



JURNAL HUTAN TROPIS

Berkala Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kehutanan

DAFTAR ISI

SIFAT MEKANIS BAMBU BETUNG (<i>Dendrocalamus asper</i>) Fengky S. Yoresta	185-189
MODEL PENENTUAN DAERAH RESAPAN AIR KOTA BANJARBARU PROVINSI KALIMANTAN SELATAN MENGGUNAKAN APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFI Muhammad Ruslan, Syama'ani, Basuki Rahmad, M. Hardimansyah	190-199
EFEKTIVITAS IMPLEMENTASI KEBIJAKAN HTR DI KALIMANTAN SELATAN Rachman Effendi dan Kushartati Budiningsih	200-207
PENGARUH PUPUK NPK MUTIARA TERHADAP PERTUMBUHAN ANAKAN TANAMAN TANJUNG (<i>Mimusops elengi L</i>) DI SEED HOUSE FAKULTAS KEHUTANAN UNLAM BANJARBARU Ahmad Yamani, Sulaiman Bakri, Asmuri Achmad, dan Normela Rachmawati	208-214
ANALISIS KONDISI SOSIAL EKONOMI MASYARAKAT DI SEKITAR KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS (KHDTK) SENARU DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN PARTISIPATIF Andi Chairil Ichsan, RF Silamon, H Anwar, B Setiawan	215-220
ESTIMASI CADANGAN KARBON DAN EMISI KARBON DI SUB-SUB DAS AMANDIT Abdi Fithria dan Syam'ani	221-230
PERFORMAN TEGAKAN HTI AKASIA DAUN LEBAR PADA BERBAGAI ROTASI TANAM Ervayenri dan Sri Rahayu Prastyaningsih	231-235
POTENSI PRODUKSI DAUN DAN MINYAK KAYU PUTIH JENIS <i>Asteromyrtus symphyocarpa</i> DI TAMAN NASIONAL WASUR Mohamad Siarudin, Aji Winara, Yonky Indrajaya, Edy Junaidi, dan Ary Widiyanto	236-241
KONTRIBUSI SISTEM AGROFORESTRI TERHADAP CADANGAN KARBON DI HULU DAS KALI BEKASI Wahyu Catur Adinugroho, Andry Indrawan, Supriyanto, dan Hadi Susilo Arifin	242-249
PENINGKATAN BOBOT ISI TANAH GAMBUT AKIBAT PEMANENAN KAYU DI LAHAN GAMBUT Yuniawati dan Sona Suhartana	250-256
ANALISIS SALURAN PEMASARAN KULIT KAYU MANIS (<i>Cinnamomum burmannii</i>) DI KECAMATAN LOKSADO KALIMANTAN SELATAN Arfa Agustina Rezekiah, Muhammad Helmi, dan Lolyta	257-263
MODEL ALTERNATIF PERENCANAAN PENGEMBANGAN WISATA ALAM DALAM KAWASAN HUTAN DI KABUPATEN MALANG Hilda Nuzulul Fatma, Sarwono, dan Suryadi	264-273

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada para penelaah yang telah berkenan menjadi Mitra Bestari pada Jurnal Hutan Tropis Volume 1 No. 2 yaitu:

Prof. Dr. Hj. Nina Mindawati, MS.
(Puslitbang Produktivitas Hutan, Kementerian Kehutanan)

Prof.Dr.Ir. Wahyu Andayani,M.Sc
(Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada)

Dr. Ir. Ahmad Kurnain, M.Sc.
(Fakultas Pertanian Unlam)

Dr.Ir.Leti Sundawati,M.Sc
(Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor)

Prof. Dr. Ir. Syukur Umar, DESS
(Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako)

Prof. Dr. Ir. Baharuddin Mappangaja, M.Sc.
(Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin)

Prof.Dr.Ir.H.M.Ruslan,M.S
(Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat)

Dr. Ir. Satria Astana, M.Sc.
(Puslitbang Perubahan Iklim dan Kebijakan, Kementerian Kehutanan)

Dr.Ir. Didik Suharjito, MS
(Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor)

Dr. Ir. Kusumo Nugroho, MS
(Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian)

Dr.Ir. Cahyono Agus Dwikoranto, M.Agr.
(Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada)

Dr.Ir. Naresworo Nugroho, MS
(Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor)

Prof.Dr.Ir.Sipon Muladi
(Fakultas Kehutanan, Universitas Mulawarman)

Prof. Dr. Ir, Djamal Sanusi
(Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin)

Dr. Sc. Agr. Yusran, S.P., M.P
(Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako)

Dr.Ir.Hj. Darni Subari,M.S
(Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat)

KATA PENGANTAR

Salam Rimbawan,

Jurnal Hutan Tropis Volume 1 Nomor 3 Edisi November 2013 kali ini menyajikan 12 buah artikel ilmiah hasil penelitian di bidang teknologi hasil hutan, manajemen hutan dan budidaya hutan.

Fengky S. Yoresta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi kulit bambu mempengaruhi nilai MOE dan MOR. Bambu dengan posisi kulit di serat atas/daerah tekan cenderung memiliki nilai MOE dan MOR lebih tinggi dibandingkan bambu dengan posisi kulit di serat bawah/daerah tarik. Bambu dengan posisi kulit di serat atas memiliki nilai MOE = 62118,90 kg/cm² dan MOR = 826,36 kg/cm², sedangkan bambu dengan posisi kulit di serat bawah memiliki nilai MOE = 51563,20 kg/cm² dan MOR = 633,38 kg/cm². Kekuatan tarik sejajar serat bambu diperoleh sebesar 2309,00 kg/cm².

Muhammad Ruslan, dkk. Hasil penelitian menunjukkan resapan air di Kota Banjarbaru dalam kondisi baik (80%), sementara yang sudah dalam kondisi sangat kritis (20%). Secara keseluruhan, zona resapan air Kota Banjarbaru dapat diklasifikasikan menjadi zona prioritas I sebesar 22,99%, zona prioritas II sebesar 13,90%, kemudian dan zona prioritas III sampai dengan V (5,13%) sedangkan 57,96% tidak diprioritaskan sebagai zona resapan air.

Rachman Effendi dan Kushartati Budiningsih. Perkembangan terkini dari 6 kabupaten yang mengimplementasi HTR di Kalimantan Selatan bervariasi yakni pengelola HTR (Koperasi) di Kabupaten Tanah Laut dan Tanah Bumbu sudah mendapatkan IUPHHK-HTR, pengelola mandiri di Kabupaten Tabalong masih menunggu pertimbangan teknis dari BP2HP, Kabupaten Banjar sudah melewati tahap permohonan IUPHHK-HTR, Kabupaten Hulu Sungai Selatan masih dalam tahap pengusulan pencadangan areal yang kedua dan Kabupaten Kotabaru baru melewati tahap pencadangan

areal HTR

Ahmad Yamani, dkk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pupuk NPK Mutiara berpengaruh sangat signifikan terhadap rata-rata pertambahan tinggi dan diameter batang anakan tanjung. Sedangkan pemberian pupuk NPK tidak berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata pertambahan jumlah daun anakan tanjung. Direkomendasikan bahwa penggunaan pupuk NPK dengan dosis 5 gram (perlakuan B) untuk meningkatkan pertumbuhan tinggi dan diameter batang anakan tanjung.

Andi Chairil Ichsan, dkk. Pola interkasi masyarakat desa senaru dibangun dengan menggunakan pendekatan agroforestry, hal ini dapat dilihat dari bentuk penggunaan lahan yang memadukan berbagai jenis tanaman, baik tanaman hutan dengan tanaman MPTS yang lebih produktif dalam suatu areal garapan. Dengan harapan bahwa pola-pola ini dapat memberikan nilai ekonomi lebih bagi mereka. Meskipun demikian permasalahan juga tidak lepas dari kehidupan masyarakat desa senaru, mulai dari konflik sumberdaya hutan, sampai pada keterbatasan kapasitas dan SDM dalam mengelola lahan garapan.

Abdi Fithria dan Syam'ani. Berdasarkan hasil estimasi emisi karbon terlihat bahwa cadangan karbon di Sub-sub DAS Amandit pada periode tahun 1992, 2000 dan 2010 mengalami penurunan. Yakni dari 8.041.050,28 ton pada tahun 1992, menjadi 7.176.139,49 ton pada tahun 2000, dan hanya tersisa 4.476.645,10 ton pada tahun 2010. Ternyata menunjukkan bahwa emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit terus turun hingga tahun 2050.

Ervayenri dan Sri Rahayu Prastyaningsih. Performan tegakan HTI *Acacia mangium* diameter terbesar pada rotasi tanam V (0,24 meter), pertumbuhan tinggi pada rotasi tanam III adalah 19,62 m (tinggi total)

dan 10,99 (tinggi bebas cabang).Lbds tertinggi pada rotasi tanam V (046 m2) potensi volume tertinggi pada rotasi tanam III yaitu 0,579 m3 (volume tinggi total) dan 0,316 m3 (volume tinggi bebas cabang). Lebar tajuk ideal pada rotasi tanam III (3,9 m) sedangkan nilai kerusakan terbesar pada rotasi tanam ke II (10%). Tumbuhan bawah yang dijumpai yaitu paku-pakuan sebanyak 6 jenis dan golongan rumput-rumputan sebanyak 2 jenis.

Mohamad Siarudin, dkk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat tiang memiliki produksi daun kayu putih per pohon tertinggi dibanding tingkat pertumbuhan lainnya. Ketersediaan jenis *A. symphyocarpa* yang paling potensial untuk dipanen daunnya pada saat ini ada di tingkat pancang dan tiang berdasarkan kelimpahan di alam dan produksi daun per individu. Perkiraan total potensi produksi daun kayu putih jenis *A. symphyocarpa* di TN Wasur saat ini adalah 15.139,8 ton. Rata-rata potensi minyak kayu putih dari jenis *A. symphyocarpa* adalah 17,21 liter/ha atau total seluruh kawasan TN Nasional Wasur saat ini mencapai 402.450,45 liter.

Wahyu Catur Adinugroho, dkk. Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa tingkat keragaman Shannon pada lokasi penelitian adalah rendah sampai menengah. Beberapa jenis vegetasi yang ada teridentifikasi memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap karbon sehingga berpotensi untuk meningkatkan cadangan karbon dan konservasi keanekaragaman hayati. Hasil analisa struktur tegakan pada sistem agroforestri (Kebun campuran) di Hulu DAS Kali Bekasi menunjukkan struktur tegakan yang menyerupai struktur hutan alam. Kebun campuran menghasilkan 62,34 tonsC / ha cadangan karbon atau setara dengan 228,79 ton CO₂-eq/ha. Cadangan karbon dalam sistem agroforestry (Kebun campuran) sangat dipengaruhi oleh luas bidang dasar tegakan tetapi meskipun demikian kerapatan tegakan dan keragaman spesies memiliki korelasi rendah dengan cadangan karbon

Yuniawati dan Sona Suhartana Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1). Rata-rata kadar air pada kondisi tanah gambut umur tegakan 2,3,4,5 dan 0 tahun masing-masing yaitu 602,978%, 734,850%, 415,708%,

364,478% dan 291,118%; (2).Rata-rata bobot isi pada kondisi tanah gambut umur tegakan 2,3,4,5 dan 0 tahun masing-masing yaitu 0,173 gr/cm³, 0,164gr/cm³, 0,155gr/cm³, 0,158 gr/cm³ dan 0,177 gr/cm³; (3). Tingginya rata-rata bobot isi pada areal lahan gambut pada umur tegakan 0 tahun (setelah pemanenan kayu) mengindikasikan tingginya pemadatan tanah; dan (4). Hasil uji t menunjukkan bahwa $t_{hitung} = 28,723 > t_{tabel} = 2,069$ artinya tolak Ho yaitu ada perbedaan bobot isi tanah gambut pada kegiatan sebelum pemanenan kayu (umur tegakan 2,3,4 dan 5 tahun) dan sesudah pemanenan kayu (umur tegakan 0 tahun)

Arfa Agustina Rezekiah, dkk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saluran pemasaran untuk kayu manis di Kecamatan Loksado ada 4 pola yaitu: (1) Petani-Konsumen (2) Petani-Pengumpul-Pedagang-Konsumen (3) Petani-Pengumpul-Pedagang Besar-Konsumen (4) Petani-Pengumpul-Pedagang Besar-Pedagang Kecil-Konsumen. Secara keseluruhan saluran pemasaran kayu manis adalah efisien. Jika ditinjau dari sudut pandang petani maka pola 1 (Petani – Konsumen) adalah yang lebih efisien karena petani mendapatkan keuntungan yang lebih banyak, dan jika ditinjau dari sudut pandang lembaga pemasaran maka pola 2 (Petani – Pengumpul – Pedagang (Kandangan) – Konsumen) yang lebih efisien.

Hilda Nuzulul Fatma, dkk. Perencanaan pengembangan wisata alam dalam kawasan hutan di wilayah Kabupaten Malang yang difasilitasi oleh beberapa rencana yang mendukung pengembangan wisata alam dalam kawasan hutan masih sektoral, baik perencanaan maupun pelaksanaan dilaksanakan sendiri-sendiri oleh pemangku kepentingan. Karena masih sektoral, maka koordinasi belum terbangun, masih belum melibatkan masyarakat secara luas dan belum memanfaatkan potensi lokal sebagai pendukung wisata alam.

Semoga hasil penelitian tersebut dapat menjadi pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca untuk dikembangkan di kemudian hari. Selamat Membaca.

Banjarbaru, November 2013

Redaksi

ESTIMASI CADANGAN KARBON DAN EMISI KARBON DI SUB-SUB DAS AMANDIT

*Estimation of Carbon Stocks and Carbon Emissions
In amandit Sub Sub Watershed*

Abdi Fithria dan Syam'ani

Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36 Banjarbaru

ABSTRACT. Carbon stocks that exist in a landscape can be estimated from the results of measurements of carbon stocks of landuse units those contained in the landscape, which is integrated with the landcover or landuse data those interpreted from remote sensing imagery. In the case of this study, the landscape in question is an Amandit Sub Sub DAS which has an area of approximately 250,470 hectares. The aims of this research were to calculate the carbon stored in the Amandit Sub Sub DAS; calculate the carbon emissions in Amandit Sub Sub DAS during the period 1992-2010, based on landcover data in 1992, 2000 and 2010, and predict and simulate the carbon emissions until the year 2050 based on existing landcover data. The results showed that the primary forest has the highest carbon stocks, which is 214.23 ton/ha. While the moor has the lowest carbon stocks, that is 1.16 ton/ha. Based on the estimates of carbon emissions is seen that the carbon stocks in Amandit Sub Sub DAS in the period 1992, 2000 and 2010 has decreased. That is from 8,041,050.28 tons in 1992, became 7,176,139.49 tons in 2000, and the only remaining 4,476,645.10 tons in 2010. It was shown that carbon emissions in Amandit Sub Sub DAS continue to fall until 2050.

Keywords: Carbon stocks, carbon emissions, carbon sequestration, simulation

ABSTRAK. Cadangan karbon yang terdapat di suatu bentang lahan dapat diestimasi dari hasil pengukuran kandungan karbon satuan-satuan penggunaan lahan yang terdapat di bentang lahan tersebut, yang diintegrasikan dengan data penutupan atau penggunaan hasil klasifikasi dari citra penginderaan jauh. Dalam kasus penelitian ini, bentang lahan yang dimaksud adalah Sub-sub DAS Amandit yang memiliki luas wilayah sekitar 250.470 hektar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung karbon tersimpan di Sub-sub DAS Amandit; menghitung emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit selama periode tahun 1992-2010, berdasarkan data tutupan lahan tahun 1992, 2000 dan 2010; dan memprediksi serta membuat simulasi emisi karbon sampai tahun 2050 berdasarkan data tutupan lahan yang ada. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hutan Primer memiliki kandungan karbon paling tinggi, yaitu 214,23 Ton/Ha. Sementara Tegalan memiliki kandungan karbon paling rendah, yaitu 1,16 Ton/Ha. Berdasarkan hasil estimasi emisi karbon terlihat bahwa cadangan karbon di Sub-sub DAS Amandit pada periode tahun 1992, 2000 dan 2010 mengalami penurunan. Yakni dari 8.041.050,28 ton pada tahun 1992, menjadi 7.176.139,49 ton pada tahun 2000, dan hanya tersisa 4.476.645,10 ton pada tahun 2010. Ternyata menunjukkan bahwa emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit terus turun hingga tahun 2050.

Kata Kunci: Cadangan karbon, emisi karbon, sequestrasi karbon

Penulis untuk korespondensi, surel: abdifithriasyiva9999@gmail.com

PENDAHULUAN

Cadangan karbon yang terdapat di suatu bentang lahan (*landscape*) dapat diestimasi dari hasil pengukuran kandungan karbon satuan-satuan penggunaan lahan yang terdapat di bentang lahan tersebut, yang diintegrasikan dengan data penutupan atau penggunaan hasil klasifikasi dari citra penginderaan jauh. Dalam kasus penelitian ini, bentang lahan yang dimaksud adalah Sub-sub DAS Amandit yang memiliki luas wilayah sekitar 250.470 hektar.

Hasil klasifikasi tutupan lahan dari citra satelit dan survey lapangan memperlihatkan, bahwa selama kurun waktu tahun 1992 sampai dengan tahun 2010, telah terjadi sejumlah konversi penggunaan lahan, yang berdampak terhadap perubahan tipe atau kelas penutupan lahan. Jika kandungan karbon pada setiap tipe penutupan lahan berbeda, maka perubahan tipe penutupan lahan tentunya akan merubah cadangan karbon di suatu bentang lahan. Perubahan ini dapat menimbulkan emisi (pengurangan cadangan karbon) atau sequestrasi (penambahan cadangan karbon).

Perubahan penutupan lahan yang ada di Sub-sub DAS Amandit tidak terlepas dari pengaruh pertambahan jumlah penduduk. Bertambahnya jumlah penduduk berarti keperluan akan lahan permukiman dan lahan untuk sumberdaya penghidupan juga ikut bertambah. Hal ini dapat dibuktikan dari semakin bertambahnya luas lahan permukiman, dan semakin berkurangnya luas daerah berhutan di Sub-sub DAS Amandit. Di samping itu, adanya aktivitas perusahaan besar yang masuk ke daerah setempat juga ikut merubah tipe penutupan lahan dalam skala yang lebih luas, seperti aktivitas pertambangan (lahan terbuka) dan Kebun Sawit.

Terdapat 3 titik waktu pengamatan tutupan lahan yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu tahun 1992, tahun 2000 dan tahun 2010. Sementara pengukuran lapangan untuk menghitung cadangan karbon per kelas tutupan lahan dilakukan pada tahun 2011. Dari 3 titik waktu pengamatan ini dapat dilihat perubahan tutupan lahan dari satu periode waktu ke periode waktu lainnya, misalnya dari 1992 ke 2000 dan dari 2000 ke 2010. Berdasarkan data perubahan tutupan lahan ini, akan diperoleh data emisi karbon selama rentang periode yang diinginkan.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung karbon tersimpan di Sub-sub DAS Amandit, menghitung emisi

karbon di Sub-sub DAS Amandit selama periode tahun 1992-2010, berdasarkan data tutupan lahan tahun 1992, 2000 dan 2010 serta memprediksi dan membuat simulasi emisi karbon sampai tahun 2050 berdasarkan data tutupan lahan yang ada.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Sub-sub DAS Amandit Kabupaten Hulu Sungai Selatan. Alat dan bahan yang dipergunakan pada penelitian tersebut adalah Citra Landsat 5 TM Tahun 1992, Citra Landsat ETM+ tahun 2000, Citra Landsat ETM+ tahun 2010, Peta DAS dan Peta RBI, tally sheet perhitungan karbon dan software REDD Abacus SP.

Cara kerja dari penelitian ini adalah:

- 1) Persiapan Peta Dasar
Peta dasar yang disiapkan adalah Citra Landsat 5 TM Tahun 1992, Citra Landsat ETM+ Tahun 2000, Citra Landsat ETM+ Tahun 2010, Peta DAS/ Sub DAS, dan Peta Rupabumi Indonesia.
- 2) Interpretasi dan Klasifikasi Tutupan Lahan
Interpretasi dan klasifikasi tutupan lahan dilakukan dalam 3 tahap:
 - a. Pengolahan, interpretasi dan klasifikasi kelas-kelas tutupan lahan dari citra satelit
 - b. Survey lapangan untuk mengecek kelas-kelas tutupan lahan hasil interpretasi
 - c. Validasi tutupan lahan hasil interpretasi dan menghitung luas masing-masing kelas tutupan lahan
- 3) Pengukuran Karbon Tersimpan di Tingkat Lahan
 - a. Tahapan kegiatan pengukuran karbon tersimpan di skala plot meliputi: Penentuan titik sampel pengamatan untuk inventarisasi seluruh Sistem Penggunaan Lahan (SPL) yang berada dalam satu transek
 - b. Deskripsi dan karakterisasi masing-masing sistem penggunaan lahan
 - c. Estimasi karbon tersimpan, pengukuran cadangan karbon dilakukan di atas permukaan tanah, pengukuran dilakukan di tingkat pohon, tumbuhan bawah, nekromass, dan serasah. Karbon tersimpan di bawah permukaan tanah diabaikan
- 4) Membangun relasi kuantitatif antara data karbon tersimpan per kelas tutupan lahan di tingkat lahan,

dengan peta tutupan lahan hasil klasifikasi dari citra satelit. Relasi ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan ekstrapolasi spasial cadangan karbon di seluruh wilayah Sub-sub DAS Amandit.

- 5) Melakukan pendugaan cadangan karbon pada Sub-sub DAS Amandit, yang dilakukan dengan menggunakan informasi luas penutupan lahan hasil klasifikasi dari citra satelit, dikalikan dengan data hasil perhitungan karbon tersimpan per kelas tutupan lahan.
- 6) Menghitung emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit selama periode tahun 1992-2010, berdasarkan data tutupan lahan tahun 1992, 2000 dan 2010 menggunakan software REDD Abacus SP
- 7) Memprediksi emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit sampai tahun 2050 menggunakan software REDD Abacus SP, berdasarkan data dinamika tutupan lahan yang sudah terjadi (*historical base*). Jika ternyata sampai tahun 2050 terjadi kenaikan emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit, maka akan dilakukan simulasi konversi penggunaan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendugaan Karbon Tersimpan di Sub-sub DAS Amandit

Hasil pengukuran karbon tersimpan pada masing-masing kelas penutupan lahan dapat dilihat pada tabel di bawah. Dari tabel terlihat bahwa Hutan Primer memiliki kandungan karbon paling tinggi, yaitu 214,23 Ton/Ha. Sementara Tegalan memiliki kandungan karbon paling rendah, yaitu 1,16 Ton/Ha. Berdasarkan data ini maka dapat dianalogikan bahwa satu hektar Hutan Primer dapat menyerap gas karbondioksida (CO₂) sebesar $214,23 \times 3,67 = 786,22$ Ton, dan satu hektar Tegalan dapat menyerap gas CO₂ sebesar $1,16 \times 3,67 = 4,26$ Ton.

Besarnya kandungan karbon yang tersimpan pada Hutan Primer dikarenakan tingginya biomassa vegetasi yang terdapat pada kelas penutupan lahan tersebut. Sebab Hutan Primer atau hutan yang tidak terganggu (*Undisturbed Forest*) berisi komposisi vegetasi yang sudah berumur tua, sehingga diameternya cukup besar. Sedangkan Tegalan yang merupakan tanaman semusim (umumnya tanaman herba) memiliki biomassa yang cukup rendah, sehingga kandungan karbonnya juga rendah. Rekapitulasi karbon tersimpan

pada masing-masing kelas penutupan lahan disajikan pada Tabel 7. Hasil pengukuran cadangan karbon di tingkat lahan pada Tabel 1., kemudian diekstrapolasi menjadi cadangan karbon di tingkat bentang lahan. Ekstrapolasi dilakukan dengan mengalikan kandungan karbon masing-masing kelas tutupan lahan seperti pada tabel di atas, dengan luas masing-masing kelas tutupan lahan hasil klasifikasi dan verifikasi lapangan. Hasil ekstrapolasi ini akan menghasilkan cadangan karbon total per kelas tutupan lahan, dan cadangan karbon total di Sub-sub DAS Amandit pada tahun 1992, 2000 dan 2010. Model cadangan karbon di sub-sub DAS Amandit berupa peta cadangan carbon di sub-sub DAS Amandit tahun 1992, 2000 dan 2010 dapat dilihat pada gambar 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Karbon tersimpan pada masing-masing kelas penutupan lahan

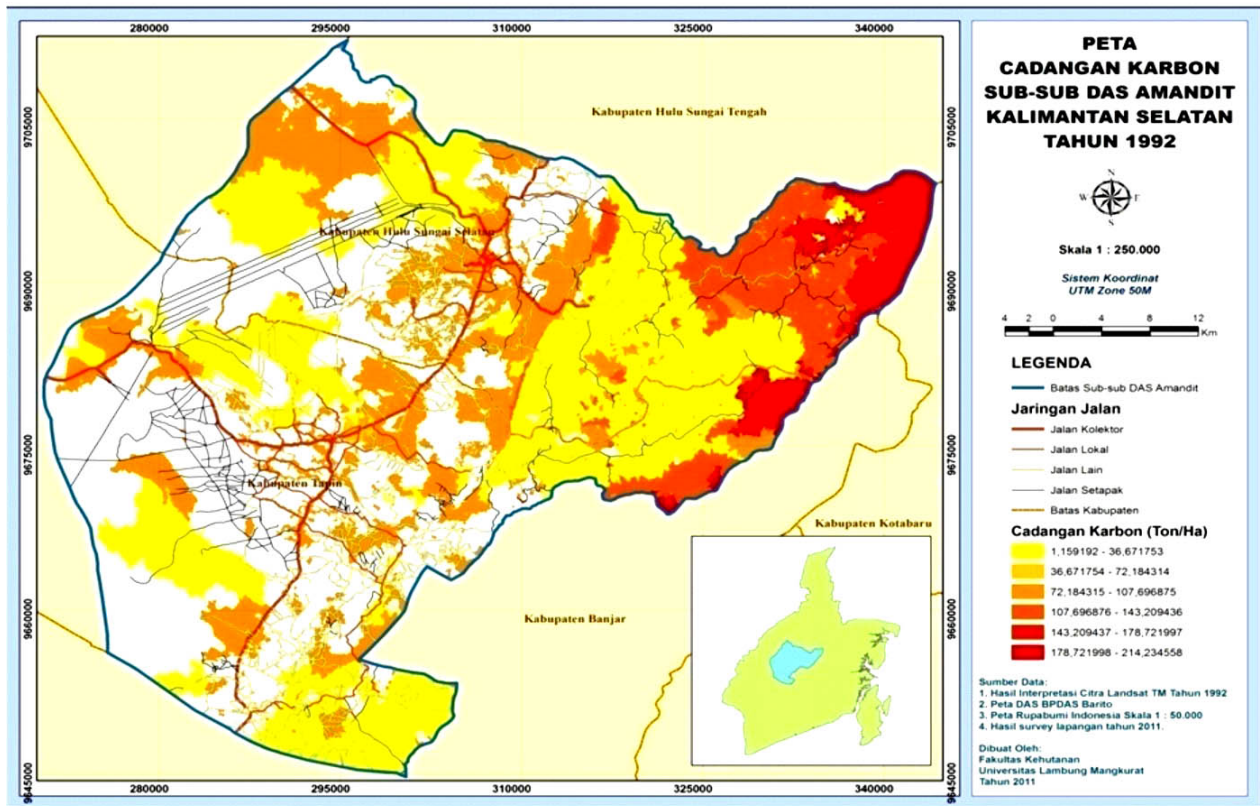
Table 1. Carbon stock in a landscape

Penutupan Lahan	Kandungan Karbon (Ton/Ha)
Hutan Primer	214,23
Hutan Rawa	109,54
Hutan Sekunder	76,40
Hutan Tanaman	52,25
Kebun Campuran	75,92
Kebun Sawit	37,09
Lahan Terbuka	0,00
Permukiman	0,00
Rawa	2,75
Sawah	0,00
Semak Belukar	4,35
Semak Belukar Rawa	9,15
Tegalan	1,16
Tubuh Air	0,00

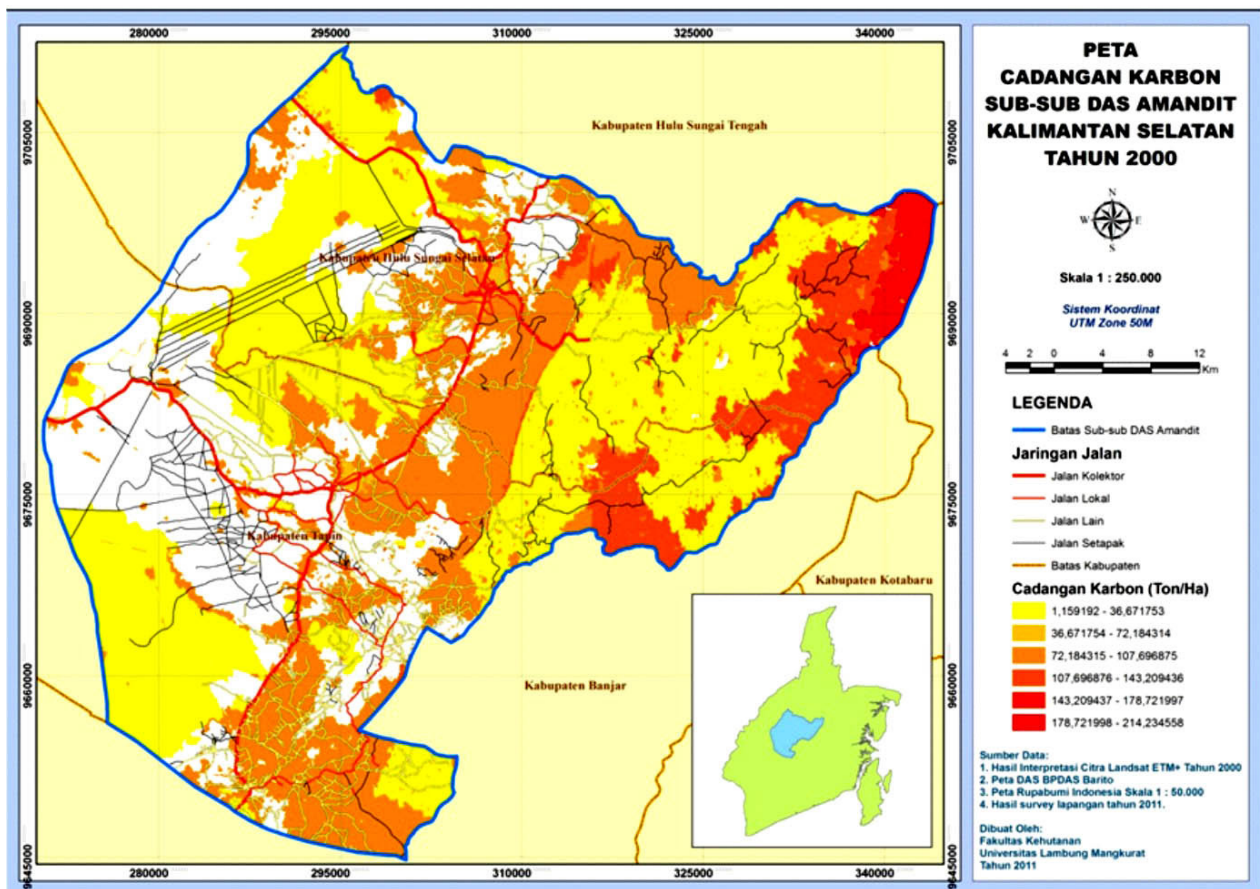
Hasil ekstrapolasi cadangan karbon di tingkat bentang lahan tersebut selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2. terlihat bahwa cadangan karbon di Sub-sub DAS Amandit pada periode tahun 1992, 2000 dan 2010 mengalami penurunan. Yakni dari 8.041.050,28 ton pada tahun 1992, menjadi 7.176.139,49 ton pada tahun 2000, dan hanya tersisa 4.476.645,10 ton pada tahun 2010. Ini berarti telah terjadi emisi karbon selama periode tersebut. Emisi karbon yang terjadi selama periode 1992-2010 tersebut tentunya merupakan dampak dari perubahan tipe penutupan lahan atau penggunaan lahan yang ada. Seperti terlihat pada gambar 4. beberapa kelas penutupan lahan mengalami perubahan luasan yang cukup besar. Perubahan yang paling signifikan pengaruhnya dalam pengukuran cadangan karbon (penyebab emisi), adalah berkurangnya luas tutupan hutan.

Tabel 2. Hasil perhitungan karbon tersimpan di Sub-sub DAS Amandit Tahun 1992, 2000 dan 2010
 Table 2. Result of Carbon Stock in Amandit Sub-Sub DAS 1992, 2000 and 2010

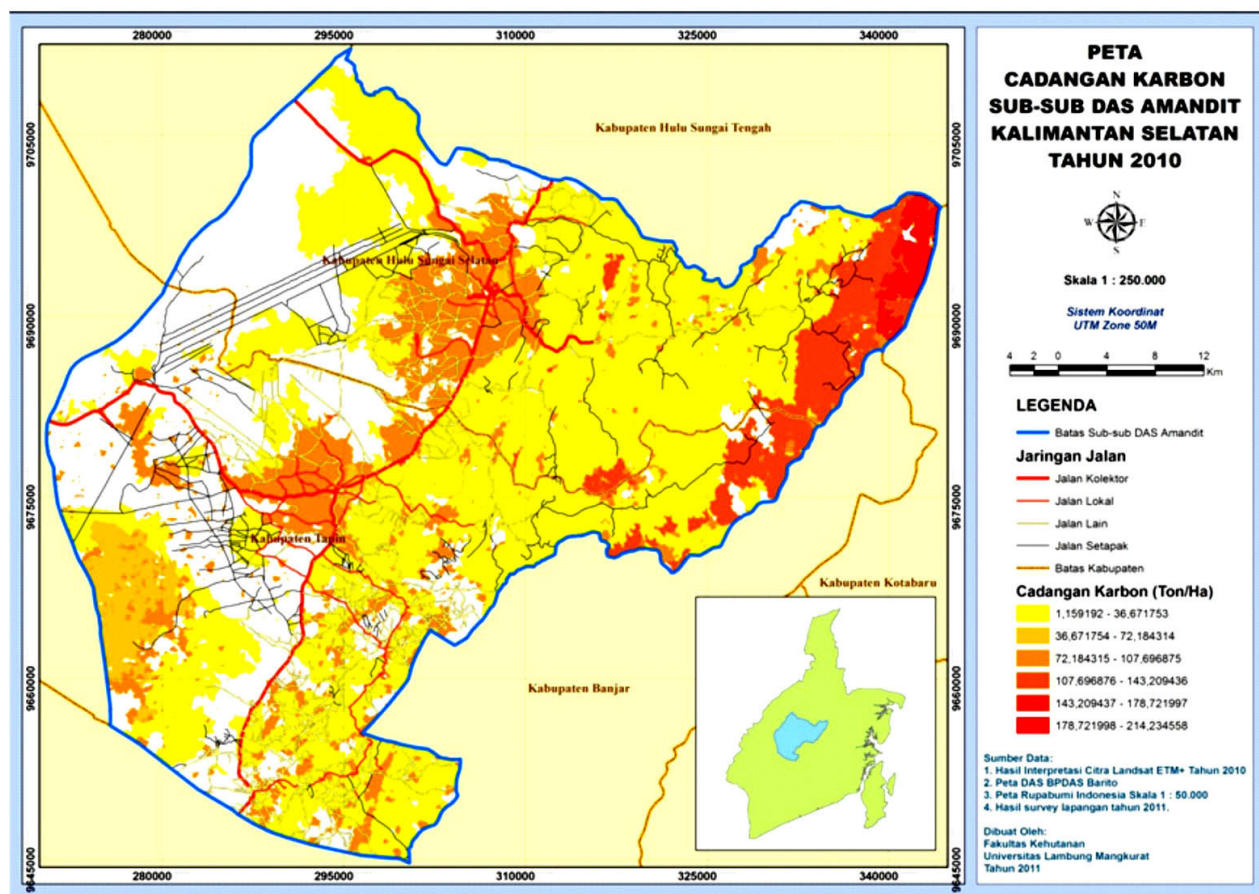
No	Tutupan Lahan	C-Stock (Ton/ha)	Tahun 1992			Tahun 2000			Tahun 2010		
			Luas (Ha)	C-Stock Total (Ton)	CO ₂ eq Stock (Ton)	Luas (Ha)	C-Stock Total (Ton)	CO ₂ eq Stock (Ton)	Luas (Ha)	C-Stock Total (Ton)	CO ₂ eq Stock (Ton)
1	Hutan Primer	214,23	10.592,75	2.269.332,30	8.328.449,55	3.905,41	836.673,17	3.070.590,52	2.524,56	540.849,05	1.984.916,02
2	Hutan Rawa	109,54	14.734,75	1.614.046,60	5.923.551,01	1.071,50	117.372,21	430.756,02	544,74	59.671,43	218.994,14
3	Hutan Sekunder	76,40	16.744,70	1.279.275,41	4.694.940,74	17.530,25	1.339.290,90	4.915.197,62	13.496,59	1.031.123,71	3.784.224,03
4	Hutan Tanaman	52,25	0	0	0	0	0	0	8.599,92	449.322,01	1.649.011,78
5	Kebun Campuran	75,92	30.247,69	2.296.344,10	8.427.582,86	54.794,62	4.159.897,77	15.266.824,82	18.824,11	1.429.088,83	5.244.756,01
6	Kebun Sawit	37,09	0	0	0	0	0	0	6.139,70	227.735,74	835.790,18
7	Lahan Terbuka	0	19.123,95	0	0	11.755,07	0	0	16.170,65	0	0
8	Permukiman	0	774,46	0	0	1.123,29	0	0	1.418,34	0	0
9	Rawa	2,75	23.215,87	63.864,94	234.384,31	21.253,90	58.467,71	214.576,50	32.901,36	90.508,91	332.167,69
10	Sawah	0	22.124,72	0,00	0,00	23.407,22	0,00	0,00	28.110,22	0	0
11	Semak Belukar	4,35	41.130,65	179.037,90	657.069,11	41.258,01	179.592,28	659.103,67	71.819,63	312.624,19	1.147.330,79
12	Semak Belukar Rawa	9,15	32.098,43	293.605,17	1.077.530,97	49.937,99	456.784,07	1.676.397,55	34.841,18	318.693,20	1.169.604,03
13	Te galan	1,16	39.289,30	45.543,86	167.145,98	24.207,69	28.061,37	102.985,22	14.689,56	17.028,02	62.492,84
14	Tubuh Air	0	392,79	0	0	225,13	0	0	389,49	0	0
Total Sub-sub DAS Amandit			250.470,06	8.041.050,28	29.510.654,52	250.470,06	7.176.139,49	26.336.431,92	250.470,06	4.476.645,10	16.429.287,51



Gambar 1. Peta cadangan karbon Sub-sub DAS Amandit tahun 1992
Figure 1. Map of Carbon Stock in Amandit Sub-sub DAS in 1992



Gambar 2. Peta cadangan karbon Sub-sub DAS Amandit tahun 2000
Figure 2. Map of Carbon Stock Amandit Sub-sub DAS in 2000



Gambar 3. Peta cadangan karbon Sub-sub DAS Amandit tahun 2010
Figure 3. Map of Carbon Stock Amandit Sub-sub DAS in 2010

Pada Gambar 4. terlihat bahwa seluruh daerah berhutan, kecuali Hutan Tanaman, mengalami pengurangan luas dalam rentang waktu tahun 1992 sampai 2010. Kehilangan luasan hutan terbesar dialami oleh Hutan Rawa. Dimana pada tahun 2010, luasan Hutan Rawa hanya tersisa sekitar 500-an hektar. Ini dikarenakan pada tahun 2010, daerah yang dulunya merupakan Hutan Rawa telah berubah menjadi Kebun Sawit.

Pada Gambar 4 juga terlihat bahwa tutupan lahan Kebun Campuran adalah yang paling dominan luasannya. Lebih jauh, grafik juga menunjukkan bahwa luas Kebun Campuran mengalami fluktuasi (naik-turun) yang cukup besar. Fluktuasi perubahan luas pada Kebun Campuran ini berpengaruh nyata pada cadangan karbon di Sub-sub DAS Amandit. Apalagi jika dilihat dari hasil pengukuran lapangan, ternyata Kebun Campuran memiliki kandungan karbon yang cukup besar, yaitu 75,92 Ton/Ha.

Kebun Campuran merupakan salah satu jenis usaha pemanfaatan lahan yang cukup memberi

keuntungan bagi masyarakat. Melihat kandungan karbonnya yang cukup tinggi dan cukup memberikan nilai keuntungan, maka kelas penggunaan lahan ini perlu untuk dipertimbangkan dalam memilih usaha konservasi untuk menurunkan emisi karbon. Emisi karbon yang terjadi selama periode 1992-2010 tersebut tentunya merupakan dampak dari perubahan tipe penutupan lahan atau penggunaan lahan yang ada. Seperti terlihat pada gambar grafik di bawah, beberapa kelas penutupan lahan mengalami perubahan luasan yang cukup besar. Perubahan yang paling signifikan pengaruhnya dalam pengurangan cadangan karbon (penyebab emisi), adalah berkurangnya luas tutupan hutan.

Pada 4. terlihat bahwa seluruh daerah berhutan, kecuali Hutan Tanaman, mengalami pengurangan luas dalam rentang waktu tahun 1992 sampai 2010. Kehilangan luasan hutan terbesar dialami oleh Hutan Rawa. Dimana pada tahun 2010, luasan Hutan Rawa hanya tersisa sekitar 500-an hektar. Ini dikarenakan pada tahun 2010, daerah yang dulunya merupakan Hutan Rawa telah berubah menjadi Kebun Sawit. Pada Gambar

7.4. juga terlihat bahwa tutupan lahan Kebun Campuran adalah yang paling dominan luasannya. Lebih jauh, grafik juga menunjukkan bahwa luas Kebun Campuran mengalami fluktuasi (naik-turun) yang cukup besar. Fluktuasi perubahan luas pada Kebun Campuran ini berpengaruh nyata pada cadangan karbon di Sub-sub DAS Amandit. Apalagi jika dilihat dari hasil pengukuran lapangan, ternyata Kebun Campuran memiliki kandungan karbon yang cukup besar, yaitu 75,92 Ton/Ha.

Kebun Campuran merupakan salah satu jenis usaha pemanfaatan lahan yang cukup memberi keuntungan bagi masyarakat. Melihat kandungan karbonnya yang cukup tinggi dan cukup memberikan nilai keuntungan, maka kelas penggunaan lahan ini perlu untuk dipertimbangkan dalam memilih usaha konservasi untuk menurunkan emisi karbon. Peta cadangan karbon Sub-sub DAS Amandit tahun 1992, 2000 sampai 2010 memperlihatkan dinamika konsentrasi cadangan karbon. Pada peta terlihat bahwa dinamika terbesar terjadi di sekitar jaringan jalan utama, yang berarti daerah konsentrasi padat penduduk. Hal ini berarti dinamika cadangan karbon terbesar terjadi diakibatkan oleh aktivitas manusia. Bukti lainnya terlihat di bagian hulu Sub-sub DAS Amandit yang relatif tidak mengalami dinamika. Sebab pada daerah ini tidak terdapat jaringan jalan utama, sehingga aktivitas manusia di dalam memanfaatkan dan mengkonversi lahan juga kurang.

Perhitungan Emisi Karbon di Sub-sub DAS Amandit Periode 1992-2010

Hasil-hasil perhitungan emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit selama periode tahun 1992 hingga 2010 diperlihatkan oleh tabel-tabel di bawah, dan beberapa di antaranya selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 3. Nilai emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit periode tahun 1992-2000

Table 3. Carbon emission in Amandit Sub-sub DAS in 1992-2000

No	Keterangan	Nilai
1	Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	7,827836
2	Eligible Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	7,827836
3	Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,245142
4	Eligible Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,245142
5	Emission Total(Mg CO ₂ -eq/Year)	1.960.638,930668
6	Eligible Emission Total (Mg CO ₂ -eq/Year)	1.960.638,930668
7	Sequestration Total(Mg CO ₂ -eq/Year)	1.564.221,520535
8	Eligible Sequestration Total (Mg CO ₂ -eq/Year)	1.564.221,520535

Tabel 4. Nilai emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit periode tahun 2000-2010

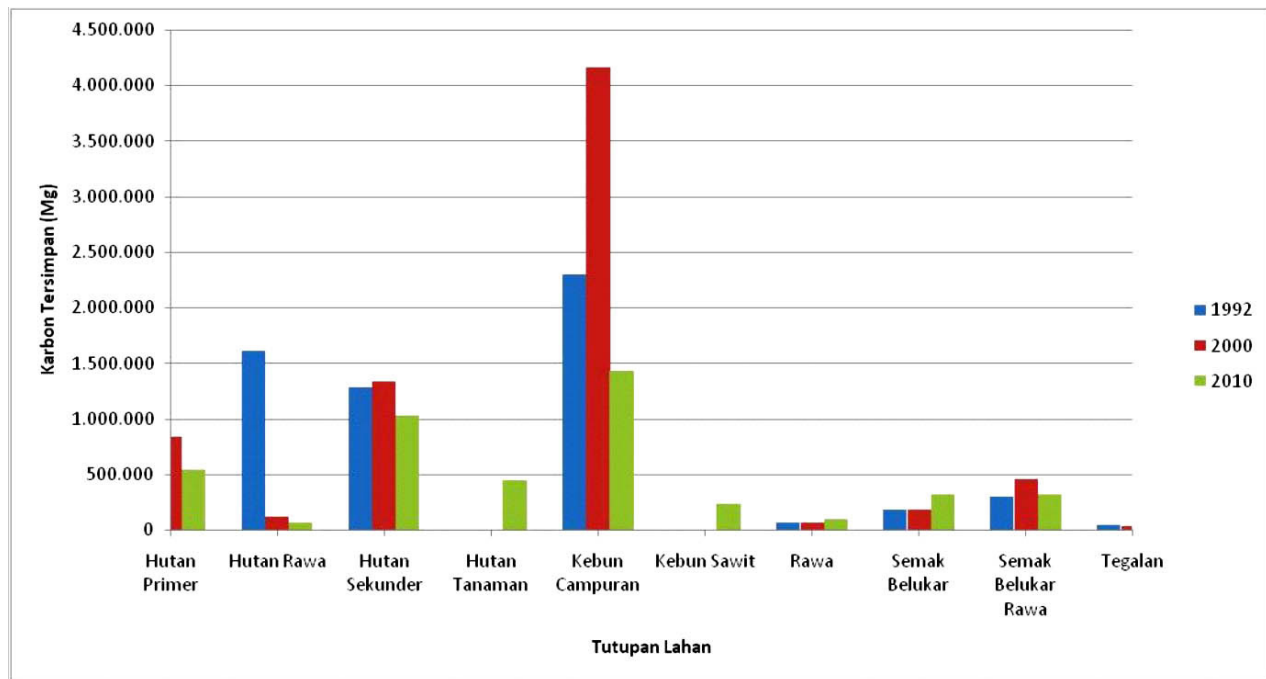
Table 4. Carbon emission in Amandit Sub-sub DAS in 2000-2010

Keterangan	Nilai
Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,136188
Eligible Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,136188
Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	2,184360
Eligible Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	2,184360
Emission Total(Mg CO ₂ -eq/Year)	1.536.931,411931
Eligible Emission Total (Mg CO ₂ -eq/Year)	1.536.931,411931
Sequestration Total(Mg CO ₂ -eq/Year)	547.116,802061
Eligible Sequestration Total (Mg CO ₂ -eq/Year)	547.116,802061

Tabel 5. Nilai laju emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit selama periode 1992-2010

Table 5. Value of carbon emission in Amandit Sub-sub DAS during 1992-2010

Period	1992-2000	2000-2010
Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	7,827836	6,136188
Eligible Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	7,827836	6,136188
Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,245142	2,184360
Eligible Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,245142	2,184360
Laju Emisi	1,582693	3,951828
Reference Emission Level (REL)	1,582693	5,534522



Gambar 4. Perubahan karbon tersimpan tahun 1992, 2000 dan 2010 pada berbagai kelas tutupan lahan di Sub-sub DAS Amandit

Figure 4. The changes of carbon stock on 1992, 2000 and 2010 in a land covers class of Amandit Sub-sub DAS

Emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit selama periode tahun 1992 hingga 2000 adalah sebesar 1,582693 Ton/Ha. Sedangkan emisi yang terjadi dalam kurun waktu tahun 2000 hingga 2010 adalah 3,951828Ton/Ha. Ini berarti, berdasarkan kenyataan yang ada (data riil), telah terjadi kenaikan emisi karbon sebesar 2,369135 Ton/Ha, atau hampir 150% sepanjang tahun 1992 sampai 2010 atau selama 18 tahun. Kenaikan emisi sebesar ini tidak terlepas dari besarnya aktivitas pembukaan lahan hutan di wilayah Sub-sub DAS Amandit.

Mengingat pernyataan Presiden Soesilo Bambang Yudhoyono di Copenhagen tahun 2009, bahwa Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi hingga 26% (dengan dana mandiri) pada tahun 2020, maka dengan usaha sendiri Sub-sub DAS Amandit harus menjaga atau memastikan bahwa pada tahun 2020, cadangan karbon yang terdapat di dalamnya adalah sebesar 5.640.572,826 ton (angka ini dihitung berdasarkan cadangan karbon Sub-sub DAS Amandit tahun 2010).

Melihat kandungan karbon di Hutan Tanaman sebesar 52,25 Ton/Ha, maka usaha penurunan emisi sebesar 26% pada tahun 2020 di Sub-sub DAS Amandit, artinya Sub-sub DAS Amandit harus melakukan usaha reboisasi dan penghijauan seluas $(5.640.572,826 - 4.476.645,10)/52,25 = 22.276$

hektar. Dan seperti pernah dibahas pada bagian sebelumnya, bahwa Kebun Campuran ternyata memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi dan cukup menguntungkan bagi masyarakat. Sebagai usaha alternatif, Sub-sub DAS Amandit dapat mengkonversi lahan menjadi Kebun Campuran seluas $(5.640.572,826 - 4.476.645,10)/75,92 = 15.331$ hektar. Tentunya usaha-usaha ini harus disertai dengan tetap mempertahankan keberadaan hutan yang sudah ada (tidak ada lagi deforestasi sampai tahun 2010).

Prediksi Emisi Karbon di Sub-sub DAS Amandit Sampai Tahun 2050

Prediksi emisi karbon hingga beberapa tahun ke depan dibuat dengan menggunakan software REDD Abacus SP. Prediksi dibuat berdasarkan data perubahan tutupan lahan tahun 2000-2010 (10 tahun), dan prediksi akan dibuat sampai dengan tahun 2050 (4 iterasi). Pada tahap awal, prediksi dibuat berdasarkan data perubahan tutupan lahan yang ada (*historical base*). Jika ternyata emisi karbonnya naik sampai dengan tahun 2050, maka akan dibuat simulasi dengan beberapa skenario konversi penggunaan lahan atau arahan pemanfaatan lahan. Selengkapnya data hasil simulasi dengan skenario *historical base* dapat dilihat pada Tabel 7.6. dan 7.7. dan Gambar 7.5.

Tabel 6. Hasil prediksi total emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit sampai tahun 2050 berdasarkan data perubahan tutupan lahan periode 2000-2010

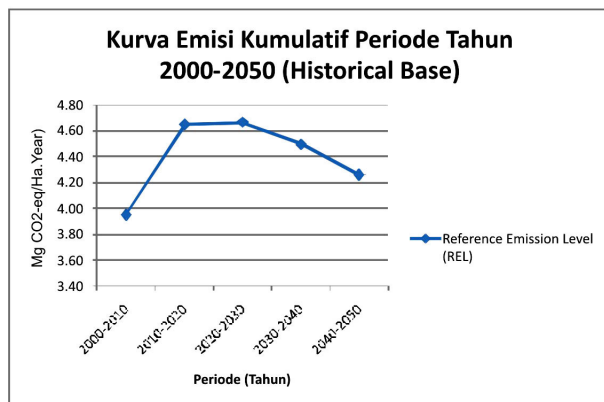
Table 6. Prediction of total carbon emission in Amandit Sub-sub DAS to 2050 based on Land Covers changes in 2000-2010

Periode (Tahun)	Net Emission (Mg CO ₂ -eq/Ha.year)
2000-2010	3,951828
2010-2020	0,695630
2020-2030	0,018281
2030-2040	-0,169676
2040-2050	-0,237879

Tabel 7. Perhitungan Reference Emission Level (REL)

Table 7. Result of Reference Emission Level (REL)

Periode	2000-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,136188	2,957443	2,237295	2,030307	1,952441
Eligible Emission Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	6,136188	2,957443	2,237295	2,030307	1,952441
Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	2,184360	2,261812	2,219014	2,199984	2,190321
Eligible Sequestration Per-Ha Area (Mg CO ₂ -eq/Ha.Year)	2,184360	2,261812	2,219014	2,199984	2,190321
Laju Emisi Reference Emission Level (REL)	3,951828	0,695630	0,018281	-0,169676	-0,237879



Gambar 5. Kurva emisi kumulatif periode tahun 2000-2050 (Historical Base)

Figure 5. Emission of Comulation Curve in 2000-2050 (Historical Base)

Hasil prediksi emisi karbon dengan menggunakan simulasi berdasarkan data perubahan tutupan lahan yang terjadi selama periode tahun 2000-2010 (*historical base*), ternyata menunjukkan bahwa emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit terus turun hingga tahun 2050. Tentunya dengan asumsi perubahan penutupan lahan atau karakter penggunaan lahan tetap. Pada tabel di

atas terlihat, bahwa selama periode tahun 2030-2040 dan 2040-2050, terjadi sequestrasi karbon. Hal ini berarti selama periode tersebut cadangan karbon di Sub-sub DAS Amandit mengalami penambahan. Laju rata-rata penurunan emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit adalah 1,0474 Ton Per Hektar Per Tahun. Angka penurunan emisi karbon sebesar ini cukup signifikan, dengan luas Sub-sub DAS Amandit sekitar 250.470 hektar.

Berdasarkan hasil analisis perubahan penutupan lahan dengan simulasi *historical base*, ada beberapa penyebab utama turunnya emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit sampai tahun 2050, yaitu:

1. Konversi Lahan Terbuka, Rawa, Sawah, Semak Belukar, dan Semak Belukar Rawa menjadi Kebun Campuran
2. Konversi Lahan Terbuka, Rawa, Sawah, Semak Belukar Rawa, dan Tubuh Air menjadi Kebun Sawit
3. Keberadaan Hutan Tanaman pada Tahun 2010 (dapat dikatakan sebagai keberhasilan proyek reboisasi dan penghijauan)
4. Suksesi Hutan Sekunder pada Lahan Terbuka dan Semak Belukar.

Keberadaan penutupan lahan baru pada tahun 2010, yakni Hutan Tanaman, membawa pengaruh besar terhadap penurunan emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit. Ini dikarenakan pada tahun 1992 dan 2000 belum ada Hutan Tanaman. Sehingga jika diasumsikan perubahan penutupan lahan sampai tahun 2050 adalah tetap, maka prediksi luasan tutupan lahan Hutan Tanaman pada periode 2010-2050 berkisar 3.000-4.000-an hektar. Angka ini dapat didapat dari hasil kalkulasi matriks prediksi perubahan penggunaan lahan menggunakan software REDD Abacus SP.

Konversi lahan dari Semak Belukar Rawa menjadi tipe penggunaan lahan baru, yaitu Kebun Sawit pada periode 2000-2010, juga ikut memberikan sumbangan pada penurunan emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit. Di samping penurunan emisi, pada beberapa daerah tertentu di wilayah Sub-sub DAS Amandit diprediksi mengalami kenaikan emisi. Ini dikarenakan terjadinya pembukaan lahan, baik Semak Belukar maupun hutan untuk aktivitas pertambangan. Pada citra satelit, aktivitas pertambangan seperti ini teridentifikasi dari kenampakan lahan terbuka. Perubahan kondisi dari

daerah bervegetasi menjadi tidak bervegetasi (Lahan Terbuka) tentunya akan menaikkan emisi karbon.

KESIMPULAN

Hutan Primer memiliki kandungan karbon paling tinggi, yaitu 214,23 Ton/Ha. Sementara Tegalan memiliki kandungan karbon paling rendah, yaitu 1,16 Ton/Ha. Berdasarkan data ini maka dapat dianalogikan bahwa satu hektar Hutan Primer dapat menyerap gas karbondioksida (CO₂) sebesar 786,22 Ton, dan satu hektar Tegalan hanya dapat menyerap gas CO₂ sebesar 4,26 Ton.

Emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit selama periode tahun 1992 hingga 2000 adalah sebesar 1,582693 Ton/Ha. Sedangkan emisi yang terjadi dalam kurun waktu tahun 2000 hingga 2010 adalah 3,951828 Ton/Ha. Ini berarti, berdasarkan kenyataan yang ada (data riil), telah terjadi kenaikan emisi karbon sebesar 2,369135 Ton/Ha, atau hampir 150% sepanjang tahun 1992 sampai 2010 atau selama 18 tahun.

Hasil prediksi emisi karbon dengan menggunakan simulasi berdasarkan data perubahan tutupan lahan yang terjadi selama periode tahun 2000-2010 (*historical base*), menunjukkan bahwa emisi karbon di Sub-sub DAS Amandit terus turun hingga tahun 2050. Tentunya dengan asumsi perubahan penutupan lahan atau karakter penggunaan lahan tetap.

Melihat kandungan karbon di Hutan Tanaman sebesar 52,25 Ton/Ha, maka usaha penurunan emisi sebesar 26% pada tahun 2020 di Sub-sub DAS Amandit, artinya Sub-sub DAS Amandit harus melakukan usaha reboisasi dan penghijauan seluas 22.276 hektar. Usaha alternatifnya adalah dengan mengkonversi lahan menjadi Kebun Campuran seluas 15.331 hektar. Tentunya dengan catatan tidak terjadi lagi deforestasi sampai tahun 2010.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin J 2001. Estimasi cadangan karbon pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang, Malang, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
Basuki, T. M., Adi, R. N. dan Sukresno. 2004. Informasi Teknis Stok Karbon Organik dalam Tegakan

Pinus merkusii, Agathis loranthifolia dan Tanah. Prosiding Ekspose BP2TPDAS-IBB Surakarta
Hairiah K and Murdiyarso D. 2005. Alih gunalahan dan neraca karbon terestrial. Bahan Ajar ASB 3, World Agroforestry Centre (ICRAF SEA)
Hairiah K, Sitompul SM, van Noordwijk Mand Palm C. 2001. Carbon stocks of tropical land use systems as part of the global C balance: effects of forest conversion and options for land development activities. ASB Lecture Note 4A. ICRAF, Bogor
Hairiah K, Suprayogo D, Widiyanto, Berlian, Suhara E, Mardiasuning A, Widodo RH, Prayogo C dan Rahayu S. 2004. Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi: ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah. *Agrivita* 26(1): 68-80
Hairiah K, Ekadinata A, Sari RR, Rahayu S. 2011. Pengukuran Cadangan Karbon: dari tingkat lahan ke bentang lahan. Petunjuk praktis. Edisi kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang
Heriansyah, I., N.M. Heriyanto, C. A. Siregar and M. Kiyoshi. 2003. Estimating Carbon Fixation Potential of Plantation Forests: Case Study On Acacia mangium Plantations (Perkiraan Potensi Fiksasi Karbon pada Hutan Tanaman: Studi Kasus pada Hutan Tanaman Acacia mangium). *Bul. Penelitian Hutan*. No.634: 1-14. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Bogor.
Lillesand TM and Kiefer RW. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation (Fifth Edition). John Wiley and Sons. Inc, New York.
Sulistiyawati, E., Ulumuddin, Y.I., Hakim, D.M., Harto, A.B., & Ramdhan, M. 2006. Estimation of carbon stock at landscape level using remote sensing: a case study in Mount Papandayan. Presented on Environmental Technology and Management Conference 2006, Bandung, West Java, Indonesia.
Sulistiyawati, E., Ulumuddin, Y. I. dan Zuhri, M. 2008. Land-use Changes in Mount Papandayan: Its Associated Impacts on Biodiversity and Carbon Stock. International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2008).
Ulumuddin, Y. I., Sulistiyawati, E., Hakim, D. M. dan Harto, A. B. 2005. Korelasi Stok Karbon dengan Karakteristik Spektral Citra Landsat: Studi Kasus Gunung Papandayan. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.