* (2012). Namun jika tidak ada model-model alometrik lokal yang sesuai, maka biomassa pohon dapat diduga dengan menggunakan model-model alometrik global yang umum digunakan seperti tertera pada **Tabel 9**.



Gambar 21. Diagram alir penentuan biomassa atas permukaan tanah (modifikasi dari Krisnawati *et al.* 2012)

Tabel 8. Contoh model-model alometrik lokal untuk menduga biomassa atas permukaan tanah pada beberapa jenis pohon di Sumatera

Jenis pohon	Model alometrik	Statistik	Lokasi	Sumber
<i>Acacia crassicarpa</i>	$B_{ap} = 0.027 D^{2.891}$	$D : 6-28 \text{ cm}$ $R^2 = 0.96$	Sumatera Selatan	Rahmat (2007) dalam Krisnawati <i>et al.</i> (2012)
<i>Acacia mangium</i>	$B_{ap} = 0.070 D^{2.580}$	$D : 8-28 \text{ cm}$ $R^2 = 0.97$	Sumatera Selatan	Wicaksono (2004) dalam Krisnawati <i>et al.</i> (2012)
<i>Schima wallichii</i>	$B_{ap} = 0.459 D^{1.366}$	$D : 3-25 \text{ cm}$ $R^2 = 0.92$	Sumatera Selatan	Salim (2006) dalam Krisnawati <i>et al.</i> (2012)
<i>Eucalyptus grandis</i>	$B_{ap} = 0.0678 D^{2.579}$	$D : 2 - 27 \text{ cm}$ $R^2 = 0.99$	Sumatera Utara	Onrizal <i>et al.</i> (2009) dalam Krisnawati <i>et al.</i> (2012)

Tabel 9. Contoh model-model alometrik global untuk menduga biomassa pohon di atas permukaan tanah pohon di hutan tropis

Jenis pohon	Model alometrik	Statistik	Lokasi	Sumber
Jenis campuran:				
Hutan sekunder	$B_{ap} = 0.066 D^{2.59}$ $B_{ap} = 0.11\rho D^{2.62}$	$D : 5-50 \text{ cm}$	Jambi	Ketterings <i>et al.</i> (2001)
Hutan tropis	$B_{ap} = \rho \exp\{-1.239 + 1.980\ln(D) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(D))^3\}$	$D : 5-156 \text{ cm}$	Amerika, Asia, Oceania	Chave <i>et al.</i> (2005)
Hutan tropis	$B_{ap} = 0.0673 (\rho D^2 H)^{0.976}$	$D : 5-212 \text{ cm}$	Afrika, Amerika, Asia	Chave <i>et al.</i> (2014)
Hutan mangrove	$B_{ap} = 0.168\rho D^{2.471}$	$D : 2-167 \text{ cm}$ $R^2 = 0.99$	Amerika, Asia, Oceania	Chave <i>et al.</i> (2005)
Hutan rawa gambut	$B_{ap} = 0.136 D^{2.513}$	$D : 2-167 \text{ cm}$ $R^2 = 0.97$	Riau, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat	Manuri <i>et al.</i> (2014)

Jenis spesifik:

<i>Avicennia marina</i>	$B_{ap} = 0.1846 D^{2.352}$	$D : <35$ $R^2 = 0.98$	Jawa Barat	Darmawan & Siregar (2008) *)
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B_{ap} = 0.043 D^{2.630}$	$D : 10-40$ cm $R^2 = 0.97$	Kalimantan Barat	Amira (2008)
<i>Xylocarpus granatum</i>	$B_{ap} = 0.1832 D^{2.210}$	$D : 5-41$ cm $R^2 = 0.95$	Kalimantan Barat	Talan (2008)

Keterangan: B_{ap} = biomassa pohon di atas permukaan tanah (kg), D = diameter (cm), H = tinggi (m),
 ρ = berat jenis (gram/cm³), R^2 = koefisien determinasi

*) Dikutip dari Kauffman & Donato (2012)

Cara lain untuk menentukan biomassa pohon jika tidak ada model alometrik yang sesuai adalah menggunakan konversi volume (batang) ke biomassa pohon dengan menggunakan faktor perluasan biomassa (*biomass expansion factor*, BEF) atau faktor konversi dan perluasan biomassa (*biomass conversion and expansion factor*, BCEF) sebagai berikut (IPCC 2006):

- 1) Faktor perluasan biomassa (BEF) merupakan faktor (tanpa satuan) untuk mengkonversi volume batang (V , m³) ke biomassa pohon (B , kg) dengan menggunakan kerapatan kayu (*wood density*; WD , kg/m³) dan memperluas biomassa batang tersebut menjadi total biomassa pohon (mencakup cabang, ranting, dan daun/bunga), sehingga biomassa pohon di atas permukaan (B_{ap} , kg) dapat dihitung rumus:

$$B_{ap} = V.WD.BEF \dots\dots\dots (4.3)$$

Volume batang pohon (V) ditentukan dengan menggunakan model/tabel volume yang tersedia atau rumus geometrik volume pohon berdasarkan data diameter (D , cm) tinggi (T , m), dan angka bentuk (f) sebagai berikut:

$$V = 0.25\pi.(D/100)^2.T.f \dots\dots\dots (4.4)$$

Nilai kerapatan kayu (WD) dapat dilihat pada beberapa pustaka atau kompilasinya pada *website*: <http://db.worldagroforestry.org//wd>.

Adapun nilai-nilai BEF, yang merupakan rasio antara total biomassa pohon di atas permukaan tanah dengan biomassa batang pohon, dapat diketahui dari hasil-hasil penelitian sebelumnya seperti contoh pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Contoh nilai-nilai kerapatan kayu (WD) dan faktor perluasan biomassa (BEF) untuk beberapa jenis pohon

Jenis pohon	Nilai WD (kg/m ³)	Nilai BEF	Sumber
<i>Acacia mangium</i>	530	1.33	Martawijaya et al. (2005), Wicaksono (2004) dalam Krisnawati et al. (2012)
<i>Eucalyptus grandis</i>	-	1.33	Onrizal et al. (2009) dalam Krisnawati et al. (2012)
<i>Paraserianthes falcataria</i>	330	1,34	Martawijaya et al. (2005), Rusolono (2006) dalam Krisnawati et al. (2012)
<i>Pinus merkusii</i>	550	1.31	Martawijaya et al. (2005), Hendra (2002) dalam Krisnawati et al. (2012)

<i>Rhizophora apiculata</i>	1090	1.53	Amira (2008)
<i>Xylocarpus granatum</i>	524	1.74	Talan (2008)

- 2) Faktor konversi dan perluasan biomassa (BCEF) merupakan suatu faktor (dengan satuan kg/m³ atau ton/m³) yang mengkonversi dan sekaligus memperluas volume batang menjadi total biomassa pohon, sehingga biomassa pohon di atas permukaan tanah dapat dihitung dengan rumus:

$$B_{ap} = V.BCEF \dots\dots\dots (4.5)$$

Dari rumus tersebut terlihat bahwa nilai kerapatan kayu (seperti halnya rumus 4.1 di atas) tidak diperlukan lagi karena sudah diintegrasikan dalam nilai BCEF. Namun sayangnya, di Indonesia belum banyak penelitian-penelitian tentang nilai-nilai BCEF untuk berbagai jenis pohon.

b) Biomassa tumbuhan tidak berkayu (palem dan bambu)

Seperti halnya tumbuhan berkayu, biomassa tumbuhan tidak berkayu, khususnya palem dan bambu (mungkin juga kelapa sawit), dapat diduga dengan menggunakan model alometrik. Jika tidak ada model alometrik biomassa palem dan bambu untuk lokasi yang disurvei, dapat digunakan model alometrik yang dikembangkan untuk lokasi lain seperti tertera pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Model-model alometrik biomassa palem, bambu, dan kelapa sawit

No.	Jenis	Model alometrik *)	Sumber
1.	Palem	$B_{ap} = \exp\{-2.134 + 2.530 \times \ln(D)\}$ $B_{ap} = 4.5 + 7.7H$	Brown (1997) Frangi & Lugo (1985)
2.	Bambu	$B_{ap} = 0.131D^{2.28}$	Priyadarsini (2000) **)
3.	Kelapa sawit	$B_{ap} = (0.0706 + 0.0976H)/1000$ **)	ICRAF (2009) ***)

*) B_{ap} = biomassa atas permukaan tanah (kg), D = diameter setinggi dada (DBH, cm), H = tinggi (m)

***) B_{ap} untuk kelapa sawit dalam satuan ton/pohon, dan H diukur pada tinggi bebas pelepah

***) Dikutip dari Hairiah *et al.* (2011), satuan biomassa aslinya adalah ton/pohon

c) Biomassa tumbuhan bawah

Pengukuran biomassa tumbuhan bawah di lapangan dilakukan pada tiga bingkai subplot 0.5 x 0.5 m untuk setiap plot contoh, sehingga diperoleh nilai berat basah contoh (BBC_{tb} , gram) dan total berat basah (TBB_{tb} , gram) dari ketiga bingkai subplot tersebut. Dari analisis laboratorium contoh tumbuhan bawah tersebut diperoleh nilai berat kering contoh tumbuhan bawah (BKC_{tb} , gram). Dengan demikian, maka total biomassa tumbuhan bawah di atas permukaan tanah (BTB_{ap} , gram) pada setiap plot contoh dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$BTB_{ap} = (BKC_{tb}/BBC_{tb}).TBB_{tb} \dots\dots\dots (4.6)$$

Untuk menghitung total biomassa atas permukaan tanah pada tiap plot contoh, hasil perhitungan ketiga komponen biomassa (tumbuhan berkayu, tumbuhan tidak berkayu, dan tumbuhan bawah) pada ukuran subplot yang berbeda-beda tersebut harus dikonversi menjadi unit pengukuran yang sama, yaitu dari kg/subplot menjadi ton/ha, dengan rumus seperti

tertera pada Tabel 12. Dengan demikian, total biomassa atas permukaan tanah (BAP, ton/ha) pada tiap plot contoh merupakan penjumlahan dari biomassa pancang (BAPpc, ton/ha), biomassa tiang (BAPti, ton/ha), biomassa pohon kecil (BAPpk, ton/ha), biomassa pohon besar (BAPpb, ton/ha), biomassa palem (BAPpa, ton/ha), biomassa bambu (BAPba, ton/ha), biomassa kelapa sawit (BAPks, ton/ha), dan biomassa tumbuhan bawah (BAPtb, ton/ha) dengan rumus sebagai berikut:

$$BAP = BAPpc + BAPti + BAPpk + BAPpb + BAPpa + BAPba + BAPks + BAPtb \dots\dots\dots (4.7)$$

Tabel 12. Konversi satuan pengukuran biomassa atas permukaan tanah

Komponen biomassa atas permukaan (BAP)	Subplot pada tiap plot contoh				Biomassa (BAP, ton/ha)
	Biomassa	Jumlah	Ukuran (m ²)	Luas(ha)	
1. Tumbuhan berkayu:					
1.1. Pancang	Bpc (kg)	1	5 x 5	0.0025	BAPpc = Bpc/2.5
1.2. Tiang	Bti (kg)	1	10 x 10	0.01	BAPti = Bti/10
1.3. Pohon kecil	Bpk (kg)	1	20 x 20	0.04	BAPpk = Bpk/40
1.4. Pohon besar	Bpb (kg)	1	20 x 50	0.1	BAPpb = Bpb/100
2. Tumbuhan tidak berkayu:					
2.1. Palm	Bpa (kg)	1	Xp *)	Ap	BAPpa = Bpa/Ap
2.2. Bambu	Bba (kg)	1	Xb *)	Ab	BAPba = Bba/Ab
2.3. Kelapa sawit	Bks (kg)	1	Xk *)	Ak	BAPks = Bks/Ak
3. Tumbuhan bawah	Btb (kg)	3	0.5 x 0.5	0.000075	BAPtb = Btb/0.075

*) Ukuran/luas subplot untuk tumbuhan berkayu disesuaikan dengan hasil pengukuran di lapangan, apakah menggunakan subplot C (10 x 10 m) atau subplot D (20 x 20 m) seperti dijelaskan pada Bab 3.

Adapun cadangan karbon dan potensi serapan karbon dioksida (CO₂) pada biomassa atas permukaan tanah dihitung dengan rumus (IPCC 2006):

$$C_{bap} = 0.47BAP \dots\dots\dots (4.8)$$

$$CO_{2(bap)} = 3.67C_{bap} \dots\dots\dots (4.9)$$

Angka konversi 0.47 berarti bahwa rata-rata 1 ton biomassa menyimpan 0.47 ton karbon, sedangkan angka konversi 3.67 berarti bahwa 1 ton karbon yang tersimpan dalam biomassa merupakan hasil penyerapan CO₂ sebanyak 3.67 ton (IPCC 2006).

4.1.2.2 Cadangan karbon pada biomassa bawah permukaan tanah

Sebagaimana dijelaskan pada Bab 3, biomassa bawah permukaan tanah (berupa akar besar atau akar kecil) tidak diukur secara langsung di lapangan, melainkan diduga dengan menggunakan nisbah akar-pucuk (*root to shoot ratio*) ataupun model alometrik. Sayangnya, di Indonesia belum banyak penelitian tentang nisbah akar-pucuk dan model alometrik untuk menduga biomassa bawah permukaan. Oleh karena itu, pendugaan biomassa bawah permukaan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa nisbah akar-pucuk atau model alometrik yang tersedia saat ini seperti tertera pada Tabel 13. Adapun cadangan karbonnya dihitung dengan menggunakan faktor konversi seperti pada Persamaan 4.7.

Tabel 13. Beberapa nilai nisbah akar-pucuk dan model alometrik untuk menduga biomassa bawah permukaan tanah (BBP)

Tipe hutan	Nisbah akar-pucuk	Model alometrik	Sumber
Hutan hujan tropis	0.37		IPCC (2006)
Hutan yang menggugurkan daun	0.20-0.24		IPCC (2006)
Hutan daerah kering tropis	0.28-0.56		IPCC (2006)
Semak tropis	0.40		IPCC (2006)
Hutan pegunungan tropis	0.27-0.28		IPCC (2006)
Hutan tanaman <i>Acacia mangium</i> (Jawa Barat)		$B_{bp} = 0.0066D^{2.96}$ (B_{bp} : kg/pohon; D: 1.4-18.9 cm)	Heriyanto & Siregar (2007) *
Hutan tropis		$BBP = \exp\{-1.0587+0.8836*\ln(BAP)\}$ (BBP, BAP: ton/ha)	Cairns <i>et al.</i> (2007)

*) Dikutip dari Krisnawati *et al.* (2012)

4.1.2.3 Cadangan karbon pada serasah

Sebagaimana halnya tumbuhan bawah, pengukuran serasah di lapangan dilakukan pada tiga bingkai subplot berukuran 0.5 x 0.5 m untuk setiap plot contoh. Data biomassa serasah yang diperoleh dari ketiga bingkai subplot pada setiap plot contoh adalah berat basah contoh serasah (BBC_{ss} , gram), total berat basah serasah (TBB_{ss} , gram), dan berat kering contoh serasah (BKC_{ss} , gram). Dengan demikian, maka total biomassa serasah (BSS , gram) pada setiap plot contoh dapat dihitung dengan rumus:

$$BSS = (BKC_{ss} / BBC_{ss}) . TBB_{ss} \dots\dots\dots (4.10)$$

Nilai total biomassa serasah (BSS , gram) tersebut harus dikonversi menjadi satuan kg/plot dan kemudian menjadi satuan ton/ha dengan menggunakan rumus konversi satuan seperti halnya tumbuhan bawah pada Tabel 4.5. Cadangan karbon pada serasah dihitung dengan mengkonversi total biomassa serasah menggunakan faktor konversi seperti pada **Persamaan 4.8**.

4.1.2.4 Cadangan karbon pada kayu mati

Pengukuran kayu mati di lapangan dilakukan pada kayu mati berdiri (*standing deadwood*) dan kayu mati rebah (*fallen deadwood*). Untuk kayu mati berdiri "Kelas 1, Kelas 2, atau Kelas 3" (lihat kembali penjelasannya pada Bab 3), biomasnya diduga dengan menggunakan model-model alometrik yang sesuai dengan jenis pancang/tiang/ pohon yang diukur (B_{ap} , kg), tetapi kemudian dikoreksi dengan faktor keutuhan sebagai berikut (BSN 2011):

- Biomassa kayu mati berdiri Kelas 1 (B_{km1} , kg):

$$B_{km1} = 0.9B_{ap} \dots\dots\dots (4.11)$$

- Biomassa kayu mati berdiri Kelas 2 (B_{km2} , kg):

$$B_{km2} = 0.8B_{ap} \dots\dots\dots (4.12)$$

- Biomassa kayu mati berdiri Kelas 3 (B_{km3} , kg):

$$B_{km3} = 0.7B_{ap} \dots\dots\dots (4.13)$$

Adapun untuk kayu mati berdiri Kelas 4, biomasnya (B_{km4} , kg) ditentukan berdasarkan konversi volume batang dengan rumus:

$$B_{km4} = 0.25\pi.(D/100)^2.T.f.WD \dots\dots\dots (4.14)$$

D adalah diameter batang (cm), T adalah tinggi tunggak/pohon mati (m), f adalah angka bentuk batang (jika tidak ada informasi bisa digunakan angka bentuk umum 0.6; BSN 2011), dan WD adalah kerapatan kayu.

Untuk kayu mati rebah, biomasnya ditentukan berdasarkan konversi volume batang/cabang mati dengan menggunakan nilai-nilai kerapatan kayu mati (WD_{km} , dari hasil analisis laboratorium) sesuai dengan tingkat pelapukannya. Volume kayu mati rebah (V_{kmr} , m³) dihitung berdasarkan diameter pangkal (D_p , cm), diameter ujung (D_u , cm), dan panjang batang/cabang (P , m) dengan rumus Brereton berikut ini (BSN 2011):

$$V_{kmr} = 0.25\pi.\left(\frac{D_p + D_u}{200}\right)^2.P \dots\dots\dots (4.15)$$

Jika batang/cabang kayu mati tersebut gerowong, maka volumenya dihitung sebagai berikut:

$$V_{kmr} = \left(0.25\pi.\left(\frac{D_p + D_u}{200}\right)^2.P\right) - \left(0.25\pi.\left(\frac{D_{gp} + D_{gu}}{200}\right)^2.P_g\right) \dots\dots\dots (4.16)$$

D_{gp} adalah diameter gerowong pada bagian pangkal (cm), D_{gu} adalah diameter gerowong pada bagian ujung (cm), dan P_g adalah panjang gerowong pada batang/cabang (m). Selanjutnya, biomas kayu mati rebah (B_{kmr} , kg/batang) untuk setiap kelas pelapukan dihitung dengan rumus:

$$B_{kmr} = V_{kmr}.WD_{km} \dots\dots\dots (4.17)$$

Berdasarkan hasil perhitungan biomas kayu mati berdiri dan kayu mati rebah pada setiap subplot, selanjutnya dapat dihitung total biomas kayu mati pada setiap plot contoh dengan cara menjumlahkan komponen-komponen biomas kayu mati berdiri dan biomas kayu mati rebah setelah terlebih dahulu menyamakan satuan pengukurannya menjadi ton/ha. Untuk biomas kayu mati berdiri, rumus konversi satuan pengukurannya sama seperti biomas tumbuhan berkayu (untuk tingkat pancang, tiang, pohon kecil, atau pohon besar) pada **Tabel 4.5**, karena pengukuran kayu mati berdiri menggunakan subplot yang sama dengan tumbuhan berkayu. Untuk biomas kayu mati rebah, konversi satuan pengukurannya mengikuti rumus untuk pohon besar pada **Tabel 4.5** karena pengukurannya dilakukan pada seluruh bagian plot contoh seluas 0.1 ha. Adapun total cadangan karbon pada kayu mati selanjutnya dapat dihitung dengan menggunakan faktor konversi seperti pada **Persamaan 4.8**.

4.1.2.5 Cadangan karbon pada tanah

Cadangan karbon tanah (C_t , gram/cm²) pada setiap kedalaman (K_t , cm), baik pada tanah mineral maupun tanah organik (mangrove dan gambut), dihitung berdasarkan hasil pengukuran berat isi (B/t , gram/cm³) dan kandungan C-organik (CO_t , %) dengan rumus sebagai berikut:

$$C_t = K_t \cdot BI_t \cdot CO_t \dots\dots\dots (4.18)$$

Untuk memperoleh nilai cadangan karbon pada tiap kedalaman (C_t) dalam satuan ton/ha, harus dilakukan konversi agar satuan berat isi tanah (hasil perkalian antara K_t dan BI_t) menjadi ton/ha dan satuan kandungan C-organik (CO_t) menjadi 'ton C/ton'. Selanjutnya, total cadangan karbon tanah sampai kedalaman tertentu dihitung dengan menjumlahkan cadangan karbon pada setiap kedalaman tanah.

Untuk memperjelas perhitungan cadangan karbon hingga kedalaman tanah tertentu pada luasan satu hektar (ton/ha), perhatikanlah contoh kasus berikut ini (modifikasi dari Hairiah *et al.* 2011):

Misalkan, dari hasil analisis laboratorium contoh tanah diketahui bahwa pada kedalaman 0–10 cm berat isinya 0.8 gram/cm³ dengan kandungan C-organik 4%, pada kedalaman 10–20 cm berat isinya 1.0 gram/cm³ dengan kandungan C-organik 3%, dan pada kedalaman 20 – 30 cm berat isinya 1.1 gram/cm³ dengan kandungan C-organik 2%. Maka total cadangan karbon pada kedalaman tanah 0–30 cm tersebut dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Hitunglah berat tanah per hektar (100 x 100 m) untuk setiap kedalaman:
 - Kedalaman 0–10 cm (0.10 m): 100 m x 100 m x 0.10 m x 0.8 ton/m³ = 800 ton
 - Kedalaman 10–20 cm (0.10 m): 100 m x 100 m x 0.10 m x 1.0 ton/m³ = 1000 ton
 - Kedalaman 20–30 cm (0.10 m): 100 m x 100 m x 0.10 m x 1.1 ton/m³ = 1100 ton
- 2) Hitunglah kandungan C-organik per ton tanah:
 - Kedalaman 0–10 cm: 4% = 4 gram C per 100 gram tanah = 40 gram C/kg tanah = 0.04 ton C/ton tanah
 - Kedalaman 10–20 cm: 3% = 3 gram C per 100 gram tanah = 30 gram C/kg tanah = 0.03 ton C/ton tanah
 - Kedalaman 20–30 cm: 2% = 2 gram C per 100 gram tanah = 20 gram C/kg tanah = 0.02 ton C/ton tanah
- 3) Hitunglah cadangan karbon untuk 1 ha tanah:
 - Kedalaman 0–10 cm: 800 ton x 0.04 ton C/ton = 32 ton C
 - Kedalaman 10–20 cm: 1000 ton x 0.03 ton C/ton = 30 ton C
 - Kedalaman 20–30 cm: 1100 ton x 0.02 ton C/ton = 22 ton C

Dengan demikian, maka total cadangan karbon pada kedalaman 0–30 cm tersebut adalah: 32 + 30 + 22 ton C = 84 ton C.

4.1.3 Perhitungan Cadangan Karbon pada Tiap Stratum

Salah satu tujuan pengukuran cadangan karbon hutan adalah memperoleh informasi tentang faktor emisi (*emission factor*), yaitu rata-rata cadangan karbon pada setiap tipe hutan dan tutupan lahan lainnya. Untuk memperoleh nilai-nilai faktor emisi, maka hasil analisis data cadangan karbon per plot contoh (pada **Subbab 4.1.2**) harus dianalisis lebih lanjut, sehingga diperoleh nilai rata-rata dan (kesalahan baku rata-rata) cadangan karbon pada setiap stratum. Untuk mempermudah perhitungan, terlebih dahulu perlu dibuat rekapitulasi data cadangan karbon pada tiap plot contoh untuk suatu stratum seperti **Tabel 14**.

Tabel 14. Rekapitulasi data cadangan karbon pada suatu stratum

No. plot contoh	Cadangan karbon (ton/ha)					Total
	Biomassa atas permukaan	Biomassa bawah permukaan	Serakah	Kayu mati	Tanah	
1
2
3
...
...
<i>n</i>

Berdasarkan rekapitulasi data seperti **Tabel 14** selanjutnya dapat dihitung nilai rata-rata (*mean*), kesalahan baku rata-rata (*standard error of mean, se*), dan selang kepercayaan (*confident interval*) cadangan karbon pada tiap penyimpan karbon (*carbon pool*) untuk suatu stratum dengan rumus sebagai berikut (Cochran 1977, Shiver & Borders 1996):

- Rata-rata cadangan karbon pada stratum ke-*h*:

$$\bar{y}_h = \sum_{i=1}^n y_i / n \dots\dots\dots (4.19)$$

- Kesalahan baku rata-rata cadangan karbon pada stratum ke-*h*:

$$s_{\bar{y}_h} = \frac{s_y}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(1 - \frac{n}{N}\right)} \dots\dots\dots (4.20)$$

atau jika nilai $(1 - n/N)$ diabaikan karena intensitas sampling $(n/N) < 5\%$, maka:

$$s_{\bar{y}_h} = \frac{s_y}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (4.21)$$

- Selang kepercayaan (SK) 95% bagi rata-rata cadangan karbon pada stratum ke-*h*:

$$SK_{95\% \bar{y}_h} = \bar{y}_h \pm (t_{0.025(n-1)} \cdot s_{\bar{y}_h}) \dots\dots\dots (4.22)$$

Keterangan:

n = jumlah plot contoh pada suatu stratum

N = total jumlah plot contoh pada suatu stratum, yang diperoleh dengan cara membagi luas stratum dengan luas plot contoh

y_i = nilai cadangan karbon (tiap *pool* karbon atau totalnya) pada plot contoh ke-*i*

s_y = kesalahan/simpangan baku cadangan karbon dari semua plot contoh (*n*), yang dihitung dengan rumus (atau diperoleh dari kalkulator/komputer):

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2 / n}{n-1}} \dots\dots\dots (4.23)$$

*t*_{0.025(n-1)} = nilai statistik sebaran t untuk selang kepercayaan 95% pada derajat bebas *n*-1. Untuk kepraktisan, umumnya digunakan nilai *t*_{0.025(n-1)} = 2.

Selain nilai-nilai statistik di atas (rata-rata, kesalahan baku rata-rata, dan selang kepercayaan), perlu juga dihitung kesalahan penarikan contoh (*sampling error*, SE) dengan rumus sebagai berikut:

$$SE = \frac{t_{0.025(n-1)} \cdot s_{\bar{y}}}{\bar{y}} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots (4.24)$$

Nilai *SE* menyatakan besarnya persentase kesalahan pendugaan dari suatu penarikan contoh/*sampling*. Nilai tersebut juga mencerminkan tingkat ketelitian pendugaan cadangan karbon, dimana semakin kecil nilainya (biasanya dikehendaki $\leq 10\%$) maka pendugaan cadangan karbon semakin teliti.

Kesalahan *sampling* merupakan kesalahan yang tidak dapat dihindarkan karena pendugaan cadangan karbon pada suatu stratum/populasi dilakukan hanya berdasarkan pengukuran sejumlah contoh. Dengan demikian, kesalahan *sampling* merupakan salah satu sumber ketidakpastian (*uncertainty*) bagi nilai-nilai dugaan tiap *pool* cadangan karbon pada suatu stratum/populasi (Stahl *et al.* 2014). Sumber ketidakpastian lainnya adalah kesalahan model (*model error*) yang digunakan untuk menduga komponen-komponen cadangan karbon, misalnya ketidaktepatan penggunaan model alometrik biomassa pohon. Stahl *et al.* (2014) menunjukkan bahwa kontribusi kesalahan model terhadap ketidakpastian nilai dugaan cadangan karbon relatif lebih kecil dibanding kesalahan *sampling* jika model penduga biomassa yang digunakan cukup akurat.

4.1.4 Perhitungan Total Cadangan Karbon

Untuk menghitung total cadangan karbon pada masing-masing stratum dan total areal studi diperlukan faktor emisi (*emission factor*) dan data aktivitas (*activity data*). Faktor emisi merupakan rata-rata cadangan karbon pada tiap stratum/tipe hutan (seperti hasil perhitungan pada subbab 4.13), sedangkan data aktivitas merupakan luas areal masing-masing stratum atau total luas areal studi (IPCC 2006). Untuk mempermudah perhitungan, perlu dibuat rekapitulasi data cadangan karbon dan luas tiap stratum seperti **Tabel 15**.

Tabel 15. Rekapitulasi cadangan karbon pada tiap stratum

No.	Stratum	Luas (ha)	Cadangan karbon (ton/ha)	
			Rata-rata	Kesalahan baku rata-rata
1.
2.
3.
...
...
<i>n</i>

Total cadangan karbon pada suatu stratum/tipe hutan (Y_h , ton) yang luasnya N_h (ha) adalah:

$$Y_h = \bar{y}_h \cdot N_h \quad \dots\dots\dots (4.25)$$

dengan selang kepercayaan 95% bagi total cadangan karbon pada stratum tersebut:

$$SK_{95\%}_{Y_h} = SK_{95\%}_{\bar{y}_h} \cdot N_h = \left(\bar{y}_h \pm \left(t_{0.025(n-1)} \cdot s_{\bar{y}_h} \right) \right) \cdot N_h \quad \dots\dots\dots (4.26)$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada tiap stratum, selanjutnya dapat dihitung rata-rata dan total cadangan karbon pada seluruh areal studi (populasi), yang total luasnya N (ha), dengan menggunakan rumus-rumus *stratified sampling* sebagai berikut (Cochran 1977, Shiver & Borders 1996):

- Rata-rata cadangan karbon pada seluruh areal studi/populasi:

$$\bar{y}_{st} = \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} \bar{y}_h \dots\dots\dots (4.27)$$

- Kesalahan baku rata-rata cadangan karbon pada seluruh areal studi:

$$s_{\bar{y}_{st}} = \sum_{h=1}^L \left(\frac{N_h}{N} \right)^2 s_{\bar{y}_h}^2 \dots\dots\dots (4.28)$$

- Selang kepercayaan 95% bagi rata-rata cadangan karbon pada seluruh areal studi:

$$SK95\%_{\bar{y}_{st}} = \bar{y}_{st} \pm (t_{0.025(n-L)} \cdot s_{\bar{y}_{st}}) \dots\dots\dots (4.29)$$

- Total cadangan karbon pada seluruh areal studi (\hat{Y}_{st}):

$$\hat{Y}_{st} = \bar{y}_{st} \cdot N \dots\dots\dots (4.30)$$

- Kesalahan baku total cadangan karbon pada seluruh areal studi:

$$s_{\hat{Y}_{st}} = s_{\bar{y}_{st}} \cdot N \dots\dots\dots (4.31)$$

- Selang kepercayaan 95% bagi total cadangan karbon pada seluruh areal studi:

$$SK95\%_{\hat{Y}_{st}} = \left(\bar{y}_{st} \pm (t_{0.025(n-L)} \cdot s_{\bar{y}_{st}}) \right) \cdot N \dots\dots\dots (4.32)$$

4.2 Analisis Data Keanekaragaman Flora

Selain informasi cadangan karbon, data hasil survei perlu juga dianalisis untuk menghasilkan informasi keanekaragaman hayati pada berbagai stratum/tipe hutan. Para ahli ekologi telah banyak mengembangkan parameter-parameter untuk menilai keanekaragaman hayati. Namun sesuai ruang lingkup, panduan ini hanya menjelaskan teknik analisis data keanekaragaman hayati (dibatasi pada flora) tentang indeks keanekaragaman jenis, indeks pemerataan, struktur vertikal, distribusi ukuran, dan kerapatan tegakan. Adapun prosedur analisis datanya adalah sebagai berikut:

4.2.1 Indeks keanekaragaman jenis (*diversity index*)

Keanekaragaman jenis umumnya diukur melalui indeks *Shannon* yang dihitung berdasarkan data contoh dengan rumus (Ludwig & Reynolds 1988):

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{n} \right) \ln \left(\frac{n_i}{n} \right) \right] \dots\dots\dots (4.33)$$

H' adalah indeks keanekaragaman *Shannon*, n_i adalah jumlah individu pada jenis ke- i , n adalah total jumlah individu semua jenis pada contoh, dan S adalah total jumlah jenis pada contoh.

4.2.2 Indeks pemerataan individu per jenis (*evenness index*)

Indeks pemerataan individu per jenis yang banyak digunakan oleh para ekologis adalah (Ludwig & Reynolds 1988):

$$E = \frac{H'}{\ln(S)} \dots\dots\dots (4.34)$$

E adalah indeks pemerataan individu per jenis, H' adalah indeks keanekaragaman jenis, dan S adalah total jumlah jenis pada contoh.

4.2.3 Struktur vertikal tegakan

Struktur vertikal tegakan hutan dapat digambarkan oleh stratifikasi tajuk yang terbagi dalam lima strata, yaitu (Soerianegara & Indrawan 2002):

- a) Stratum A, terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi total ≥ 30 m, tajuknya tidak kontinyu, batangnya tinggi dan lurus, dan batang bebas cabangnya tinggi.
- b) Stratum B, terdiri dari pohon-pohon dengan tinggi total 20–30 m, tajuknya biasanya kontinyu, batang pohon banyak bercabang, dan batang bebas cabang tidak terlalu tinggi.
- c) Stratum C, terdiri dari pohon-pohon yang tingginya 4–20 m, tajuknya kontinyu, batangnya relatif kecil dan banyak bercabang.
- d) Stratum D, terdiri dari perdu dan semak dengan tinggi 1–4 m.
- e) Stratum E, terdiri dari tumbuhan bawah/penutup tanah dengan tinggi < 1 m.

Untuk menganalisis struktur vertikal tegakan pada tiap tipe hutan, tinggi total pohon pada plot-plot contoh perlu diklasifikasikan menjadi lima stratum (A, B, C, D, atau E). Idealnya stratifikasi tajuk tersebut dibuat berdasarkan hasil pengukuran tinggi semua pohon. Namun untuk pohon-pohon yang tingginya tidak diukur langsung di lapangan dapat diduga berdasarkan model hubungan antara diameter dan tinggi pohon-pohon contoh.

4.2.4 Kerapatan tegakan

Salah satu ukuran kerapatan (K) tegakan yang umum digunakan adalah jumlah individu per hektar (N/ha) yang dihitung dengan rumus:

$$K = \frac{\text{Jumlah individu (n)}}{\text{Luas plot (ha)}} \dots\dots\dots (4.35)$$

Nilai K dihitung untuk tingkat semai, pancang, tiang, dan pohon pada masing-masing plot contoh, yang selanjutnya dihitung nilai rata-ratanya untuk menggambarkan kerapatan tegakan pada suatu stratum.

4.2.5 Struktur horizontal tegakan

Struktur horizontal tegakan dinyatakan oleh sebaran/distribusi kerapatan tegakan menurut kelas diameternya. Umumnya, struktur horizontal hutan alam menyerupai 'kurva J terbalik', karena kerapatan tegakan (jumlah pohon per hektar) semakin menurun seiring meningkatnya diameter tegakan. Untuk membuat struktur horizontal tegakan, data kerapatan tegakan perlu dikelompokkan menurut kelas diameternya seperti **Tabel 16**.

Tabel 16. Rekapitulasi data untuk penyusunan struktur horizontal tegakan

Kelas diameter (cm)	Kerapatan tegakan (N/ha)
10 – 19	...
20 – 29	...
30 – 39	...

40 - 49	...
50 - 59	...
≥60	...

Berdasarkan rekapitulasi data tersebut, selanjutnya dapat dibuat histogram yang menggambarkan sebaran kerapatan tegakan (pada sumbu N) menurut kelas diameternya (pada sumbu λ). Cara lainnya adalah dengan membuat 'kurva J terbalik' berdasarkan model eksponensial negatif berikut ini (Davis *et al.* 2001):

$$N = N_0 \cdot e^{-kD} \dots\dots\dots (4.36)$$

N adalah kerapatan tegakan (N/ha) pada diameter tegakan tertentu, N_0 adalah konstanta yang menggambarkan rata-rata kerapatan tegakan awal, k adalah konstanta yang menggambarkan laju penurunan kerapatan tegakan menurut diameternya, dan D adalah diameter tegakan (nilai tengah pada setiap kelas diameter). Untuk menyusun model struktur tegakan tersebut diperlukan analisis regresi yang dapat dipelajari pada buku-buku statistika.

Tahap terakhir yang penting dilakukan adalah pelaporan hasil survei pengukuran cadangan karbon dan keanekaragaman flora (**Gambar 22**). Jika survei dilakukan oleh beberapa tim, maka sebaiknya masing-masing tim membuat laporan hasil survei sesuai cakupan areal surveinya. Laporan tersebut harus dibuat serinci mungkin sehingga dapat memberi gambaran yang jelas tentang kegiatan survei yang telah dilaksanakan. Adapun hal-hal penting yang perlu dibahas dalam laporan tim survei adalah sebagai berikut:

1) Cakupan areal survei

Masing-masing tim survei perlu memaparkan cakupan areal surveinya sesuai dengan pembagian areal survei yang telah disepakati sebelumnya. Informasi-informasi penting tentang areal survei yang perlu disampaikan dalam laporan meliputi:

- Letak areal menurut wilayah administrasi dan geografis, yang dilengkapi dengan peta areal yang disurvei.
- Luas areal survei, yang diperinci menurut stratum/tipe hutan.
- Lokasi dan koordinat plot-plot contoh, yang dilengkapi dengan peta sebaran plot contoh. Jika terjadi pergeseran ataupun koreksi koordinat plot-plot contoh di lapangan (dibanding rancangan *sampling* sebelumnya), maka tim survei perlu menjelaskan alasan-alasannya.

2) Gambaran kondisi areal survei

Tim survei perlu menjelaskan gambaran umum kondisi tiap areal yang disurvei, khususnya kondisi tegakan yang dapat menggambarkan keragaman stratum atau tipe hutan. Perbedaan klasifikasi tutupan hutan antara peta dengan kondisi aktual di lapangan perlu dijelaskan agar dapat dijadikan acuan untuk perbaikan klasifikasi peta tutupan lahan. Informasi lainnya dapat diringkaskan dari hasil pengamatan sekitar plot yang dicatat pada "*Tally-sheet* Pembuatan dan Pengamatan Plot Contoh" (**Lampiran 4**). Agar lebih informatif, uraian pada bagian ini hendaknya dilengkapi dengan foto-foto yang menggambarkan keragaman kondisi hutan pada stratum-stratum yang disurvei.

3) Informasi cadangan karbon pada areal survei

Berdasarkan hasil analisis data cadangan karbon (lihat **Bab 4**), tim survei menyajikan informasi cadangan karbon baik pada masing-masing lokasi yang disurvei maupun pada tingkat stratum tertentu. Informasi dapat disajikan dalam bentuk tabel ataupun grafik agar lebih informatif, terutama pada saat membandingkan cadangan karbon antar kelima *pool* karbon dan lokasi survei.

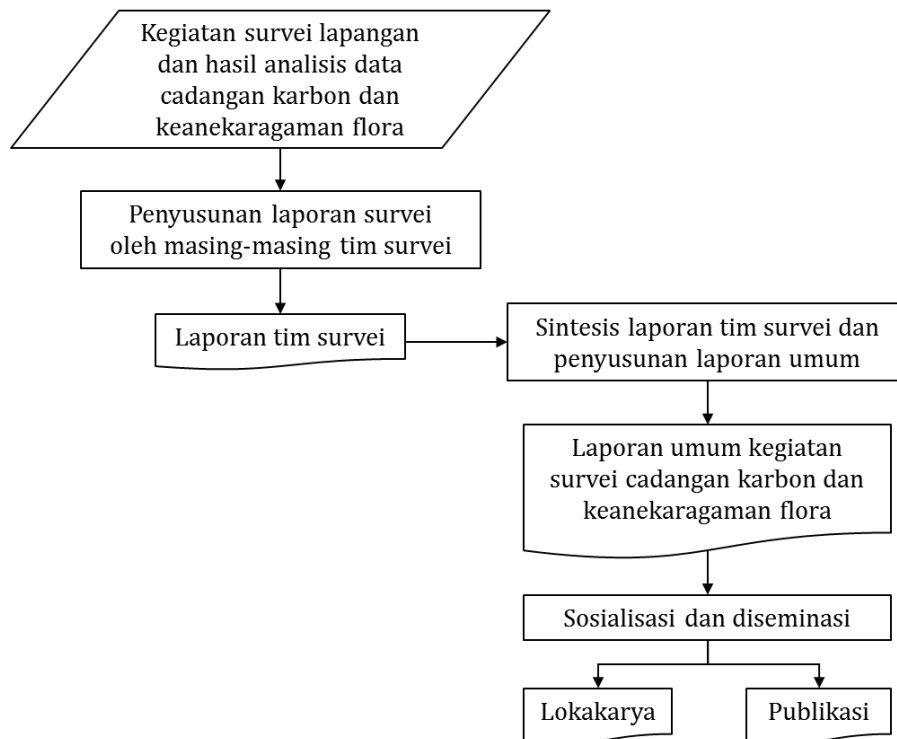
4) Informasi keanekaragaman flora pada areal survei

Selain cadangan karbon, tim survei juga perlu menyajikan informasi keanekaragaman flora pada tiap lokasi survei ataupun stratum tertentu berdasarkan hasil analisis data sebelumnya (lihat **Bab 4**). Agar lebih informatif, bagian laporan ini sebaiknya dilengkapi dengan foto-foto yang menggambarkan keanekaragaman flora (terutama jenis-jenis vegetasi langka atau dilindungi) pada lokasi-lokasi yang disurvei.

5) Permasalahan dalam pelaksanaan survei

Dalam pelaksanaan survei di lapangan sangat mungkin dijumpai masalah atau kendala. Oleh karena itu, tim survei perlu menjelaskan masalah-masalah yang dihadapi dalam pelaksanaan survei di lapangan untuk menjadi bahan perbaikan di kemudian hari.

Berdasarkan laporan dari masing-masing tim survei tersebut, selanjutnya dapat disusun suatu laporan umum oleh suatu tim ahli dari pemrakarsa kegiatan survei (dalam hal ini proyek BIOCLIME). Laporan umum tersebut berupa sintesis terhadap laporan-laporan tim survei dan hasil analisis data yang lebih mendalam. Format laporan dapat disesuaikan dengan kebutuhan informasi yang dikehendaki, khususnya menyajikan informasi-informasi penting cadangan karbon dan keanekaragaman flora pada tiap stratum/tipe hutan dan keseluruhan areal studi. Agar informasi dalam laporan umum tersebut diketahui para pihak dan masyarakat umum, maka pada tahap terakhir perlu dilakukan sosialisasi dan diseminasi hasil survei cadangan karbon dan keanekaragaman flora melalui kegiatan lokakarya dan publikasi baik pada media massa maupun jurnal ilmiah (**Gambar 22**).



Gambar 22. Tahapan pelaporan hasil survei cadangan karbon dan keanekaragaman flora

- Amira S. 2008. *Pendugaan Biomassa Jenis Rhizophora apiculata Bl. di Hutan Mangrove Batu Ampar Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat*. Skripsi, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Agus F, Hairiah K, Mulyani A. 2011. *Measuring carbon stock in Peat Soil: Practical Guidelines*. World Agroforestry Centre (ICRAF) and Indonesian Soil Research Institute, Bogor.
- Agus F, Henson IE, Sahardjo BH, Harris N, van Noordwijk, and Killeen TJ. 2013. Review of emission factors for assessment of CO₂ emission from land use change to oil palm in Southeast Asia. Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO).
- Baraloto C, Molto Q, Rabaud S, Herault B, Valencia R, Blanc L, Fine PVA, and Thompson J. 2013. Rapid simultaneous estimation of aboveground biomass and tree diversity across neotropical forests: a comparison of field inventory methods. *Biotropica* 45: 288–298.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). 2011. *SNI 7724: Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon –Pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (ground based forest carbon accounting)*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Cairns MA, Brown S, Helmer EH, and Baumgardner GA. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1–11.
- Cochran. 1977. *Sampling Techniques*. John Wiley & Sons, New York.
- Condit R. 2008. *Methods for estimating above-ground biomass of forest and replacement vegetation in the tropics*. Center for Tropical Forest Science, Smithsonian Tropical Research Institute.
- Davis LS, Johnson KN, Bettinger P, and Howard TE. 2001. *Forest Management: to Sustain Ecological, Economic, and Social Values*. McGraw Hill, New York.
- Donato DC, Kauffman JB, Murdiyarso D, Kurnianto S, Stidham M, and Kanninen M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience* 4: 293–297.
- Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, and Rahayu S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan*. World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, Bogor.
- Husch B, Beers TW, and Kershaw JA. 2003. *Forest Mensuration*. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Indrarto GB, Murharjanti P, Khatarina J, Pulungan I, Ivalerina F, Rahman J, Prana MN, Resosudarmo IAP, and Muharrom E. 2012. *The Context of REDD+ in Indonesia: Drivers, agents and institutions*. Working Paper 92, CIFOR, Bogor.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategy, Hayama (Japan).
- Kauffman JB and Donato DC. 2012. *Protocols for the Measurement, Monitoring and Reporting of Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests*. Working Paper 86, CIFOR, Bogor.
- Kemehut (Kementerian Kehutanan). 2009. *Pedoman Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB) pada Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu pada Hutan Industri*. Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.

- Kemenuh (Kementerian Kehutanan). 2011. *Rencana Kehutanan Tingkat Nasional 2011–2030 (National Forestry Plan 2011–2030)*. Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, Jakarta.
- Krisnawati H, Adinugroho WC, and Imanuddin R. 2012. Model-model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Kementerian Kehutanan, Bogor.
- Laar AV and Akca A. 1977. *Forest Mensuration*. Cuvillier Verlag, Goettingen.
- Ludwig JA and Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology: a Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, New York.
- Manuri S, Agung C, Irmansyah T, Kadarisman R, Effendi H, Purbopuspito J, and Warren M. 2011a. *Survey Report on C-Stock Assessment of Mangrove Ecosystem at Sembilang National Park, South Sumatra, Indonesia*. MRP-GIZ, Sembilang NP, CIFOR, and USFS, Palembang.
- Manuri S, Lingenfelder, and Steinmann KH. 2011b. Tier 3 biomass assessment for baseline emission in Merang peat swamp forest. Workshop on Tropical Wetland Ecosystems of Indonesia, CIFOR, Bogor.
- Manuri S, Putra CAS, and Saputra AD. 2011c. *Tehnik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan*. Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation (GIZ), Palembang
- Margono BA, Turubanova S, Zhuravleva I, Potapov P, Tyukavina A, Baccini A, Goetz S, and Hansen MC. 2012. Mapping and monitoring deforestation and forest degradation in Sumatra (Indonesia) using Landsat time series data sets from 1990 to 2010. *Environmental Research Letters* 7(3): 034010. 10.1088/1748-9326/7/3/034010
- Pearson TRH, Walker S, Brown S. 2005. *Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects*. BioCF and Winrock International, Washington DC.
- Pearson TRH, Brown SL, and Birdsey RA. 2007. *Measurement guidelines for the sequestration of forest carbon*. General Technical Report-NRS-18, USDA Forest Service, Northern Research Station Newtown Square, USA.
- Philip MS. 1994. *Measuring Trees and Forest*. CAB International, Wallingford.
- Prasetyo LB, Damayanti EK, Moy MS, and Purnama SIS. 2014. *Kerangka Kerja Penyusunan Indikator dan Parameter untuk Sistem Pemantauan Multiguna di Sumatera Selatan*. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ravindranath NH and Ostwald M. 2008. *Carbon inventory methods handbook for greenhouse gas inventory, carbon mitigation and roundwood production projects*. Springer-Verlag, Berlin.
- Shiver BD and Borders BE. 1996. *Sampling Techniques for Forest Resource Inventory*. John Willey & Sons, New York.
- Soerianegara I and Indrawan A. 2002. *Ekologi Hutan Indonesia*. Laboratorium Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Talan MA. 2008. *Persamaan Penduga Biomassa Pohon Jenis Nyirih (Xylocarpus granatum Koenig 1784) dalam Tegakan Mangrove Hutan Alam di Batu Ampar, Kalimantan Barat*. Skripsi, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- van der Werf GR, Morton DC, DeFries RS, Olivier JGJ, Kasibhatla PS, Jackson RB, Collatz GJ, and Randerson JT. 2009. CO₂ emissions from forest loss. *Nature Geoscience* 2: 737–738.

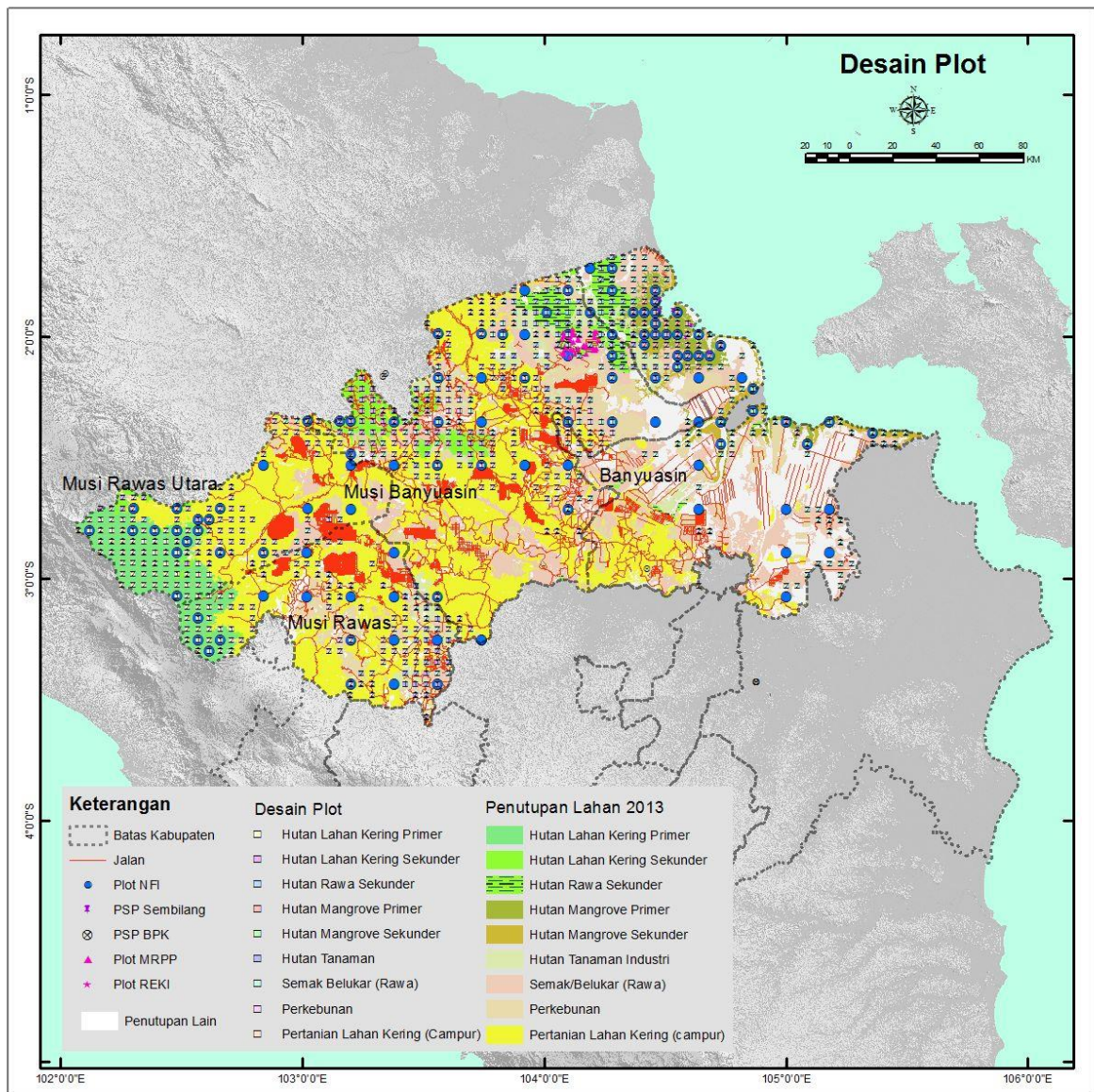
van Laar A and Akca A. 1997. Forest Mensuration. Cuviller Verlag, Goettingen.

Walker SM, Pearson TRH, Casarim FM, Harris N, Petrova S, Grais A, Swails E, Netzer M, Goslee KM, and Brown S. 2012. *Standard Operating Procedures for Terrestrial Carbon Measurement: Version 2012*. Winrock International.

LAMPIRAN

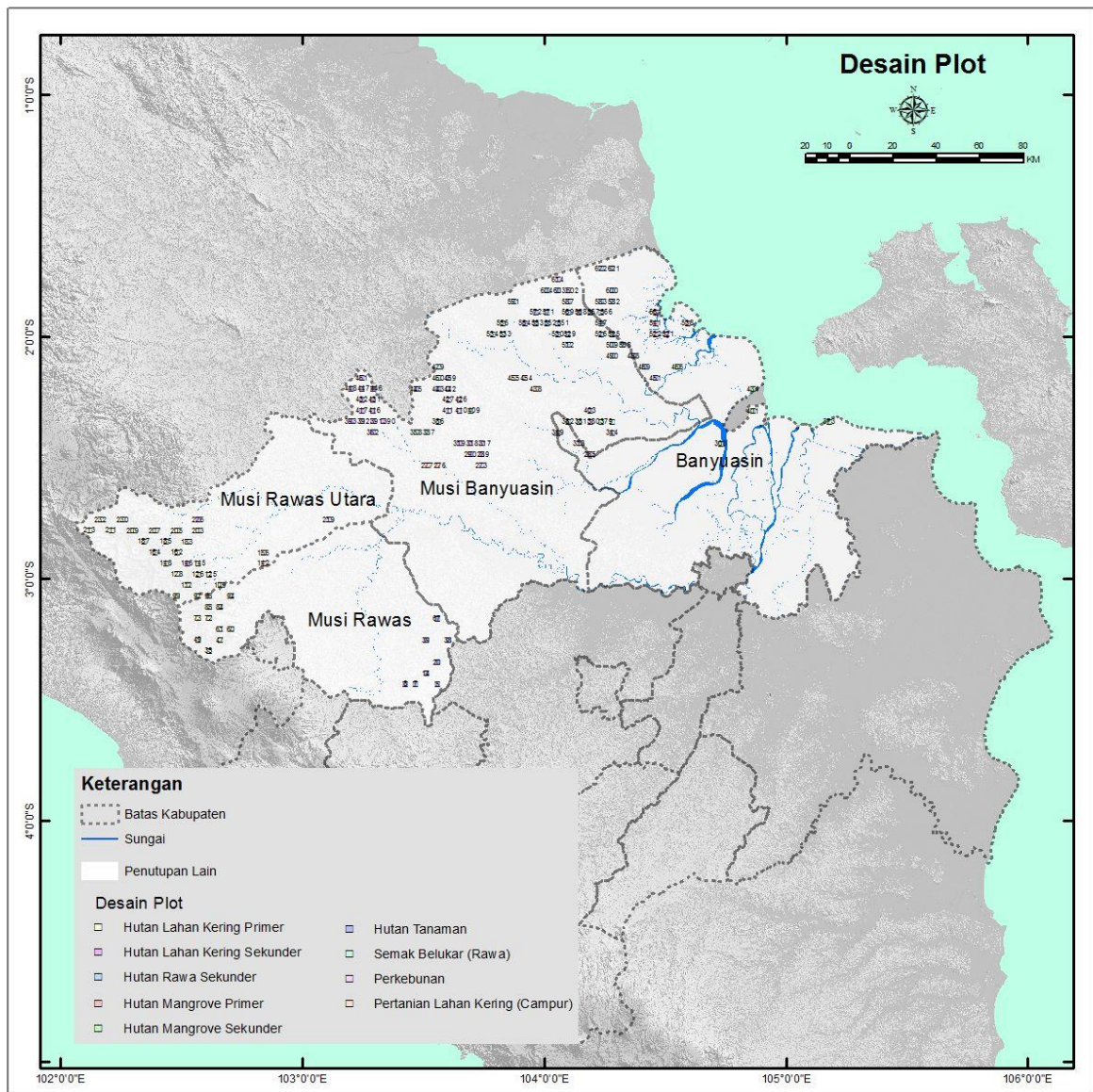
Lampiran 1. Peta sebaran plot-plot contoh di areal studi

a) Sebaran lokasi plot-plot contoh pada tiap stratum



Lampiran 1 (lanjutan)

b) Nomor-nomor plot contoh (lihat Lampiran 2 untuk rinciannya)



Lampiran 2. Rincian lokasi plot-plot contoh di areal studi

No. urut plot	Koordinat geografis	Koordinat UTM	Kabupaten/kota	Penutupan lahan	Jenis tanah	Jenis gambut	Ketebalan gambut (cm)	Ketinggian	Sistem lahan	Pengelola	Nama kawasan	
	Lintang (X)	Bujur (Y)										
1	103.55970	-3.43688	340000	9619997	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	Podsolik	RENDAH	MBI Plain System	PT. MUSI HUTAN PERSADA	HP BENA KAT SEMANGUS
2	103.46970	-3.43673	330000	9619997	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	A. Andisol, Regsol	RENDAH	MBI Plain System	PT. MUSI HUTAN PERSADA	HP BENA KAT SEMANGUS
3	103.42470	-3.43666	325000	9619997	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	A. Andisol, Regsol	RENDAH	MBI Plain System	PT. MUSI HUTAN PERSADA	HP BENA KAT SEMANGUS
4	103.51477	-3.39159	335000	9624997	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	A. Andisol, Regsol	RENDAH	MBI Plain System	PT. MUSI HUTAN PERSADA	HP BENA KAT SEMANGUS
5	103.55983	-3.34643	340000	9629997	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	A. Andisol, Regsol	RENDAH	MBI Plain System	PT. MUSI HUTAN PERSADA	HP BENA KAT SEMANGUS
6	102.61527	-3.29936	234999	9634999	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	A. Latosol, Litosol	TINGGI	TUM Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
7	103.60496	-3.25605	345000	9639997	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	Latosol	RENDAH	MBI Plain System	PT. MUSI HUTAN PERSADA	HP BENA KAT SEMANGUS
8	103.51497	-3.25992	335000	9639997	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	Latosol	RENDAH	MBI Plain System	PT. MUSI HUTAN PERSADA	HP BENA KAT SEMANGUS
9	102.66034	-3.25427	239999	9640000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
10	102.57041	-3.25406	229999	9640000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
11	102.70541	-3.20918	244999	9645000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
12	102.60044	-3.20908	239999	9645000	Musi Rawas	Ht	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	TWI Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
13	103.56009	-3.16555	340000	9649998	Musi Rawas	Ht	Hutan Tanaman	Retzina	RENDAH	MBI Plain System	KERINCI SEBLAT	HP BENA KAT SEMANGUS
14	102.61558	-3.16377	234999	9650000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	TWI Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
15	102.57062	-3.16367	229999	9650000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
16	102.66065	-3.11868	239999	9655000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	TWI Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
17	102.61569	-3.11858	234999	9655000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	A. Litosol, Latosol	RENDAH	TWI Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
18	102.70571	-3.07358	244999	9660000	Musi Rawas	Ht	Hutan Lahan Kering Primer	A. Litosol, Latosol	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
19	102.61579	-3.07338	234999	9660000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Litosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
20	102.57083	-3.07328	229999	9660000	Musi Rawas	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
21	102.48092	-3.07307	219999	9660000	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
22	102.66084	-3.02828	239999	9665000	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	A. Litosol, Latosol	RENDAH	AHK Hilly System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
23	102.52597	-3.02798	224999	9665000	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
24	102.61598	-2.98299	234999	9670000	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	A. Litosol, Latosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
25	102.57103	-2.98289	229999	9670000	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	A. Retzina, Litosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
26	102.48112	-2.98268	219999	9670001	Musi Rawas Utara	Ht	Hutan Lahan Kering Primer	A. Retzina, Litosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
27	102.84087	-2.93825	259999	9675000	Musi Rawas Utara	Pc	Pertanian Lahan Kering Bercampur-Semak	Andisol	RENDAH	MBI Plain System	PT. PARAMITRA MULIA LANGGENG	HPT LAKTAN UTARA
28	102.57113	-2.93769	229999	9675001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	A. Retzina, Litosol	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
29	102.52618	-2.93759	224999	9675001	Musi Rawas Utara	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	A. Retzina, Litosol	RENDAH	BMS Hilly System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
30	102.43628	-2.93738	214999	9675001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
31	102.84095	-2.89305	259999	9680000	Musi Rawas Utara	Pc	Pertanian Lahan Kering Bercampur-Semak	A. Glei Humus	RENDAH	MBI Plain System	PT. PARAMITRA MULIA LANGGENG	HP LAKTAN UTARA
32	102.48133	-2.89230	219999	9680001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
33	102.39144	-2.89209	209999	9680001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
34	102.52637	-2.89220	224999	9685001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	RENDAH	AHK Hilly System	KERINCI SEBLAT	HPT RAWAS LAKTAN
35	102.43648	-2.89470	214999	9685001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
36	102.34660	-2.94680	204999	9685001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	RENDAH	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
37	102.57141	-2.80210	229999	9690001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	A. Litosol, Latosol	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
38	102.48152	-2.80191	219999	9690001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	RENDAH	AHK Hilly System	KERINCI SEBLAT	HPT RAWAS LAKTAN
39	102.39164	-2.80171	209999	9690001	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	BGA Hilly System	KERINCI SEBLAT	HPT RAWAS LAKTAN
40	102.30176	-2.80150	199999	9690002	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	RENDAH	BGA Hilly System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
41	102.21189	-2.80129	189999	9690002	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
42	102.12203	-2.80107	179999	9690002	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
43	103.11095	-2.75790	290000	9695000	Musi Rawas Utara	Pk	Perkebunan	A. Glei Humus	RENDAH	MBI Plain System	HP LAKTAN UTARA	HP LAKTAN UTARA
44	102.57151	-2.75691	229999	9695001	Musi Rawas Utara	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	Aluvial, Hidromorf	RENDAH	SAR Plain System	HP RAWAS LAKTAN	HP RAWAS LAKTAN
45	102.25693	-2.75621	194999	9695002	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Latosol	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
46	102.16706	-2.75600	184999	9695002	Musi Rawas Utara	Hp	Hutan Lahan Kering Primer	Podsolik	TINGGI	BBC Plateau & Mountain System	KERINCI SEBLAT	TN KERINCI SEBLAT
47	103.74074	-2.53263	360000	9719999	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	Aluvial, Hidromorf	RENDAH	SAR Plain System	SM DANGKUI	SM DANGKUI
48	103.56087	-2.53243	340000	9719999	Musi Banyuwasin	Pc	Pertanian Lahan Kering Bercampur-Semak	Aluvial, Hidromorf	RENDAH	MBI Plain System	HP MERANTI SUNGAI MERAH	HP MERANTI SUNGAI MERAH
49	103.51591	-2.53238	335000	9719999	Musi Banyuwasin	Pc	Pertanian Lahan Kering Bercampur-Semak	Aluvial, Hidromorf	RENDAH	MBI Plain System	HP MERANTI SUNGAI MERAH	HP MERANTI SUNGAI MERAH
50	104.19046	-2.48777	410000	9724998	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	Aluvial, Hidromorf	RENDAH	KHY Alluvial Plain	HPK SUNGAI LILIN -BERTAK	HPK SUNGAI LILIN -BERTAK

Lampiran 2 (lanjutan)

No. urut	No. plot	Koordinat geografis	Koordinat UTM	Kabupaten/kota	Penutupan lahan	Jenis tanah	Jenis gambut	Ketebalan gambut (cm)	Ketinggian	Sistem lahan	Pengelola	Nama Kawasan
51	289	103.74078	-2.48740	360000	9724999	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	SM DANGKUI
52	290	103.09581	-2.48736	355000	9724999	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	SM DANGKUI
53	308	104.73016	-2.44276	470001	9729997	Banyuwasin	Hms	Hutan Mangrove Sekunder	RENDAH	KIP	Tidal Flat	HL PULAU RIMAU
54	313	104.14552	-2.44250	405000	9729998	Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	MBI	Plain System	HPK SUNGAI LILIN - BERTAK
55	317	103.74082	-2.44217	360000	9729999	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	MBI	Plain System	SM DANGKUI
56	318	103.09586	-2.44213	355000	9729999	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	MBI	Plain System	SM DANGKUI
57	319	103.65089	-2.44209	350000	9729999	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	SM DANGKUI
58	344	104.28046	-2.39735	420000	9734998	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	KHY	Alluvial Plain	HPK SUNGAI LILIN - BERTAK
59	349	104.05562	-2.39721	395000	9734998	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	MBI	Plain System	HPK SUNGAI LILIN - BERTAK
60	357	103.51606	-2.39672	335000	9735000	Musi Banyuwasin	B	Semak Belukar	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
61	358	103.47110	-2.39667	330000	9735000	Musi Banyuwasin	B	Semak Belukar	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
62	362	104.02518	-2.39645	310000	9735000	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
63	373	105.17990	-2.35231	520001	9739996	Banyuwasin	Hms	Hutan Mangrove Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HL MUARA SALEH
64	378	104.28048	-2.35212	420000	9739998	Musi Banyuwasin	Br	Semak Belukar Rawa	RENDAH	KHY	Alluvial Plain	HP MANGSANG MENDIS
65	379	104.23551	-2.35209	415000	9739998	Musi Banyuwasin	Br	Semak Belukar Rawa	RENDAH	MBI	Plain System	HP MANGSANG MENDIS
66	380	104.19055	-2.35207	410000	9739998	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	MBI	Plain System	HP MANGSANG MENDIS
67	381	104.14558	-2.35204	405000	9739998	Musi Banyuwasin	B	Semak Belukar	RENDAH	MBI	Plain System	SM BENTAYAN
68	382	104.10061	-2.35201	400000	9739998	Musi Banyuwasin	B	Semak Belukar	RENDAH	MBI	Plain System	SM BENTAYAN
69	386	103.56107	-2.35154	340000	9740000	Musi Banyuwasin	B	Semak Belukar	RENDAH	SAR	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
70	390	103.33629	-2.35129	315000	9740000	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
71	391	103.29134	-2.35123	310000	9740000	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
72	392	103.24639	-2.35118	305000	9740001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	MBI	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
73	393	103.20144	-2.35112	300000	9740001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
74	401	104.86510	-2.30708	485001	9744997	Banyuwasin	Hms	Hutan Mangrove Sekunder	RENDAH	KIP	Tidal Flat	HL AIR TELANG
75	403	104.19057	-2.30684	410000	9744998	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	MBI	Plain System	HP MANGSANG MENDIS
76	409	103.09598	-2.30646	355000	9745000	Musi Banyuwasin	B	Semak Belukar	RENDAH	SAR	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
77	410	103.65103	-2.30641	350000	9745000	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	MBI	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
78	411	103.60607	-2.30637	345000	9745000	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	SAR	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
79	416	103.29139	-2.30602	310000	9745001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
80	417	103.24644	-2.30596	305000	9745001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
81	426	103.65107	-2.26119	350000	9750000	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	MBI	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
82	427	103.60611	-2.26114	345000	9750000	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	SAR	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
83	431	103.29145	-2.26080	310000	9750001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
84	432	103.24650	-2.26074	305000	9750001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
85	434	104.86511	-2.21660	485001	9754997	Banyuwasin	Hms	Hutan Mangrove Sekunder	RENDAH	KIP	Tidal Flat	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
86	438	103.96581	-2.21623	385000	9754999	Musi Banyuwasin	Pt	Pertanian Lahan Kering	RENDAH	MBI	Plain System	HP MANGSANG MENDIS
87	442	103.60616	-2.21592	345000	9755000	Musi Banyuwasin	Pk	Perkebunan	RENDAH	SAR	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
88	443	103.56120	-2.21588	340000	9755000	Musi Banyuwasin	Ht	Hutan Tanaman	RENDAH	MBI	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
89	445	103.47130	-2.21578	330000	9755000	Musi Banyuwasin	Ht	Hutan Tanaman	RENDAH	SAR	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
90	446	103.29150	-2.21558	310000	9755001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
91	447	103.24655	-2.21553	305000	9755001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
92	448	103.20161	-2.21547	299999	9755001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	SAR	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
93	451	104.46042	-2.17127	440001	9759998	Banyuwasin	Ht	Hutan Tanaman	RENDAH	KHY	Alluvial Plain	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
94	454	103.92089	-2.17096	380000	9759999	Musi Banyuwasin	Pt	Pertanian Lahan Kering Bercampur Semak	RENDAH	MBI	Plain System	HP MANGSANG MENDIS
95	455	103.97593	-2.17093	375000	9760000	Musi Banyuwasin	Pt	Pertanian Lahan Kering	RENDAH	SAR	Plain System	HP MANGSANG MENDIS
96	459	103.60620	-2.17070	345000	9760000	Musi Banyuwasin	Ht	Hutan Tanaman	RENDAH	MBI	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
97	460	103.56124	-2.17065	340000	9760000	Musi Banyuwasin	B	Semak Belukar	RENDAH	SAR	Plain System	HP MERANTI SUNGAI BAYAT
98	461	103.24661	-2.17031	305000	9760001	Musi Banyuwasin	Hs	Hutan Lahan Kering Sekunder	RENDAH	MBI	Plain System	HPT MERANTI SUNGAI KAPAS
99	466	104.55036	-2.12606	450001	9764998	Banyuwasin	Hms	Hutan Mangrove Sekunder	RENDAH	KIP	Tidal Flat	HP LALAN
100	469	104.41548	-2.12601	435000	9764998	Banyuwasin	Ht	Hutan Tanaman	RENDAH	KHY	Alluvial Plain	HP LALAN

Lampiran 2 (lanjutan)

No. urut	No. plot	Koordinat geografis Lintang (X)	Bujur (Y)	Koordinat UTM X	Y	Kabupaten/ kota	Penutupan lahan	Jenis tanah	Jenis gambut	Ketebalan gambut (cm)	Ketinggian	Sistem lahan	Pengelola	Nama kawasan	
101	479	103.56729	-2.12543	340000	9765000	Musi Banyuwasin	B Semak Belukar	Aluvial, Hidromorf			REND/ AH	SAR	Plain System	HP	MERANTI SUNGAI BAYAT
102	488	104.37053	-2.08076	430000	9769999	Banyuwasin	Ht Hutan Tanaman	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	GBT	Swamp	HP	LALAN
103	490	104.28061	-2.08072	420000	9769999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	GBT	Swamp	HP	LALAN
104	508	104.32559	-2.03551	425000	9774999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	GBT	Swamp	HP	LALAN
105	509	104.28063	-2.03549	420000	9774999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	GBT	Swamp	HP	LALAN
106	512	104.10080	-2.03539	400000	9774999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
107	521	104.50544	-1.99034	445000	9779998	Banyuwasin	Hmp Hutan Mangrove Primer	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KJP	Tidal Flat	TN	SEMBILANG
108	522	104.46048	-1.99033	440000	9779999	Banyuwasin	Hmp Hutan Mangrove Primer	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KJP	Tidal Flat	TN	SEMBILANG
109	525	104.28065	-1.99025	420000	9779999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	GBT	Swamp	HP	LALAN
110	526	104.23569	-1.99023	415000	9779999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
111	529	104.10083	-1.99016	400000	9779999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
112	530	104.05587	-1.99013	395000	9780000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
113	533	103.83110	-1.98998	370000	9780000	Musi Banyuwasin	Br Semak Belukar Rawa	A. Giel Humus	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KHY	Aluvial Plain	HP	LALAN
114	534	103.78615	-1.98995	365000	9780000	Musi Banyuwasin	Br Semak Belukar Rawa	A. Giel Humus	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KHY	Aluvial Plain	HP	LALAN
115	538	104.59537	-1.94513	455001	9784998	Banyuwasin	Hmp Hutan Mangrove Primer	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KJP	Tidal Flat	TN	Pulau Alang Gantang
116	541	104.46050	-1.94509	440000	9784999	Banyuwasin	Hmp Hutan Mangrove Primer	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KJP	Tidal Flat	TN	SEMBILANG
117	547	104.23571	-1.94500	415000	9784999	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MBI	Plain System	HP	LALAN
118	551	104.05590	-1.94490	395000	9785000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
119	552	104.01094	-1.94487	390000	9785000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
120	553	103.96599	-1.94485	385000	9785000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
121	554	103.92104	-1.94482	380000	9785000	Musi Banyuwasin	Ht Hutan Tanaman	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
122	556	103.83113	-1.94476	370000	9785000	Musi Banyuwasin	Br Semak Belukar Rawa	A. Giel Humus	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KHY	Aluvial Plain	HP	LALAN
123	561	104.46051	-1.89985	440000	9789999	Banyuwasin	Hmp Hutan Mangrove Primer	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	KJP	Tidal Flat	TN	SEMBILANG
124	566	104.23573	-1.89976	415000	9789999	Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MBI	Plain System	HP	LALAN
125	567	104.19078	-1.89974	410000	9790000	Musi Banyuwasin	Ht Hutan Tanaman	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
126	568	104.14583	-1.89972	405000	9790000	Musi Banyuwasin	Ht Hutan Tanaman	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
127	569	104.10087	-1.89970	400000	9790000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
128	571	104.01097	-1.89964	390000	9790000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
129	572	103.96602	-1.89962	385000	9790000	Musi Banyuwasin	Ht Hutan Tanaman	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
130	582	104.28071	-1.85455	420000	9794999	Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	TN	SEMBILANG
131	583	104.23575	-1.85453	415000	9795000	Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	TN	SEMBILANG
132	587	104.10090	-1.85446	400000	9795000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
133	591	103.87614	-1.85433	375000	9795000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
134	600	104.28073	-1.80932	420000	9800000	Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	A. Giel Humus, Organosol	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	TN	SEMBILANG
135	602	104.10092	-1.80923	400000	9800000	Musi Banyuwasin	PK Perkebunan	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
136	603	104.05597	-1.80921	395000	9800000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
137	604	104.01102	-1.80918	390000	9800000	Musi Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Aluvial, Hidromorf	Hemists/Saprists	100-200	REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
138	614	104.05599	-1.76398	395000	9805000	Musi Banyuwasin	PK Perkebunan	Troposprists			REND/ AH	MDW	Swamp	HP	LALAN
139	621	104.28076	-1.71885	420000	9810000	Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Tropohemist			REND/ AH	MDW	Swamp	TN	SEMBILANG
140	622	104.23581	-1.71883	415000	9810000	Banyuwasin	Hrs Hutan Rawa Sekunder	Tropohemist			REND/ AH	MDW	Swamp	TN	SEMBILANG

Lampiran 3. Jarak lapang pada berbagai sudut kemiringan dan jarak datar

Kemiringan α (%)	α (°)	Jarak lapang untuk 8 macam jarak datar (m)								Kemiringan α (%)	α (°)	Jarak lapang untuk 8 macam jarak datar (m)							
		1	2	5	7.98	10	11.29	20	50			1	2	5	7.98	10	11.29	20	50
1	0.6	1.00	2.00	5.00	7.98	10.00	11.29	20.00	50.00	66	33.4	1.20	2.40	5.99	9.56	11.98	13.53	23.96	59.91
2	1.1	1.00	2.00	5.00	7.98	10.00	11.29	20.00	50.01	67	33.8	1.20	2.41	6.02	9.61	12.04	13.59	24.07	60.19
3	1.7	1.00	2.00	5.00	7.98	10.00	11.30	20.01	50.02	68	34.2	1.21	2.42	6.05	9.65	12.09	13.65	24.19	60.46
4	2.3	1.00	2.00	5.00	7.99	10.01	11.30	20.02	50.04	69	34.6	1.21	2.43	6.07	9.70	12.15	13.72	24.30	60.75
5	2.9	1.00	2.00	5.01	7.99	10.01	11.30	20.02	50.06	70	35.0	1.22	2.44	6.10	9.74	12.21	13.78	24.41	61.03
6	3.4	1.00	2.00	5.01	7.99	10.02	11.31	20.04	50.09	71	35.4	1.23	2.45	6.13	9.79	12.26	13.85	24.53	61.32
7	4.0	1.00	2.00	5.01	8.00	10.02	11.32	20.05	50.12	72	35.8	1.23	2.46	6.16	9.83	12.32	13.91	24.64	61.61
8	4.6	1.00	2.01	5.02	8.01	10.03	11.33	20.06	50.16	73	36.1	1.24	2.48	6.19	9.88	12.38	13.98	24.76	61.91
9	5.1	1.00	2.01	5.02	8.01	10.04	11.34	20.08	50.20	74	36.5	1.24	2.49	6.22	9.93	12.44	14.05	24.88	62.20
10	5.7	1.00	2.01	5.02	8.02	10.05	11.35	20.10	50.25	75	36.9	1.25	2.50	6.25	9.98	12.50	14.11	25.00	62.50
11	6.3	1.01	2.01	5.03	8.03	10.06	11.36	20.12	50.30	76	37.2	1.26	2.51	6.28	10.02	12.56	14.18	25.12	62.80
12	6.8	1.01	2.01	5.04	8.04	10.07	11.37	20.14	50.36	77	37.6	1.26	2.52	6.31	10.07	12.62	14.25	25.24	63.11
13	7.4	1.01	2.02	5.04	8.05	10.08	11.39	20.17	50.42	78	38.0	1.27	2.54	6.34	10.12	12.68	14.32	25.36	63.41
14	8.0	1.01	2.02	5.05	8.06	10.10	11.40	20.20	50.49	79	38.3	1.27	2.55	6.37	10.17	12.74	14.39	25.49	63.72
15	8.5	1.01	2.02	5.06	8.07	10.11	11.42	20.22	50.56	80	38.7	1.28	2.56	6.40	10.22	12.81	14.46	25.61	64.03
16	9.1	1.01	2.03	5.06	8.08	10.13	11.43	20.25	50.64	81	39.0	1.29	2.57	6.43	10.27	12.87	14.53	25.74	64.34
17	9.6	1.01	2.03	5.07	8.09	10.14	11.45	20.29	50.72	82	39.4	1.29	2.59	6.47	10.32	12.93	14.60	25.86	64.66
18	10.2	1.02	2.03	5.08	8.11	10.16	11.47	20.32	50.80	83	39.7	1.30	2.60	6.50	10.37	13.00	14.67	25.99	64.98
19	10.8	1.02	2.04	5.09	8.12	10.18	11.49	20.36	50.89	84	40.0	1.31	2.61	6.53	10.42	13.06	14.74	26.12	65.30
20	11.3	1.02	2.04	5.10	8.14	10.20	11.51	20.40	50.99	85	40.4	1.31	2.62	6.56	10.47	13.12	14.82	26.25	65.62
21	11.9	1.02	2.04	5.11	8.15	10.22	11.54	20.44	51.09	86	40.7	1.32	2.64	6.59	10.53	13.19	14.89	26.38	65.95
22	12.4	1.02	2.05	5.12	8.17	10.24	11.56	20.48	51.20	87	41.0	1.33	2.65	6.63	10.58	13.25	14.96	26.51	66.27
23	13.0	1.03	2.05	5.13	8.19	10.26	11.58	20.52	51.31	88	41.3	1.33	2.66	6.66	10.63	13.32	15.04	26.64	66.60
24	13.5	1.03	2.06	5.14	8.21	10.28	11.61	20.57	51.42	89	41.7	1.34	2.68	6.69	10.68	13.39	15.11	26.77	66.93
25	14.0	1.03	2.06	5.15	8.23	10.31	11.64	20.62	51.54	90	42.0	1.35	2.69	6.73	10.74	13.45	15.19	26.91	67.27
26	14.6	1.03	2.07	5.17	8.25	10.33	11.67	20.66	51.66	91	42.3	1.35	2.70	6.76	10.79	13.52	15.26	27.04	67.60
27	15.1	1.04	2.07	5.18	8.27	10.36	11.69	20.72	51.79	92	42.6	1.36	2.72	6.79	10.84	13.59	15.34	27.18	67.94
28	15.6	1.04	2.08	5.19	8.29	10.38	11.72	20.77	51.92	93	42.9	1.37	2.73	6.83	10.90	13.66	15.42	27.31	68.28
29	16.2	1.04	2.08	5.21	8.31	10.41	11.76	20.82	52.06	94	43.2	1.37	2.74	6.86	10.95	13.72	15.49	27.45	68.62
30	16.7	1.04	2.09	5.22	8.33	10.44	11.79	20.88	52.20	95	43.5	1.38	2.76	6.90	11.01	13.79	15.57	27.59	68.97
31	17.2	1.05	2.09	5.23	8.35	10.47	11.82	20.94	52.35	96	43.8	1.39	2.77	6.93	11.06	13.86	15.65	27.72	69.31
32	17.7	1.05	2.10	5.25	8.38	10.50	11.85	21.00	52.50	97	44.1	1.39	2.79	6.97	11.12	13.93	15.73	27.86	69.66
33	18.3	1.05	2.11	5.27	8.40	10.53	11.89	21.06	52.65	98	44.4	1.40	2.80	7.00	11.17	14.00	15.81	28.00	70.01
34	18.8	1.06	2.11	5.28	8.43	10.56	11.92	21.12	52.81	99	44.7	1.41	2.81	7.04	11.23	14.07	15.89	28.14	70.36
35	19.3	1.06	2.12	5.30	8.45	10.59	11.96	21.19	52.97	100	45.0	1.41	2.83	7.07	11.29	14.14	15.97	28.28	70.71
36	19.8	1.06	2.13	5.31	8.48	10.63	12.00	21.26	53.14	101	45.3	1.42	2.84	7.11	11.34	14.21	16.05	28.43	71.07
37	20.3	1.07	2.13	5.33	8.51	10.66	12.04	21.33	53.31	102	45.6	1.43	2.86	7.14	11.40	14.28	16.13	28.57	71.42
38	20.8	1.07	2.14	5.35	8.54	10.70	12.08	21.40	53.49	103	45.8	1.44	2.87	7.18	11.46	14.36	16.21	28.71	71.78
39	21.3	1.07	2.15	5.37	8.57	10.73	12.12	21.47	53.67	104	46.1	1.44	2.89	7.21	11.51	14.43	16.29	28.86	72.14
40	21.8	1.08	2.15	5.39	8.59	10.77	12.16	21.54	53.85	105	46.4	1.45	2.90	7.25	11.57	14.50	16.37	29.00	72.50
41	22.3	1.08	2.16	5.40	8.62	10.81	12.20	21.62	54.04	106	46.7	1.46	2.91	7.29	11.63	14.57	16.45	29.15	72.86
42	22.8	1.08	2.17	5.42	8.66	10.85	12.25	21.69	54.23	107	46.9	1.46	2.93	7.32	11.69	14.65	16.53	29.29	73.23
43	23.3	1.09	2.18	5.44	8.69	10.89	12.29	21.77	54.43	108	47.2	1.47	2.94	7.36	11.75	14.72	16.62	29.44	73.59
44	23.7	1.09	2.19	5.46	8.72	10.93	12.33	21.85	54.63	109	47.5	1.48	2.96	7.40	11.80	14.79	16.70	29.58	73.96
45	24.2	1.10	2.19	5.48	8.75	10.97	12.38	21.93	54.83	110	47.7	1.49	2.97	7.43	11.86	14.87	16.78	29.73	74.33
46	24.7	1.10	2.20	5.50	8.78	11.01	12.43	22.01	55.04	111	48.0	1.49	2.99	7.47	11.92	14.94	16.87	29.88	74.70
47	25.2	1.10	2.21	5.52	8.82	11.05	12.47	22.10	55.25	112	48.2	1.50	3.00	7.51	11.98	15.01	16.95	30.03	75.07
48	25.6	1.11	2.22	5.55	8.85	11.09	12.52	22.18	55.46	113	48.5	1.51	3.02	7.54	12.04	15.09	17.04	30.18	75.45
49	26.1	1.11	2.23	5.57	8.89	11.14	12.57	22.27	55.68	114	48.7	1.52	3.03	7.58	12.10	15.16	17.12	30.33	75.82
50	26.6	1.12	2.24	5.59	8.92	11.18	12.62	22.36	55.90	115	49.0	1.52	3.05	7.62	12.16	15.24	17.21	30.48	76.20
51	27.0	1.12	2.25	5.61	8.96	11.23	12.67	22.45	56.13	116	49.2	1.53	3.06	7.66	12.22	15.32	17.29	30.63	76.58
52	27.5	1.13	2.25	5.64	8.99	11.27	12.73	22.54	56.36	117	49.5	1.54	3.08	7.70	12.28	15.39	17.38	30.78	76.96
53	27.9	1.13	2.26	5.66	9.03	11.32	12.78	22.64	56.59	118	49.7	1.55	3.09	7.73	12.34	15.47	17.46	30.93	77.34
54	28.4	1.14	2.27	5.68	9.07	11.36	12.83	22.73	56.82	119	50.0	1.55	3.11	7.77	12.40	15.54	17.55	31.09	77.72
55	28.8	1.14	2.28	5.71	9.11	11.41	12.88	22.83	57.06	120	50.2	1.56	3.12	7.81	12.47	15.62	17.64	31.24	78.10
56	29.2	1.15	2.29	5.73	9.15	11.46	12.94	22.92	57.31	121	50.4	1.57	3.14	7.85	12.53	15.70	17.72	31.39	78.49
57	29.7	1.15	2.30	5.76	9.19	11.51	13.00	23.02	57.55	122	50.7	1.58	3.15	7.89	12.59	15.77	17.81	31.55	78.87
58	30.1	1.16	2.31	5.78	9.23	11.56	13.05	23.12	57.80	123	50.9	1.59	3.17	7.93	12.65	15.85	17.90	31.70	79.26
59	30.5	1.16	2.32	5.81	9.27	11.61	13.11	23.22	58.05	124	51.1	1.59	3.19	7.96	12.71	15.93	17.98	31.86	79.65
60	31.0	1.17	2.33	5.83	9.31	11.66	13.17	23.32	58.31	125	51.3	1.60	3.20	8.00	12.77	16.01	18.07	32.02	80.04
61	31.4	1.17	2.34	5.86	9.35	11.71	13.22	23.43	58.57	126	51.6	1.61	3.22	8.04	12.84	16.09	18.16	32.17	80.43
62	31.8	1.18	2.35	5.88	9.39	11.77	13.28	23.53	58.83	127	51.8	1.62	3.23	8.08	12.90	16.16	18.25	32.33	80.82
63	32.2	1.18	2.36	5.91	9.43	11.82	13.34	23.64	59.10	128	52.0	1.62	3.25	8.12	12.96	16.24	18.34	32.49	81.22
64	32.6	1.19	2.37	5.94	9.47	11.87	1												

Lampiran 4.

Tally-sheet Pembuatan dan Pengamatan Plot Contoh Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan

T1

1. INFORMASI UMUM PLOT:

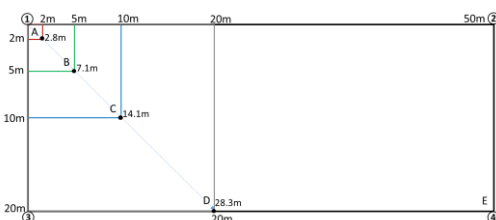
- 1.1. Nomor plot (sesuai peta) :
- 1.2. Koordinat plot (UTM) : Easting (X)
Northing (Y)
- 1.3. Alasan jika terjadi pergeseran :
titik koordinat plot
- 1.4. Kesalahan/error GPS (m) :
- 1.5. Ketinggian tempat (mdpl) :
- 1.6. Kelerengan plot (%) :
- 1.7. Aspek *) : U/S/T/B/UT/TS/SB/BU/Datar
- 1.8. Tipe tanah *) : Clay/loam/sandy/boulder/peat

2. INFORMASI WAKTU DAN TIM SURVEI:

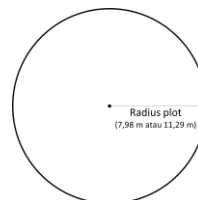
- 2.1. Tanggal survei (hr/bl/th) :
- 2.2. Jam pengukuran :
- 2.3. Nama ketua regu :
- 2.4. Nama anggota regu :
:
:
:
- 2.5. Nama pencatat data :

3. INFORMASI BENTUK DAN LUAS PLOT: *)

3.1. Plot persegi panjang (hutan alam)



3.2. Plot lingkaran (hutan tanaman)



3.2.1. Umur: th

3.2.2. Luas plot: *)

a) 0.02 ha (< 4th)

b) 0.04 ha (≥ 4 th)

(Jarak yang tertera pada kedua gambar adalah jarak datar. Lakukan koreksi jarak jika kelerengan lapangan >20%)

4. INFORMASI LOKASI PLOT:

- 4.1. Stratum awal (sesuai peta) :
- 4.2. Tipe hutan/tutupan lahan :
- 4.3. Desa/kecamatan/kabupaten :
- 4.4. Pengelola kawasan hutan :
- 4.5. Jelaskan jika terjadi perbedaan stratum, tipe hutan, atau tutupan lahan antara peta dan lapangan:

5. INFORMASI KEADAAN SEKITAR PLOT:

- 5.1. Kebakaran : Ya / Tidak *)
- 5.2. Penggembalaan : Ya / Tidak *)
- 5.3. Penebangan kayu : Ya / Tidak *)
- 5.4. Perladangan : Ya / Tidak *)
- 5.5. Erosi tanah : Ya / Tidak *)
Jika ya, tipe erosi : 1.Lembar / 2.Alur / 3.Parit / 4.Tebing sungai / 5.Longsor / 6.Internal **)
- 5.6. Deskripsi keadaan sekitar plot:
- 5.7. Nomor foto di kamera:
(memperlihatkan kondisi tegakan dan tanah)

6. INFORMASI TAMBAHAN (sesuai pelaksanaan survei, termasuk hal-hal terkait pengumpulan data pada tally-sheet lainnya):

.....

.....

.....

*) Lingkariilah pilihan yang paling sesuai

***) Lingkariilah tipe erosi yang dijumpai dengan ciri-ciri sebagai berikut (Arsyad 2010):

- Erosi lembar (*sheet / interrill erosion*): pengangkutan lapisan tanah yang merata tebalnya dari suatu permukaan bidang tanah.
- Erosi alur (*rill erosion*): erosi yang terjadi jika air terkonsentrasi dan mengalir pada tempat-tempat tertentu di permukaan tanah, sehingga proses penggerusan banyak terjadi pada tempat tersebut yang kemudian membentuk alur-alur.
- Erosi parit (*gully erosion*): erosi yang terjadi hampir sama dengan erosi alur. Aliran permukaan dengan volume yang lebih besar terkonsentrasi pada satu cekungan sehingga menyebabkan kemampuannya untuk menggerus menjadi sangat besar dan mampu membentuk parit yang dalam dan lebar yang tidak dapat dihilangkan hanya dengan pengolahan tanah biasa. Erosi parit dimulai ketika ukuran lebar alur sudah mencapai 40 cm dan kedalaman mencapai 30 cm.
- Erosi tebing sungai (*stream bank erosion*): erosi yang terjadi karena adanya terjalangan air dari atas sungai atau karena adanya terjalangan air pada aliran yang berbelok.
- Erosi longsor (*landslide*): erosi yang terjadi pada saat pengangkatan atau pemindahan lapisan tanah dalam volume yang sangat besar dalam waktu yang bersamaan.
- Erosi internal: erosi yang terjadi karena adanya penurunan partikel-partikel tanah dan masuk ke dalam pori-pori lapisan tanah di bawahnya.

Lampiran 9.

Tally-sheet Pengukuran Contoh Tanah Mineral, Mangrove, Gambut

T6 Survei Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Flora di Sumatera Selatan

Nomor plot (sesuai peta) :	Tanggal survei :
Luas plot utama (ha) :	Nama pencatat data :
Stratum awal (sesuai peta) :	Catatan penting:
Tipe hutan/tutupan lahan :
<i>(catatan: bagian ini diisi sesuai tally-sheet T1)</i>	

Pengukuran tanah MINERAL:

No.	Kedalaman	Nomor kantong contoh tanah terganggu ¹⁾	Contoh tanah utuh ²⁾	
			Nomor kantong	Volume (cm ³)
1	0 – 10 cm			
2	10 – 20 cm			
3	20 – 30 cm			

1) Contoh tanah terganggu untuk penentuan konsentrasi karbon

2) Contoh tanah utuh untuk penentuan berat isi (*bulk density*)

Pengukuran tanah ORGANIK: Mangrove / Gambut

No.	Kedalaman	Nomor kantong	Volume (cm ³) contoh tanah utuh ²⁾	Tingkat kematangan gambut (S / H / F) ³⁾
1	0 – 40 cm			
2	40 – 100 cm			
3	100 – 150 cm			
4	150 – 200 cm			
5	200 – 250 cm			
6	250 – 300 cm			

1) Contoh tanah terganggu untuk penentuan konsentrasi karbon

2) Contoh tanah utuh untuk penentuan berat isi (*bulk density*)

3) Untuk tanah gambut, isilah S (saprik) jika matang, H (hemik) jika setengah matang, atau F (fibrik) jika mentah

Published by:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Kantor Terdaftar
Bonn dan Eshborn, Jerman

BIOCLIME
Biodiversity and Climate Change

Kantor Jakarta:
GIZ ICCTF/GE LAMA I
Gedung Wisma Bakrie II. 5th Floor Ruang ICCTF
Jl. HR Rasuna Said Kavling B-2
Jakarta Selatan 12920
Tel.: +62-21-9796 7614
Fax.: +62-21-5794 5739

Kantor Palembang :
Jl. Jend. Sudirman No. 2837
KM. 3,5 Palembang
Tel.: +62-711-353176
Fax.: +62-711-353176

Penulis: Tatang Tiryana, Teddy Rusolono, Judin Purwanto dan Hendi Sumantri

Kredit foto: BIOCLIME dan BP2LHK Palembang

I www.bioclimate.org
E bioclimate@giz.de
FB Bioclimate

ISBN 978-602-61563-1-4

