

# Pengukuran Emisi Karbon di Kawasan Hutan Rawa Gambut Merang

Solichin

Merang REDD Pilot Project - Jl. Jenderal Sudirman Km 3,5 Palembang- [solichin@merang-redd.org](mailto:solichin@merang-redd.org)

## 1. Pendahuluan

Pada tahun 2008, pihak gtz-Jerman mengajukan usulan untuk menjaga kelestarian hutan rawa gambut Merang yang tersisa melalui program *Reducing Emissions from Deforestation and Degradation* (REDD) kepada pihak Kementerian Lingkungan Hidup Jerman. Pemerintah kabupaten menyetujui dan memberikan rekomendasi areal seluas **24 ribu hektar** di kawasan hutan Merang, yang merupakan bagian dari Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi (KPHP) Lalan untuk dikelola mengikuti mekanisme REDD. Hampir setengah dari areal ini telah terdegradasi akibat penebangan liar dan kebakaran, sementara setengah lainnya masih berada dalam kondisi hutan sekunder yang masih alami.

Salah satu persyaratan di dalam mengikuti mekanisme perdagangan karbon, adalah dengan menghitung potensi karbon yang dapat dihindari dengan adanya program REDD tersebut. Untuk itu perhitungan cadangan karbon dan potensi emisi dengan scenario tanpa dan dengan proyek, perlu dilakukan secara sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan. Untuk penghitungan cadangan karbon, perlu dilakukan inventarisasi yang mengukur potensi karbon dari berbagai sumber karbon (*carbon pool*) yang ada di hutan. Selain itu perlu juga dilakukan monitoring secara berkala dengan melakukan pengukuran pada petak ukur permanen. Kombinasi dengan pendekatan penginderaan jauh dapat membantu memudahkan proses pendugaan dan pemantauan karbon.

Makalah ini akan membahas bagaimana pengukuran karbon dilakukan pada tingkat pohon hingga tingkat lansekap. Serta bagaimana penghitungan emisi yang dapat dihindari dilakukan menggunakan analisa proyeksi perubahan tutupan lahan dari berbagai skenario kebijakan dan potensi ancaman kebocoran.

## 2. Metodologi

### 2.1. Lokasi

Kawasan hutan produksi Lalan berada di Kecamatan Bayung Lencir Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. Lebih dari 50% merupakan satu-satunya hutan gambut alami yang masih tersisa di Sumatera Selatan. Kawasan ini sebelumnya menjadi konsesi beberapa perusahaan perusahaan hutan (HPH) dengan sistem tebang pilih. Sehingga sebagian besar merupakan kawasan hutan bekas tebangan. Sejak tahun 2000, hampir semua perusahaan HPH tidak beroperasi lagi di kawasan ini. Hal ini menyebabkan kegiatan penebangan liar mulai marak dilakukan oleh masyarakat setempat dan juga pendatang, karena tidak adanya upaya pengamanan hutan yang sebelumnya dilakukan oleh pihak perusahaan. Ditambah lagi, dengan adanya kebijakan pemerintah terkait dengan pengembangan hutan tanaman industri secara besar-besaran, menyebabkan kawasan hutan alam gambut ini terancam rusak dan tergantikan.

### 2.2. Data

Makalah ini didasari atas dua kajian yang dilakukan secara terpisah dan menggunakan data yang belum terintegrasi. Kajian pertama adalah pengukuran cadangan karbon di kawasan 24 ribu hektar untuk mendapatkan tingkat keakurasian yang tinggi sesuai dengan Tier 3. Sedangkan kajian kedua, dilakukan untuk memperkirakan jumlah emisi karbon di masa depan

berdasarkan berbagai skenario perubahan tutupan lahan pada kawasan hutan rawa gambut Merang Kepayang (Ruecker, *et al.* 2009).

### 2.3. Penghitungan Karbon Pohon

Karbon pohon merupakan salah satu sumber karbon yang sangat penting pada ekosistem hutan, karena sebagian besar karbon hutan berasal dari biomasa pohon. Tabel volume biomasa atau persamaan alometrik karbon sering digunakan di dalam perhitungan biomasa dan karbon pohon. Hal ini dikarenakan sulitnya pengukuran tinggi pohon selama inventarisasi hutan, sehingga menyebabkan kesalahan yang sangat besar jika digunakan untuk penghitungan karbon. Karena itu, persamaan alometrik meningkatkan akurasi pendugaan karbon dan memudahkan proses pelaksanaan inventarisasi hutan.

Persamaan alometrik yang disesuaikan dengan kondisi nasional sangat disarankan untuk digunakan (IPCC, 2006). Namun demikian diperlukan upaya untuk peningkatan akurasi melalui pengembangan alometrik lokal berdasarkan kondisi tapak maupun jenis atau kelompok jenis (Kettering, 2007; Basuki, *et al.*, 2009).

Beberapa persamaan alometrik yang dapat digunakan untuk hutan tropis telah disusun berdasarkan penelitian yang dilakukan secara global maupun lokal. Sebelum menerapkan penghitungan biomasa menggunakan persamaan tersebut, sangat dianjurkan untuk membandingkannya dengan data pengukuran langsung pada beberapa contoh pohon yang berada pada ekosistem hutan yang akan diukur. Jika terdapat perbedaan kurang dari 10%, maka persamaan tersebut dapat digunakan. Jika lebih dari 10%, sebaiknya menggunakan persamaan alometrik yang dikembangkan secara lokal.

Untuk menyusun persamaan alometrik lokal merupakan kegiatan yang memakan waktu dan biaya, serta dilakukan dengan metode destruktif atau dengan cara ditebang. Namun penggunaan persamaan alometrik lokal berdasarkan tipe hutan yang sesuai dapat meningkatkan keakurasian pendugaan biomasa. Cara menyusun tabel biomasa dengan metode destruktif, telah dijelaskan di beberapa literatur (Kettering, 2001; Pearson, 2005; dan Ravindranath, 2008).

### 2.4. Pengukuran Karbon Plot

Desain inventarisasi dilakukan untuk mengalokasikan plot-plot pengukuran sehingga dapat meningkatkan keakurasian dan keakuratan data. Selain itu, desain inventarisasi yang baik juga mempertimbangkan aspek-aspek teknis pelaksanaan di lapangan, sehingga memudahkan regu di dalam pelaksanaannya serta tidak menghabiskan biaya yang lebih besar.

Penerapan stratifikasi awal menggunakan data penginderaan jauh dapat meningkatkan keakurasian dan efektifitas biaya (GOFC-GOLD, 2009). Metode stratified sampling, karenanya sangat disarankan untuk digunakan di dalam inventarisasi karbon di hutan tropis Indonesia yang memiliki variasi kandungan karbon yang sangat tinggi.

Stratifikasi menjadi sangat efektif digunakan karena berpengaruh terhadap peningkatan homogenitas di dalam masing-masing stratum. Sistem ini juga mengurangi terjadinya kemungkinan perbedaan antar plot yang tinggi. Tujuan utama di dalam penetapan stratifikasi adalah membedakan tegakan berdasarkan perbedaan volume biomasa dan kandungan karbonnya, sehingga dapat meningkatkan ketelitian dengan jumlah plot yang lebih sedikit. Untuk itu tipe dan kerapatan vegetasi serta kedalaman gambut menjadi kriteria penting di dalam stratifikasi di lahan gambut. Citra satelit resolusi sedang seperti Landsat atau SPOT dapat digunakan untuk membuat stratifikasi dari tipe dan kerapatan vegetasinya.

Keuntungan penentuan plot secara sistematis adalah memudahkan regu di lapangan di dalam pencarian plot. Namun teknik penentuan plot secara acak (*random*) dapat menghindari adanya penempatan plot pada lokasi yang seragam akibat kecenderungan pada kondisi tertentu. Seperti di hutan rawa gambut bekas tebangan yang secara historis telah dieksploitasi mengikuti jalur kanal atau jalur lori (semacam lokomotif kecil). Untuk pemantauan karbon hutan, secara umum metode *stratified random sampling* dapat menghasilkan pendugaan yang lebih teliti dibandingkan metode lain (MacDicken, 1997).

#### 2.4.1. Bentuk Plot

Plot bujur sangkar atau persegi panjang merupakan bentuk plot yang relatif sering digunakan di dalam analisa vegetasi hutan di Indonesia (Soeryanegara, 1983; Hinrichs, et al, 1999; Hairiah, 2001; Dephut, 2007). Hal ini karena kemudahannya di dalam memastikan pohon-pohon yang masuk dibandingkan dengan plot lingkaran. Namun plot berbentuk lingkaran juga banyak digunakan karena memiliki tingkat keterwakilan yang tinggi dibanding plot persegi dengan luas yang sama. Hanya saja biasanya pengukuran di lapangan relatif sulit atau memerlukan alat khusus untuk plot lingkaran yang lebih luas .

Plot yang terdiri dari beberapa sub-plot (*combined plots* atau *nested plots*) juga lebih sering digunakan di hutan alam tropis daripada *single plot*. *Combined plot* sangat sesuai untuk digunakan pada hutan dengan stratum tajuk yang bervariasi. Sedangkan *single plot* biasa digunakan di hutan tanaman yang memiliki kelas umur yang relatif homogen.

#### 2.4.1. Ukuran Plot

Ukuran plot yang cukup luas akan meningkatkan ketelitian hasil inventarisasi. Selain itu ukuran plot di hutan alam harus lebih luas dari pada plot di hutan tanaman, yang memiliki variasi antar plot lebih rendah. Plot di hutan alam juga sebaiknya cukup luas sehingga paling tidak dapat mencakup pohon-pohon berukuran diameter besar, mengingat pohon berdiameter besar mengandung biomasa dan karbon yang besar pula.

Penghitungan khusus tentang luas plot yang diperlukan bagi sebuah proyek perdagangan karbon, mungkin dapat dilakukan. Namun hal ini akan menambah kerumitan dan tambahan pekerjaan. Pearson et al (2005) menyarankan untuk menggunakan plot-plot, yang cukup mempertimbangkan antara ketelitian dan kesulitan di lapangan, sehingga dapat diterapkan pada proyek karbon manapun.

Analisa perbandingan yang dilakukan terhadap beberapa metode survey plot yang biasa digunakan baik untuk pemantauan karbon, vegetasi maupun potensi tegakan, menunjukkan bahwa metode survey yang digunakan oleh Departemen Kehutanan untuk Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB) memiliki keterwakilan yang cukup tinggi dengan luas sub-plot terbesar 0,25 ha. Bentuk sub-plot persegi panjang juga dapat mengurangi tingkat kesulitan di lapangan karena regu dapat berjalan pada jalur yang berada tepat di tengah plot (Hinrichs et al, 1998).

Namun demikian, bentuk plot yang digunakan dalam kegiatan IHMB, utamanya ditujukan untuk mengetahui potensi pohon jenis komersil. Untuk pengukuran tingkat semai, semak dan serasah tidak dilakukan. Karena itu, kami memodifikasi bentuk plot yang sesuai untuk kegiatan pemantauan karbon.

#### 2.4.3. Jumlah Plot

Penentuan jumlah plot sebaiknya didasari atas penghitungan statistik yang memenuhi kaidah-kaidah dan persyaratan di dalam metode pengambilan sampling. Hal ini sangat

penting, karena akan menjadi persyaratan di dalam penyusunan *Project Design Document* (PDD). Penentuan jumlah plot (n) sebaiknya disesuaikan dengan tingkat ketelitian yang diharapkan (*sampling error- SE*), tingkat keragaman tiap stratum (*Sh*), rata-rata dari estimasi potensi karbon ( $\bar{y}$ ) serta ukuran populasi dalam stratum h (*Nh*). Jumlah plot (n) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Avery dan Buchar, 1994):

$$n = \frac{(\sum_{h=1}^L N_h * S_h)^2}{\frac{N^2 * (SE * \bar{y})^2}{t^2} + (\sum_{h=1}^L N_h * S_h^2)}$$

Sedangkan jumlah plot tiap stratum (nh) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$nh = n * \frac{N_h * S_h}{\sum_{h=1}^L N_h * S_h}$$

Penentuan keragaman tiap stratum dan estimasi potensi karbon dapat dilakukan berdasarkan survey pendahuluan atau literatur dari penelitian sebelumnya. *Sampling error* sebesar 10% biasanya cukup atau dalam kisaran 5% - 20%. Nilai "t" diperoleh dari tabel statistik t-student dalam selang kepercayaan 95%, atau untuk memudahkan, biasanya digunakan nilai 2.

#### 2.4.4. Data yang Diambil

Semua sumber karbon kecuali *below ground biomass*, tidak diukur. Bahan organik mati, diukur pada semua sub-plot dengan criteria kelas diameter yang sama dengan pohon hidup. Karbon tanah juga diukur untuk mengetahui kandungan karbon di lahan gambut. Untuk itu dilakukan pengukuran kedalaman gambut di plot dan sepanjang jalan menuju plot. Berat jenis dan kandungan karbon digunakan data penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh South Sumatra Forest Fire Management Project (SSFFMP-EU).

### 2.5. Analisa Emisi Baseline

Untuk mengetahui emisi baseline, diperlukan analisa tutupan lahan historis menggunakan citra satelit mulai tahun 1989, 1999 dan 2007. Analisa perubahan tutupan lahan dilakukan untuk mengetahui perbedaan cadangan karbon pada tahun-tahun referens tersebut. Selanjutnya dengan menggunakan metode penghitungan *Stock Difference*, jumlah emisi baseline dapat dihitung.

$$\Delta C = \frac{(C_{t1} - C_{t2})}{(T2 - T1)}$$

$\Delta C$  = Rata-rata emis tahunan

$C_{t1}$  = Totalkarbon pada tahun 1

$C_{t2}$  = Totalkarbon pada tahun 2

T2 = Tahun 2

T1+ tahun 1

### 2.6. Skenario Emisi Masa Depan

Kecenderungan pola perubahan lahan yang terjadi sejak 1989, dikelompokkan menjadi beberapa kategori proses, yaitu: deforestasi, degradasi, regenerasi, konversi ke perkebunan dan HTI. Selanjutnya, kelima proses tersebut dikaji lebih jauh untuk mengetahui penyebab, motivasi dan dampak terhadap emisi dan penyerapan karbon. Informasi tersebut digunakan untuk memprediksi kecenderungan pola perubahan lahan di masa depan

Selain itu, juga dilakukan analisa kebijakan terkait dengan rencana tata ruang dan pemanfaatan hutan dan lahan, baik di tingkat nasional maupun provinsi atau kabupaten. Kajian dilakukan dengan menganalisa regulasi yang berlaku, rencana yang dibuat oleh pemerintah maupun swasta serta interview dengan pengambil keputusan serta pakar terkait. Berdasarkan hal tersebut, skenario emisi masa depan disusun ke dalam 2 kategori scenario, yaitu scenario kecil dan scenario besar.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. *Historical baseline*

Inventarisasi karbon telah dilakukan pada tahun 2009 di kawasan HRGM seluas 24 ribu hektar. Sebanyak 45 plot ukur yang tersebar secara acak di tiap stratum, diukur untuk mengetahui potensi karbonnya.

Tabel 1. Rata-rata cadangan karbon dari biomasa pohon di berbagai stratum pada hutan rawa gambut

No	Stratum	Biomasa ton/Ha	CV (%)
1	LOF Sedang	222,791	43,2
2	LOF Rapat	253,6	41,6
3	Belukar	110,373	60,1
4	Semak	23,491	96,8
5	Tebangan	61,904	78,2
6	Terbuka	34,684	93,2
7	Mahang	168,664	0
8	Rumput	0	0

Berdasarkan stratifikasi menggunakan citra Landsat TM, hutan bekas tebangan (logged over forest-LOF) dikelompokkan ke dalam 2 stratum, yaitu LOF dengan tajuk rapat dan LOF tajuk sedang. Plot-plot pada kedua stratum tersebut memiliki koefisien variasi yang cukup baik yaitu sekitar 40%. Hal ini menjelaskan interpretasi hutan pada citra landsat cukup memuaskan. Dibandingkan pada stratum lain yaitu semak dan daerah terbuka, merupakan tantangan untuk membuat stratifikasi yang sesuai. Untuk itu, diperlukan jumlah plot yang lebih banyak.

Dengan menggunakan pendekatan *stock difference*, atau dengan menghitung perbedaan antara kondisi pada saat ini dengan kondisi sebelumnya, dapat diperoleh historical baseline. Untuk memudahkan penghitungan saat ini, digunakan periode tutupan lahan tahun 1978, dimana seluruh areal masih tertutup hutan rawa gambut primer. Diperkirakan emisi sebesar 218 ribu ton CO<sub>2</sub> ekuivalen per tahun yang berasal dari tutupan lahan.

Tabel 2. Proses perubahan yang terjadi di kawasan project selama 20 tahun

Perubahan	Luas	C Ton	C Ton / ha
Degradasi	9.004	202.111	22,45
Deforestasi	9.949	2.407.011	241,93
Regenerasi	4.532	406.650	89,73

Untuk penghitungan emisi dari lahan gambut, digunakan pendekatan *Gain and Loss*, mengingat sulit untuk memprediksi kondisi atau volume gambut di masa lalu. Untuk itu diperlukan penelitian mengenai berapa emisi yang disebabkan oleh kebakaran dan drainase lahan gambut.

Kebakaran hutan dan lahan terjadi sejak deforestasi mulai terjadi. Pada tahun 1997, dimana El Nino kuat mendorong terjadinya kebakaran besar, sebagian areal project yang sebagian terdeforestasi terkena dampak kebakaran dengan intensitas yang kuat. Kebakaran kembali terjadi pada tahun 2004 dan 2006, dengan luasan yang lebih besar dari sebelumnya, walau diperkirakan dengan intensitas yang lebih rendah.

Tabel 3. Emisi akibat kebakaran lahan gambut.

Year	Burnt (Ha)	Burnt depth (m)	Burnt Volume (m3)	tCO2
1997	400	0,30	1.200.000	184.464
1998	0	0	0	0
1999	0	0	0	0
2000	0	0	0	0
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	0	0	0	0
2004	3.000	0,10	3.000.000	461.160
2005	0	0,00	0	0
2006	9.000	0,10	9.000.000	1.383.480
2007	0	0,00	0	0

Diperkirakan sebanyak lebih dari 3 juta ton CO<sub>2</sub>, atau rata-rata sekitar 341 ribu tCO<sub>2</sub> per tahun, telah teremisikan akibat kebakaran lahan gambut yang terjadi sejak tahun 1997. Karenanya upaya pengurangan emisi akibat kebakaran gambut perlu menjadi prioritas di dalam upaya penurunan emisi GRK Indonesia. Selain itu, emisi akibat drainase lahan gambut juga memberikan kontribusi yang cukup tinggi (Ruecker, et al, 2009). Namun diperlukan penelitian yang lebih menyesuaikan dengan kondisi tapak untuk memahami karakteristik hidrologi di wilayah gambut.

### 3.2. Skenario Pengurangan Emisi

Upaya pengurangan emisi baik akibat deforestasi dan degradasi kawasan hutan rawa gambut, memiliki banyak tantangan baik teknis maupun non teknis. Skenario perubahan tutupan/penggunaan lahan dilakukan dengan mengacu kondisi perubahan di masa lalu. Selain itu, kajian mengenai rencana pemanfaatan lahan serta kepentingan pihak swasta juga dipertimbangkan untuk memprediksi perubahan di masa depan. Metode ini dilakukan pada kawasan yang lebih luas, yaitu pada hutan kubah rawa gambut Merang.

Tabel 4. Skenario perubahan penggunaan lahan di hutan rawa gambut Merang (Ruecker, et al., 2009).

	Baseline	"Small" Project	"Large" Project
Forest conservation	57,000	83,000	123,000
Conversion to pulp wood plantation	132,000	132,000	115,000
Conversion to oil palm plantation	76,000	76,000	76,000

Unmanaged areas	79,000	53,000	30,000
Total area	344,000	344,000	344,000
Peat land area under partial drainage	147,000	147,000	130,000

Dalam scenario “Small Project” kawasan HRGM masih didominasi oleh pola pemanfaatan untuk HTI, sesuai dengan usulan dan rekomendasi dari pemerintah daerah. Sedangkan scenario “Large Project”, beberapa areal yang *open access*, direkomendasikan untuk kegiatan restorasi dan REDD.

Upaya penanggulangan kebakaran yang lebih difokuskan pada upaya pencegahan kebakaran di lahan gambut, menjamin terjadinya pengurangan emisi akibat kebakaran. Beberapa regu pemadam terlatih yang berada tidak jauh dari lokasi project, akan meningkatkan kemampuan pengendalian kebakaran.

Selain itu, akses penebang liar juga mullai ditutup, khususnya di beberapa muara sungai atau kanal yang merupakan akses penting bagi penebang liar. Kerjasama dengan perusahaan sekitar dan KPHP, meningkatkan upaya pengurangan degradasi dan deforestasi di wilayah hutan rawa gambut Merang,

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penentuan emisi baseline di wilayah HRGM dilakukan dengan berdasarkan historical baseline dengan pendekatan *stock difference* untuk carbon dari biomasa dan *gain and loss* untuk penghitungan emisi dari lahan gambut.

Pendekatan *gain and loss* diperlukan untuk mengetahui emisi di lahan gambut. Mengingat sulitnya ketersediaan data pada tahun-tahun sebelumnya. Untuk peningkatan akurasi, diperlukan data pertumbuhan riap yang diperoleh dari petak ukur permanen. Jika data pertumbuhan riap maupun data emisi tahunan diperoleh, maka *future* BAU emission dapat dilakukan.

Salah satu tantangan di dalam pengukuran *historical baseline*, adalah penentuan nilai cadangan karbon pada T1. Jika menggunakan nilai yang sama untuk stratum yang sama, tingkat uncertaintynya semakin tinggi. Untuk itu diperlukan data pertumbuhan riap dari masing-masing stratum agar nilai T1 dapat terkoreksi.

Permodelan penutupan lahan dengan berbasiskan rencana spasial dan kebijakan pemerintah, memiliki tingkat uncertainty yang sangat tinggi dan tidak dapat dilakukan dalam periode yang panjang. Untuk itu jika menggunakan metode ini, disarankan agar dilakukan pemantauan REL setiap periode 5 tahun. Permodelan menggunakan model Land Change Modeler bisa menjadi sebuah opsi.

## Referensi

- Basuki, T.M., van Laake, P.E., Skidmore, A.K. and Hussin, Y.A. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Kettering, Q. M., R. Coe, M. van Noordwijk, Y. Ambagau. C. A. Palm. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*. Elsevier.
- MacDicken, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International.
- Pearson, T., S. Walker and S. Brown. 2005. Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects. Winrock International
- Ravindranath N. H. and M. Ostwald. 2008. Carbon Inventory Methods: handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects.
- Roswiniarti, O., Solichin, dan Suwarsono. 2008. Potensi pemanfaatan data SPOT untuk estimasi cadangan dan emisi karbon di hutan rawa gambut Merang, Sumatera Selatan. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XVII*.
- Ruecker, G, F. Moder, F. Siegert, U. Ballhorn, Solichin, M. Sidiq. 2009. Reducing emissions from deforestation and degradation in South Sumatra, Indonesia: a remote sensing supported feasibility study. *Proceeding at the 33rd ISRE (International Symposium on Remote Sensing of the Environment) congress*.